

Anomalías del campo gravitatorio y magnético terrestre en la sierra de Socoscora, provincia de San Luis

Jose KOSTADINOFF^{1,2}, Ernesto BJERG^{1,2}, Ariel RANIOLO^{1,3} y Emiliano SANTIAGO²

¹ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

² Universidad Nacional del Sur - Departamento de Geología - San Juan 670 - 8000 Bahía Blanca.

E-mail: gfkostad@criba.edu.ar

³ Universidad Nacional del Sur - Departamento de Ingeniería - Alem 1253 - 8000 Bahía Blanca.

RESUMEN. La sierra de Socoscora se ubica en forma meridiana y se manifiesta como un escalón al noroeste de la Sierra Grande de San Luis. En la sierra de Socoscora las rocas del basamento están representadas por metamorfitas de alto grado con escasos afloramientos de metabasitas. Las mediciones del campo gravitatorio y magnético indican la presencia de un volumen mayor de estas rocas en su subsuelo. Los excesos de masa en esta sierra se hallan definidas por anomalías gravimétricas de Bouguer (residuales positivas) similares a las encontradas en la Sierra Grande de San Luis. La magnetometría indica, a partir de las respuestas positivas, la existencia de rocas máficas con concentraciones anómalas de minerales magnéticos.

Palabras clave: Geofísica, gravedad, magnetismo, anomalías, estructura, Sierra de Socoscora

ABSTRACT. *Earth gravity and magnetic field anomalies in the Sierra of Socoscora, San Luis province.* The Sierra de Socoscora is a north - south trending mountain range, located northwest of the Sierra Grande of San Luis. The basement is constituted by high grade metamorphic rocks with few associated metabasites. Earth gravity and magnetic field measurements are indicative of the presence of bigger volumes of mafic rocks below the surface, which carry anomalous concentrations of ferromagnetic and/or paramagnetic minerals (magnetite and/or sulfides). An excess of mass below this Sierra is shown by Bouguer gravimetric anomalies with magnitudes similar to those measured in the Sierra Grande de San Luis. Positive magnetic anomalies are indicative of the presence of mafic rocks with anomalous concentrations of magnetic minerals.

Key words: *Geophysics, gravity, magnetism, anomalies, structures, Sierra de Socoscora*

Introducción

La sierra de Socoscora se halla ubicada en el extremo noroeste de la Sierra Grande de San Luis formando parte de las Sierras Pampeanas Occidentales. Esta sierra, de menor altura que la Sierra Grande de San Luis, se presenta como un bloque o escalón de menor magnitud. Hacia el oeste de la misma se desarrolla un área llana en cuya parte central se encuentra la cuenca de Las Salinas. Al este se halla el valle de San Francisco del Monte de Oro que la separa de la Sierra Grande de San Luis (Fig. 1).

En esta área se realizó una prospección geofísica que comprendió a la sierra y sus alrededores con el fin de extender el conocimiento de la estructura y los tipos de rocas del basamento allí presente.

La metodología empleada (véase Kostadinoff *et al.* 2001) consistió en determinar las anomalías del campo gravitatorio y magnético en un área de 2000 km², en la cual se midieron un total de 160 puntos. La altimetría fue obtenida de las cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar (IGM), escala 1:100.000, cuya pre-

cisión está comprendida entre 10 y 1 cm de acuerdo al orden del pilar del punto fijo. La ubicación de las estaciones se obtuvo con equipos Garmin SRV100 de posicionamiento satelital.

Antecedentes

La estructura y petrografía de este bloque fue descripta por Pastore y González (1954). Una actualización más pormenorizada fue realizada por Carugno Durán (1998, 2001) y Carugno Durán y Ortiz Suárez (2000).

En estos trabajos es posible hallar detalles de la estructura, la petrografía y el metamorfismo de estas Sierras.

La caracterización del metamorfismo y edad de esos eventos es sintetizada por Carugno Durán (1998, 2001) y son coincidentes con los hallados por Hauzenberger *et al.* (1998) y Hauzenberger *et al.* (2001) en la Sierra Grande de San Luis.

Estudios geofísicos efectuados en la Sierra Grande

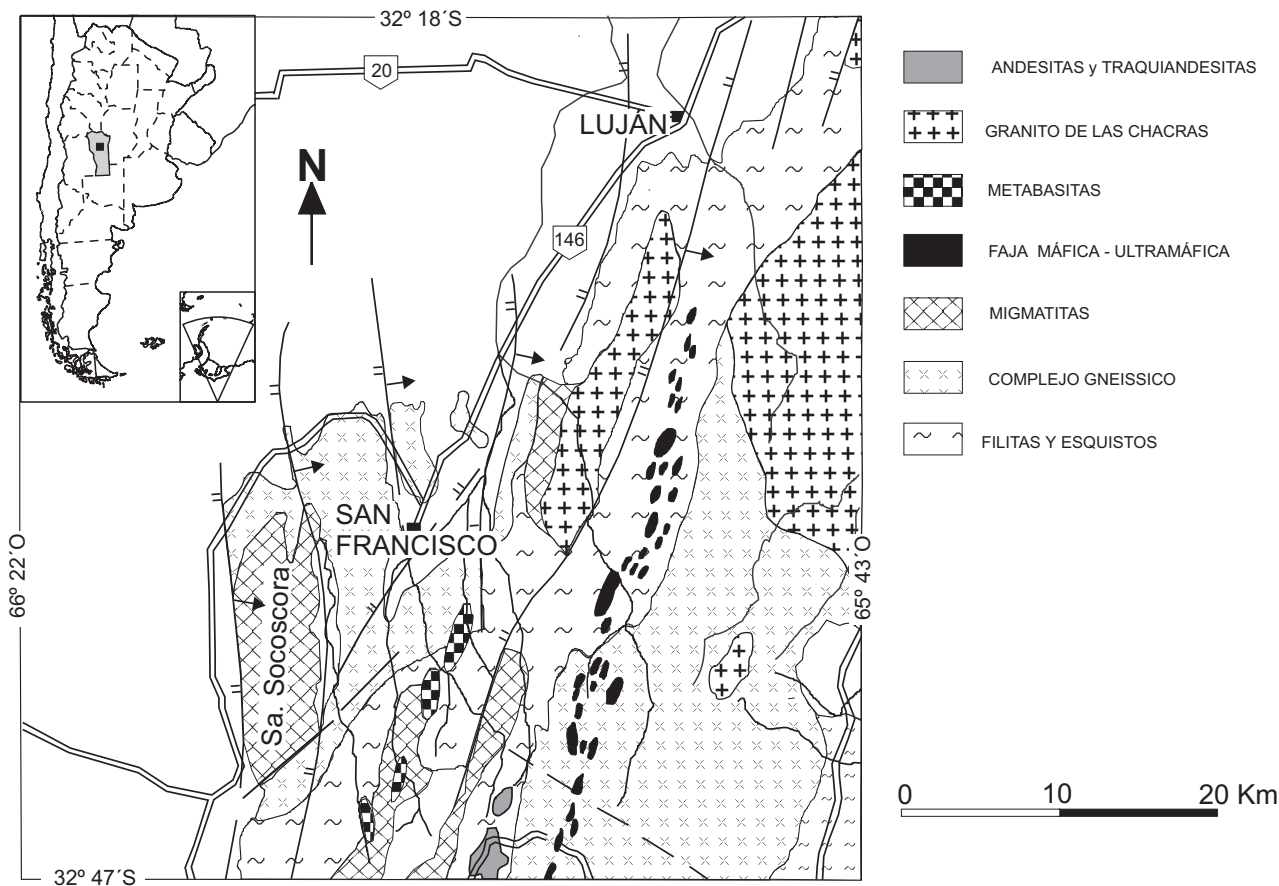


Figura 1: Mapa de ubicación del área investigada.

de San Luis y en la región de San Francisco del Monte de Oro indican anomalías gravimagnetométricas de grandes dimensiones asociadas a los afloramientos de rocas máficas y ultramáficas (Mogessie *et al.* 1995, Bjerg *et al.* 1996, 1997, Hauzenberger *et al.* 1997, Kostadinoff *et al.* 1998 a-b y Mogessie *et al.* 2000). Ramé e Introcaso (1997), mediante observaciones gravimétricas realizadas al oeste y norte de la sierra de Socoscora, predicen la existencia de un exceso de masa en esta región.

Metodología

Las mediciones geofísicas incluyeron determinaciones gravimétricas, magnetométricas, de densidad y susceptibilidad magnética. Los valores del campo gravitatorio se obtuvieron con un gravímetro Worden, cubriéndose el área con un reticulado de una estación cada 4 kilómetros. La selección de la ubicación de los puntos de medición y la altimetría necesaria para el cálculo de las anomalías de Bouguer se realizó con mapas del Instituto Geográfico Militar, en escala 1:100 000, y de la Dirección de Catastro de la provincia de San Luis en escala 1:20.000.

Los valores del campo magnético terrestre (CMT) se

obtuvieron con un magnetómetro de precesión protónica Geometric G-826. Para establecer las anomalías del CMT se tomó como referencia la información brindada por la estación geomagnética de Las Acacias y el valor del International Geomagnetic Reference Field (IGRF, 2000-2004).

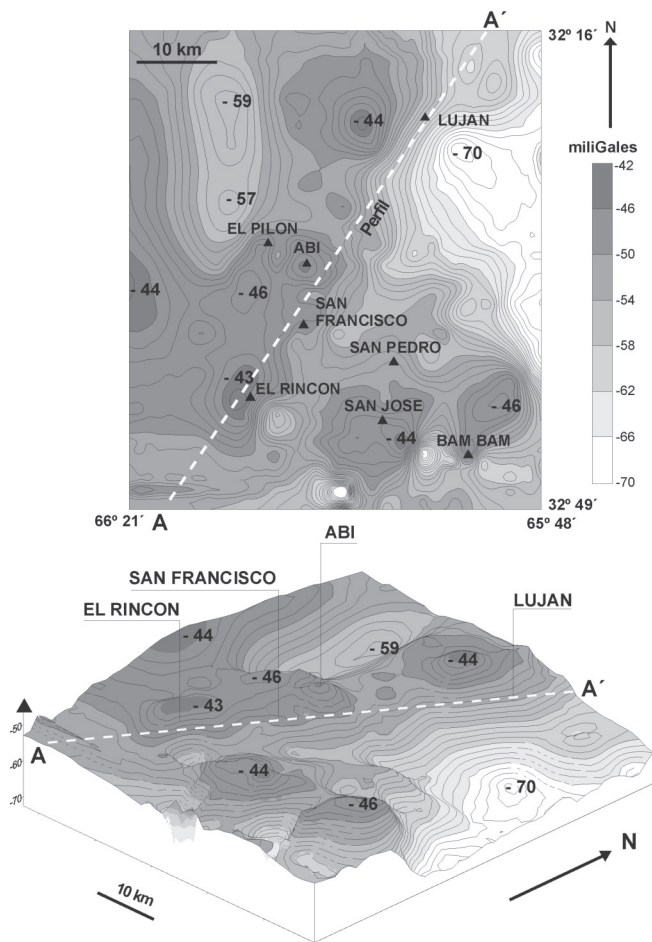
Con las anomalías calculadas se dibujaron los mapas y perfiles utilizados en la elaboración del modelo geofísico-geológico de este área.

La densidad de las rocas seleccionadas en el campo fueron medidas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Carreteras de la Universidad Nacional del Sur, para lo cual se usó una balanza tipo Mohr para muestras de gran tamaño. De esta manera se evitó errores en la determinación de la densidad por inhomogeneidad de las muestras de roca. La susceptibilidad magnética de las rocas se midió *in situ* con un susceptibilímetro de inducción marca Kappameter.

Resultados y discusión

Los mapas de anomalías gravimétricas de Bouguer (Fig. 2) muestran excesos de masa que se caracterizan por valores mayores de -50 mgals.

Es notorio en el sector norte, en la planicie que se



halla al norte de la sierra de Socoscora, la continuación de un máximo gravimétrico de -44 mgals. Los hallados al sur (Abi, El Pilón y El Rincón), de -44 , -46 y -44 mgals, coinciden con afloramientos de rocas anfibolíticas. Estos altos gravimétricos pueden observarse claramente en la figura 5. Considerando esta analogía, el mapa de anomalías gravimétricas de Bouguer fue subdividido en zonas para poder correlacionar elementos geológicos con los resultados geofísicos (Fig. 3). Con el fin de ayudar a la identificación de las rocas del basamento que se hallan cubiertas por sedimentos modernos se elaboró un mapa de anomalías del campo magnético terrestre (Fig. 4). El perfil El Rincón – Luján (Fig. 5) se utilizó para evaluar, mediante modelos prismáticos, las dimensiones de los cuerpos rocosos del basamento. Un parámetro necesario para la elaboración de un modelo geológico fue encontrar el contraste de densidades entre las rocas de caja y las anfibolitas. Para las rocas aflorantes en la sierra de Socoscora se halló que la misma es de $0,30 \text{ gr/cm}^3$, véase cuadro 1. Para ubicar las posibles mineralizaciones fue necesario medir, *in situ*, la susceptibilidad magnética de las rocas e incorporar sus valores a el mismo cuadro 1. En ésta se

Cuadro 1: Valores de densidad y susceptibilidad magnética de las rocas máficas de la sierra de Socoscora y la sierra Grande de San Luis

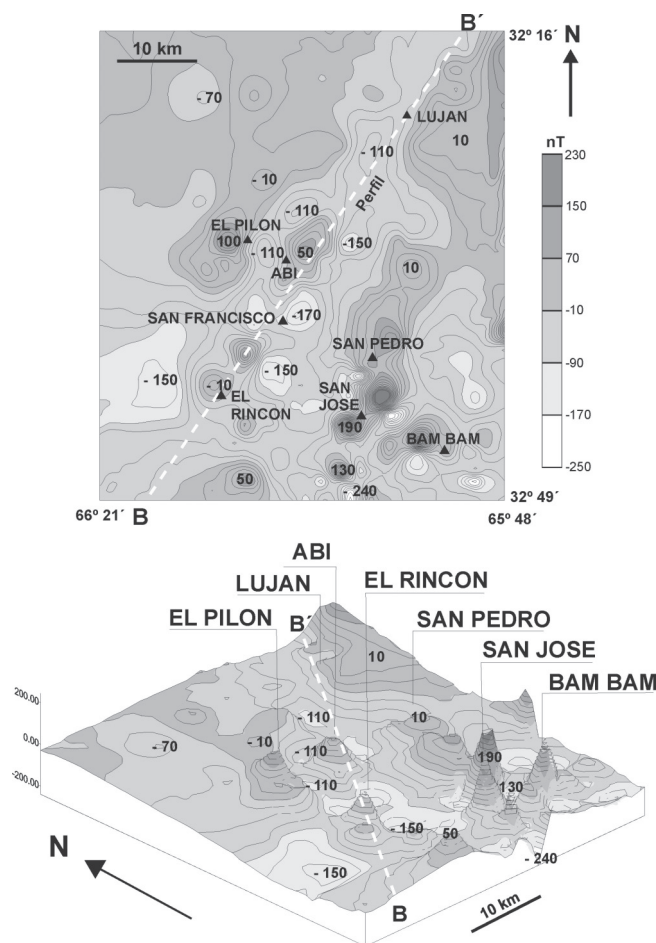
Ubicación	Densidad (gr/cm ³)	Susceptibilidad magnética (SI)
880 Socoscora (Anfibolita)	2,97	0,000530
880 Socoscora (Anfibolita)	3,02	0,000480
878 Socoscora (Anfibolita)	2,96	0,000380
859 Socoscora (Anfibolita), 15 km NE San Francisco,	2,94	0,000440
828 Socoscora (Anfibolita), "Abi"	2,96	0,000490
Cuesta del Algarrobo (Anfibolita)	3,11	0,000500
Cuesta del Algarrobo (Anfibolita)	3,01	0,000600
290 Bam-Bam (Piroxenita)	2,94	0,000440
Bam-Bam (Anfibolita)	2,87	0,000460
Gneises	2,71	0,001200
Metamorfitas	2,73	0,000890
Granito Las Chacras	2,64	0,000480

tiene aproximadamente la misma amplitud (Fig. 3).

Zona 2: Al norte de la ciudad de San Francisco del Monte de Oro y al este de la ruta 9 se encuentran afloramientos de anfibolitas (denominados Abi), coincidentes con una anomalía gravimétrica de -44 mgals, que cubre un área de 8 km². La densidad de estas rocas es de 2,96 gr/cm³, lo cual explica la alta anomalía residual hallada en ese lugar. Dentro de esta zona y 20 km al nordeste, en un área llana y cubierta de sedimentos modernos, se halla otra anomalía gravimagnetométrica de igual amplitud que cubre un área de 40 km². La composición petrológica de este cuerpo, sin embargo, es presumiblemente diferente del aflorante en el sur, pues no se han detectado anomalías magnéticas asociadas en este caso (Fig. 4). Por lo tanto sólo se puede plantear un modelo geológico de un cuerpo de rocas anfíbólicas de tamaño significativo sin minerales ferromagnéticos o la presencia de rocas con densidades superiores a 2,85 gr/cm³. Estas últimas podrían ser rocas de naturaleza granodiorítica, similares a las halladas en el área de Gral. Roca (Ortiz Suárez, comunicación personal).

Zona 3: Al oeste de la sierra de Socoscora en el área donde se encuentra una amplia planicie, se sitúa una anomalía gravimétrica de Bouguer de gran desarrollo areal, aproximadamente 400 km². La amplitud de esta última es similar a la obtenida en la sierra de Socoscora, -44 mgals. Esto permite suponer la existencia de rocas de alta densidad asociadas al basamento cristalino pero considerando su amagnetismo (Fig. 4), es probable que en profundidad se ubique un basamento cristalino de granodioritas como el hallado en la zona de Gral. Roca (Ortiz Suárez, comunicación personal).

Zona 4: Al este de la ciudad de Luján se observa una anomalía gravimétrica negativa (-70 mgals) y como se encuentra al norte de la Sierra Grande de San Luis, lugar en el cual se ubican los afloramientos de los plutones graníticos de Las Chacras y El Realito, se analizó la posibilidad de que exista una extensión de los mismos. Para ello se determinó en laboratorio la densidad de estos granitos con una balanza adecuada

**Figura 4:** Mapa de anomalías del campo magnético terrestre. Isolíneas cada 20 nanoTeslas.

para su determinación sobre muestras de grandes dimensiones (mayores de 1 kg) con el fin de obviar las inhomogeneidades de las muestras de rocas tomadas en el campo. Así pudo establecerse que la misma está comprendida entre los 2,50 a 2,54 gr/cm³. Para los gneises de esa zona se obtuvo un promedio de 2,72 gr/cm³; por lo tanto el contraste de densidad entre ambas rocas es de -0,20 gr/cm³. Con este valor se calculó un modelo de intrusivo granítico en la zona 4 que justifica la anomalía gravimétrica allí medida. El mapa de anomalías del CMT (Fig. 4) muestra en esta zona valores de muy baja amplitud (10 nT) lo que permite inferir la presencia de un cuerpo de muy baja susceptibilidad magnética. Esta conclusión se ve reforzada por los parámetros observados en el sur de esa zona, en los plutones graníticos de Las Chacras y El Realito, donde la susceptibilidad varía entre 0,000050 y 0,000300 SI.

Zona 5: Comprende la parte terminal de la faja de rocas máficas-ultramáficas de la Sierra Grande de San Luis. Las anomalías gravimétricas y magnéticas de esta región han sido estudiadas por Kostadinoff *et al.* (1998 a-b). De estos trabajos surge que los afloramientos de San Pedro, San José y Bam – Bam poseen rocas con enriquecimiento relativo de minerales ferromagnéticos

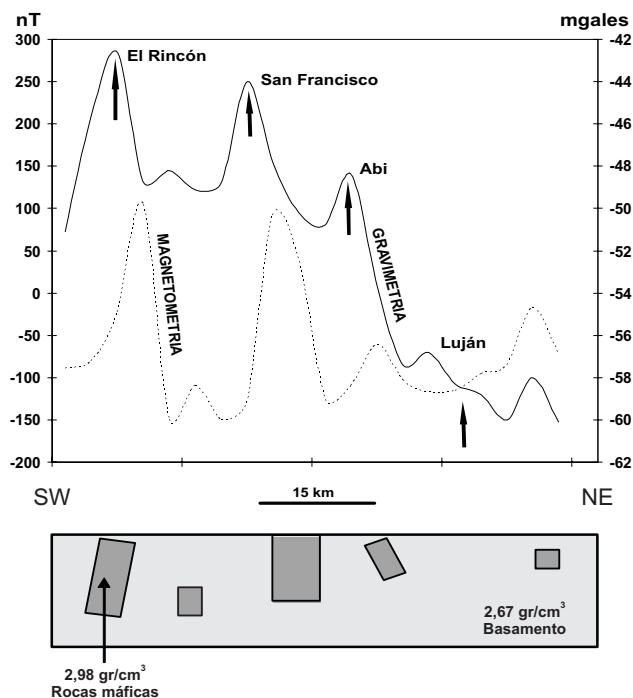


Figura 5: Perfil de anomalías gravimagnetométricas entre El Rincón y la ciudad de Luján. Las rocas máficas y de basamento se encuentran aflorando a lo largo de este perfil.

(magnetita y/o sulfuros). La inclusión de estas localidades en el presente trabajo es al solo efecto de comparar sus anomalías geofísicas con las halladas en las zonas 1 y 2.

Como resultado se obtuvo que la magnitud de las anomalías gravimagnetométricas encontradas en las zonas 1 y 2 son iguales a las halladas en la zona 5, entre -44 a -46 mgales. Existen diferencias petrográficas destacables entre las rocas básicas de ambas zonas; unas pertenecen a la faja de rocas máficas - ultramáficas y las otras son metabasitas, tal como lo describen Kilmurray y Villar (1981). Por lo tanto la única explicación es que ambas rocas mantienen la misma densidad, situación que se verificó en las determinaciones de laboratorio, véase cuadro 1.

Zona 6: Hacia al norte de la sierra de Socoscora se hallan dos mínimos gravimétricos de -57 y -59 mgales. Éstos pueden ser explicados como el resultado de una combinación de dos factores principales: el contraste de densidad entre las rocas del basamento y las rocas máficas y la existencia de fallas regionales de gran rechazo en la sierra. La elaboración de un modelo geológico que dimensione ambos parámetros se ve dificultada por la cubierta de sedimentos modernos que caracteriza la mayor parte del área de trabajo. Un modelo que satisfaga los -11 mgales existentes entre la zona del El Pílon y el mínimo gravimétrico existente al norte consiste en considerar un contraste de densidad de $-0,40$ gr/cm^3 y un hundimiento de 700 metros del extremo norte de la sierra de Socoscora (Fig. 5).

Zona 7: Corresponde al área de la Sierra Grande de San Luis, donde entre otros, se pueden mencionar los trabajos geológicos de Llambías *et al.* (1998), von Gossen y Prozzi (1998), Quenardelle y Ramos (1999), los trabajos geofísicos del SEGEMAR (levantamientos aeromagnéticos) y Kostadinoff *et al.* (1998a - 1998b).

Conclusiones

En la sierra de Socoscora los afloramientos de metabasitas (anfíbolitas) son escasos comparados con el volumen de rocas gnéisicas. Sin embargo, determinaciones gravimétricas indican un exceso de masa presumiblemente debido a un alto porcentaje de rocas máficas en profundidad, probablemente también asociadas con rocas ultramáficas.

Se postula la extensión del plutón granítico de Las Chacras y El Realito al este de la localidad de Luján (en el área de llanura) y al norte de la Sierra Grande de San Luis.

La faja de anomalías positivas de Bouguer (exceso de masa) se prolonga hacia el norte de la sierra de Socoscora en dirección a la sierra de Ulapes en la provincia de la Rioja.

Las anomalías magnéticas halladas (mayores de 150 nT) en el área de los afloramientos de las metabasitas sugieren concentraciones anómalas de minerales ferromagnéticos (magnetita y/o sulfuros polimetálicos).

Agradecimientos

J.K. y E.A.B. agradecen a la Secretaría General de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional Sur por el financiamiento otorgado a los proyectos 24/H046 y 24/H042. A la Lic. G. T. Álvarez por su colaboración en la elaboración de los perfiles geofísicos. Los autores agradecen las valiosas y oportunas sugerencias efectuadas por los árbitros.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Bjerg, E., Kostadinoff, J., Mogessie, A., Hoinkes, G., Stumpf, E.F. y Hauzenberger, C.A., 1996. Faja de rocas ultramáficas de las Sierras de San Luis un nuevo hallazgo de minerales del Platino. 3º Jornadas de Mineralogía, Petrografía y Metalogénesis de rocas máficas y ultramáficas. Instituto de Recursos Minerales. Universidad Nacional de La Plata. Publicación 5: 303-310. La Plata.
- Bjerg, E., Delpino, S., Dimieri, L., Kostadinoff, J., Mogessie, A., Hoinkes, G., Hauzenberger, C.A. y Felfernig, A., 1997. Estructura y mineralización del área Las Águilas - Virorco, San Luis, Argentina. 8º Congreso Geológico Chileno. Actas (2):857-861. Antofagasta.
- Carugno Durán, A., 1998. Geología y petrología de la Sierra de Socoscora. Provincia de San Luis. República Argentina. 2º Congreso Uruguayo de Geología: 108-112. Punta del Este.

- Carugno Durán, 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. Montevideo. Uruguay. (CD-ROM).
- Carugno Durán, A. y Ortiz Suárez, A., 2000. The new evidence of precambrian island arc in the Pampeanas Orientales terranes, Argentina. 31st International Geological Congress. Rio de Janeiro. Brazil. (CD-ROM).
- Hauzenberger, C.A., Mogessie, A., Hoinkes, G., Bjerg, E., Kostadinoff, J., Delpino, S. y Dimieri, L., 1997. Platinum group minerals in the basic to ultrabasic complex of the Sierra de San Luis province, Argentina. In: Hekki Papunen (Ed.), Mineral deposits: Research and Exploration. Where do they meet, 439-442. Balkema/ Rotterdam. Proceedings of the Fourth Biennial SEG Meeting. Turku. Finlandia.
- Hauzenberger, C.A., Mogessie, A., Hoinkes, G., Felfernig, A., Bjerg, E., Kostadinoff, J., Delpino, S. y Dimieri, L., 1998. Metamorphic evolution of the southern part of the Sierras de San Luis, Argentina. 4° Reunión de Mineralogía y Metalogénesis y 4° Jornada de Mineralogía y Petrografía de rocas máficas y ultramáficas: 121-130. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca.
- Hauzenberger, C.A., Mogessie, A., Hoinkes, G., Felfernig, A., Bjerg, E., 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 las Sierras de San Luis y su petrografía. *Geología y recursos naturales de la provincia de San Luis*. 8° Congreso Geológico Argentino. Relatorio: 33-54. Buenos Aires.
- Kostadinoff, J., Bjerg, E., Delpino, S., Dimieri, L., Raniolo, L.A., Mogessie, A., Hoinkes, G., Hauzenberger, C.A. y Felfernig, A., 1998a. Anomalías geofísicas en rocas máficas-ultramáficas de la Sierra Grande de San Luis, Argentina. 4° Reunión de Mineralogía y Metalogénesis. 4° Jornadas de Mineralogía y Petrografía, Metalogénesis de rocas máficas y ultramáficas: 139-146. Bahía Blanca.
- Kostadinoff, J., Bjerg, E.A., Delpino, S., Dimieri, L., Mogessie, A., Hoinkes, G., Hauzenberger, C.A. y Felfernig, A., 1998b. Gravimetric and magnetometric anomalies in the Sierras Pampeanas of San Luis. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 53 (4):549-552.
- Kostadinoff, J., Bjerg, E., Gregori, D., Delpino, S., Dimieri, L., Mogessie, A., Hoinkes, G., Hauzenberger, C.A. y Felfernig, A., 2001. Magnetic and gravity anomalies in the Sierra del Padre and Sierra del Tala, San Luis province, Argentina: evidence of buried mafic – ultramafic rocks. *Journal of South American Earth Sciences* (14): 271-276.
- Llambías E., Sato A. M., Ortiz Suarez A. y Prozzi C., 1998. The granitoids of the Sierra de San Luis. In: Pankhurst, R. J. y Rapela, C. W. (eds.). *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. Geological Society, London, Special Publications, 142: 325-341.
- Mogessie, A., Hoinkes, G., Stumpfl, E.F., Bjerg, E. y Kostadinoff, J., 1995. Occurrence of platinum group minerals in the Las Aguilas ultramafic units within a granulite facies basement, San Luis province, central Argentina. En: Pasaba, J., Kribek, B. & Zak, K. (Eds.), *Mineral deposits*, 897-900. Balkema / Rotterdam. Proceedings of the Third Biennial SEG Meeting. Praga. Rep. Checa.
- Mogessie, A., Hauzenberger, C.A., Stumpfl, E.F., Hoinkes, G., Felfernig, A., Bjerg, E. y Kostadinoff, J., 2000. Origin of Platinum group minerals in the Las Aguilas mafic-ultramafic unit, San Luis province, Argentina: Textural, Chemical and Mineralogical evidence. *Mineralogy and Petrology*, 68: 85-114.
- Pastore, F. y González, R.R.L., 1954. Descripción geológica de la Hoja 23g. San Francisco. San Luis. Boletín del Servicio Geológico Nacional N°80. 61p. Buenos Aires.
- Quenardelle, S.M. y Ramos, V. A., 1999. Ordovician western Sierras Pampeanas magmatic belt: Record of Precordillera accretion in Argentina. In: Ramos, V. A. y Keppie, J. D. (Eds.), *Laurentia-Gondwana Connections before Pangea*, Geological Society of America Special Paper 336: 63-86.
- Ramé G.A. e Introcaso, A., 1997. Carta predictiva de las anomalías de Bouguer para el sector de la Sierra Grandes de San Luis, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 52 (3):379-386. Buenos Aires.
- Talwani, M., Worzel, J.I. y Landisman, H., 1959. Rapid gravity computations for two dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone. *Journal of Geophysical Research*. 64: 49-59.
- von Gosen W. y Prozzi C., 1998. Structural evolution of the Sierra de San Luis (Eastern Sierras Pampeanas, Argentina): Implications for the Proto-Andean Margin of Gondwana. In: Pankhurst, R. J. and Rapela, C. W. (eds.). *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. Geological Society, London, Special Publications, 142: 235-258.

Recibido: 10 de mayo, 2002

Aceptado: 18 de agosto, 2003