

La prolongación austral de las Sierras de San Luis

Jose KOSTADINOFF^{1, 2}, Daniel GREGORI^{1, 2}, Ernesto BJERG^{1, 2},
Ariel RANIOLO^{1, 3} y Guillermina ÁLVAREZ²

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,
Avenida Alem 1253, 8000 Bahía Blanca

RESUMEN. Al sur de las Sierras de San Luis se ubican en forma meridiana una serie de altos orográficos cuyo extremo austral son las sierras de Varela, del Pozo Peje y Los Cerrillos. En la sierra de Varela las rocas del basamento están representadas por diversos tipos de esquistos y migmatitas. En el sur de esta sierra se halla un complejo volcánico compuesto por pórfiros riolíticos de edad triásica. Las mediciones del campo gravitatorio y magnético indican la presencia de rocas máficas y ultramáficas en su subsuelo como las halladas en Las Águilas y Virorco, en las Sierras de San Luis. En el sector oeste de la cuenca de Alvear se infiere, por los estudios geofísicos, la existencia de rocas básicas.

Palabras clave: Geofísica, gravimagnetometría, anomalías, estructura, Sierra de Varela

ABSTRACT. *The Southern Prolongation of Sierras de San Luis.* The sierras de Varela, Pozo Peje and Los Cerrillos are the southernmost geomorphological expression of the Sierras de San Luis, a N-S trending mountain range. In the Sierras de Varela, the basement consists of several kinds of schist and migmatites. South of Sierra de Varela, the main outcrops are those of a Triassic rhyolitic volcanic complex. Gravity and magnetic measurements reveal strong anomalies, which are attributed to the presence of mafic and ultramafic rocks in the subsurface. The same type of rocks are responsible for similar geophysical anomalies observed in the area of Las Águilas and Virorco, in the northern part of the Sierras de San Luis. Geophysical studies suggest that basic rocks are also present in the western part of the Alvear basin.

Key words: Geophysics, gravimagnetometric, anomalies, structures, Sierra de Varela

Introducción

Al sur de la provincia de San Luis, entre los 34° y 35° S, se reconoce una cadena de serranías y cerros, siendo las morfoestructuras meridionales más destacables las sierras de Varela, el alto del Pozo Peje y Los Cerrillos, figura 1. En la sierra de Varela las rocas del basamento cristalino tienen una composición litológica similar al de la Sierra Grande de San Luis: esquistos, migmatitas y granitos (Flores 1979, Romero 1987, Costa *et al.* 1993 y Costa *et al.* 1998).

Al oeste de estas serranías se localiza el extremo sur de la cuenca de Beazley, la subcuenca de Alvear y la dorsal del cerro Varela (Criado Roque 1979, Criado Roque *et al.* 1981, Fig. 2). En la parte oriental se ubica la cuenca de Mercedes (Criado Roque *et al.* 1981).

El sistema de fallas que delimitan y atraviesan la sierra de Varela ha sido descripto por los autores antes mencionados, destacándose una falla norte-sur (inversa) en el lado occidental y las de rumbo este-oeste

(normales) en el extremo sur, donde aflora una secuencia de vulcanitas triásicas (Costa *et al.* 1998).

El objetivo de este trabajo es establecer una correlación entre las observaciones geológicas y las mediciones geofísicas realizadas en las sierras de Varela, el alto del Pozo Peje y Los Cerrillos. Esta investigación permite aportar nuevos datos sobre la litología y estructura de la región. Asimismo se ha logrado vincular los altos gravimétricos de las sierras del Tala y los Padres (Kostadinoff *et al.* 2001), con resultados geofísicos de esta zona.

Metodología

Las mediciones geofísicas incluyen determinaciones gravimétricas, magnetométricas, de densidad y susceptibilidad magnética. Los valores del campo gravitatorio se obtuvieron con un gravímetro Worden, cubriéndose el área con una estación cada 4 kilóme-

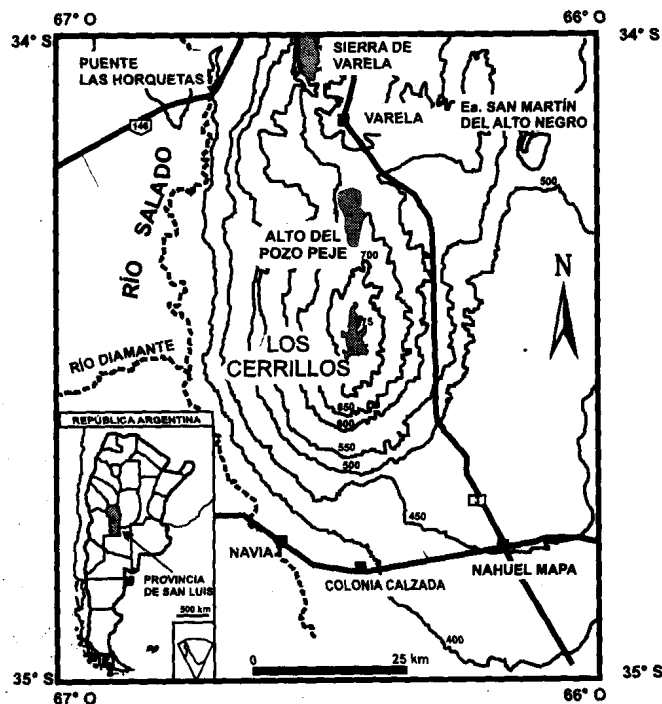


Figura 1: Mapa de ubicación. Equidistancia cada 50 metros. En sombreado, se indican los afloramientos de rocas del basamento.

tros. Los valores del campo magnético terrestre se determinaron con un magnetómetro de precesión protónica Geometric G-826, y para obtener las anomalías se consideró la variación diurna geomagnética y el valor del International Geomagnetic Reference Field (IGRF). Las variaciones diurnas del campo geomagnético se observaron con un magnetómetro de precesión protónica Geometric G-860.

Con las anomalías calculadas se dibujaron los mapas y perfiles utilizados en la elaboración del modelo geológico de este área. La densidad de las rocas seleccionadas en el campo fueron determinadas 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.

Resultados y discusión

El resultado más destacado es la continuidad de la faja de máximos gravimétricos de Bouguer desde la zona de Virorco – Las Águilas hasta Los Cerrillos, figura 3. Las anomalías gravimétricas que se ubican al norte de la sierra de Varela, en las sierras del Padre y del Tala, se atribuye a la faja de rocas máficas-ultramáficas que afloran en la sierra Grande de San Luis, siendo las más conspicuas las correspondientes a Las Águilas, Virorco, El Fierro y La Bolsa (Kostadinoff *et al.* 1998a y Kostadinoff *et al.* 2001). Para poder explicar las anomalías potenciales (de gravedad y magnetismo) en esta región, es necesario

correlacionar los datos geofísicos obtenidos en todas las estructuras que rodean a este particular alto orográfico.

En las localidades estudiadas se observa una concordancia entre las anomalías del campo gravitatorio y el magnético, figuras 4a y 4b, donde los máximos gravitatorios coinciden con los mínimos magnéticos y viceversa. Sin embargo en el resto de las sierras de San Luis las anomalías potenciales son miméticas, es decir se corresponden máximos con máximos y mínimos con mínimos (Mogessie *et al.* 1995, Bjerg *et al.* 1996, Bjerg *et al.* 1997, Kostadinoff *et al.* 1998a, Kostadinoff *et al.* 1998b, Mogessie *et al.* 2000 y Kostadinoff *et al.* 2001).

Teniendo en consideración las estructuras geológicas (Flores 1979 y Criado Roque 1979) y los resultados gravimagnetométricos, se dividió el trabajo en dos áreas; una al occidente del eje de Varela – Los Cerrillos – Nahuel Mapa y la otra al oriente donde se ubica la cuenca de Mercedes.

Área occidental

Se ha verificado la existencia de dos cuencas, Beazley y Alvear, por medio de perforaciones y secciones sísmicas realizadas por empresas petroleras hallándose que ambas se encuentran separadas por la dorsal del cerro Varela, véase figura 2.

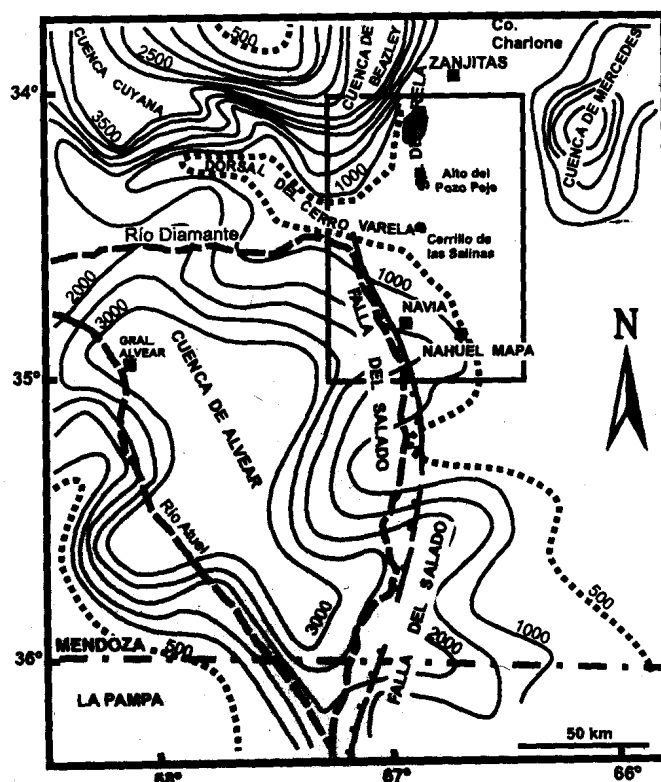


Figura 2: Estructuras y cuencas según Criado Roque *et al.* 1981. En el recuadro, área prospectada geofísicamente. Líneas isopáticas cada 500 metros. En líneas de puntos, borde de cuenca.

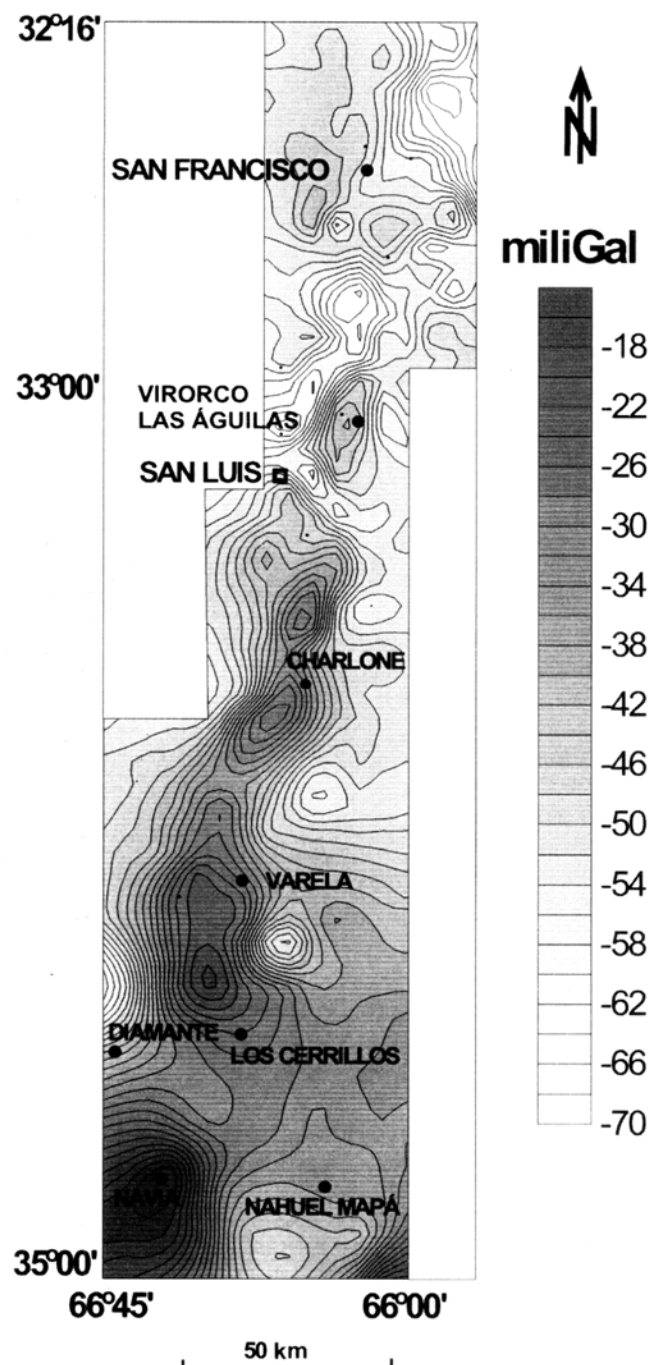


Figura 3: Mapa de anomalías gravimétricas de Bouguer. Isótopos cada 2 miliGals.

Dorsal del cerro Varela

Esta estructura geológica ha sido mencionada por diferentes autores (Flores 1979, Criado Roque *et al.* 1981 e Yrigoyen *et al.* 1989). Criado Roque (1987) describe un perfil longitudinal de la cuenca de Alvear, en el cual esta dorsal es perforada por el pozo M. CL. es-2 (Corral de Lorca) e indica la presencia de rocas precámbricas. Éstas comprenden esquistos granatíferos micáceos los cuales no fueron datados por Criado Roque *et al.* 1981, aunque los correlaciona con los que se encuentran expuestos en la sierra de

Pie de Palo, en la provincia de San Juan. La respuesta gravimétrica de la dorsal se manifiesta con una anomalía negativa de Bouguer de -40 miliGals, que es la diferencia entre el pozo M. CL. es-2 y la sierra de Varela. Utilizando un contraste de densidad de $-0,22 \text{ gr/cm}^3$ entre el sedimento y los afloramientos del basamento del cerro Varela y si se considera una profundidad de 360 metros (tal como surge del pozo M. CL. es-2), se obtendría una anomalía gravimétrica negativa de Bouguer de -3,3 miliGals, valor extremadamente pequeño frente a los -40 miliGals que indica la observación de campo. Para explicar esta diferencia se considera que el basamento de la dorsal está constituido, en su mayor proporción, por riolitas triásicas como las descritas en el sur de la sierra de Varela por Romero (1987) y Costa *et al.* (1998) y las halladas en el transcurso de esta investigación en Los Cerrillos, las cuales tienen una densidad de $2,50 \text{ gr/cm}^3$. Por lo tanto, el contraste de densidad con las metamorfitas del basamento pampeano es de $-0,22 \text{ gr/cm}^3$, valor que satisface el modelo geofísico propuesto, véase el Perfil de la figura 5. Otra coincidencia es la orientación de las riolitas y pórfidos riolíticos del extremo sur de la sierra de Varela, que se hallan afectadas por fallas normales de orientación general $290^\circ - 310^\circ$ e inclinación $60^\circ - 70^\circ$ NE (Costa *et al.* 1998) en coincidencia con la dorsal de cerro Varela.

Flores (1979) indicó que el espesor completo de la secuencia volcanoclástica es de 504 metros. Las anomalías del campo magnético terrestre en la región de la dorsal, figura 4b, no son de gran magnitud ($\pm 250 \text{ nT}$) pero indican la presencia de rocas de diferente composición mineralógica. Las numerosas determinaciones de la susceptibilidad magnética realizadas en el campo muestran un contraste entre las rocas metamórficas de caja y las reolíticas que se hallan comprendidas entre $0,000400$ a $0,001600 \text{ SI}$. Estos valores, utilizados en el modelado geofísico, justifican plenamente las anomalías magnéticas halladas en la zona de la dorsal.

Cuenca de Beazley

Una descripción completa de esta cuenca se encuentra en el trabajo de Manoni (1985), del cual se desprende que la misma ocupa el sector noroeste de la zona de trabajo, en el paraje denominado puente de las Horquetas, el cual une las provincias de Mendoza con San Luis.

El espesor sedimentario hallado en el pozo YPF. SL.V.1 es de 1923 metros (Flores 1979), y si se vincula con el contraste de densidad de $-0,15 \text{ gr/cm}^3$ de las rocas del basamento del cerro Varela, explicaría la anomalía gravimétrica de Bouguer hallada en ese lugar. La descripción realizada por el mismo autor indica la existencia de 300 m de volcanitas

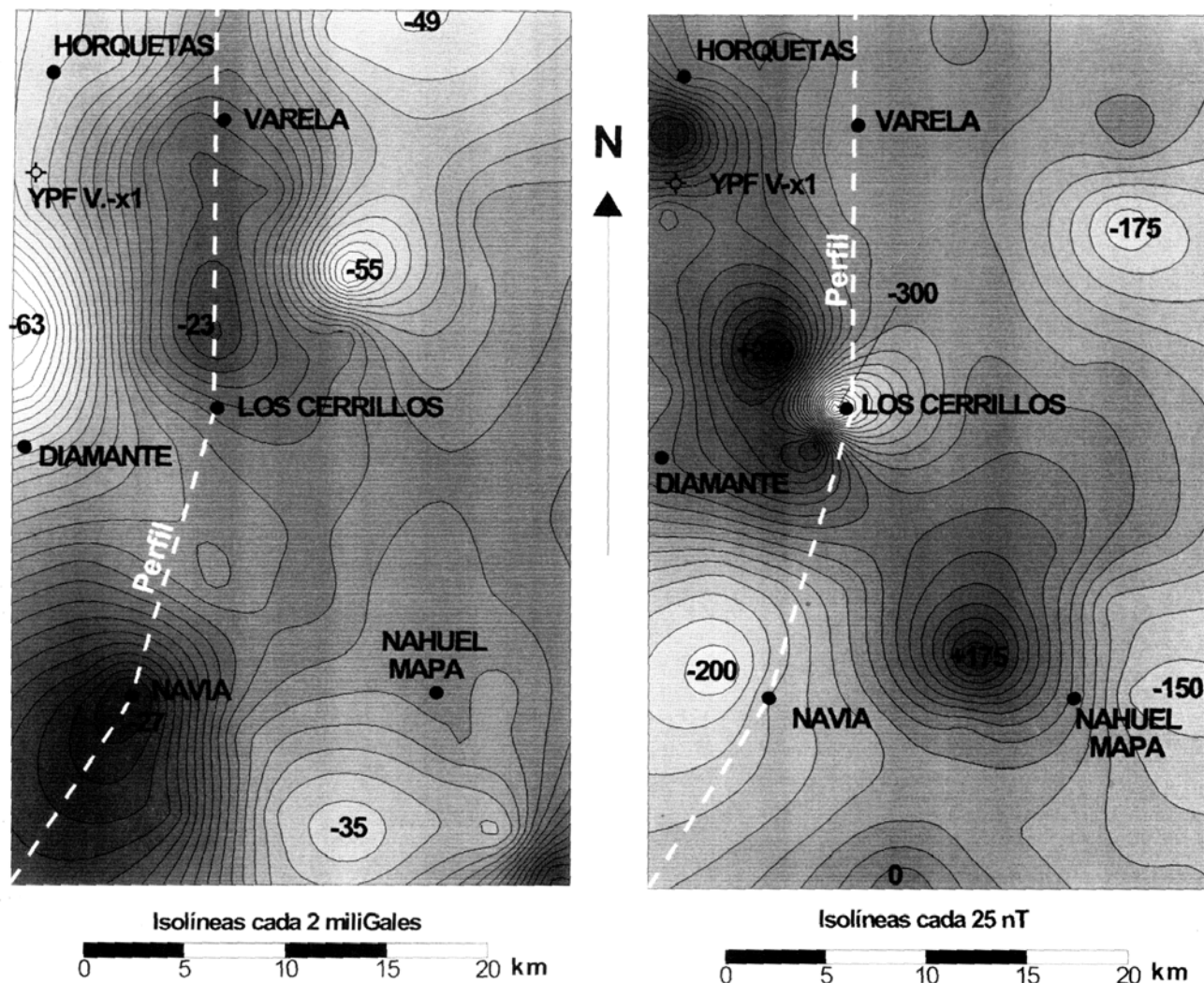


Figura 4: a, Detalle de las isolíneas de anomalías gravimétricas de Bouguer en la zona de estudio. Línea de trazos ubicación del perfil de la Figura 5. b, Detalle de las isolíneas de anomalías del campo magnético terrestre en la zona de estudio. Línea de trazos ubicación del perfil de la Figura 5.

riolíticas en el fondo del pozo descrito anteriormente, valor éste que coincide con el cálculo de las anomalías magnéticas halladas en ese sector de la cuenca (Fig. 4b).

Cuenca de Alvear y bajo gravimétrico de Nahuel Mapa

Según Criado Roque (1979) al sur del río Diamante se desarrolla la cuenca de Alvear. De acuerdo a la sísmica, los depósitos sedimentarios alcanzarían en los bordes un espesor atractivo para la prospección petrolera hasta la localidad de Nahuel Mapa.

El mapa de anomalías gravimétricas de Bouguer muestra a una ellas, positiva, en el sector suroeste con centro en la localidad de Navia y la otra negativa que se denominará *bajo gravimétrico de Nahuel Mapa* (Fig. 4a). La explicación más plausible para estas dos singularidades geofísicas es un comportamiento diferencial entre el sector oeste y este. En el primer caso se considera la presencia de rocas de alta

densidad en el basamento, así como de rocas eruptivas básicas en las secuencias permotriásicas y jurásicas de la cuenca de Alvear.

En cuanto a las rocas eruptivas, el Grupo Sierra Pintada conforma una sucesión integrada por andesitas y basaltos, a las que acompañan porfiritas dacíticas y riolíticas, brechas y tobas singenéticas. Por otro lado la Formación Punta de las Bardas, de edad jurásica media (Criado Roque 1979), está constituida por basaltos olivínicos, con espesores que alcanzan los 232 metros. La sumatoria de ambos conjuntos podría explicar el máximo observado en el sector de Navia.

La anomalía gravimétrica negativa, ubicada al sur de Nahuel Mapa, se debería a rocas metamórficas con ausencia de asociaciones máficas-ultramáficas.

En este sector las anomalías magnéticas negativas, figura 4b, se deben a la existencia de un basamento de baja susceptibilidad localizado en profundidad, en total correlación con las líneas isopáquicas sísmicas que se muestran en la figura 2.

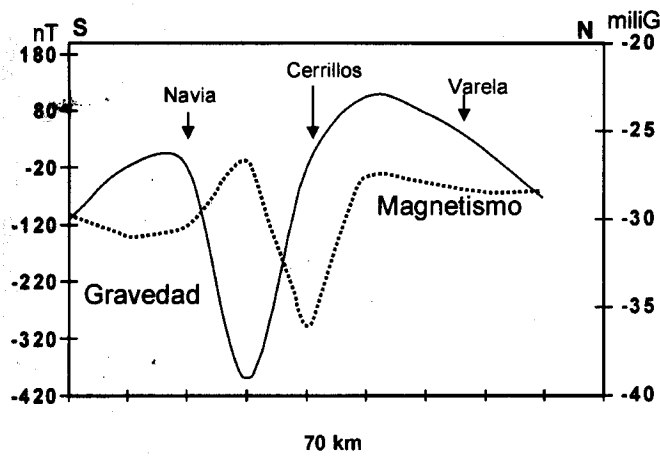


Figura 5: Perfil de las anomalías del campo gravimétrico y magnético según ubicación dada en las figuras 4a y 4b.

Sector oriental

Cuenca de Mercedes: Ésta se halla en el extremo nordeste del área de trabajo; no existen antecedentes geológicos respecto a la estructura y tipo de rocas que constituyen el basamento. Gravimétricamente se observan dos anomalías (mínimos de Bouguer) que se atribuyen a la existencia de una cuenca sedimentaria. La cercanía de los afloramientos de sedimentitas triásicas en el sector oriental de la sierra de Varela y la distancia al eje de mayor profundidad de la cuenca de Mercedes, figura 2, permite inferir una extensión de la cuenca. El espesor de la misma, de acuerdo a los modelos geofísicos calculados, es de 2200 metros, con presencia de sedimentos cenomozoicos. La anomalía magnética negativa que se correlaciona con la gravimétrica, ratifica la presencia de este depocentro.

Alto gravimétrico de Varela – Los Cerrillos

Se extiende en dirección norte-sur en continuidad con las anomalías que se hallan en San Francisco, Virorco, Las Águilas y Charlone (Fig. 2). Por lo tanto esta singularidad geofísica constituye una prolongación de la antes mencionada y se atribuye a la presencia de rocas máficas y ultramáficas asociadas al basamento metamórfico de esta región (Kostadinoff *et al.* 2001).

Conclusiones

Es destacable la continuidad del máximo gravitatorio de anomalías de Bouguer desde Las Águilas hasta el paraje denominado Navia. De acuerdo a los modelos geofísicos, éstas son generadas por un exceso de masa atribuible a la presencia de una faja de

rocas máficas-ultramáficas cuya manifestación más notable son los afloramientos de Virorco – Las Águilas en las Sierras de San Luis.

Tanto la información sísmica como los perfiles de los pozos de exploración petrolera existentes en esta zona y los valores gravimagnetométricos observados, permitieron determinar la baja densidad de las rocas de la dorsal del cerro Varela. En el sector oeste de la cuenca de Alvear los máximos gravitatorios indican la presencia de un potente espesor de rocas básicas, que posiblemente se corresponden con los basaltos de la Formación Punta de las Bardas.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a los árbitros por sus valiosas sugerencias. Este trabajo fue financiado dentro del marco del proyecto 24/H046 de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Sur.

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. 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 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. VIII Congreso Geológico Chileno. Actas (2): 857-861. Antofagasta, Chile.
- Costa C.H., Gardini, C.E. y Schmidt, C.J., 1993. La estructura extensional del extremo sur de la sierra de Varela, provincia de San Luis. 9° Reunión de Microtectónica, Resúmenes:16-17, San Luis.
- Costa C.H., Gardini, C.E. y Schmidt, C.J., 1998. Dataciones $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ y rasgos estructurales de la Formación Cerro Varela (Triásico), provincia de San Luis. Nota Breve. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 53(2): 282-285.
- Criado Roque, P., 1979. Subcuenca de Alvear (Provincia de Mendoza). En: Turner, J. (Ed.): 2° Simposio de Geología Regional Argentina; Academia Nacional de Ciencias (1): 811-836.
- Criado Roque, P., Mombrú, C. y Ramos, V., 1981. Estructura e interpretación tectónica. En: Yrigoyen, M. (Ed.): Geología de la provincia de San Luis. Relatorio. 8° Congreso Geológico Argentino; 155-192.
- Flores, M., 1979. Cuenca de San Luis. En: Turner, J. (Ed.): 2° Simposio de Geología Regional Argentina; Academia Nacional de Ciencias (1): 745-767.
- 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 y IV Jornadas de Mineralogía y Petrografía y Metalogénesis de rocas máficas y ultramáficas: 139-146. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca.
- 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., Gregori, D., Delpino, S., Dimieri, L., Raniolo, A., Mogessie, A., Hoinkes, G., Hauzenberger, Ch and Felfernig A., 2001. Geophysical anomalies in the Sierra del Padre and Sierra del Tala, San Luis province, Argentina. *Journal of South American Earth Science*: 14 (3): 271-276.
- Manoni, R., 1985. Geología del subsuelo de la Cuenca Beazley. *Boletín de Informaciones Petroleras*: 4: 34-46.
- Mogessie, A., Hoinkes, G., Stumpfl, E.F., Bjerg, E. and Kostadinoff, J., 1995. Occurrence of platinum group minerals in the Las Aguilas ultramafic unit within a granulite facies basement, San Luis province, central Argentina. In: *Mineral Deposits: From Their Origin to Their Environmental Impacts* (Eds: J. Pasava, B. Kribek and K. Zak), 897-900, A. A. BALKEMA Publishers, Brookfield, VT, USA.
- Mogessie, A., Hauzenberger, C.A., Stumpfl, E.F. Hoinkes, G., Felfernig, A. Bjerg, E., 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.
- Romero, C.A., 1987. Geología de la Sierra de Varela, provincia de San Luis, Argentina. *Actas 10º Congreso Geológico Argentino*, 3: 47-50.
- Yrigoyen, M.R., Ortiz, A. y Manoni, R., 1989. Cuencas sedimentarias de San Luis. *Cuencas Sedimentarias Argentinas*. Ed. Chebli, W. y Spalletti, L. Serie Correlación Geológica N 6. Tucuman.

Recibido: 6 de abril, 2001

Aceptado: 23 de septiembre, 2002