

Auscultamiento de estructuras geológicas en la cuenca chacoparanense a partir de la aplicación de métodos potenciales

Mario E. GIMENEZ¹, Patricia M. MARTÍNEZ¹, Francisco RUÍZ² y Antonio INTROCASO³

¹CONICET; Instituto Geofísico Sismológico Ing. F. Volponi. Fac. de Cs. Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de San Juan.

E-mail: mgimenez@unsj-cuim.edu.ar; mpm@unsj-cuim.edu.ar.

²Instituto Geofísico Sismológico Ing. F. Volponi. Fac. de Cs. Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de San Juan.

E-mail: fruiz@unsj-cuim.edu.ar

³CONICET- Instituto de Física de Rosario. Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería. Universidad Nacional de Rosario

E-mail: geofisic@fceia.unr.edu.ar

RESUMEN. Se presenta en el área de la cuenca Chacopampeana, noroeste de Argentina, un análisis preliminar geológico – geofísico, basado en los métodos potenciales. El área de estudio se ubica hacia el noreste de la ciudad de Santiago del Estero y parte noroeste de la provincia de Chaco, entre los 25° y 27° S de latitud y 61° a 63° O de longitud. Se relevaron aproximadamente 1.000 nuevos puntos gravimétricos, que fueron agregados a la base de datos del Instituto de Física de Rosario, Universidad Nacional de Rosario y del Instituto Geofísico Sismológico Volponi, Universidad Nacional de San Juan. Con los datos obtenidos se preparó una carta de anomalías de Bouguer. La carta de anomalías, fue filtrada y procesada para separar efectos gravimétricos y se confeccionó un modelo cortical para una sección A-A'. El modelo cortical, indica la presencia de una estructura ubicada en la corteza superior. Este modelo justifica la residual de Bouguer. El área de estudio, posee características geológicas adecuadas de presencia de hidrocarburos, pero hasta el momento no se han descubierto estructuras geológicas de interés económico. En el presente estudio, mostramos una anomalía de Bouguer positiva, sin evidencias superficiales que podría interpretarse como una estructura geológica con potencial económico.

Palabras claves: Cuenca, Gravimetría, Hidrocarburos, Chacoparanense, Estructura

ABSTRACT. Analysis of geologic structures in the Chacoparanense basin based on the application of potential methods. A preliminary geological-geophysical analysis of the Chacopampeana area of north-eastern Argentina is presented from the application of potential field methods. The study area is located mostly in the north-east of the province of Santiago del Estero, and partly in north-west of the province of Chaco, between latitudes 25° S and 27° S and longitudes 61° W to 63° W. We obtained approximately 1,000 new gravity points, that were added to the database of the Instituto de Física de Rosario, Universidad Nacional de Rosario and of the Instituto Geofísico Sismológico Volponi, Universidad Nacional de San Juan. A Bouguer anomaly map has been prepared from these data. The map was processed and filtered, and a cortical model produced, confirming the residual Bouguer values and indicating the presence of a structure located in upper crust. The study area has geological characteristics appropriate for the presence of hydrocarbons, although geological structures of economic interest have not yet been discovered. A positive gravity anomaly, without superficial expression, could be interpreted as a geological structure with economic potential.

Key words: Basin, Gravimetric, Hydrocarbon, Chacoparense, Structure.

Introducción

El área de estudio ocupa una porción pequeña de la gran llanura Chacopampeana, limitándose sólo a la zona noreste de la provincia de Santiago del Estero y noroeste de la provincia de Chaco (Fig. 1). La llanura Chacopampeana, en sentido amplio, es parte de un gran antepaís, que recibió desde el Mioceno sedimentos provenientes del levantamiento andino y que hoy constituye mayormente el lugar de tránsito de esos sedimentos hacia la plataforma y talud continental atlántico (Chebli *et al.* 1999).

En cuanto a la geodinámica de la llanura chacopampeana, en el Paleozoico inferior, ocurrió un fuerte evento extensional que dio origen al hemigraben de las Breñas. El que fue luego parcialmente invertido, previo a la depositación de los sedi-

mentos del Paleozoico superior y luego a fines del Paleozoico tardío las secuencias sedimentarias fueron levemente plegadas. Posteriormente en el Mesozoico se produjo un episodio compresivo que falló y plegó las secuencias Paleozoicas con orientaciones NE limitadas por fallas inversas de alto ángulo (Chebli *et al.* 1999). Es factible según se desprende de nuestros resultados, que estemos ante la presencia de una estructura semejante, y que las anomalías gravimétricas positivas sean producidas por levantamientos a través de fallas de alto ángulo, con los bordes rellenos por materiales menos densos.

Desde el punto de vista de la dinámica cortical, en la actualidad no se registran actividades, pero sí en su pasado. La actividad tectónica se registra desde el Paleozoico temprano con varios episodios de subsidencia, y leves y localizados levantamientos tectónicos, que dieron origen a una columna

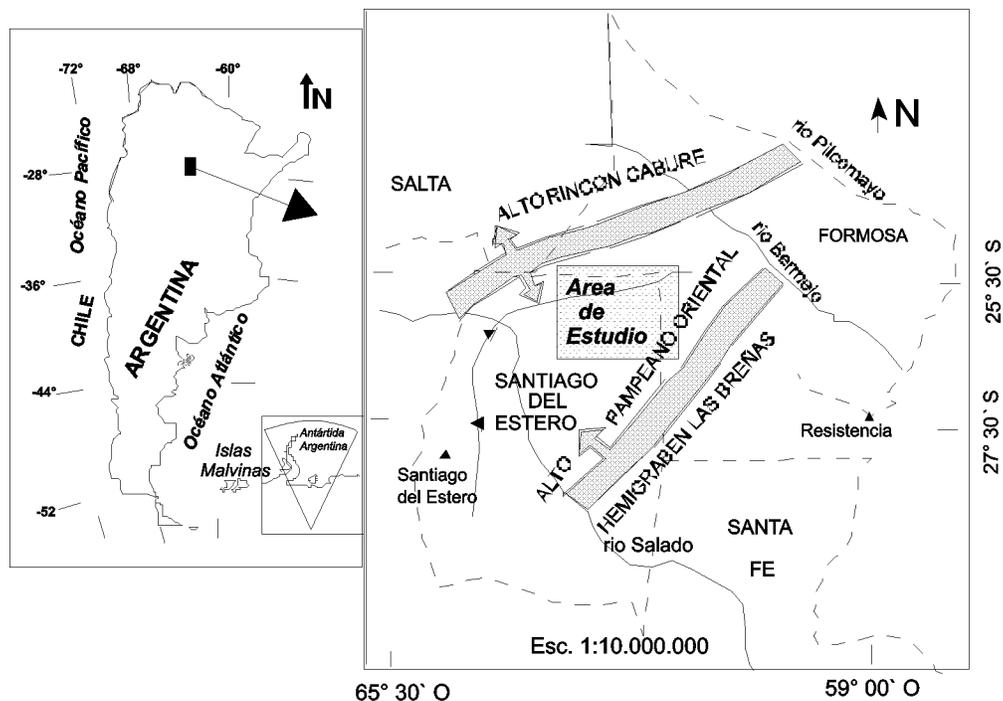


Figura 1: Ubicación geográfica del área de estudio, inserta en la gran cuenca chacopampeana. Se ha marcado con un recuadro la zona de relevamientos de datos gravimétricos.

estratigráfica bastante completa (Chebli *et al.* 1999).

Los episodios de subsidencia, existieron en un área general común en el centro-norte de la provincia de Santa Fe en lo que se consideró tradicionalmente el centro de la denominada cuenca chacoparanense, tuvieron también focos de subsidencia de diferentes edades y ubicados en la periferia de la llanura chacoparanense (Chebli *et al.* 1999). Esto último es lo que motiva la realización del presente trabajo, localizar los focos de subsidencia y levantamientos en las periferias del depocentro central. Para ello se estudió mediante métodos gravimétricos la zona comprendida entre los paralelos 25°30' S y 27°30' S y entre los meridianos 63°30' O y 61°30' O. En esta zona no se encuentran antecedentes geofísicos publicados y se carece además de rasgos geológicos superficiales. Aunque debido a su potencial en hidrocarburos fue objeto de varios estudios de prospección sísmica desde la década de los años 60 y a mediados de los 80.

Metodología

La información planialtimétrica de la zona de estudio se obtuvo del modelo de elevación digital del Servicio Geológico de Estados Unidos de un punto por km², ajustados con los valores de los puntos fijos del Instituto Geográfico Militar, siendo el error estimado en altitud para la zona de trabajo de « 30 centímetros. Los valores de altitud presentan valores promedios del orden de 160 metros sobre el nivel medio del mar, que aumentan gradualmente desde los 110 metros por el sureste, hasta los 230 metros en el noroeste, demarcando una superficie sin irregularidades topográficas y aproximadamente

plana. En figura 2 se ha representado la planialtimetría del área de estudio.

Los valores de gravedad se obtuvieron mediante la utilización de un gravímetro *Scintrex autograv CG3*, con precisión de 0,01 mGal. Se relevaron cerca de 1.000 nuevos puntos gravimétricos, sobre rutas, huellas y picadas de viejas líneas sísmicas, buscando una densificación uniforme de las mediciones. Estos nuevos datos se sumaron a la base de datos del IFIR-UNR y del IGSV-UNSJ. La base de datos para la región de estudio y zonas aledañas, alcanzan los 2.500 puntos.

Los valores de gravedad fueron referidos a la estación gravimétrica fundamental de Miguelete (979690,03 mGa).

Cálculo de anomalías

Para la determinación de la anomalía de Bouguer, en cada

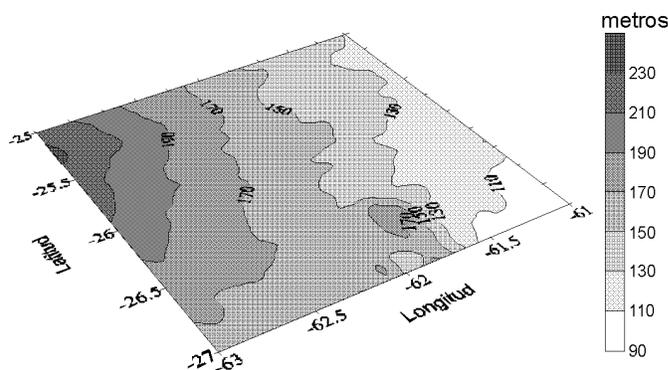


Figura 2: Mapa topográfico, extraído del modelo de elevación digital del USGS. Equidistancia 20 metros.

estación se empleó la expresión:

$$AB = g_{obs} - (0,04193 - 0,3086) h - g_0 \quad (1)$$

donde:

g_{obs} : gravedad observada y corregida por latitud;

σ : densidad media de las rocas ($2,67 \text{ g/cm}^3$).

g_0 : Fórmula internacional de gravedad en el sistema IGSN71.

h : altura del punto estación en metros.

Con los valores de anomalías obtenidos, se preparó una carta de anomalías de Bouguer para la zona de estudio (Fig. 3).

Filtrado de anomalías

Las anomalías observadas en los campos potenciales contienen el efecto de distribuciones de masas someras, intermedias y profundas, que se expresan en las anomalías como suma de cortas, medianas y largas longitudes de onda; esto puede sintetizarse mediante la siguiente expresión:

$$\text{Anomalía observada} = \text{Anomalía regional} + \text{Anomalía residual}$$

Es por lo tanto, necesario separar efectos para conservar aquellos que reflejen las estructuras de interés, que para el presente estudio lo son las anomalías de corta a mediana longitud de onda.

Se practicaron diversos métodos de filtrado utilizando el software Oasis Montaj de Geosoft, tales como: superficies de tendencias, prolongación de campos potenciales, método de las derivadas verticales y horizontales, espectro de potencia, filtros pasabandas, señal analítica, etc. Se optó por la carta obtenida al prolongar el campo potencial a 20 km de altura, que a criterio de los autores es el que más claramente define el objetivo de este trabajo. Esta carta de tendencia regional, fue posteriormente descontada de la carta de anomalía de Bouguer de la figura 3, para obtener la carta residual de Bouguer (Fig. 4).

Modelo gravimétrico

Luego y a efectos de determinar la profundidad de la fuente que produce la anomalía, se aplicó el método frecuencial. De esta manera se evaluó el espectro radial de potencia de la carta (Fig. 3). Como es bien sabido, el espectro de potencia no es más que el cuadrado del módulo de la transformada de Fourier de la Anomalía de Bouguer. El logaritmo del espectro de potencia de una distribución irregular de masas a profundidad constante tiene una gráfica aproximadamente recta. Por lo tanto, ajustando la curva por mínimos cuadrados mediante una recta, se puede lograr una estimación de la profundidad y magnitud de la masa causante total. El resultado de la aplicación de este método frecuencial se observa en la figura 5.

Con el fin de verificar las profundidades de la fuente de anomalía, se calculó la deconvolución de Werner para una sección (A-A', Fig. 4), que atraviesa a las anomalías de Bouguer residuales de interés.

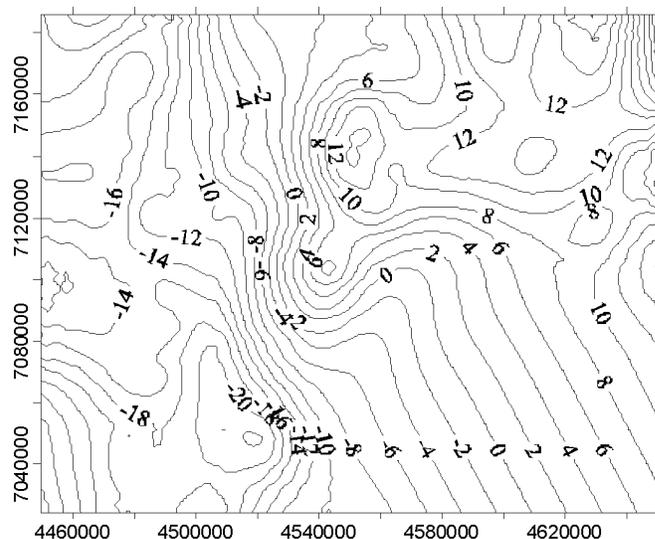


Figura 3: Carta de anomalía de Bouguer. Calculada en el sistema internacional de referencia de 1971. Equidistancia de las isolíneas cada 2 mGal.

Por otro lado, para evaluar las densidades de las estructuras, se recurrió a datos inéditos de velocidades de ondas sísmicas de viejos peines de refracción de la ex petrolera estatal YPF. Estas velocidades fueron transformadas a densidades mediante la expresión de Gardner *et al.* (1974). Los valores de densidad obtenidos para la capa superficial fueron promediados, resultando una densidad media del orden de $2,5 \text{ g/cm}^3$. Con estos valores, se preparó una carta de densidades aparentes para profundidades de hasta 5.000 metros. Esta técnica, basada en la prolongación descendente del campo potencial, en el dominio de las frecuencias, asume que el campo gravitatorio observado puede ser explicado por un modelo de una capa de espesor fijo, variando sólo la densidad. Las curvas de isodensidad se cierran en el techo de la fuente causante de la anomalía. Los valores de densidad aparente obtenidos, en los que se destaca la estructura que produce la ano-

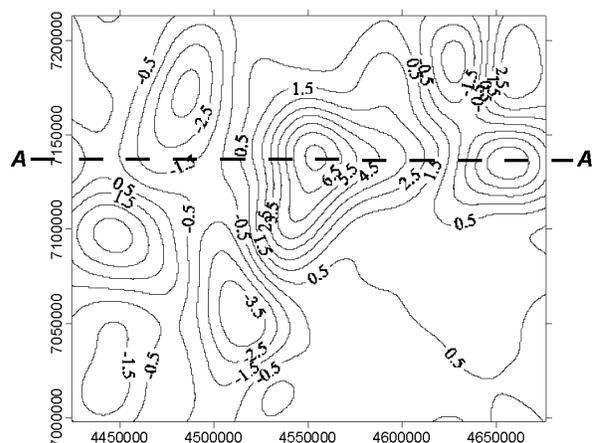


Figura 4: Carta residual de Bouguer, obtenida a partir de la aplicación de Prolongación ascendente del campo potencial.

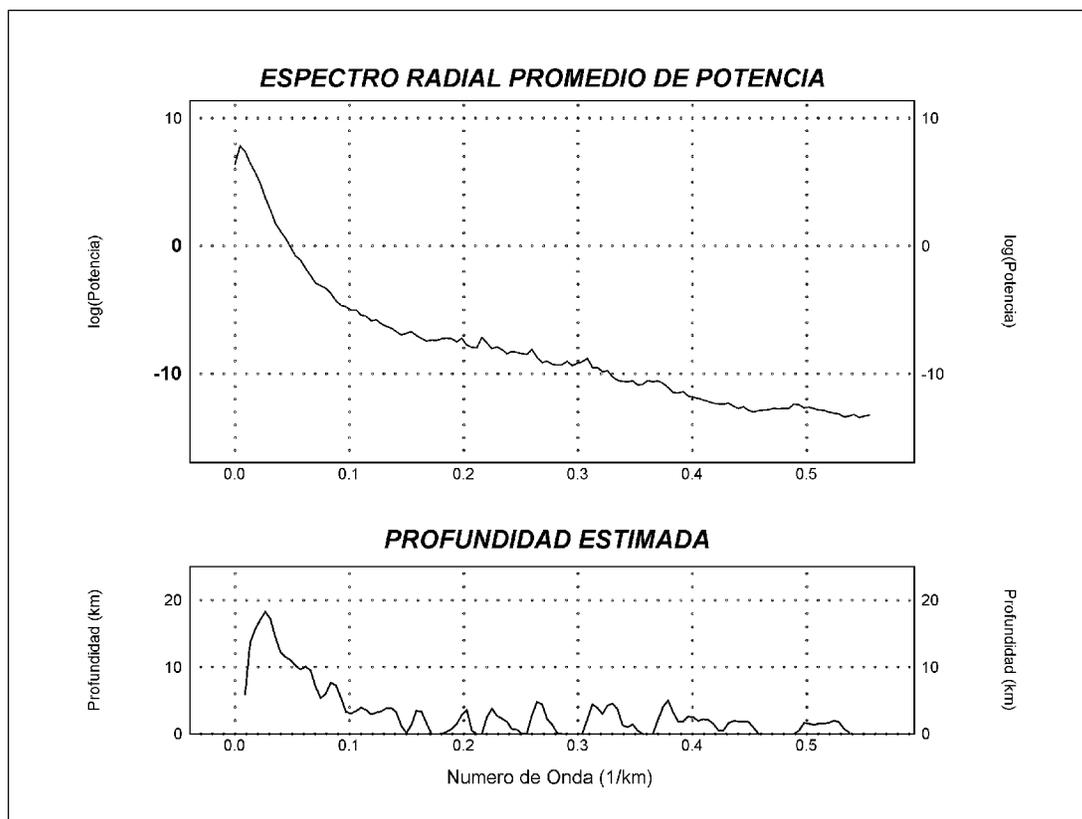


Figura 5: Espectro radial promedio de carta de anomalía de Bouguer.

malía residual positiva, acusan una densidad de $2,7 \text{ g/cm}^3$.

Finalmente y apoyados en las densidades determinadas anteriormente, se realizó la inversión gravimétrica 2D en el mismo perfil A-A' (Fig. 4). Para la inversión gravimétrica, se utilizó el programa GM-SYS, que utiliza los programas SAKI del USGS (Webring 1985).

Resultados obtenidos

En la carta de anomalía de Bouguer (Fig. 3), se destaca una anomalía cerrada del orden de $+14 \text{ mGal}$, ubicada al norte de la localidad de los Pirpintos en la provincia de Santiago del Estero. Se aprecia además, un lineamiento de isoanómalas en sentido noreste-suroeste, señalando un aparente fallamiento y un cambio de signo en la anomalía hacia el borde suroeste.

En la carta de anomalías residuales de Bouguer (Fig. 4), se evidencia una marcada estructura cerrada positiva, de unos $+7 \text{ mGal}$ con un diámetro aproximado de 70 km , flanqueada por estructuras cerradas negativas del orden de -4 mGal . Sin embargo, del análisis conjunto de las figuras 2 y 4, no se aprecian evidencias topográficas superficiales que relacionen las anomalías gravimétricas residuales con las geoformas.

La aplicación del espectro radial promedio de la anomalía de Bouguer, señala claramente que el techo de las estructuras que provocan las anomalías residuales, se localizarían a 5.000 m de profundidad (Fig. 5). Estas profundidades quedan confirmadas a través de los resultados del método de

deconvolución de Werner (Fig. 6). Este, nos proporcionó la existencia de fuentes anómalas entre 5.000 y 6.000 metros de profundidad, o sea en corteza superior.

El modelo cortical de inversión gravimétrica 2D (Fig. 7), que justifica la anomalía residual gravimétrica, muestra una estructura emplazada en corteza superior cuyo techo tiene una profundidad aproximada 4.000 metros. Debido a su forma de domo y contemplando el entorno geológico en donde se encuentra inserta, sospechamos que podría tratarse de una estructura de interés económico con potencial presencia de hidrocarburos.

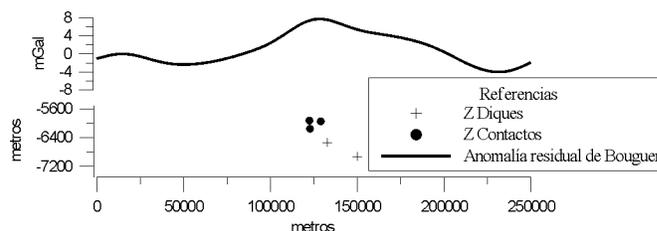


Figura 6: Deconvolución de Werner aplicada a una sección de la carta de anomalía residual de Bouguer.

Abajo: con cruces se representa la determinación de las profundidades obtenidas de la Deconvolución de Werner, suponiendo la presencia de diques intruidos. Con círculos negros, se representa la determinación de las profundidades de la deconvolución de Werner, suponiendo la presencia de contactos laterales de diferente contraste de densidad. Arriba: La curva de anomalía residual de Bouguer.

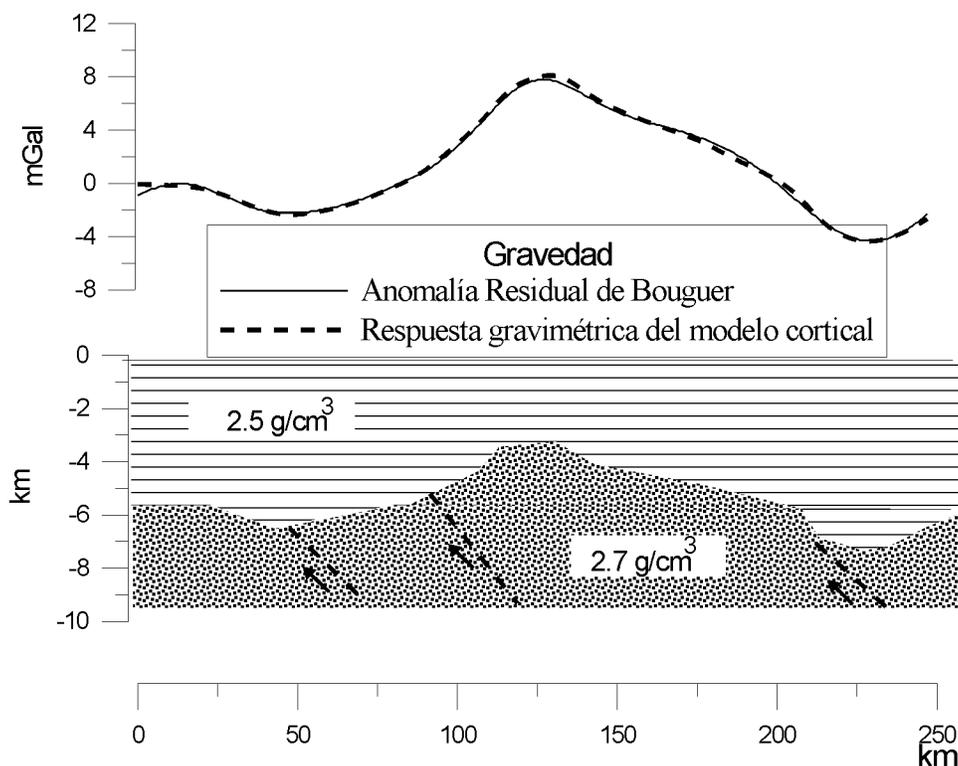


Figura 7: Arriba: Anomalía residual de Bouguer y respuesta gravimétrica del modelo cortical. Abajo: Modelo cortical

Conclusiones

A partir de un relevamiento gravimétrico en la zona norte de la cuenca chacoparanense, se determinó la presencia de una anomalía residual de Bouguer de +7 mGal, ubicada al norte de la localidad de los Piripintos en la provincia de Santiago del Estero, con un diámetro aproximado de 70 km. El tratamiento gravimétrico de los datos y el modelo de inversión gravimétrica 2D, nos señalan una estructura en forma de domo ubicada en corteza superior, cuyo techo tiene una profundidad de 4.000 metros. Este resultado, puede tener un significativo valor económico, debido a que podemos relacionar a la anomalía gravimétrica residual positiva, con una estructura geológica apta para el entrapamiento de hidrocarburos.

Agradecimientos

Este trabajo fue totalmente financiado con el aporte de los proyectos de CONICET. PIP 03056/2001. y CICITCA - UNSJ. Resol. 033/03-CS-UNSJ.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Chebli, G. A., Mozetic, M. E., Rossello, E. A. y Buhler, M., 1999. Cuencas sedimentarias de la Llanura Chacopampeana. En: Caminos, R. (Ed.) Geología Argentina. SEGEMAR, Anales 29: 627-644.
- Gardner, G.H.F., Gardner, L.W. y Gregory, A. R., 1974. Formation velocity and density the diagnostic basics for stratigraphic traps. *Geophysics* 39: 770-780.
- Webring, M., 1985, SAKI: A Fortran program for generalized linear inversion of gravity and magnetic profiles: USGS Open File Report 85-122.

Recibido: 12/11/04

Aceptado: 15/05/05