

INTERPRETACIÓN DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS DE LA PAYENIA APLICANDO EL MÉTODO POTENCIAL GRAVIMÉTRICO

INTERPRETATION OF MAJOR STRUCTURES OF PAYENIA APPLYING THE GRAVIMETRIC POTENTIAL METHOD

Sheila Anci¹, Francisco Ruiz¹, Federico Lince Klinger¹, Flavia Leiva¹, Marcos Sanchez¹, Orlando Álvarez¹, Héctor García¹ y Gemma Acosta¹

¹Instituto Geofísico Sismológico "Ing. F. S. Volponi" – FCFN - Universidad Nacional de San Juan y CONICET.
San Juan, Argentina.

E-mail: sheilaanciaraniti@gmail.com

RESUMEN

Por medio de la aplicación de los métodos potenciales se pudieron caracterizar los depocentros andinos del borde noroeste de la Cuenca Neuquina, situados en la provincia geológica de Payenia, facilitando el estudio de estructuras emplazadas a nivel cortical. Para ello se efectuaron mediciones gravimétricas apoyadas con diferencial GPS en modo posproceso para obtener las coordenadas de las estaciones (DGPS-700 estaciones), se recopilieron y controlaron más de 10000 valores de gravedad provenientes de distintas campañas relevados durante las últimas tres décadas, que forman parte de la base de datos del Instituto Geofísico Sismológico Volponi (IGSV). Se construyeron mapas gravimétricos que luego fueron filtrados con el objetivo de estudiar las fuentes ubicadas en la corteza superior. Consecuentemente se preparó un modelo en 3D obtenido por inversión gravimétrica, integrando información geológica y geofísica disponible. El modelo 3D del espesor sedimentario tiene en cuenta variaciones laterales y verticales de la densidad obtenidas de afloramientos y de pozos de exploración de hidrocarburos. Esto permitió identificar altos y bajos estructurales estudiados en 2D por otros autores e identificar una subcuenca, no reportada hasta el presente, en el borde este de la faja plegada y corrida de Malargüe y que se acuña con los afloramientos del basamento cristalino del Bloque de San Rafael.

Palabras Clave: exploración hidrocarburífera, modelo gravimétrico 3D, espesores.

ABSTRACT

The Andean depocenters in the northwestern border of the Neuquén basin, in the geologic province of Payenia, were characterized by means of the analyzed methods to support hydrocarbon exploration in the area. These techniques allowed studying the upper crust structures to perform oil exploration. Gravity measurements were effected and supported with GDPS (700 stations). More than 10,000 gravity values, which were provided from several campaigns over the last three decades and which constitute the database of the Geophysics and Seismological Institute "Volponi", were also used and checked. Bouguer gravity anomalies were mapped and filtered to study the upper crust sources. We made a 3D model (by gravity inversion) integrating geological and geophysical data that emphasized the resolution of the structures placed in this area. The 3D model of the sedimentary thickness takes into account lateral and vertical density variations obtained from local wells. This model allowed identification in 2D of high and low structures studied by other authors as well as a sub-basin, not reported up to now, found on the eastern edge of the fold and thrust belt of Malargüe that is wedged into a raised basement block belonging to the San Rafael block.

Keywords: oil exploration, 3D inversion gravimetric models, thickness.

INTRODUCCIÓN

La zona en estudio abarca el sur de la provincia de Mendoza y se extiende hasta el noroeste de la provincia de Neuquén entre los paralelos 35° S y 37° S y los meridianos 68° O y 70° O (Figura 1). En la región se encuentran diferenciados tres ambientes morfo-estructurales: Cuenca Neuquina, Cordillera Principal y Payenia. Aquí se

abordaron los depocentros septentrionales del sector andino de la Cuenca Neuquina, con buena cobertura de datos.

La cuenca Neuquina es una cuenca extensional de tras-arco formada en el borde occidental de Gondwana (Ramos, 1988). Cubre una región de 115000 km², hasta alcanzar espesores totales de 7 km. Esta pila sedimentaria es el registro de cuencas marinas y continentales desarrolladas detrás del margen pacífico de la Placa Sudamericana. El proceso de acumulación se inició promediando el período Triásico, en una serie de fosas de tipo rift (Legarreta y Uliana, 1996). La extensión se prolongó hasta el Jurásico pero se observó una reactivación importante en el Triásico Superior - Jurásico Inferior (Fernandez Seveso et al., 1996; Barredo et al., 2008).

El basamento de la cuenca está integrado, en líneas generales, por plutonitas y volcanitas del Pérmico superior-Triásico inferior del Grupo Choiyoi. En planta la cuenca posee geometría triangular (Figura 1) y se la puede dividir en dos sectores: el sector andino ubicado al oeste (objeto de este trabajo) y afectado por la deformación cretácico-cenozoica y el sector del engolfamiento, ubicado al este del anterior.

La estructura de la cordillera andina en este sector es compleja, dada las imbricaciones en que interviene el basamento Permo-Triásico y el control estructural del fallamiento extensional previo. El este de la región abarca la subcuenca de Palauco, que se extiende hacia el oriente hasta los afloramientos de basamento del bloque de San Rafael. Donde se desarrollan una serie de estructuras en el basamento, de menor relieve y resueltas en niveles sedimentarios del Terciario, generando los anticlinales Cerro Fortunoso y Rincón Amarillo, representando el frente de deformación expuesto (Kozlowski et al. 1993, Silvestro-Atencio 2009). Los mayores espesores de la cuenca se preservan en la sierra de Palauco, con valores del orden de los 2000 m.

Esta comarca presenta una serie de volcanes pleistocenos en los que se destacan los grandes estratovolcanes cuaternarios. Este segmento andino corresponde a una subducción normal, con la zona de Benioff que inclina unos 30° por debajo del antepaís, que constituye la provincia basáltica de Payenia (Ramos, 1988). Representa una típica asociación de retroarco con dos picos de actividad, el más antiguo es mayormente mioceno (26 a 8 Ma) y el más joven es Plioceno - Holoceno (<5 Ma). Su mayor desarrollo areal se encuentra en una faja N-S, deprimida, situada al pie de los Andes, denominada depresión central (Llambías et al., 2010). Corresponde mayoritariamente a extensas coladas basálticas, que cubren los depocentros enmascarando las estructuras geológicas de interés prospectivo.

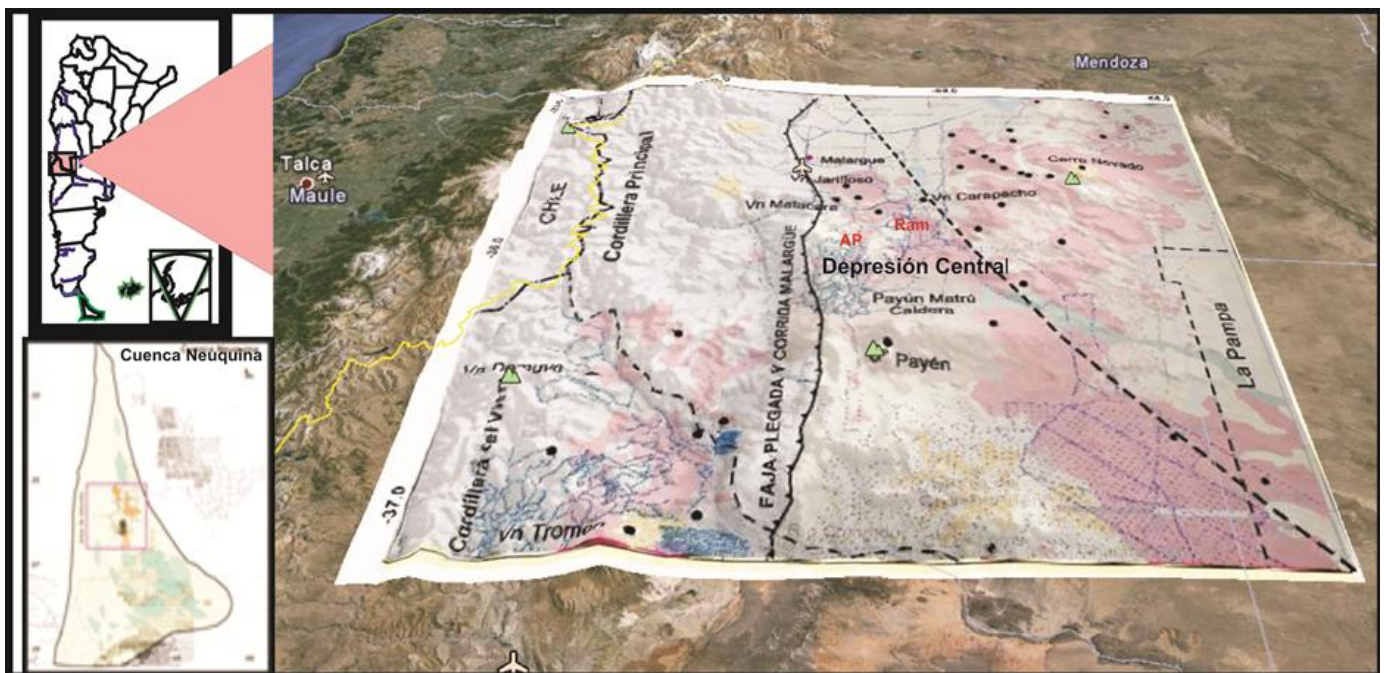


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio (imagen satelital). Modelo digital del terreno (SRTM 90 m) superpuesto al mapa geológico que muestra los principales centros volcánicos y coladas basálticas de la Provincia volcánica de Payenia (modificado de Víctor Ramos y Andrés Folguera, 2010). En azul ubicación de datos gravi-magnetométricos. En rojo AP: anticlinal de Palauco; Ram: Rincón Amarillo.

Figure 1. Location Map of the study area (satellite image), in the lower left: Neuquén Basin, the purple box show the study area and the orange polygons the depocenters. Digital Terrain Model (SRTM 90 m) superimposed on the geological map showing the main volcanic basalt flows of volcanic Province Payenia (modified from Víctor Ramos and Andres Folguera, 2010). In Blue, location gravitational magnetometric data. In Red, AP: anticlinal de Palauco; Ram: Rincón Amarillo.

Las mediciones precisas de gravedad y su posterior interpretación permitieron identificar, mínimos gravimétricos asociados con depocentros y a las estructuras que los limitan como altos estructurales. El basamento antiguo fallado se encuentra tapado por sedimentos y coladas basáltica y los corrimientos modernos han sobrepuesto sobre él, el estilo compresivo andino actual. No obstante ese basamento controla, según nuestra interpretación, tanto los centros efusivos (zonas de debilidad para el ascenso de materiales magmáticos) como los depocentros sedimentarios presentes, con profundidades máximas de entre 2 y 6 Km.

En el presente trabajo se realizaron modelos por inversión gravimétrica de manera de cuantificar la relación que existe entre la señal gravimétrica y las estructuras subsuperficiales. La señal gravimétrica coincide en buena medida con el esquema propuesto por Silvestro y Atencio (2009) que involucra contraposición de estilos estructurales de deformación de piel fina (hacia el oeste) y de piel gruesa hacia el este del anticlinal de Palauco. En el límite con el Bloque de San Rafael el modelo gravimétrico resuelve un depocentro no reportado hasta el presente que denominamos *La Regalada* (Figura 3).

DATOS Y MÉTODOS

Durante el año 2012, se realizaron campañas de mediciones gravi-magnetométricas a fin de obtener datos que permitan estudiar las estructuras de la corteza superior en la zona de estudio. Estas mediciones completaron una base de datos de 2500 estaciones de gravedad y magnéticas de campo total, georreferenciadas a partir de mediciones GPS de doble frecuencia en modo diferencial en pos-proceso. Para el estudio del campo gravitatorio regional se incorporaron más de 15000 puntos de gravedad de la base de datos del Instituto Geofísico Sismológico (IGSV) de la Universidad Nacional de San Juan (Figura 1).

Los valores de cada estación gravimétrica se refirieron al sistema IGSN 1971, vinculando las mediciones con el Nodal 96 (Malargüe) del Instituto Geográfico Nacional (Ex IGM).

En las mediciones se emplearon dos gravímetros relativos automáticos marca Scintrex Autograv, modelos CG-5 y CG-3. Con resoluciones de 0.001 mGal y 0.005 mGal, respectivamente. Para asegurar la precisión del instrumento ($gn = \pm 0,020$ mGal) en las campañas, se realizaron controles de deriva instrumental y controles de calibración (Ruiz et al. 2008). El control de deriva se efectuó por el método del rulo (Introcaso 1997) con cierres que no superaron los ± 0.050 mGal en ida y vuelta para ambos aparatos, con arranque y cierre en las bases de control y en los cruces de líneas. Con, al menos, la repetición de una estación a media jornada. La calibración de los gravímetros se realizó vinculando el punto fijo de gravedad del IGSV (San Juan), perteneciente a la red de primer orden del IGM con el Nodal 96, obteniendo una diferencia entre ambos equipos de solo 0.028 mGal para una diferencia de 182.125 mGal.

Procesamiento

Las mediciones de gravedad realizadas sobre la superficie topográfica contienen la contribución de la rotación terrestre, altitud y configuración de las masas existentes. Estos valores representan al campo gravitatorio actuante en cada punto estación, pero para cumplir con el objetivo de la prospección geofísica, es necesario comparar dicho campo con uno normal, del tal forma que de la comparación surjan las anomalías de gravedad que representan la respuesta de gravedad de las estructuras del subsuelo.

Las anomalías de gravedad se calcularon en base a las clásicas expresiones (Introcaso 1997):

$$AAL(mGal) = g_{obs} - (\gamma - CAL) \quad (1)$$

$$AB(mGal) = g_{obs} - (\gamma - CAL + CB) \quad (2)$$

$$AB_{completa} (mGal) = g_{obs} - (\gamma - CAL + CB) + CT \quad (3)$$

Dónde:

AAL: Anomalía de Aire Libre.

AB: Anomalía de Bouguer.

g_{obs} : Gravedad observada.

γ : Gravedad Normal a la latitud de la estación.

CAL: Reducción de Aire Libre.

CB: Reducción de Bouguer.

CT: Corrección topográfica.

Para la reducción de Aire Libre se adoptó la expresión propuesta por Heiskanen y Moritz (1967), al asimilar la tierra a un elipsoide:

$$CAL = (0.308555 + 0.00022 \cos 2\phi)h - 0.072(h/1000)^2. \quad (4)$$

Dónde: h: cota en metros
φ: la latitud de observación.

En tanto que para la reducción de Bouguer se asumió una densidad convencional de:

$$2.67 \text{ g/cm}^3; CB = 0.1119 h \quad (5)$$

Dónde: h: es la altura sobre el nivel medio del mar expresado en metros.

Para la gravedad teórica o normal, se utilizó la expresión para el elipsoide Internacional de 1967 (GRS67):

$$\gamma(1967)=9780318(1+0.0053024\text{sen}^2\phi-0.0000058\text{sen}^22\phi) \quad (6)$$

Se efectuó una corrección topográfica a las anomalías de Bouguer. Para ello se usó el modelo digital del terreno SRTM90 (Farr et al., 2007). El cómputo se efectuó a través de módulo Terrain Corrections del sistema Oasis Montaj (www.Geosoft.com) implementado por Phillips (2007). Para el cómputo de la corrección topográfica el programa utiliza los métodos desarrollados por Nagy (1966) y Kane (1962).

La carta de ABct (Figura 2a) se obtuvo combinando los datos regionales con baja resolución en zonas de la Cordillera Principal con valores obtenidos por técnicas de predicción mediante regresiones estadísticas AB versus H donde no existen datos medidos (Ruiz e Introcaso, 1999), los datos predichos fueron grillados cada 10 Km para obtener la carta final desde la base de datos regional en la región comprendida por las longitudes 72° O a 66° O y las latitudes 33° S a 40° S.

Obtención del efecto gravitatorio de la corteza superior

En este estudio, el objetivo es separar e identificar los efectos relacionados con las estructuras de la corteza superior (Anomalías residuales). Si se cuenta con un mapa de anomalías regionales apropiado, las anomalías residuales pueden determinarse a partir de la diferencia entre las ABct y esta regional.

Para ello se utilizaron combinaciones de métodos analíticos de filtrado: prolongación de campos, filtros espectrales interactivos para separar los efectos desde las tendencias estadísticas observadas en el espectro radial complejo de la señal observada (Nabighian et al., 2005) y Filtros Isostáticos (Cordell et al. 1991; Ruiz et al. 2011a). Todos ellos en 3D.

El cálculo de la regional gravimétrica se hizo sobre las anomalías de Bouguer con corrección topográfica (ABct), grillada con espaciamiento entre nodos de 5 km (Figura 2a).

Las anomalías gravimétricas generadas por estructuras geológicas ubicadas en la corteza superior están contaminadas por fuentes más profundas, la señal de la raíz cortical andina es, en nuestra zona de estudio, la anomalía de mayor amplitud. La regional producida por la raíz compensadora, en una hipótesis de compensación isostática realista resultó ser el filtro, conjuntamente con el filtro interactivo por Prolongación Ascendente, más consistente. Dichos filtros arrojaron resultados coincidentes en amplitud y morfología para el análisis cuali-cuantitativo de las estructuras subsuperficiales de la región de interés y que son objeto de estudios en lo que respecta a la exploración de hidrocarburos.

Anomalía Residual Descompensada

La corrección por descompensación (Cordell et al., 1991) se calculó desde la prolongación ascendente a 25 km de la anomalía isostática (UP25KM [AI]), teniendo presente que las anomalías contenidas en el campo prolongado a una altura adecuada deben tener origen en corteza inferior-manto superior, esta anomalía regional es substraída de la anomalía isostática (AI) para producir la anomalía isostática de descompensada (DA).

$$DA = AI - UP_{35\text{km}} \quad (7)$$

Para ello se generaron mapas de anomalías isostáticas obtenidas desde dos sistemas de compensación hidrostática: a) asumiendo la hipótesis de compensación local de Airy-Heiskanen; b) un modelo de compensación regional (flexural) – Vening Meinesz calculado para un espesor elástico $T_e = 40 \text{ Km}$ (Tassara et al. 2007). DA se calculó por ambas hipótesis empleando la expresión (7). Las residuales obtenidas se muestran en las Figuras 2c y 2d, respectivamente.

Filtro Interactivo por Prolongación Ascendente

La continuación analítica ascendente consiste en calcular el campo potencial a una altura h constante sobre la superficie de medición (Dean, 1958; Introcaso, 1997). Es en realidad una transformación del campo potencial medido sobre una superficie, al campo que sería medido sobre otra superficie ubicada a una altura mayor sobre la fuente.

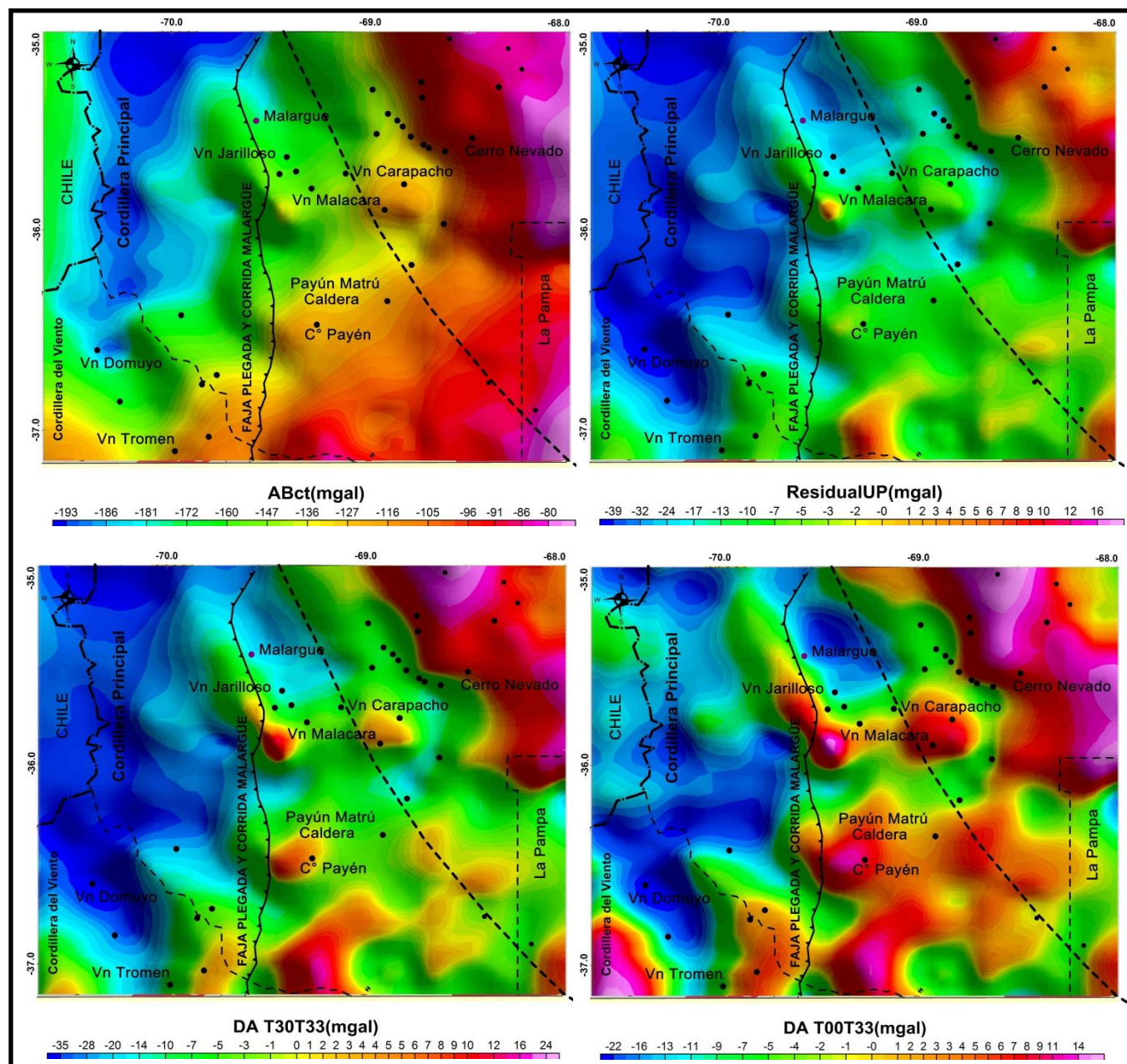


Figura 2. a). Anomalía de Bouguer aplicada la corrección topográfica. b). Mapa de AB residual obtenida por el método de prolongación ascendente $H=25$ Km. c). Residual isostática descompensada obtenida a partir de suponer un modelo de compensación regional para un $T_e=40$ Km. d). Residual isostática descompensada obtenida a partir del cálculo para un $T_e=0$ (o Modelo de Airy). Los puntos negros indican los principales centros efusivos y conos volcánicos de la zona de estudio.

Figure 2. a). Bouguer anomaly with topographic correction. b). Residual AB map obtained by the upward prolongation method $H = 25$ Km. c). Residual isostatic decompensated obtained from assuming regional compensation model for $T_e=40$ km. d). Residual isostatic decompensated obtained from the calculation for $T_e=0$ (or Airy pattern). Black dots indicate the main effusive and volcanic cones in the area of study.

Esta transformación atenúa las anomalías de corta longitud de onda, es decir suaviza o elimina el efecto de cuerpos superficiales o de corta longitud de onda.

La altura de prolongación (25 km) se obtuvo de la pendiente del espectro radial de potencias de las ABct que separa las fuentes más profundas (en los números de onda menores $0-0.005 \text{ m}^{-1}$) de las fuentes de la corteza media y superior.

La carta de anomalías residuales obtenidas descontando a las ABct la regional resultante de la prolongación ascendente a 25 km de altura (Figura 2b) presenta una excelente correlación tanto en morfología como en amplitud con la DA para T_e 40 km.

Los resultados obtenidos por ambos métodos permiten distinguir con claridad los efectos gravimétricos de los cuerpos emplazados en corteza superior. Las características geológicas se encuentran muy bien resaltadas en ambos mapas, especialmente los altos gravimétricos generados por los grandes aparatos volcánicos de la zona de estudio. Puede observarse la presencia de fajas de altos gravimétricos, asociados posiblemente, con cámaras magmáticas o con altos de basamento, relacionadas con los principales centros volcánicos de la región con marcada alineación NNO. Queda evidenciada una segmentación en bloques de dirección meridional a ambos lados de la Faja Plegada y corrida de Malargüe representados por bajos gravimétricos (depocentros) separados por altos con dirección E-O.

MODELADO

Modelado por inversión

Para evaluar cuantitativamente las ondulaciones del basamento en la región con mejor cobertura de datos gravimétricos se calculó un modelo por inversión gravimétrica 3D por el método de Parker (1972) con las mejoras de Caratori et al. (2007), implementadas por Phillips et al. (2007) en el programa GMSYS 3D que utiliza algoritmos de ajuste iterativo.

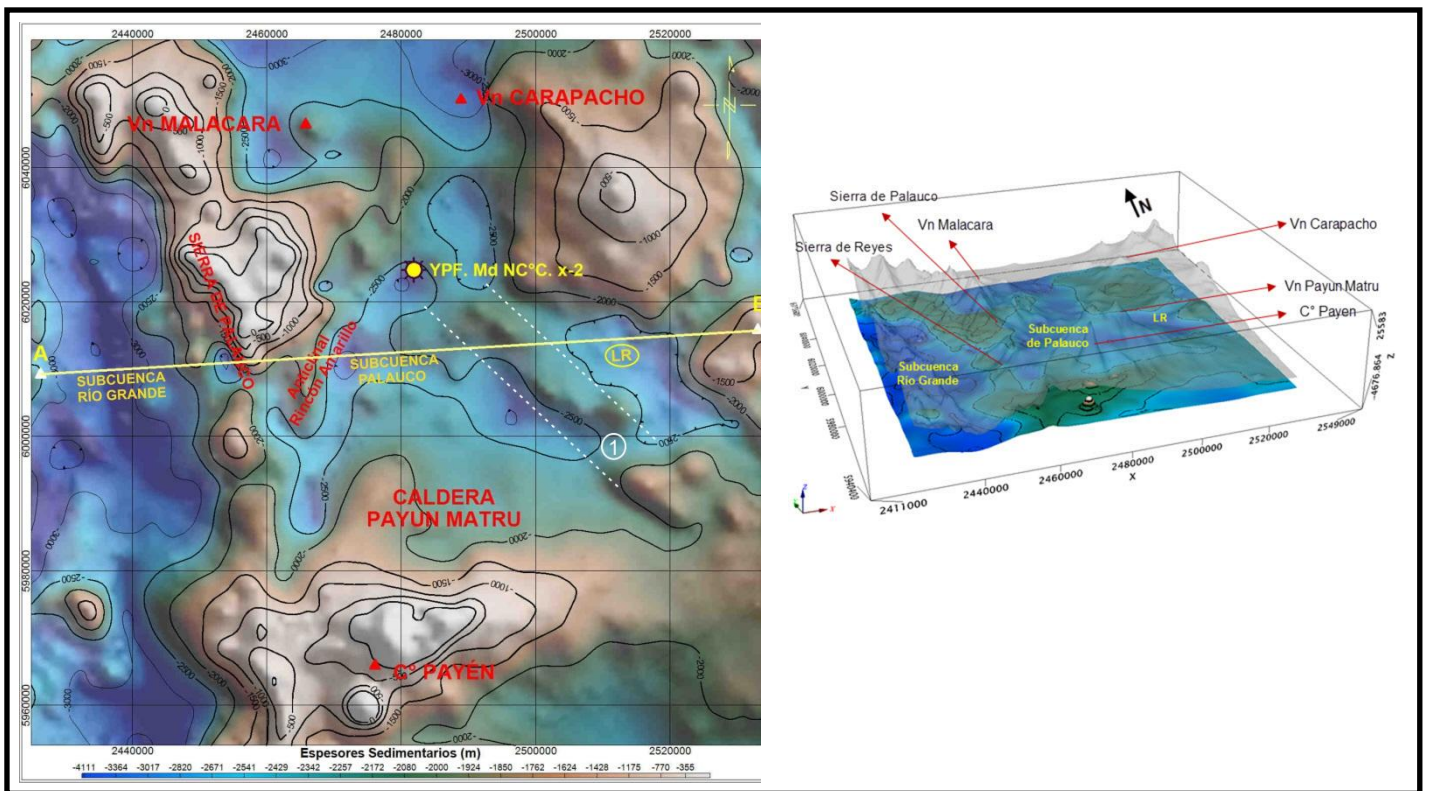


Figura 3. Mapa del modelo por inversión 3D del basamento. En la parte superior con línea de color amarillo se individualiza el perfil donde se realizara un modelo de detalle. Con amarillo se ubica el pozo considerado al calcular la densidad. (1) alto de basamento delimitado por líneas de trazo de color blanco. LR depocentro La Regalada. En la parte inferior se muestra la topografía (exagerada) superpuesta al mapa de basamento, se puede observar la rugosidad de la topografía del lugar.

Figure 3. Map of model by 3D inversion of basement. In the top with yellow line is individualized the profile where will conduct a detailed model. With yellow color be stands of the well considered when calculating the density. (1) basement bounded by dashed lines in white. LR La Regalada depocenter. At the bottom shows the topography (exaggerated) superimposed at the basement map, you can see the roughness of the topography.

Se preparó un modelo de inversión de tres capas: topografía con densidad lateral variable, sedimentos con densidad vertical variable y basamento con densidad fija.

Para la topografía se construyó una grilla con variación lateral de densidades, que varían entre 2.1 g/cm^3 para sedimentos modernos, 2.3 g/cm^3 a 2.5 g/cm^3 para sedimentos mesozoicos y 2.7 g/cm^3 para afloramientos del basamento cristalino. Las densidades consideradas fueron obtenidas de perfiles de un pozo de exploración con *density log* en el centro del área en estudio y densidades medias típicas para afloramientos digitalizados de mapas geológicos (Giambiagi et al., 2009; Ramos y Folguera 2010), imágenes satelitales y modelos digitales del terreno.

Las densidades empleadas en el modelado del espesor sedimentario con densidad vertical variable fueron obtenidas a partir del registro arrojado por el pozo de exploración petrolera YPF.Md NC°C.x-2 Cerritos Colorados con coordenadas (X= 6025400; Y= 2481400), localizado en Rincón amarillo (Figura 3). Se efectuaron ajustes con regresiones matemáticas por tramos y considerando el registro del caliper se calcularon los promedios ponderados de los distintos tramos. El basamento fue modelado utilizando una densidad de 2.7 g/cm^3 .

El modelo de inversión se calculó basado en cuatro superficies: a) plano de observación a 3610 m de altitud (fijo); b) superficie topográfica (fija) modelada con densidad lateral variable hasta la cota del pozo 1125 m; c) Superficie del basamento, modelada con densidad vertical variable desde los datos *density log*; d) fin de corteza superior en un plano a 15 km con densidad de 2.7 g/cm^3 . El basamento técnico se modeló por proceso iterativo hasta ajustar la respuesta gravimétrica del modelo a las anomalías residuales de Bouguer, con profundidades de restricción dadas por el pozo e interpretaciones de líneas sísmicas 2D en el oeste de la zona de estudio (Silvestro y Atencio, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Las anomalías residuales isostáticas descompensadas para el caso de una corteza con espesor elástico $T_e=40 \text{ km}$ (Figura 2d), arrojaron resultados similares a los obtenidos por el filtrado interactivo por prolongación ascendente (Figura 2b). La interpretación cualitativa permite identificar la presencia de fajas de altos gravimétricos asociados, posiblemente, con cámaras magmáticas o con altos de basamento relacionados con los principales centros volcánicos de la región de Payenia. Queda en evidenciada una segmentación en bloques de la Faja Plegada y corrida de Malargüe que señala bajos gravimétricos asociados con depocentros separados unos de los otros por altos gravimétricos (altos de basamento).

Comparando la Figura 2d con la carta residual obtenida por el sistema de Airy ($T_e=0\text{km}$) en Figura 2c, se puede apreciar un positivo de larga longitud de onda al este de los $69^\circ 75' \text{ O}$ que enmascara las cuencas, aunque podría explicarse por una posible atenuación cortical con pluma astenosférica en ascenso como se observó 200 km al sur de la zona en estudio (Folguera et al., 2007). Este alto abarca toda la Payenia e incluye el Bloque de San Rafael. En este trabajo hemos descartado esta residual ya que difiere de las residuales obtenidas por las otras técnicas de filtrado, no obstante, debería ser evaluada a la luz de nuevos datos sismológicos en proceso de obtención.

A efectos de resaltar las características visibles en el mapa residual, se pueden destacar las respuestas gravimétricas negativas observables en la Faja Plegada y corrida correspondientes a los depocentros: Malargüe hacia el Norte, Palauco en el centro y Reyes hacia el sur.

Un rasgo, no descubierto hasta ahora, es el bajo gravimétrico extendido hacia el Este-Sureste del Volcán Carapacho, que podemos interpretar como la extensión oriental de la cuenca de Palauco, acunándose, en el extremo este, contra el basamento del Bloque de San Rafael.

En el modelo por inversión 3D quedan definidos claramente los altos de basamento de los principales centros efusivos de la región: Cerro Payen, Payun Matru, Malacara; Carapacho y las Sierras de Palauco y Reyes (al sur). El cordón montañoso que integran estas dos últimas Sierras separa meridionalmente las subcuencas de Río Grande y Palauco. La primera de ellas, la más occidental, tiene una profundidad máxima de 4000 m. La subcuenca de Palauco más somera que la anterior presenta espesores sedimentarios de 2500 m cerrándose en un alto estructural con dirección NO-SE señalado en la figura con el número (1). Hacia el este se interpreta un depocentro denominado aquí como La Regalada (LR) con una profundidad de 2500 metros, profundizándose hacia el alto que constituye por los afloramientos de basamento del Bloque San Rafael. Este depocentro no ha sido reportado anteriormente, debido a la complejidad de la región en cuanto a que se encuentra totalmente cubierta por coladas basálticas de edad pleistocena (Ramos y Folguera, 2010). Este rasgo superficial dificulta las tareas de adquisición sísmica potenciando la utilidad de los métodos potenciales para la exploración de yacimientos de hidrocarburos en esta región.

CONCLUSIONES

La interpretación cualitativa hecha sobre las cartas gravimétricas permitió identificar mínimos gravimétricos asociados con depocentros y a las estructuras que los circunscriben, representadas en general por altos estructurales. El basamento se encuentra limitado por fallas con dirección NE-SO y NO-SO. Este basamento antiguo fallado, está tapado por sedimentos y coladas basáltica y los corrimientos modernos han sobrepuesto

sobre él el estilo compresivo andino actual constituyendo la faja plegada y corrida de Malargüe. No obstante éste controla, según nuestra interpretación, tanto los centros efusivos (zonas de debilidad para el ascenso de materiales magmáticos) como los depocentros sedimentarios presentes.

El modelo por inversión gravimétrica permitió interpretar las ondulaciones de este basamento fallado con muy buena resolución. Los nuevos datos medidos al este del anticlinal de Palauco permitieron identificar una cuenca de espesor considerable que se extiende más allá de Rincón Amarillo hasta acuñarse con el basamento perteneciente al Bloque San Rafael. El espesor de la cubierta volcánicoclastica de este depocentro presenta un máximo de 4000 m, profundidad que no ha sido reportada hasta el presente.

Agradecimientos: Este trabajo formó parte de los proyectos: FSTics 2010 n°0006, CAPP-Ondas, Grupo 1 – Sismología, Universidad Nacional de San Juan, en el marco del proyectos de Fondos Sectoriales FONARSEC. FONCYT 2012 – 2716, CICIPCA 21E905.

REFERENCIAS

- Barredo, S., Cristallini, E., Zambrano, O., Pando, G., García, R., (2008). Análisis tectosedimentario del relleno de edad precuyana y cuyana inferior de la región septentrional del alto de Kauffman, Cuenca Neuquina. 7° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Trabajos Técnicos: 443-455.
- Caratori Tontini, F., F. Graziano, L. Cocchi, C. Carmisciano and P. Stefanelli (2007): Determining the optimal Bouguer density for a gravity data-set: implications for the isostatic setting of the Mediterranean Sea, *Geophysical Journal International*, 169, 380-388.
- Cordell, L., Zorin, Y.A., Keller, G.R., (1991). The decompensative gravity anomaly and deep structure of the region of the Rio Grande rift. *Journal of Geophysical Research*, 96: 6557–6568.
- Dean, W. C., (1958). Frequency analysis for gravity and magnetic interpretation. *Geophysics*, 23: 97-127.
- Farr T. G., Rosen P. A., Caro E., Crippen R., Duren R., Hensley S., Kobrick M., Paller M., Rodriguez E., Roth L, Seal D., Shaffer S., Shimada J., Umland J., Werner M., Oskin M., Burbank D., Alsdorf, D., (2007). The Shuttle Radar Topography Mission. *Reviews of Geophysics*, 45, rg2004, 33 p. doi:10.1029/2005RG000183.
- Fernández Seveso, F., Laffitte G., Figueroa, D., (1996), Nuevos plays jurásicos en el Engolfamiento Neuquino, Argentina, XII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, IAPG, Actas I, 281 p., Buenos Aires.
- Folguera, A., Introcaso, A., Giménez, M., Ruiz, F., Martínez, P., Tunstall, C., García Morabito, E., Ramos, V.A., (2007). Crustal attenuation in the Southern Andean retroarc determined from gravimetric studies (38°39'30"): the Lonco-Luán asthenospheric anomaly. *Tectonophysics*, doi:10.1016/j.tecto.2007.04.001.
- Giambiagi, L., Tunik, M., Barredo, S., Bechis, F., Ghigliione, M., Álvarez, P., Drosina, M., (2009). Cinemática de apertura del sector norte de la cuenca neuquina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 65 (2): 278-292.
- Heiskanen, W. y Moritz, H., (1967). *Physical Geodesy*. W. Freeman and Company. 364 p.
- Introcaso, A. (1997). *Gravimetría*. Editorial UNR, 350 p., Rosario.
- Kane, M., (1962). A comprehensive system of terrain corrections using a digital computer. *Geophysics*, 27(4): 455-462.
- Kozłowski, E., Manceda, R., Ramos, V., (1993). Estructura. En Ramos, V. (ed.): *Geología y Recursos Naturales de Mendoza*. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos (Mendoza), Relatorio: 235-256.
- Legarreta, L. y Uliana, M.A., (1996). The Jurassic sucesión in west-central Argentina: stratal patterns, sequences and paleogeographic evolution. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 120: 303-330.
- Llambías Eduardo J., Bertotto, G.W., Risso, C., Hernando, I., (2010), El volcanismo cuaternario en el retroarco de Payenia. Una revisión. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 67 (2): 278 - 300.
- Nabighian M.N., Grauch, V.J.S., Hansen, R.O., LaFehr, T.R., Li, Y., Peirce, J.W., Phillips, J.D., Ruder, M.E., (2005). The historical development of the magnetic method in exploration. *Geophysics*, 70, 33ND-61ND.
- Nagy, D., (1966). The gravitational attraction of a right rectangular prism. *Geophysics*, 31(2): 362-371.
- Parker, R.L. (1972). The rapid calculation of potential anomalies. *Journal of the Royal Astronomical Society*, 31: 447-455.
- Phillips, J.D., (2007). *Geosoft eXecutables (GX's)*. Developed by the U.S. Geological Survey, Version 2.0, with Notes on GX Development from Fortran Code. Open File Report 2007-1355. 111 p.
- Ramos, V.A. (1988). Tectonics of the Late Proterozoic - Early Paleozoic: a collisional 1088 history of Southern South America. *Episodes*, 11(3): 168-174.
- Ramos, V.A. y Folguera, A., (2010). Payenia volcanic province in the Southern Andes: An appraisal of an exceptional Quaternary tectonic setting. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. doi: 10.1016/j.jvolgeores.2010.09.008. (In Press).

- Ruiz, F., Introcaso, A., Nacif, S., Leiva, F., Giménez, M., Martínez, P., Laplagne, A., (2011a). Cambios de gravedad de origen tectónico en la transición entre las Sierras Pampeanas Occidentales y la Precordillera Sanjuanina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 68 (4). ISSN 0004-4822.
- Ruiz, F., Laplagne, A., Gallego, G., Introcaso, A., (2008). Variaciones de gravedad en el Valle de Tulum, San Juan: aportes a la caracterización sismotectónica. *GEOACTA*, 33: 115-122.
- Ruiz, F. y Introcaso, A., (1999). Resultados magnetométricos en la región de la cuenca de Ischigualasto-Villa Unión (Provincias de San Juan y La Rioja-Arg). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, RAGA 54 (4): 353-360.
- Silvestro, J. y Atencio, M., (2009). La cuenca cenozoica del río grande y palauco: edad, evolución y control estructural, faja plegada de malargüe (36°s). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 65 (1): 154-169.
- Tassara A., Swain, C., Hackney, R., Kirby, J., (2007). Elastic thickness structure of South America estimated using wavelets and satellite-derived gravity data. *Earth and Planetary Science Letters*, 253 (2007) 17–36.

Recibido: 2-8-2013

Aceptado: 20-2-2014