

CARACTERIZACIÓN GRAVIMÉTRICA DE LA CUENCA DEL GOLFO SAN JORGE

Bahía M. E.^a, Longo M.^b y Ravazzoli C. L.^{cd}

^a*Departamento de Física, Universidad Nacional del Sur, ARGENTINA*

^b*Consultora Geofísica independiente, ARGENTINA*

^c*Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísica, Universidad Nacional de La Plata, ARGENTINA*

^d*CONICET, ARGENTINA*

e-mail: bahiamarcos.e@gmail.com

RESUMEN

La Cuenca del Golfo San Jorge se encuentra ubicada en la porción central de la Patagonia, entre los 45° y 47° de latitud Sur y entre los 66° y 71° de longitud Oeste. Es una cuenca elongada en dirección Este - Oeste que abarca las porciones Sur de la provincia de Chubut y Norte de la provincia de Santa Cruz y continúa al Este en la plataforma continental, cubriendo una superficie de aproximadamente 180.000 km², de los cuales una tercera parte corresponde al sector de costa afuera. La aplicación de distintos métodos geofísicos permite obtener información de la distribución de las propiedades físicas y estructuras internas del área de estudio. Uno de los métodos geofísicos clásicamente utilizados en ambientes de cuenca es el método gravimétrico de exploración, que se basa en la medición de variaciones muy pequeñas del campo gravitatorio terrestre causadas por heterogeneidades laterales de densidad dentro del subsuelo. En este trabajo se describe el procesamiento y la integración de los datos gravimétricos terrestres provistos por la empresa YPF S.A., medidos sobre la Cuenca del Golfo San Jorge, junto con información geológica y de pozos de la zona. Esto permitió la construcción de modelos geofísicos confiables tanto 2D como 3D para las estructuras del subsuelo a largo de toda la cuenca, para lo cual se utilizó también una técnica de inversión estructural tridimensional. Los modelos obtenidos permitieron caracterizar la geometría del basamento a escala regional y la posición y profundidad de los depocentros sedimentarios más importantes de la cuenca, lo que no se había hecho hasta el momento.

Palabras Clave: Modelado e inversión gravimétrica, Cuenca del Golfo San Jorge, basamento, depocentros.

INTRODUCCIÓN

Uno de los métodos geofísicos más utilizados en las cuencas sedimentarias, es el método gravimétrico de exploración, que se basa en la medición de desviaciones muy pequeñas en el campo gravitatorio terrestre causadas por heterogeneidades laterales de densidad dentro del subsuelo. En este trabajo, se presenta la aplicación de este método sobre un conjunto de datos gravimétricos terrestres en un sector de la Cuenca del Golfo San Jorge, una de las de mayor producción acumulada de petróleo de la Argentina.

Debido a la no unicidad de los campos potenciales, no existe un único modelo que ajuste los datos observados, con lo cual es fundamental el conocimiento de la geología y otras fuentes de información para disminuir la incertidumbre. En tal sentido, se hará uso de información de pozo y modelos estructurales para acotar las soluciones. El objetivo

principal del presente trabajo consiste en determinar la geometría del basamento de la Cuenca del Golfo San Jorge mediante la utilización de metodologías geofísicas de modelado e inversión en aquellos sectores donde existen datos gravimétricos disponibles en la base de datos de YPF S.A. Se propone, además, evaluar los principales depocentros mediante la elaboración de diversos perfiles y modelos gravimétricos 2D y 3D. Los métodos y resultados que se describen a continuación forman parte del trabajo desarrollado por Bahía (2020) y al cual el lector es referido para más detalles.

MARCO GEOLÓGICO Y ESTRATIGRAFÍA

La Cuenca del Golfo San Jorge se encuentra limitada en el Sur por el Macizo del Deseado, en el Norte por el Macizo Norpatagónico, en el Oeste por la Cordillera de los Andes y en el Este por el margen continental. Si bien muestra rasgos estructurales principales en sentido E-O, la faja plegada, que recibe el nombre de San Bernardo, se extiende en sentido N-S, dividiéndola en dos sectores: Este y Oeste (denominados también Sector Oriental y Flanco Occidental -u Oeste-, respectivamente). A su vez, el Sector Este se divide en Flanco Norte, Flanco Sur y Centro de Cuenca (ver Fig. 1). La porción costa afuera se considera una prolongación del Sector Oriental (Sylwan, 2001).

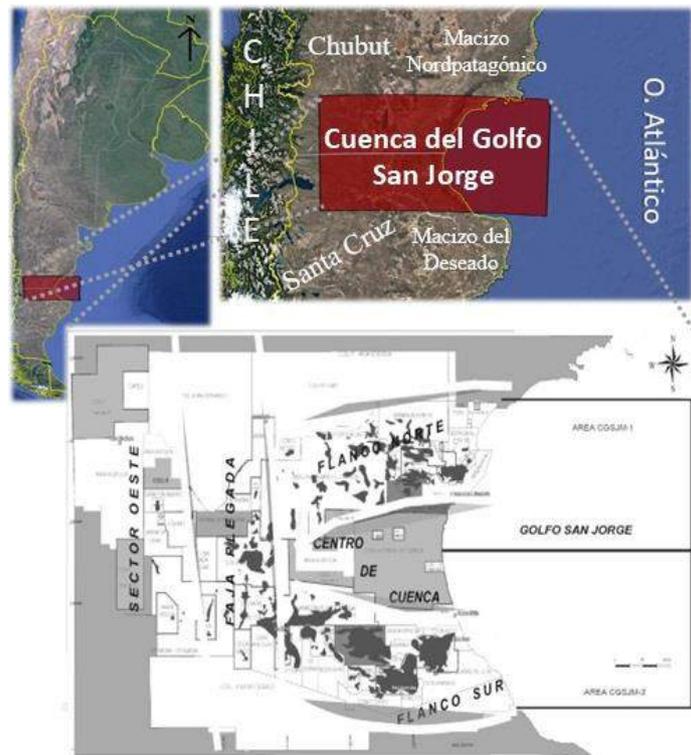


Figura 1. Localización de la zona de estudio. Arriba: imagen satelital de la Cuenca del Golfo San Jorge. Abajo: sectores y flancos de la cuenca. Adaptado de Figari et al. (2002).

El basamento de esta cuenca puede ser descrito en dos términos, un “basamento Pre-Jurásico”, compuesto por diversas litologías y edades, y un complejo más somero, denominado Complejo Volcánico Sedimentario (CVS), o “basamento técnico” (que denominaremos Megasecuencia 0). El basamento pre-Jurásico incluye el núcleo antiguo

de la Patagonia y está compuesto por un grupo heterogéneo de rocas de diversos orígenes y edades. En resumen, de manera cronológica algunos altos relativos están constituidos por: metamorfitas e intrusivos del Precámbrico - Paleozoico Inferior (y Paleozoico Superior, Figari et al. (1999)); gneises y migmatitas paleozoicas (Giampaoli, 2015); granitoides silúricos-devónicos; rocas metamórficas devónicas de bajo grado, como granitos y esquistos; unidades sedimentarias del Carbonífero-Pérmico; rocas ígneas pertenecientes al Pérmico y Triásico; pelitas, psamitas y piroclastitas del Triásico; sedimentitas y rocas volcanoclásticas, marinas y sus equivalentes continentales, así como tobas y calizas en el Jurásico Inferior (Lías). El CVS, perteneciente al Jurásico Superior y propuesto por Clavijo (1986), consiste principalmente en vulcanitas, volcanoclásticos y, en menor medida, sedimentitas del Jurásico Medio a Superior.

Se le asigna el nombre informal “Neocomiano” (Megasecuencia I) a aquellos depósitos de sedimentos que rellenan grábenes y hemigrábenes que comenzaron su desarrollo durante un episodio de extensión de la cuenca y en forma sintectónica con la megasecuencia anterior. Estos depósitos han sido divididos históricamente en dos secuencias, las que se corresponden parcialmente con las formaciones Pozo Anticlinal Aguada Bandera (principalmente pelítica) y Pozo Cerro Guadal (esencialmente arenosa), o equivalentes, y conforman el Gr. Las Heras. Estas unidades litoestratigráficas se definieron en el subsuelo de la Cuenca del Golfo San Jorge y carecen de exposiciones en la cuenca (Paredes, 2009).

En discordancia angular con el ciclo anterior, se depositan los niveles del Grupo Chubut que han sido incluidos dentro de la Megasecuencia II y están representados por las formaciones Pozo D-129, Mina del Carmen, Comodoro Rivadavia-Cañadón Seco y Yacimiento El Trébol-Meseta Espinosa; con sus respectivos equivalentes en el Sector Oeste, las formaciones Matasiete, Castillo, Bajo Barreal (Mb. Inferior) y Bajo Barreal (Mb. Superior). Durante la depositación de este ciclo se desarrolla una columna estratigráfica enteramente continental de varios miles de metros de espesor (Figari et al., 1999). La Formación Pozo D-129, la unidad más antigua de este ciclo, está compuesta por pelitas con una importante contribución de componentes piroclásticos y escasos carbonatos, los cuales se presentan principalmente en forma de oolitas. En efecto, estas litologías tienen un alto contenido orgánico, conformando la roca madre más importante para la generación de hidrocarburos en la cuenca.

Mediando suave discordancia angular, se incluyen dentro de la Megasecuencia III los depósitos del Cenozoico constituidos por una columna estratigráfica que oscila entre 500 y 1300 m. de espesor, y están representados por las formaciones Salamanca, Río Chico, Sarmiento, Patagonia, Santa Cruz y sus equivalentes laterales. Durante la depositación de estas unidades han existido diversos episodios extensivos (Navarrete et al., 2015) que, combinados a oscilaciones eustáticas, determinaron una historia de transgresiones y regresiones con vergencia atlántica. Es por ello que se componen, en líneas generales, de arcillas y tobas, con ocasionales intercalaciones de areniscas continentales, alternando con lenguas de depósitos marinos someros de transgresiones atlánticas episódicas.

PROCESAMIENTO DEL DATO GRAVIMÉTRICO

Se utilizaron 7435 mediciones de gravedad y de topografía de la base histórica de YPF S.A. La distribución espacial de estas estaciones es heterogénea, con mayor

cobertura (es decir, con menor espaciado entre estaciones) en el Sector Oeste de la cuenca, donde la separación entre estaciones es de 1 a 2 km, lo que implica una resolución espacial (longitud de onda mínima) de 2 a 4 km. La baja densidad de muestreo tanto en la faja corrida y plegada de San Bernardo como en el Sector Oriental de la cuenca se puede observar en la Fig. 2. El mapa de elevación del terreno fue obtenido a partir de las mediciones en superficie en cada estación (ver Fig. 2). Para el grillado de los datos se usó el algoritmo de mínima curvatura del programa Oasis montaj 9.5.1 (www.geosoft.com). Este método produce superficies suaves y trabaja bien en la regularización de puntos distribuidos en forma heterogénea (Briggs, 1974).

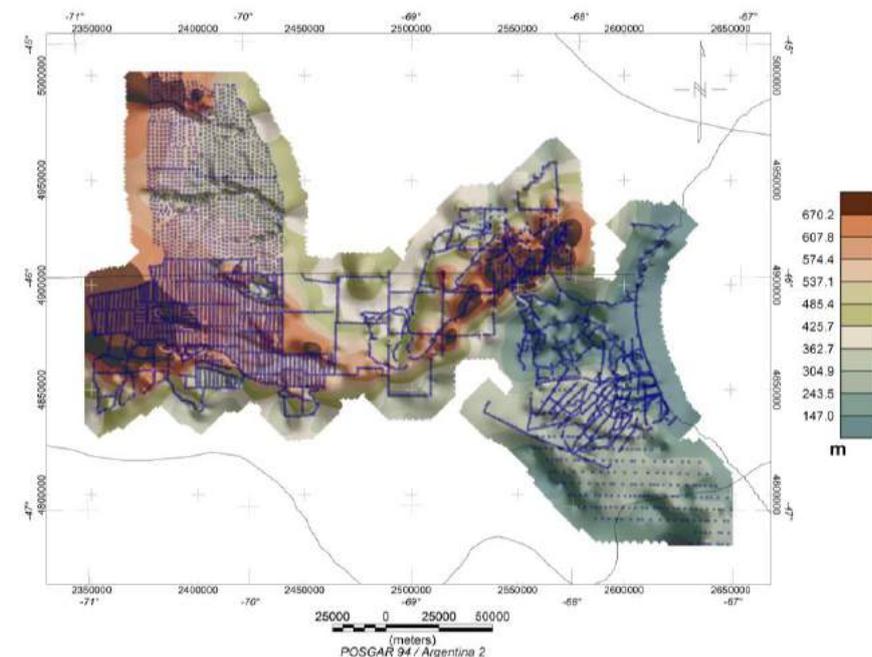


Figura 2. Mapa de elevación del terreno. Se observa mayor altura topográfica en el Sector Occidental de la cuenca, en cercanías a la cordillera andina, mientras que disminuye gradualmente hacia el Este a medida que nos acercamos a la plataforma continental. Además, se destaca una región de alto topográfico en el Flanco Norte. Puntos azules: datos gravimétricos regionales adquiridos por YPF S.A.

Las anomalías gravitatorias, de aire libre (AAL) y de Bouguer (AB), se calcularon utilizando las expresiones clásicas (Blakely, 1995, Hinze et al., 2013) con el software Oasis montaj 9.5.1. La densidad de reducción para la AB utilizada fue de $2,67 \text{ g/cm}^3$. La determinación de la corrección topográfica (CT) de cada estación de gravedad se realizó con el mismo software, que utiliza una combinación del método descrito por Nagy (1966) para la zona cercana e intermedia; y en la zona alejada, el descrito por Kane (1962). Para ello se utilizó el mapa de elevación del terreno de la Fig. 2 y una densidad de 2.67 g/cm^3 . En general, los valores obtenidos en la CT son pequeños (entre 0.008 y 0.05 mGal), alcanzando los 0.45 mGal , correspondiente a los mayores contrastes topográficos en la región del Flanco Norte. Por último, se realizó el cálculo de la Anomalía de Bouguer Completa (ABC), es decir, incluyendo la CT, como se muestra en la Fig. 3. En este caso, la anomalía es similar a la obtenida sin tener en cuenta la CT. Esto se debe a que la CT tiene valores pequeños y no influye de manera significativa en los cálculos de la anomalía de Bouguer.

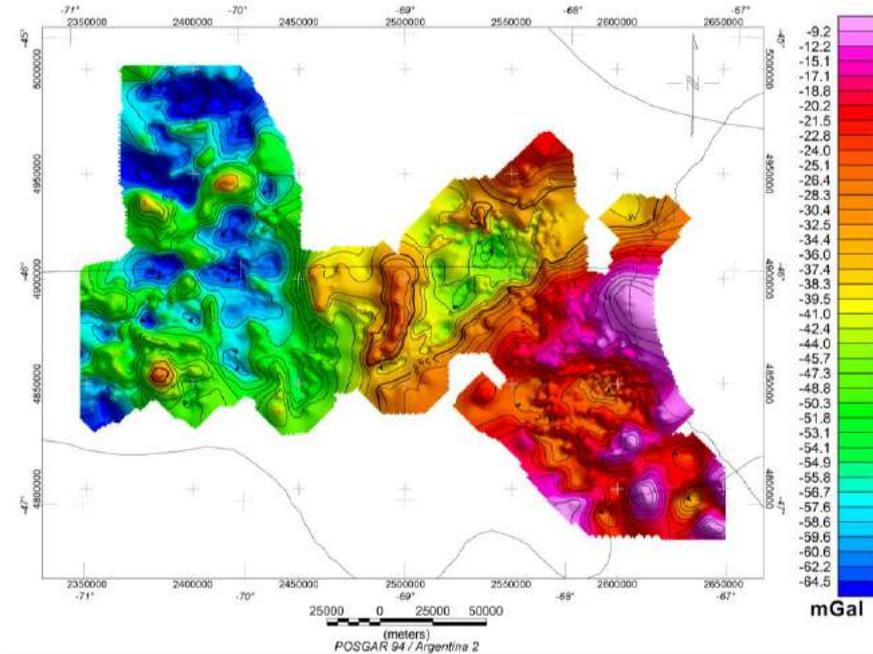


Figura 3. Mapa de Anomalía de Bouguer Completa, evaluada con un valor de densidad de 2.67 g/cm^3 .

Separación de componentes regional - residual

El campo de anomalías de Bouguer (ver Fig. 3) contiene información proveniente de estructuras geológicas profundas (campo regional), y someras (campo residual o local) debido a estratos geológicos con mayor o menor densidad que las rocas circundantes. La separación de estos efectos es indispensable para la interpretación de los mismos, ya que la componente regional podría enmascarar las respuestas producidas por las fuentes superficiales. Si bien la definición de componente regional y residual nunca podrá ser totalmente objetiva, la separación de ambos efectos dependerá del objetivo de la interpretación, de la calidad de los datos y del conocimiento de la geología. Entre los procesos de separación de campos regional – residual se pueden mencionar el de prolongación o continuación analítica, regresión y ajuste de superficies polinómicas, conocidas también como superficie de tendencia y filtrado por medio de la transformada de Fourier, entre otros.

En el presente trabajo se eligió un ajuste polinomial de primer orden. Se calculó por mínimos cuadrados la superficie de tendencia y se removió del mapa de la ABC la tendencia regional producida por fuentes profundas, obteniéndose de este modo la componente residual, como se muestra en la Fig. 4.

INTERPRETACIÓN Y MODELOS GRAVIMÉTRICOS

Con el fin de obtener información cuantitativa acerca de las fuentes causantes (geometría, dimensiones y profundidad) de las anomalías gravimétricas, se realizaron modelos 2D y 3D sobre la componente residual de Bouguer para los cuales se tuvieron en cuenta los valores de densidad medidos en perfiles de pozo y topes formacionales provistos por YPF S.A. Cuando el corte geológico se extiende sin variación en la dirección perpendicular, el proceso se describe como modelado bidimensional (2D), siendo una aproximación matemática muy útil y de bajo costo computacional.

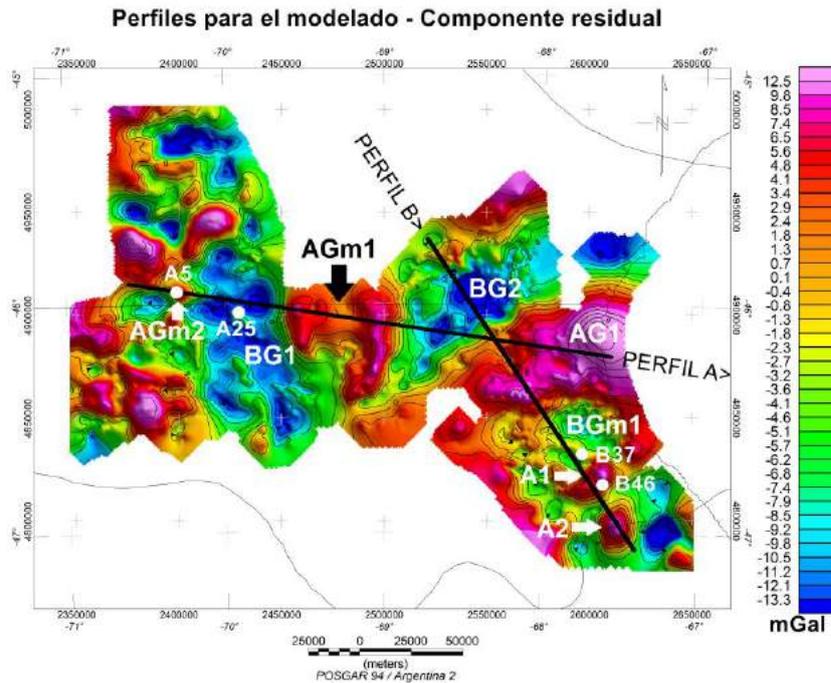


Figura 4. Componente residual de la ABC. Perfiles A y B realizados sobre el mapa de la componente residual y utilizados para la confección de los modelos. Círculos blancos: pozos de YPF S.A.

Si bien existen infinitas combinaciones de parámetros físicos y geométricos que pueden ajustar los datos observados, el conocimiento de la geología permite poner restricciones a los modelos y por lo tanto disminuir la incertidumbre. El detalle del modelo dependerá de la distribución espacial de los datos medidos y de la escala de trabajo. Los modelos se elaboraron con el programa GM-SYS (www.geosoft.com). Los cálculos están basados en las expresiones obtenidas por Talwani et al. (1959) y el algoritmo propuesto por Won y Bevis (1987).

Modelos 2D

Se realizaron dos modelos 2D (ver Fig. 5 y 6) en cada uno de los cuales se modeló una capa para el Cenozoico (o Megasecuencia III), una capa de sedimentos correspondientes al ciclo Chubutiano y al ciclo Neocomiano (Megasecuencias II y I, respectivamente), una capa que representa al CVS, otra correspondiente al Lías y, por último, una que hace referencia al basamento pre-Jurásico, que por simplicidad en lo que sigue lo llamaremos basamento (estas últimas tres capas conforman la Megasecuencia 0). La asignación de las densidades para las distintas capas de cada modelo se realizó en base al promedio de las medidas en pozos cercanos (Tabla 1).

Tabla 1. Referencias para los modelos 2D del subsuelo.

Capas	Colores	Densidades (g/cm ³)
Cenozoico		2.30
Neocomiano – Chubutiano		2.40
CVS		2.50
Lías		2.60
Basamento	XXXXX XXXXX XXXXX	2.76

Perfil A: Se extiende en dirección ONO-ESE con una longitud de aproximadamente 238 km, atravesando el Flanco Occidental, la faja corrida y plegada de San Bernardo y el Sector Oriental, específicamente el Flanco Norte y el Centro de Cuenca (ver Fig. 5). El perfil atraviesa los pozos A5 y A25.

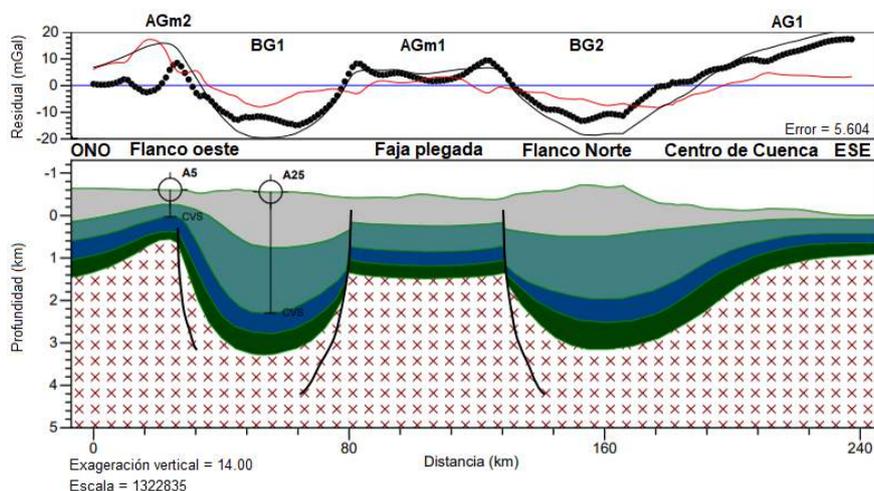


Figura 5. Modelo 2D realizado sobre el perfil A representado en la Fig. 4. Arriba: Anomalia observada (línea negra de puntos), calculada (línea gris continua) y curva de error (línea roja continua); abajo: modelo propuesto.

Perfil B: Se extiende en dirección NO-SE, con 188 km de longitud. Atraviesa los pozos B37 y B46 (ver Fig. 6) que contienen información de profundidad solo del basamento, por lo que las capas por encima de él fueron modeladas teniendo en cuenta la respuesta gravimétrica y la geología de la zona.

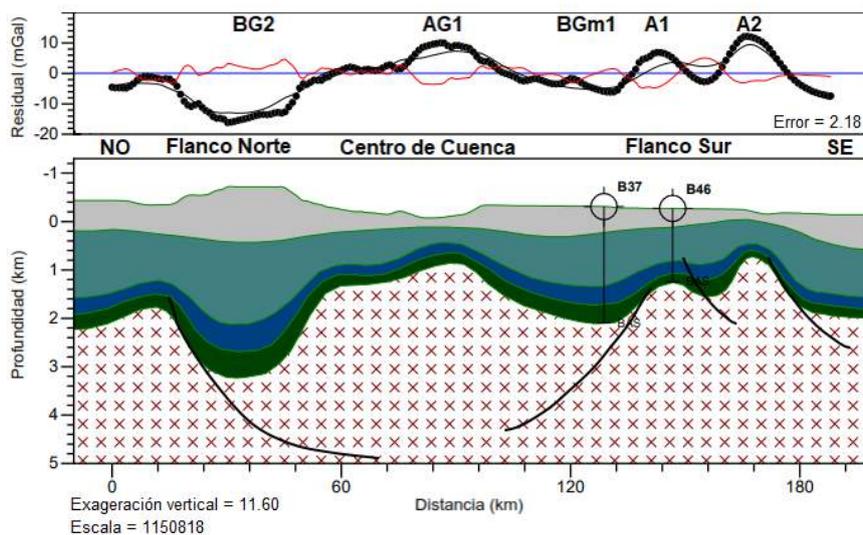


Figura 6. Modelo 2D realizado sobre el perfil B representado en la Figura 4. Arriba: Anomalia observada (línea negra de puntos), calculada (línea gris continua) y curva de error (línea roja continua); abajo: modelo propuesto.

Modelo 3D

Para realizar una inversión de datos, es necesario primero resolver el problema directo. De esta forma se obtiene un modelo geológico cuya respuesta geofísica se compara con los datos observados. Luego se resuelve el problema inverso mediante procedimientos iterativos hasta lograr un ajuste óptimo entre los datos observados y la respuesta del modelo.

El modelado 3D se realizó con una sola capa de sedimentos para estimar la profundidad y geometría del basamento pre-Jurásico (inversión estructural) asumiendo densidad constante de 2.76 g/cm^3 . Este método consiste en la modificación de la elevación de la capa seleccionada para minimizar el desajuste por gravedad.

Para resolver el problema directo y realizar la inversión estructural se utilizó el programa GM-SYS3D (www.geosoft.com). Los cálculos para el modelado directo se basan en las técnicas en el dominio de la frecuencia publicadas por Parker (1972) y Blakely (1995). Las entradas al modelo son la superficie topográfica, que en este caso corresponde a las elevaciones del terreno obtenidas en cada estación de medición (ver Fig. 2), cuya densidad es de 2.3 g/cm^3 y la componente residual de la ABC.

Una vez obtenida la anomalía calculada en el problema directo, se la utilizó como entrada en el modelo inverso para obtener la superficie del basamento. Por lo general, se debe aplicar un cambio constante a la gravedad calculada para que coincidan con los datos observados. Es decir, se utiliza para normalizar una respuesta del modelo que tenga en cuenta las diferencias entre el valor medio observado y el valor medio calculado de la respuesta del modelo. Luego de aplicar esta corrección, se procedió a resolver el problema inverso. Los resultados estadísticos de la inversión se muestran en la Tabla 2.

El modelado 3D se realizó en el Flanco Sur (Fig. 7) y, desde el punto de vista gravimétrico, incluye el bajo gravimétrico que hemos denominado BGm1 y el alto o máximo A1, ambos definidos en la Fig. 4. La elección de estos rasgos gravimétricos a invertir se debe a la existencia de una gran cantidad de pozos con información de la profundidad del basamento, lo que permite verificar la eficacia de la inversión.

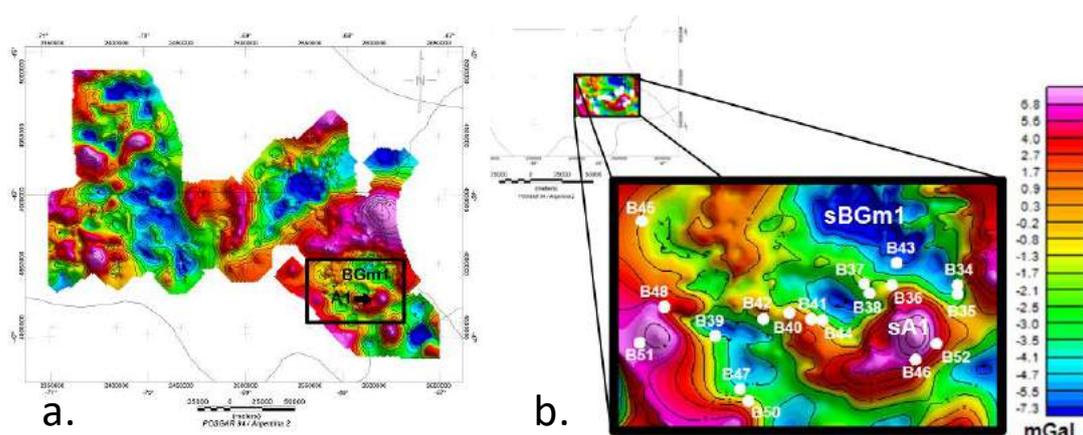


Figura 7. a: Región considerada para el modelo 3D (rectángulo negro) sobre la componente residual de la ABC. Se indican los rasgos BGm1 y la A1. b: Componente residual de la anomalía de Bouguer generada en el área de estudio. Los círculos blancos representan los pozos que alcanzan el tope del basamento. sA1 y sBGm1 son los rasgos correspondientes a la A1 y al BGm1, respectivamente.

Tabla 2. Resultados de la inversión.

Anomalías	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Observada	-10.168	11.683	-0.540	3.916
Calculada	-8.941	11.397	-0.509	3.809
Misfit	-2.378	3.446	0.000	0.403

En la Fig. 8 se puede ver una vista en planta y 3D de la profundidad del basamento pre-Jurásico. Los valores de profundidad varían desde alrededor de 1440 mbnmm (metros bajo nivel medio del mar), en la posición de la anomalía A1 de la Fig. 7 (P1), hasta los 2550 mbnmm aproximadamente, en la posición del BGm1 de la Fig. 7 (P2). Una característica que se destaca en la vista en planta (ver Fig. 8) son las orientaciones de los altos y bajos de basamento: los bajos azules claramente se disponen en dirección NO-SE, separados por altos de baja magnitud de igual orientación (indicados con líneas blancas), mientras que el alto P1 más significativo tiene una tendencia NE-SO (indicado con línea negra).

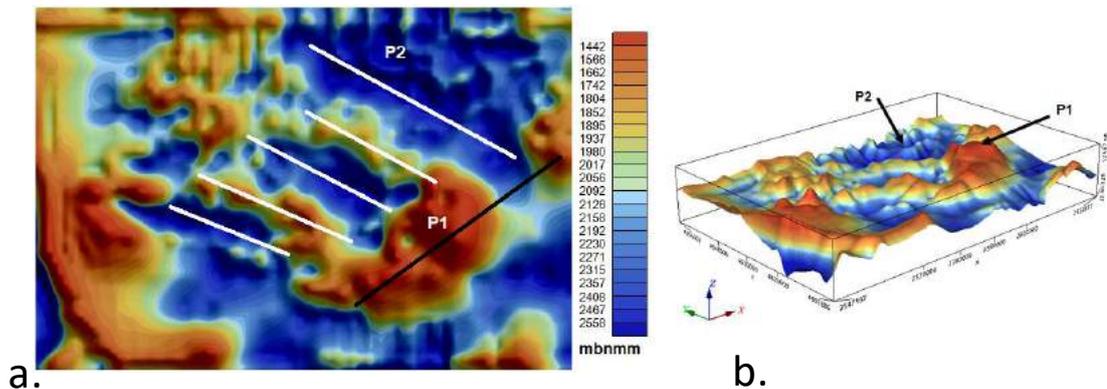


Figura 8. a: Vista en planta de la profundidad del basamento, resultado de la inversión gravimétrica 3D. b: Vista 3D del modelo realizado. Las flechas señalan la zona que corresponde a la A1 y al BGm1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Perfil A

En el Flanco Oeste en la zona del pozo A5, se encuentra el alto gravimétrico AGm2. El mismo se ve representado en el subsuelo por una disminución tanto del espesor sedimentario como de la profundidad del CVS (a juzgar por la información proveniente del pozo) y del basamento. En el sector del pozo A25, se observa el bajo gravimétrico que se extiende hasta la zona de la faja plegada, correspondiente al BG1. Este se interpreta mediante un bajo de basamento (hemigraben) que supera los 3200 m de profundidad. Asimismo, se modela un aumento de espesor en las secuencias de sinrift (Lías y CVS) en este sector y un máximo espesor de los depósitos Neocomianos-Chubutianos, que alcanzan los 1600 m, aproximadamente.

En la zona de la faja plegada de San Bernardo, existe un alto relativo (AGm1) modelado por una disminución de la profundidad del basamento, dando como resultado un bloque relativamente alto, limitado a ambos lados por fallas normales conjugadas (horst), resultado posiblemente de la tectónica extensional. De acuerdo con la

bibliografía (Figari et al. 1999, Sylwan, 2001, entre otros), en este sector existe una inversión tectónica positiva, es decir, fallas normales que se reactivan como inversas. Esta característica no se ve reflejada en el modelo, sino que lo que se observa es un bloque relativamente alto limitado a ambos lados por fallas normales conjugadas, pudiendo resultar de la tectónica extensional.

En el Sector Oriental se observa un aumento en el espesor de los sedimentos en el Flanco Norte y Centro de Cuenca (y gran profundidad del basamento) que generan el rasgo BG2 y posteriormente la disminución de los mismos. Un razonamiento teórico conceptual del mecanismo de inversión tectónica se podría aplicar por encima de este bajo gravimétrico, donde la topografía es muy elevada y, si se invirtiera dicho bajo, se lograría un relieve positivo en superficie.

Perfil B

Desde el punto de vista gravimétrico, atraviesa un bajo en el Flanco Norte, un alto en el Centro de Cuenca y un bajo menor y dos altos en el Flanco Sur, denominados, de acuerdo con la Fig. 4, BG2, AG1, BGm1, A1 y A2, respectivamente. En lo que respecta al bajo gravimétrico correspondiente al Flanco Norte, también evaluado en el modelo del Perfil A al Este de la faja plegada, se representa con una profundidad de basamento que alcanza los 3200 mbnmm y con gran espesor de los depósitos neocomianos-chubutianos. El BG2, de acuerdo al perfil A presenta una falla buzante hacia el E, por lo que se propone para este modelo, aunque no se vea una simetría tan clara, una falla buzante hacia el SE en ese sector.

Luego, el perfil atraviesa un sector en el Centro de Cuenca con alto valor gravimétrico, que se interpreta como una disminución tanto en la profundidad del basamento, como de las rocas del CVS y del Lías. Como consecuencia, disminuye el espesor de los depósitos Neocomianos y Chubutianos. Continuando hacia el Sur, el perfil cruza un bajo gravimétrico menor (BGm1) donde aumenta la profundidad del basamento y el espesor de relleno sedimentario. Tal es así que, la profundidad del basamento en el pozo B37, supera los 2000 mbnmm, correspondiéndose con los valores gravimétricos.

En el Flanco Sur se observan dos sectores con valores anómalos positivos, A1 y A2, (Fig. 4). La anomalía A1 se corresponde con un ascenso del basamento desde los 2097 mbnmm en el pozo B37 hasta alcanzar la profundidad de 1257 mbnmm. En el extremo SE del perfil, el valor gravimétrico disminuye, modelándose como un aumento progresivo en la profundidad del basamento. Se puede observar cierta disminución de los ciclos Neocomiano-Chubutiano en el Flanco Sur. Esto puede deberse a que las unidades, principalmente neocomianas, presentan su máximo espesor en el Flanco Occidental mientras que aumentan su dispersión y disminuyen bruscamente su espesor hacia el Este, más allá de la faja plegada. En el Sector Oriental presentan una gran dispersión, con rellenos de pocos cientos de metros y edades inciertas que marcan la marginalidad de toda esta área para la generación de espacio durante el proceso de rifting inicial (Figari et al., 1999). A su vez, el extremo SE del perfil se encuentra en la parte proximal de la cuenca, donde el espesor sedimentario disminuye.

Modelo 3D

Se comparó la profundidad del basamento obtenida de la inversión con la profundidad de cada uno de los 18 pozos del área. El error relativo es despreciable en 12

pozos, mientras que en los otros 6 el error es considerable, lo que será analizado en trabajos futuros.

Una característica que se puede destacar de la vista en planta (ver Fig. 8) son las orientaciones de los altos y bajos de basamento: los bajos azules claramente se disponen en dirección NO-SE, separados por altos de baja magnitud de igual orientación, mientras que el alto P1 más significativo tiene una tendencia NE-SO. Estos alineamientos podrían ser coherentes con las estructuras reconocidas en el Flanco Sur de la cuenca, como por ejemplo, las dos orientaciones mencionadas por Paredes et al. (2018).

Debido a que el polígono considerado para el modelo 3D es atravesado por el perfil B, se compararon los resultados del modelo 2D sobre el perfil y del modelo inverso 3D para el basamento. Se logró una buena correlación de la geometría y la profundidad del basamento, respetándose en ambos casos las disminuciones y los aumentos en la profundidad del mismo, y con diferencias que oscilan entre 200 y 400 metros, aproximadamente.

CONCLUSIONES

Se logró realizar de manera satisfactoria la reducción gravimétrica y la separación de componentes regional y residual de la Anomalía de Bouguer Completa. Con ello, se obtuvo una primera imagen de la geometría de la cuenca a escala regional y se observaron sus patrones anómalos más característicos. Por un lado, los principales bajos gravimétricos se localizan en amplias zonas del Flanco Occidental y Norte, mientras que los altos gravimétricos más destacados se encuentran en la faja corrida y plegada de San Bernardo, en el Centro de Cuenca y, aquellos más localizados, en el Flanco Occidental y Sur.

Los modelos 2D y 3D realizados permitieron determinar y modelar la geometría y profundidad del basamento de la Cuenca del Golfo San Jorge. Se reconocieron en total tres bajos gravimétricos, para los cuales se modeló e interpretó un aumento en la profundidad del basamento produciendo una gran cantidad de depocentros en la cuenca. Estos depocentros generaron el espacio suficiente para la acumulación de grandes espesores de depósitos sedimentarios, posiblemente revistiendo gran interés exploratorio. Asimismo, se distinguieron cinco altos gravimétricos asociados con una disminución en la profundidad del basamento y la consecuente reducción del paquete sedimentario.

Por todo lo expuesto se puede afirmar que el análisis e integración de los datos y de los resultados permitieron el entendimiento de la geometría, no solo del basamento, sino también de los estratos sedimentarios de la Cuenca del Golfo San Jorge, lo que es relevante desde el punto de vista geológico, geofísico y exploratorio.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a YPF S.A. por cedernos los datos para realizar este trabajo y permitir su publicación. A la empresa Seequent (ex Geosoft), en especial a la Sra. Andrea Pinheiro, por habernos facilitado una licencia educacional gratuita del software Oasis montaj, versión 9.5.1.

REFERENCIAS

- Bahía, M. E. Determinación de la geometría del basamento de la Cuenca del Golfo San Jorge mediante datos gravimétricos. *Trabajo final, Universidad Nacional del Sur*, (2020). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/106575>
- Briggs, J. Machine contouring using minimum curvature. *Geophysics* 39, 39–48 (1974).
- Blakely, R. J. Potential theory in gravity and magnetic applications. *Cambridge University Press*. (1995).
- Clavijo, R. Estratigrafía del Cretácico Inferior, en el sector occidental de la Cuenca del Golfo San Jorge. *Boletín de Informaciones Petroleras, Buenos Aires*, 9: 15-32 (1986).
- Figari, E., Strelkov, E., Laffitte, G., Cid de la Paz, M., Courtade, S., Celaya, J., Vottero, A., Lafourcade, P., Martínez, R., y Villar, H. Los Sistemas Petroleros de la Cuenca del Golfo San Jorge: Síntesis Estructural, Estratigrafía y Geoquímica. *Actas IV Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Mar del Plata*, I: 197237 (1999).
- Figari, E. G., Strelkov, E., Cid de la Paz, M. S., Celaya, J., Laffitte, G., y Villar, H. Cuenca del Golfo San Jorge: Síntesis estructural, estratigráfica y geoquímica. *Relatorio del XV Congreso Geológico Argentino. El Calafate*, III: 571-601 (2002).
- Giampaoli, P. Caracterización de sistemas de fallas extensionales utilizando perfiles y mapas de desplazamiento: ejemplos del Cretácico de la Cuenca del Golfo San Jorge. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 72 (1): 107 - 119 (2015).
- Hinze, W. J., B. von Frese, R. R., y Saad, A. H. Gravity and magnetic exploration: Principles, practices, and applications. *Cambridge University Press* (2013).
- Kane, M. F. A comprehensive system of terrain corrections using a digital computer. *Geophysics*, vol. XXXVII, no.4 (August, 1962), PP. 455-462 (1962).
- Nagy, D. The gravitational attraction of a right rectangular prism. *Geophysics*, vol. XXXI, no.2 (April, 1966), PP. 362-371 (1966).
- Navarrete, C., Gianni, G. M., y Folguera, A. Tectonic inversion events in the western San Jorge Gulf Basin from seismic, borehole and field data. *Journal of South American Earth Sciences* 64, 486-497. (2015).
- Paredes, J. M. Sedimentary evolution of the Golfo San Jorge basin, Central Patagonia, Argentina. En: *Ibañez, L.M., Moyano, M.S., Aceñolaza, G.F. (Eds.), Argentinean Fluvial Basins: Ancient and Present Day Examples. Excursion Guide Book, 9th International Conference on Fluvial Sedimentology, Basin Analysis Series*, I: 187-275. *San Miguel de Tucumán* (2009).
- Paredes, J. M., Aguiar, M., Ansa, A., Giordano, S., Ledesma, M., y Tejada, S. Inherited discontinuities and fault kinematics of a multiphase, noncolinear extensional setting: Subsurface observations from the South-Flank of the Golfo San Jorge basin, Patagonia. *Journal of South American Earth Sciences* 81, 87-107 (2018).
- Parker, R. L. The Rapid Calculation of Potential Anomalies. *Journal of the Royal Astronomical Society* 31, 447-455 (1972).
- Sylwan, C. A. Geology of the Golfo San Jorge basin, Argentina. *Journal of Iberian Geology*, 27:123-157 (2001).
- Talwani, M., Worzel, J. I., y Lindsman, M. Rapid gravity computations for two-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone. *Journal of Geophysics Research*, vol. 64 (1) (January 1959); P. 49-59 (1959).
- Won, I. J. y Bevis, M. Computing the gravitational and magnetic anomalies due to a polygon: Algorithms and Fortran subroutines. *Geophysics*, vol. 52 (2) (February 1987); P. 232-238 (1987).