

*RESULTADOS GRAVIMETRICOS SOBRE LA CUENCA DEL
GOLFO DE SAN JORGE (REP. ARG.)*

A. INTROCASO*
(Recibido 6 nov., 1980)

RESUMEN

Se analizan los resultados gravimétricos continentales a través de dos secciones perpendiculares que atraviesan la cuenca del Golfo de San Jorge de N a S y de E a W. Hacia el centro del Golfo se encuentra un máximo gravimétrico sobre un potente desarrollo sedimentario, que corregido por "efecto de cuenca" incrementa considerablemente sus valores. Las características de tal anomalía gravimétrica indican excesos de masas emplazados en altos niveles intracorticales, vinculados tal vez a la subsidencia inicial. El potente desarrollo sedimentario formado ulteriormente, induciría reacciones isostáticas.

ABSTRACT

In the present work, gravity measurements along NS and EW sections through the basin of San Jorge Gulf are analyzed. Towards the center of the Gulf, a gravimetric maximum on a thick sedimentary cover is found. The value of which is considerably increased when the effect of the basin is taken into account. The characteristic of such gravity anomaly suggests an excess of mass sitting in the upper crust, perhaps connected to the initial subsidence. The thick sedimentary cover developed at later times may have induced isostatic reactions.

* *Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería. Univ. Nac. de Rosario, Argentina y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.*

La

INTRODUCCION

La Cuenca del Golfo de San Jorge se encuentra ubicada en el Golfo homónimo de la Patagonia, Argentina (Fig. 1) y contiene numerosas e importantes acumulaciones de petróleo y gas (Criado *et al.*, 1959). La porción fuera de costa representa sólo un 20 % de la superficie total. A diferencia de otras cuencas argentinas (con parte de su desarrollo sobre la plataforma continental) presenta en el interior continental una forma ligeramente alargada en el sentido N-S con un engolfamiento hacia el Este que constituye actualmente la región sumergida de la cuenca. Datos paleontológicos y geológicos indican claramente que los primeros sedimentos que rellenaron esta cuenca son de edad jurásica superior, fijándose con precisión que los movimientos que inician la subsidencia se sitúan en el Kimmeridgiano (Lesta, 1974). Abundantes datos sísmicos y de perforaciones permiten estimar un espesor en la parte más profunda de más de 6,500 m (Lesta y Cesanelli, 1973). El basamento está constituido por rocas graníticas y metamórficas de edad estimada como eopaleozoica a precámbrica (Lesta y Cesanelli, 1973). Mientras los sedimentos son del jurásico superior, cretácico y terciario (Urien y Zambrano, 1970).

Por sus características de cuenca totalmente continental, sin episodios marinos hasta el cretácico superior o el terciario más bajo, ésta es una cuenca típicamente intracratónica (Lesta, 1974).

La cuenca se ha originado también por fallas de tracción parcialmente ortogonales; estas fallas conforman la subsidencia de la cuenca, observándose además que los sedimentos más jóvenes ocupan superficies cada vez más extensas.

El estilo tectónico está bien determinado por fallas del basamento, que han determinado también la formación de estructuras en la cubierta sedimentaria, estructuras que afectan la cubierta terciaria por otra parte más delgada que la de otras importantes cuencas argentinas, tales como las del Salado y Colorado.

También es evidente la acción de esfuerzos compresionales del este. Se observa que al aproximarse al área afectada por el movimiento andino, el eje de la cuenca sufre deflexiones y tiende a orientarse en dirección NS.

Desde el punto de vista geofísico, el primero que al parecer llamó la atención de un máximo gravimétrico sobre un potente desarrollo sedimentario de la cuenca aludida fue Martin (1954), quien sugirió como explicación ajuste isostático imperfecto. P. Wueschel (en el mismo trabajo) cuestionó tal interpretación. Posteriormente Lesta y Cesanelli (1973) publicaron algunos resultados gravimétricos y magnéticos aun que abordando sólo superficialmente la interpretación geofísica.

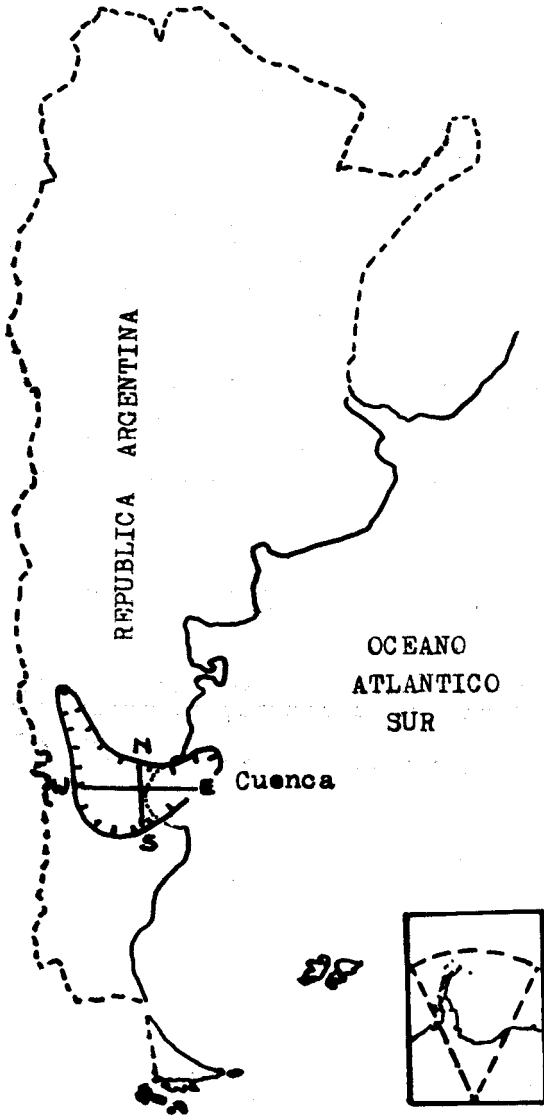
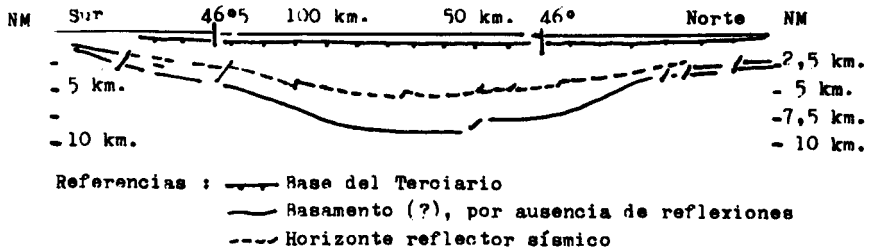


Fig. 1. Ubicación y perfiles de la Cuenca del Golfo de San Jorge (Rep. ARGENTINA).

Los resultados sísmicos de Yacimientos Petrolíferos Fiscales (Y. P. F.) (Lesta y Cesanelli, 1973) (Fig. 2), muestran:

- Reflexiones que corresponden a la base del terciario.
- Reflexiones correspondientes probablemente a la sección inferior del cretácico, o bien jurásico superior. Las velocidades obtenidas por sísmica de refracción no son - según los autores citados - fácilmente correlacionables con niveles geológicos. Las velocidades del orden de 4.5 km/seg corresponderían al cretácico inferior - jurásico superior.
- Reflexiones correspondientes a "basamento sísmico", límite de las reflexiones interpretables que pueden o no estar alejadas del verdadero basamento. Las altas velocidades, del orden de 5.5 km/seg no deben interpretarse - de acuerdo con dichos autores - como correspondientes seguramente a basamento.

PERFIL LONGITUDINAL SISMICO DE REFLEXION N-S



PERFIL LONGITUDINAL DE REFRACCION N-S

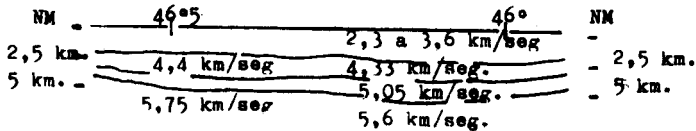


Fig. 2. Resultados sísmicos sobre la cuenca del Golfo de San Jorge (de acuerdo con Lesta y Cesanelli, 1973).

MATERIAL UTILIZADO

Se utilizó fundamentalmente el siguiente material:

- Carta de gravedad relativa (1:500,000) de Y. P. F. con isoanómalas de Bouguer (densidad 2.0 gr/cm^3). De esta carta se extrajeron los perfiles NS y EW para la interpretación.
- Isóbatas para el techo de formaciones con velocidades sísmicas de 5.5 km/seg de Y. P. F. (1968) en escala 1:2.000,000.
- Velocidades sísmicas (V_p) para las distintas formaciones de la cuenca:
 - . (Lesta y Cesanelli, 1973, Figs. 1 y 2). Estas velocidades permitieron obtener densidades para realizar la corrección "geológica". Pueden verse también:
 - . Y. P. F. Argentino (Ludwing *et al.*, 1967, pág. 2347)
 - . Zambrano (1971, pág. 33, Fig. 11).
- Dos secciones de sísmica de reflexión según perfiles NS y EW (Lesta y Cesanelli, 1973) y sobre prácticamente los mismos perfiles de anomalías de gravedad relativa.

ELABORACION DE RESULTADOS

Se dispuso además de valores de gravedad vinculados a la red provisoria nacional para Comodoro Rivadavia (I. G. M., 1964; BACARA, 1970). Con estos valores se vinculó la carta de gravedad relativa a la red nacional, verificando su consistencia con datos de la Universidad de Chile (1970) y del perfil NS de Baglietto y Cerrato (1971).

EFFECTO GRAVIMETRICO DE CUENCA

Para explorar la magnitud del efecto gravimétrico de cuenca, Bacaglio (1979) realizó cálculos en cuatro estaciones seleccionadas considerando una única densidad diferencial de 0.5 gr/cm^3 para la relación sedimentos-basamento de la cuenca, encontrando valores máximos superiores a 90 mlg .

Posteriormente la cuenca fue dividida en losas horizontales de km en km desde 0.5 km a 5.5 km . Con base en el material disponible se asignó una velocidad promedio (V_p) para cada losa. Con estas velocidades se obtuvieron densidades a partir de las relaciones de Nafe y Drake (1958) y Woollard (1959).

Se adoptó un basamento hipotético de densidad 2.7 gr/cm^3 como fondo de cuenca.

Los resultados están afectados por diferentes incertidumbres. Así, las isóbatas de Y. P. F. utilizadas (1968) corresponden a techos de velocidades 5.5 km/seg (máx. profundidad: mayor de $5\ 500 \text{ m}$). Mientras Lesta y Cesanelli (1973) señalan como vimos que altas velocidades, del orden de 5.5 km/seg no deben interpretarse como correspondientes con seguridad a basamento. La profundidad normal de basamento es también hipotética.

Además, la edad, anisotropía y el diferente grado de compactación de las formaciones que rellenan la cuenca, provocan variaciones en las relaciones de velocidades-densidades. (Véanse las significativas diferencias entre las relaciones de Woollard, 1959; Nafe y Drake, 1958, sobre todo en el intervalo: 2 km/seg a 5 km/seg).

SECCION E-W EN LAS PROXIMIDADES DEL PARALELO $46^{\circ}25 \text{ S}$.

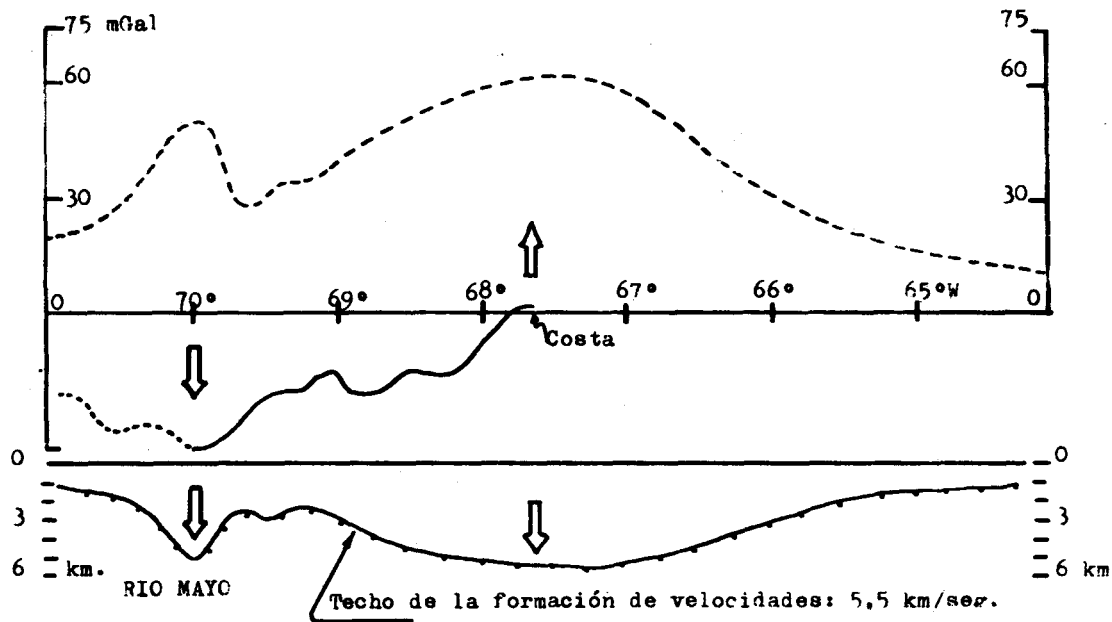
La figura 3 muestra el techo de la formación de velocidades 5.5 km/seg ; los resultados gravimétricos observados, anomalías de Bouguer de densidad 2.00 gr/cm^3 (Y.P.F.) que se interrumpen al llegar a la costa y la corrección del efecto gravimétrico de cuenca calculado mediante densidades extraídas de las relaciones de Nafe y Drake (1958).

Hacia el oeste del perfil sobre la fosa menor de más de 5 km de profundidad (río Mayo) existe correlación directa entre gravedad y depresión. Gran parte de la anomalía puede justificarse por el efecto de los sedimentos que llenan la fosa, sobre todo si se consideran sedimentos más consolidados.

Hacia el este, la anomalía de gravedad asciende mostrando correlación inversa entre gravedad y "basamento". Dado que se dispone de la configuración "marina" de "basamento" y del efecto gravimétrico marino de cuenca, es posible realizar predicciones sobre los resultados gravimétricos sobre la plataforma continental que mostrarían una cierta simetría con las respuestas del interior continental.

SECCION N - S EN LAS PROXIMIDADES DEL MERIDIANO $68^{\circ}W$.

La sección NS (Fig. 4) confirma el resultado obtenido para el extremo este de la sección E-W anterior. Así se tiene: amplio efecto de "cuenca" sobre un potente desarrollo sedimentario y una significativa anomalía de gravedad positiva en el centro del perfil que, corregida por efecto del sedimentario se incrementa sensiblemente.



Referencias :

- Anomalía de Bouguer observada (punteado: inseguridad en los datos)
- - - Efecto gravimétrico de "cuenca". Con las relaciones $V_p - \rho$ de Nafe y Drake, 1958.

Fig. 3. Resultados gravimétricos sobre la sección EW de la Cuenca del Golfo de San Jorge. (Ver ubicación en Fig. 1).

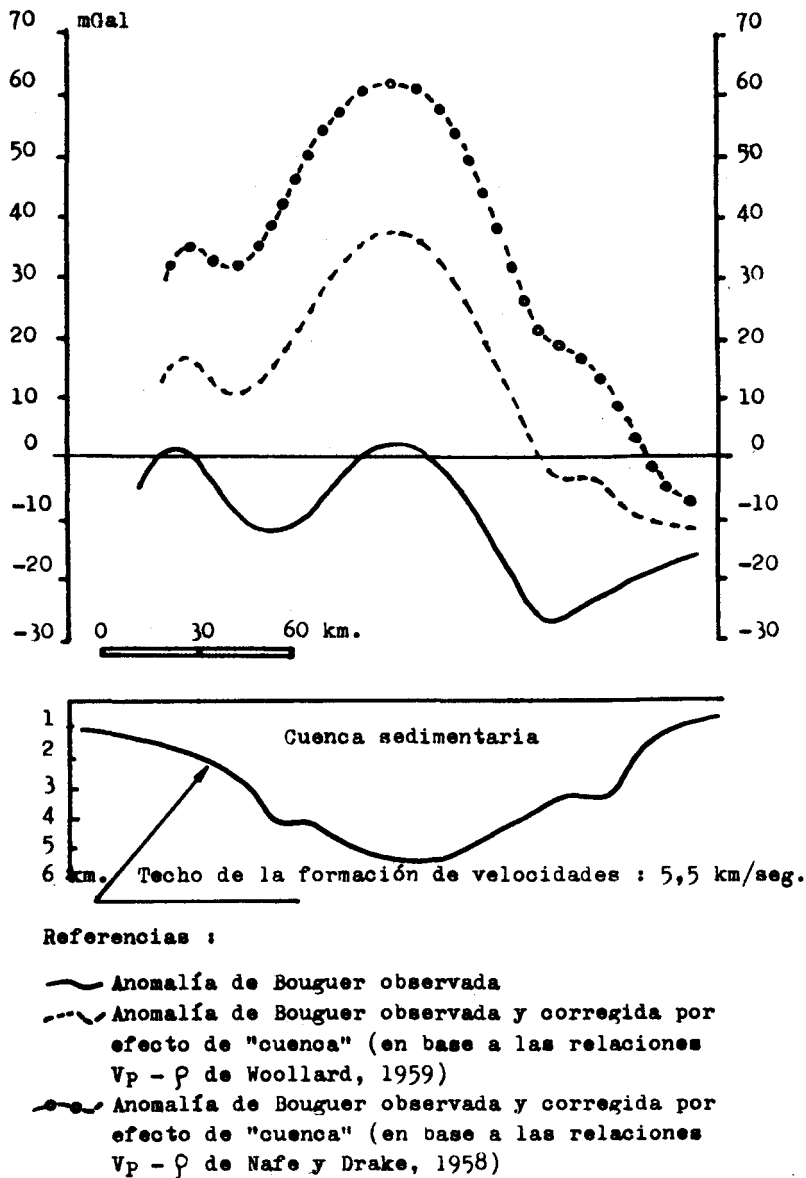


Fig. 4. Resultados gravimétricos sobre una sección N-S de la Cuenca del Golfo de San Jorge. (Ver ubicación en Fig. 1).

MASAS ANOMALAS EN EXCESO Y RESULTADOS GRAVIMETRICOS POSITIVOS EN AREAS DE CUENCAS

Woollard (1968) señaló que numerosas áreas deprimidas - cuencas - de los Estados Unidos, se presentan sobre una corteza gruesa con una capa basal bien definida con alta velocidad, y velocidades sobrenormales de manto superior. Estas cuencas están relacionadas con anomalías isostáticas positivas.

Excesos de densidad intracortical sobre cuencas han sido encontrados por numerosos autores; así por ejemplo Mc Ginnis (1970) señaló para la cuenca de Illinois (entre otras) densidad intracortical anómala con participación en el proceso subsidente. Haxby *et al.* (1976) propusieron para la cuenca de Michigan un modelo que involucra flexión elástica de la litosfera causada por pesada eclogita en la base de la corteza. Introcaso (1980) para la cuenca del Salado (Rep. Argentina) encontró masas anómalas intracorticales positivas bajo la depresión, que vinculó al proceso subsidente.

Hinze *et al.* (1975) prepararon tres modelos para el estudio geofísico de la geología de basamento de la porción sur de la península de Michigan, que presenta máximos de gravedad y magnetismo. Para el primer modelo consideraron una depresión llena de basaltos flanqueada por prismas compuestos de sedimentos clásticos.

Para el segundo modelo se supuso que la anomalía magnética es causada primariamente por el alto grado de metamorfismo de las rocas (granulitas), mientras la anomalía de gravedad sería originada tanto por el alto grado de metamorfismo, como por el levantamiento de las rocas dentro del rift.

Alternativamente las rocas levantadas dentro del rift pueden ser reemplazadas por intrusiones máficas provenientes de la corteza profunda o manto superior sin alterar significativamente las anomalías de gravedad. Para el tercer modelo supusieron una combinación de efectos provenientes de alta corteza (depresión llena de basalto) y estructuras de profundas losas de corteza (incluyendo el Moho flexionado).

Parecería así que mediante diversos modelos podemos intentar explicar la alta gravedad encontrada en el centro del Golfo de San Jorge sobre la cuenca del mismo nombre.

La figura 5 muestra tres modelos de cuencas sedimentarias:

Modelo I: Arco cortical colapsado (Fig. 5 a)

Modelo II: Basaltos llenando parcialmente la cuenca (Fig. 5 b)

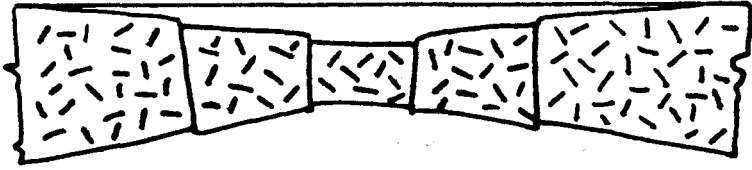


Fig. 5 a. MODELO I. Arco cortical colapsado.

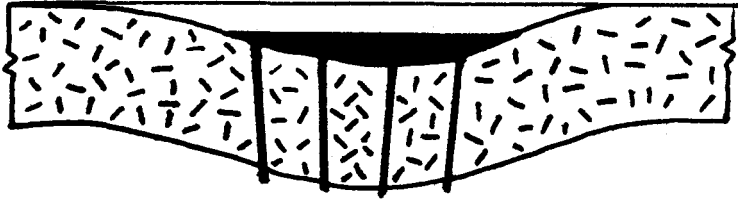


Fig. 5 b. MODELO II. Basaltos llenando parcialmente la cuenca.



Fig. 5 c. MODELO III. Intrusión de densos materiales desde el manto superior.

Fig. 5. Modelos que pueden explicar respuestas gravimétricas positivas sobre una cuenca sedimentaria.

Modelo III: Intrusión de densos materiales desde el manto superior hasta los altos niveles corticales (Fig. 5 c).

Estos modelos han sido frecuentemente relacionados con alta gravedad. Volveremos sobre ellos luego del próximo párrafo, para analizarlos desde un punto de vista geofísico.

MAXIMA PROFUNDIDAD

Con el fin de tener una mejor referencia sobre la ubicación de la masa responsable de la anomalía gravimétrica, hemos aplicado el método de Skeels (1963) para calcular la máxima profundidad aproximada del techo de la masa anómala que reproduce los valores de la curva de gravedad observada en x_0 , $x_{3/4}$ y $x_{1/2}$; y presenta mejor resolución frente a otros métodos de máxima profundidad. La anomalía observada, corregida por efecto de cuenca, fue vinculada a una estructura cilíndrica vertical, dado que la forma de las isoanómalas de Y. P. F. sugiere estructura finita. Adoptando una densidad diferencial de 0.5 gr/cm^3 hemos obtenido los siguientes resultados para la curva observada sobre la sección N-S y corregida por efecto gravimétrico del sedimentario, de acuerdo con las relaciones de Nafe y Drake (1958), Figura 4.

Profundidad del tope del cilindro : 13.1 km

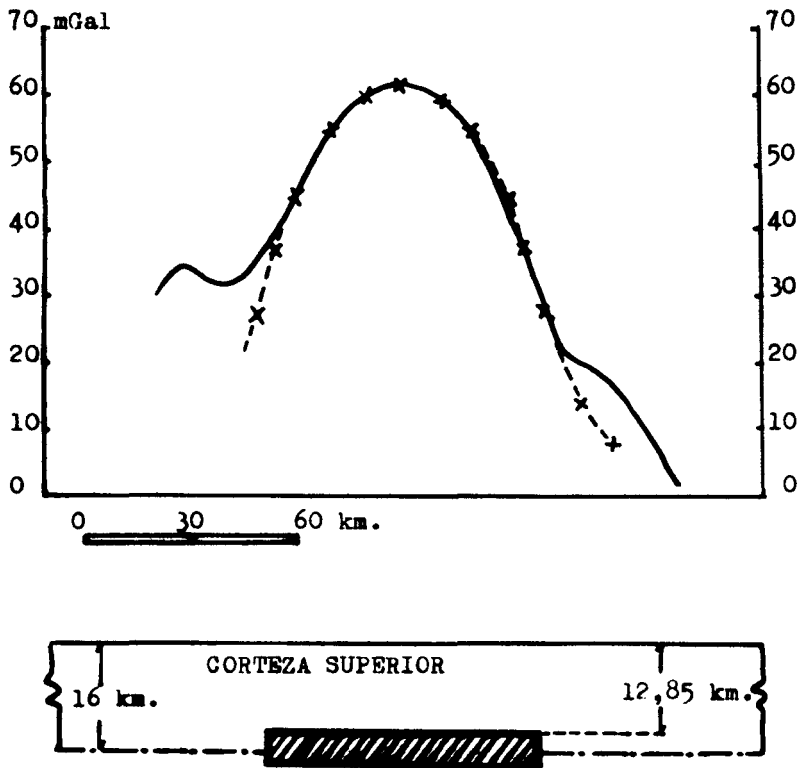
Profundidad del fondo del cilindro : 17.5 km

Radio del cilindro : 38.5 km

Los valores del método aproximado de Skeels fueron verificados calculando para tal cilindro el efecto gravimétrico por el método propuesto por Introcaso y Huerta (1980, en prensa). Fue necesario reajustar sólo el valor del tope del cilindro pasando de 13.1 km a 12.85 km (Fig. 6).

Además se siguió el mismo procedimiento para la curva observada y corregida por efecto gravimétrico del volumen sedimentario, con las relaciones $V_p - \rho$ de Woollard (1959), sobre la misma sección N-S, obteniéndose, con la misma densidad diferencial, $+ 0.5 \text{ gr/cm}^3$, resultados perfectamente compatibles con los anteriores para techo y fondo del cilindro. El radio del cilindro en cambio, y como era de esperar, se redujo de 38.5 km a 29 km dados los menores valores gravimétricos de la curva analizada.

Por último, razonables ajustes de masas nos llevan a resultados aceptablemente



Referencias :

- x-- Respuesta gravimétrica de un cilindro vertical con las siguientes características : h_1 (techo) : 12,85 km.; h_2 (fondo) : 17,5 km.; R (radio) : 38,5 km.; y densidad diferencial : + 0.5 gr/cm³
- ▨ Exceso de masas de densidad diferencial : + 0.5 gr/cm³.
- ~ Anomalia gravimétrica observada y corregida por efecto de masas sedimentarias (de acuerdo a las relaciones $V_p - \rho$ de Nafe y Drake, 1958).

Fig. 6. Resultados gravimétricos de un modelo cilíndrico vertical ubicado bajo la sección N-S de la Cuenca del Golfo de San Jorge.

concordantes con los anteriores, si trabajamos sólo con la cúpula de la anomalía gravimétrica (anomalía residual).

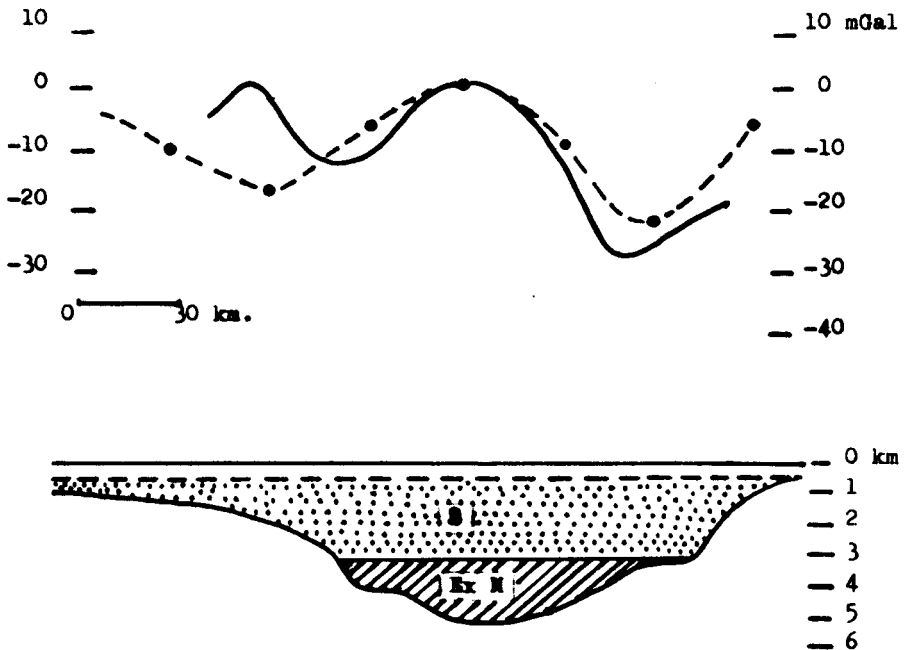
Debemos señalar que no hemos perdido de vista que ésta es sólo una aproximación, aunque útil dado que de este análisis se desprende que el techo de la masa anómala estaría en niveles intracorticales intermedios o altos.

Este resultado torna inconsistente el modelo I (arco cortical colapsado), como por otra parte era de esperar dada la agudeza de la anomalía gravimétrica, incompatible con una masa regionalmente expandida en niveles de corteza profunda.

Modelos tales como el II (basaltos o masas en exceso llenando parcialmente la cuenca) son, para nuestro caso, sísmicamente inconsistentes. Lo cual puede comprobarse sin necesidad de extender demasiado nuestra discusión analizando la secuencia de velocidades crecientes con el aumento de la profundidad, publicadas para la cuenca. En efecto, si quisiéramos reproducir aproximadamente la anomalía observada, deberíamos - inspirados en el modelo II - emplazar por ejemplo, un exceso de masas de densidad diferencial $+ 0.3 \text{ gr/cm}^3$ en el fondo de la cubeta definida por el techo de la formación de velocidades $V_p = 5.5 \text{ km/seg}$; suponiendo además (y para no tener que hacer más significativo aun el exceso de masas) que el resto de la fosa estaría lleno de sedimentos cuyas densidades se basan en las relaciones $V_p - \rho$ de Woollard (1959) (Fig. 7). Apelando sólo al análisis de la sucesión de velocidades sísmicas (Fig. 2) se ve que este modelo es insostenible a esas profundidades. Pensemos sólo que el fuerte valor de densidad diferencial adoptado, entre el exceso de masas y el basamento, de $+ 0.3 \text{ gr/cm}^3$ para el modelo aludido significaría tener un incremento de velocidades sísmicas de ondas de compresión de unos 0.9 km/seg . (ver Woollard, 1959). Estos significativos valores numéricos evidencian claramente el desacuerdo con las velocidades sísmicas conocidas.

Este modelo sin embargo es interesante porque proporciona una idea de la forma en que se podría redistribuir la masa anómala por encima de la máxima profundidad encontrada, admitiendo disminución de densidades a partir de un valor máximo de 0.5 gr/cm^3 .

Finalmente el Modelo III (intrusión de densos materiales desde el manto superior) aparece en principio compatible con los resultados gravimétricos como puede comprobarse con modelo (Figura 8). Sin embargo la distribución de masas podría ser del tipo que obtendríamos invirtiendo techo y fondo en el modelo de Figura 8 y volviéndolo a dimensionar, con adecuada densidad, como parecen sugerirlo: la figura 6 de este estudio, o bien las figuras 22 y 23 del trabajo de Harrison (1956), y hasta podría adoptar una forma caprichosa como ha sido propuesta para el cuerpo de Ivrée (Figura 2.10, pág. 22 de Mattauer).



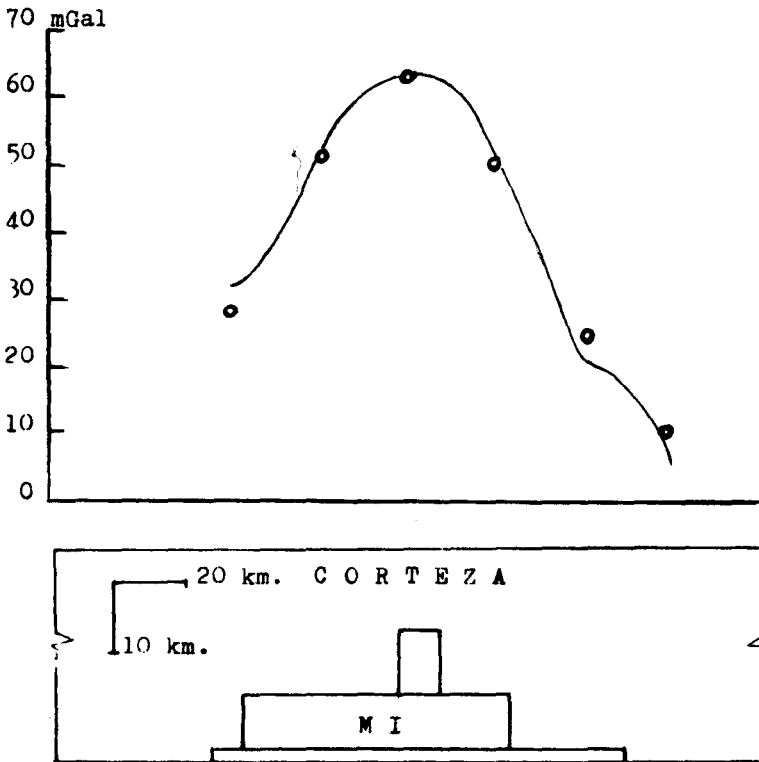
Referencias :

S : Sedimentos; Ex M : Exceso de masas

— Anomalia de Bouguer observada.

- - - - Anomalia calculada con densidad diferencial entre exceso de masas y "basamento" : + 0.3 gr/cm³.; y sedimentos con densidades obtenidas de las relaciones $V_p - \rho$ de Woollard (1959).

Fig. 7. Resultados gravimétricos que se originarían sobre la sección N-S de la Cuenca del Golfo de San Jorge, suponiendo exceso de masas en el fondo de la cuenca.



Referencias :

— Anomalia observada y corregida por efecto gravimétrico de masas sedimentarias, de acuerdo a las relaciones $V - \rho$ de Nafe y Drake (1958)

o Anomalia calculada

M I Materiales intruidos desde el manto superior, conformados por tres cilindros de radios : 6 km., 38 km., y 58,6 km. Densidad diferencial : + 0.3 gr/cm³

Fig. 8. Modelo que justifica la mayor parte de la anomalía gravimétrica sobre la sección NS del Golfo de San Jorge.

Por ello, y pese a inclinarnos por un modelo de intrusión de densos materiales desde el manto superior, mantenemos reservas sobre la distribución de masas, ante la falta de resultados sísmicos profundos (como bien lo señalara Woollard, 1966, pág. 585).

CONCLUSIONES

La anomalía de Bouguer observada sobre la cuenca del Golfo de San Jorge, adquiere valores positivos muy significativos al ser afectada por la corrección gravimétrica del efecto de la masa sedimentaria. Del análisis de las características de tal anomalía, inferimos que el techo de la masa anómala estaría dentro de la primera mitad de la corteza, mientras los resultados sísmicos nos proporcionan una referencia para estimar el límite superior.

Como ya dijimos, se ha vinculado el origen de la cuenca con fallas de tracción de disposición ortogonal. Pensemos que es probable que un estado de expansión desde niveles profundos pudo determinar tracción en corteza superior. Densos materiales habrían sido intruidos desde el manto penetrando en buena medida en la corteza, sobreviniendo luego contracción radial. Estos materiales pesados, vinculados probablemente a la primera parte de la subsidencia, justificarían la mayor parte de la respuesta gravimétrica encontrada. Una adecuada tasa de sedimentación ulterior (cuya significación gravimétrica hemos destacado) produciría las condiciones para admitir posteriores reacciones isostáticas.

AGRADECIMIENTO

Se agradece al Señor Director de Exploración de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Argentino (Y. P. F.), Ingeniero Alberto Suárez Linch, el haber cedido gentilmente la mayor parte del material geofísico utilizado en este estudio.

BIBLIOGRAFIA

- BACAGLIO, M. C., 1979. Cálculo gravimétrico de correcciones geológicas. Fac. de Cs. Ex. e Ing. (U. N. R.). Inédito.
- BAGLIETTO, E. y A. CERRATO, 1971. Contributions to applied Geodesy. Univ. Nac. de Buenos Aires.
- CRIADO, R., C. DE FERRARIS, A. MINGRAMM, E. ROLLERI e I. SIMONATO, 1959. *Cuencas sedimentarias de la Argentina. Boletín de Informaciones Petroleras*. No. 320. pp. 816-834.

- DRAGUICEVIC, M. 1970. Carta gravimétrica de los Andes meridionales. Univ. de Chile. Publicación No. 93.
- GARDLAND, G. D., 1965. The Earth's shape and Gravity, Pergamon Press, 183 p.
- HARRISON, J. C., 1956. An interpretation of gravity anomalies in the eastern Mediterranean. *Phil. Roy. Soc. Lond. Vol. 248*, pp. 283-325.
- HAXBY, W. P., D. L. TURCOTTE y J. M. BIRD, 1976. Thermal and mechanical evolution of the Michigan Basin. *Tectonophysics, V. 36*, pp. 57-75.
- HINZE, W., R. KELLOGS y N. O'HARA, 1975. Geophysical Studies of Basement Geology of Southern Peninsula of Michigan. *The Am. Assos. of Petroleum Bull. V. 59*, No. 9, pp. 1562-1583.
- INTROCASO, A., 1980. A New Gravimetric Interpretation of the Salado Basin (Arg.). En prensa, en *Bolletino di Geofisica Teorica ed Applicata*.
- INTROCASO, A., 1980. Modelos para el estudio de cuencas sedimentarias que exhiben respuestas gravimétricas positivas. Public. Observatorio Astronómico de Rosario (Rosario, Santa Fé, Argentina).
- INTROCASO, A. y E. HUERTA, 1980. An automatic method of calculating vertical gravimetric effects of cylinders with vertical axis and circular section at points external to their axis. (en prensa, *Geoacta*).
- INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR ARGENTINO (I. G. M.), 1964. Base Argentina para calibración de gravímetros. Sec. Geof. Publ. 2 - 1. Bs. As.
- INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR ARGENTINO (I. G. M.), 1970. Actividades gravimétricas (Sept. 1965, sept. 1970). Buenos Aires.
- LESTA, P. y R. FERRELLO, 1972. Región extra andina de Chubut y norte de Santa Cruz. *Geolog. Rep. Argentina. Ac. Nac. de Ciencias*, pp. 601-653. Córdoba.
- LESTA, P. y M. CESANELLI, 1973. Perfiles geofísicos prospectivos regionales en la Patagonia. *Geoacta, Vol. 6*, No. 2, pp. 77-82. Buenos Aires.
- LESTA, P. 1974. Exploración de la plataforma continental Argentina. *Rev. Tec. Com. Y. P. F.*, No. 8.
- LUDWING, W. J., J. EWING y M. EWING, 1968. Structure of Argentine Continental Margin. *Am. Assos. Petr. Geol. Bull. Vol. 52*, (12), pp. 2337-2368.
- MARTIN, R., 1954. Gravity Maxima corresponding with sedimentary basin. *Geophysics, Vol. XIX*, pp. 89-94.
- MATTAUER, M. 1976. Las deformaciones de los materiales de la corteza terrestre. Ed. Omega. 524 p.
- McGINNIS, L. O., 1970. Tectonics and the gravity field in the continental interior. *Jour. Geophys. Res. Vol. 75*, No. 2, pp. 317-331.
- SKEELS, D. C., 1963. An approximate solution of the problem of maximum depth in gravity interpretation. *Geophysics, Vol. 28*, No. 5, pp. 724-735.
- URIEN, C. y J. J. ZAMBRANO, 1970. Estructura de la terraza continental del sur del Brasil y la Argentina (hasta los 49° S). *Conf. sobre Probl. de la Tierra Sólida, Vol. II*. pp. 489-500.

- WOOLLARD, G. P., 1959. Crustal structure from Gravity and Seismic Measurements. *Jour. Geoph. Res.*, Vol. 54, No. 10, pp. 1521-1541.
- WOOLLARD, G. P., 1966. Regional Isostatic Relations in the United States. *Geophys. Monograph. 10*. Ed. Steinhart-Smith (Am. Geoph. Union). pp. 557-594.
- WOOLLARD, G. P., 1968. The interrelationship of the crust, the upper mantle and isostatic gravity anomalies in the United States. *Am. Geoph. Union. Mon. 12*, pp. 312-341.
- ZAMBRANO, J. J., 1971. Las cuencas sedimentarias en la plataforma continental Argentina. *Petrotecnia (Rev. Inst. Arg. Petr.) XXI*, 4. Buenos Aires, pp.26-37.