



EXPLORACIÓN GRAVIMÉTRICA Y GEOELÉCTRICA DEL BASAMENTO CRISTALINO EN EL UMBRAL DE MARTÍN GARCÍA. PARTIDO DE LA PLATA, BUENOS AIRES

Santiago PERDOMO^{1,2}, Federico SPÄTH², Eduardo KRUSE^{1,3}

¹Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Centro de Investigación y Transferencia del Noroeste de la provincia de Buenos Aires (CITNOBA). Monteagudo 2772, Pergamino, (2700), Buenos Aires. Email: perdomo.geofisica@gmail.com

²Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas.

³Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo.

RESUMEN

Se utilizó una combinación de metodologías geofísicas para determinar la profundidad del basamento cristalino en un sector del Umbral de Martín García. En el partido de La Plata existe una única perforación de referencia (Plaza de Armas) que alcanzó rocas precámbricas a los 486 mbbp. A partir de esta información se realizaron sondeos eléctricos verticales (SEV) y midieron valores de gravedad para estudiar posibles variaciones de la profundidad del basamento en la región de la planicie costera del estuario del Río de La Plata. Las bajas resistividades de los SEV demuestran que en la planicie costera los acuíferos presentan agua de elevado contenido salino. Se comprobó que existirían variaciones de hasta 200 m en la profundidad del basamento, y con una morfología de bloques en sentido NE-SO. Los resultados de este trabajo coinciden con el conocimiento geológico regional antecedente y constituyen un nuevo aporte al modelo estructural de la región.

Palabras clave: anomalías gravimétricas, SEV, modelado 2D..

ABSTRACT

Gravimetric and geoelectric survey of the crystalline basement in Martín García high. La Plata, Buenos Aires. A combination of geophysical techniques was used to determine the depth to the crystalline basement in a sector of the Martín García High. The only single reference drill (Plaza de Armas) that reached Precambrian rocks at 486 m is located in La Plata city. Taking into account this information, vertical electrical soundings (VES) were carried out and gravity values were measured to study possible variations of the depth to the basement in the region of the coastal plain of the Río de La Plata estuary. The low resistivities of the VES show that in the coastal plain the aquifers present high salinity water. It was concluded that variations of up to 200 m in the depth to the basement could exist, with a block structure trending NE-SW. Results of this work coincide with previous regional geological knowledge and constitute a new contribution to the structural model of the region.

Keywords: gravity anomalies, VES, 2D modelling.

INTRODUCCIÓN

Los métodos de prospección geofísica resultan útiles para explorar el subsuelo y conocer sus propiedades físicas sin la necesidad de realizar perforaciones. Sin embargo, las observaciones realizadas en superficie pueden ser explicadas por diferentes modelos físicos.

Para reducir al mínimo esta ambigüedad es necesario integrar resultados de diferentes metodologías y calibrar los modelos con información adicional como mapas geológicos, información de pozos, ensayos de laboratorio, etc.

En este trabajo se presentan los resultados de la exploración de una zona adyacente al Río de La Plata con el método gravimétrico y eléctrico; y el análisis conjunto de los modelos resultantes. El objetivo principal fue estudiar la profundidad del basamento cristalino sobre el que se apoya toda la secuencia sedimentaria donde se desarrollan los principales sistemas acuíferos de la región.

CARACTERÍSTICAS DEL AREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se ubica en el extremo noreste de

la provincia de Buenos Aires (Fig. 1), donde se encuentra el elemento morfoestructural positivo conocido como “Umbral de Martín García” (Cingolani, 2005). Este alto constituye el límite norte de la cuenca del Salado, donde pueden encontrarse fallas directas de varios kilómetros de rechazo vertical (Zambrano, 1974). También corresponde al límite sur del borde uruguayo del escudo precámbrico brasileño, este sector presenta fallas de desplazamiento lateral, paralelas a las que producen el desvío de los cursos del río Paraná y Uruguay (Yrigoyen, 1975) con una orientación NO-SE.

Un antecedente sobre la estructura del basamento en la zona es el corte San Nicolás-Monte Veloz publicado por Groeber (1945), donde se integra la información de diversos pozos profundos, aunque sólo alcanzaron el basamento cristalino en Olivos (247 mbbp), Jardín Zoológico (288 mbbp), Hudson (370 mbbp) y La Plata (486 mbbp). El basamento cristalino está conformado por gneises y granitos precámbricos (Dalla Salda, 1981). Por encima se suceden las Formaciones Olivos (Oligoceno-Mioceno Inferior) y Paraná (Mioceno Superior) descritas por Groeber (1945), luego la Formación Puelches (PlioPleistoceno) y los Sedimentos Pampeanos (Pleistoceno medio-superior). La Fm. Olivos (Groeber, 1945) está compuesta por arenas conglomerádicas de color rojo morado y arcillas yesosas de color verde oliva, con presencia de fósiles marinos; y la Fm. Paraná (Groeber, 1945) presenta principalmente arcillitas gris verdosas oscuras, compactas que pueden contener yeso y carbonatos. Arenas cuarzosas de granulometría fina a media componen la Formación Puelches (Santa Cruz, 1972), mientras que los Sedimentos Pampeanos (Fidalgo et al., 1975) son limos areno-arcillosos.

En el sector La Plata la pendiente topográfica presen-

ta un gradiente medio de 1m/km y, se pueden distinguir dos unidades morfológicas principales (Fig. 1): planicie costera y llanura alta (Cavalotto, 1995). La planicie costera es una faja plana paralela a la costa del Río de La Plata que se desarrolla entre las cotas de 0 a 5m. El agua subterránea asociada, generalmente presenta elevada salinidad en el acuífero Pampeano, condición que se acentúa en el acuífero Puelche (Auge, 2005). En la llanura alta, los Sedimentos Pampeanos contienen agua subterránea de bajo contenido salino (menos de 1g/L), al igual que el acuífero Puelche (Auge, 2005).

METODOLOGÍA

Geoeléctrica

El método eléctrico consiste en estudiar las variaciones de la resistividad de los materiales del subsuelo a partir de establecer un campo eléctrico y medir las diferencias de potencial. Los sondeos eléctricos verticales (SEV) suponen que el subsuelo se comporta como una sucesión de capas horizontales y homogéneas, contemplando una variación de la resistividad con la profundidad debajo del punto sondeado.

El procesamiento de las curvas de resistividad aparente se hizo con el programa SEVs (Perdomo y Nigro, 2015), que permite la obtención de un modelo inicial según Zohdy (1989) y reducción del número de parámetros (Orellana, 1982) de forma manual e interactiva.

Se midieron doce SEVs distribuidos en la planicie costera y en la llanura alta para determinar las características de las formaciones más superficiales (Fig. 1).

Gravimetría

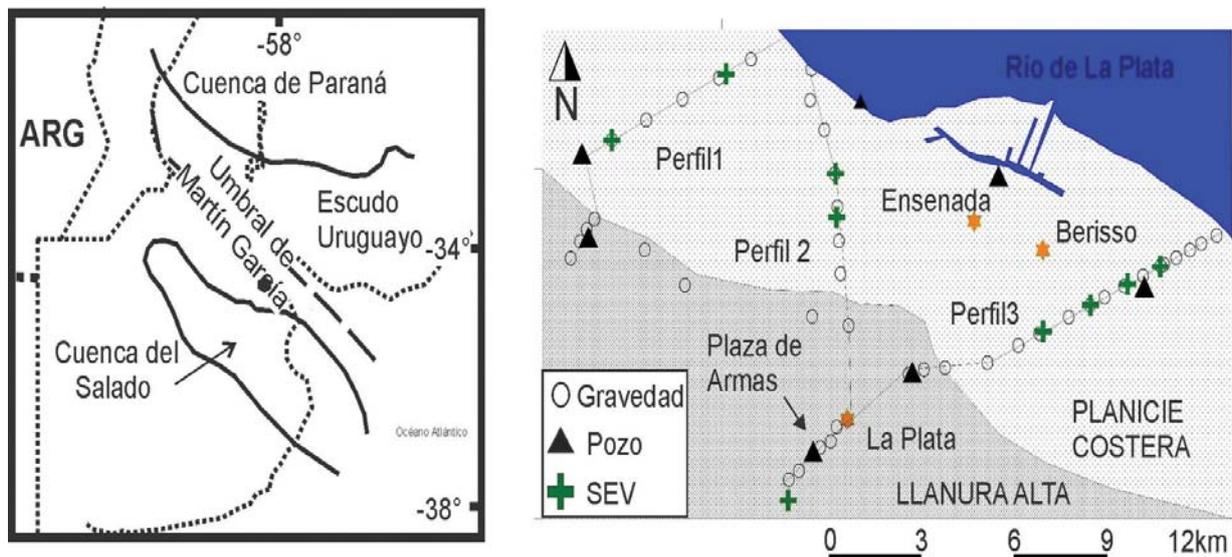


Figura 1. Izq: Ubicación del Umbral de Martín García. Modificado de Yrigoyen, (1975). Der: Detalle de la zona de estudio.

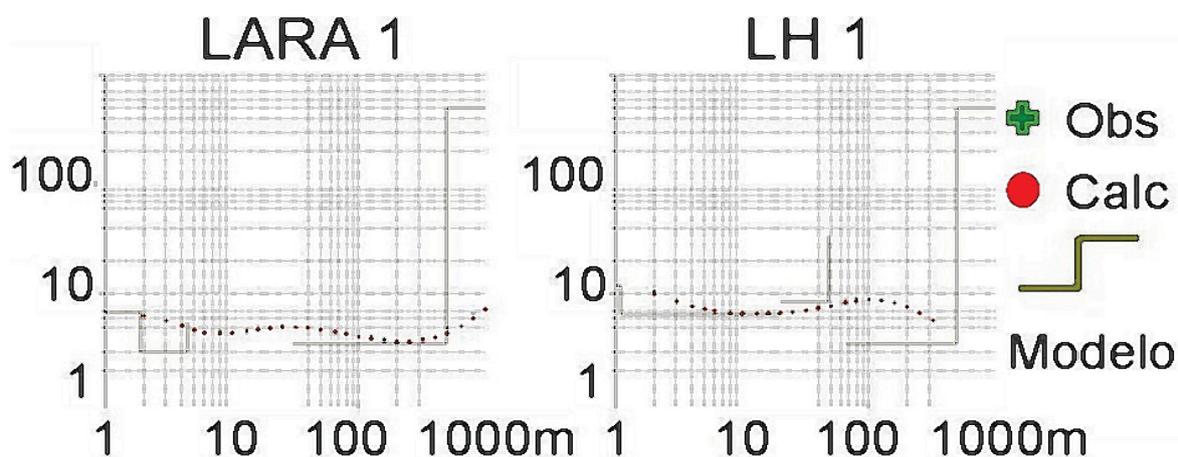


Figura 2. Sondeo eléctrico vertical característico de la planicie costera (Izq.) y de la llanura alta (Der). Se muestran las curvas medidas, el modelo de resistividades y la curva calculada.

Las mediciones de gravedad, adecuadamente procesadas, determinan variaciones laterales de densidad en el subsuelo. La intensidad de una anomalía gravimétrica dependerá del contraste de densidad que tenga el cuerpo anómalo respecto a los sedimentos del entorno, y de la geometría y profundidad a la que se encuentre.

La adquisición se realizó con un gravímetro Worden de 0,01 mGal de precisión y un GPS geodésico Trimble para referenciar las estaciones gravimétricas en modo diferencial con precisión de 0,10 metros. En cada estación se realizaron entre 3 y 5 lecturas consecutivas para atenuar el ruido aleatorio en las mediciones, obteniéndose un desvío máximo de 0,03 mGal.

Los valores relativos de gravedad observados en cada estación fueron corregidos por deriva instrumental y mareas terrestres mediante la medición reiterada en la estación base. Además, se efectuó un control de calidad de los datos mediante la reocupación de estaciones obteniéndose diferencias menores a 0,30 mgals.

A partir de los datos corregidos se calcularon las anomalías completas de Bouguer considerando una densidad de 2670 kg/m³ y alturas determinadas con el relevamiento de GPS de precisión.

Las anomalías residuales, calculadas removiendo la tendencia lineal de las anomalías refinadas de Bouguer, se utilizaron para realizar modelado 2D con el programa GM SYS de Oasis Montaj que se basa en los algoritmos de Talwani et al. (1959) y de Won y Bevis (1987).

RESULTADOS

Interpretación geoelectrica

En la Figura 2 se compara un sondeo representativo de la planicie costera (LARA 1) y otro de la llanura alta (LH 1). El modelo propuesto para el sondeo LARA 1 consta de 5 capas de baja resistividad (1-10 Ohm m) que se encuentran apoyadas sobre una base muy resistiva (600 Ohm m) a los 490 m de profundidad. El sondeo LH 1 es típico de los que se obtienen en la llanura alta, en el modelo correspondiente se observan resistividades menores a los 10 Ohmm hasta los 50 m de profundidad, donde se interpreta una capa de más alta resistividad (35 Ohm m). Luego, la resistividad disminuye hasta valores muy bajos (3,5 Ohm m).

En la llanura alta los modelos presentan un buen contraste de resistividad de todo el paquete sedimentario, siendo posible la correcta identificación de la Fm Puelches, que presenta agua de bajo contenido salino. Los modelos en la planicie costera, en cambio, no permiten reconocer un contraste eléctrico entre los Sedimentos Pampeanos y la Fm Puelches, debido a que la mayor salinidad del agua hace disminuir el valor de resistividad de las arenas.

Interpretación gravimétrica

El modelado gravimétrico se realizó utilizando valores de densidades publicados por Manger (1963) según el tipo de litología y edad de los sedimentos descriptos en los antecedentes. Además, en función de la interpretación de los modelos geoelectricos se propusieron rangos de resistividad para cada una de las principales unidades estratigráficas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Parámetros físicos de las principales unidades estratigráficas.

UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	COTA [m]	RESISTIVIDAD [Ω m]		DENSIDAD [kg/m^3]	LITOLOGIA
		P. de Armas	LLANURA ALTA		
Sedimentos Pampeanos	+19	8-15	1-10	2000	Limos arcillosos
Arenas Puelches	-25	30-80	1-8	2300	Arena media a gruesa
Fm. Paraná	-44	2-3	1-2	2400	Arcillas y arenas marinas
Fm. Olivos	-278	2-5	2-5	2500	Arcillas y arenas. Conglomerado basal.
Basamento	-467	600	600	2670	Granitos, gneisses

Con estos valores, utilizando como información condicionante las perforaciones existentes, descripciones litológicas, perfilajes de pozo y los modelos de los SEVs, se realizó modelado gravimétrico a lo largo de 3 perfiles (Fig. 1)

Perfil 1: Este perfil, de orientación SO-NE, muestra una profundización del basamento cristalino en dirección al Río de La Plata (Fig. 3a). El basamento gravimétrico presentaría una forma escalonada con una profundidad de 200 m hacia el extremo SO, y hacia la costa del río alcanzaría una profundidad aproximada de 580 metros.

Perfil 2: Presenta una orientación SO-NE para las primeras 7 estaciones y luego sigue una dirección aproximada N-S (Fig. 3b). Al inicio del perfil se encuentra la perforación Plaza de Armas, utilizada como referencia de la posición y profundidad del basamento cristalino. Se interpreta una estructura más elevada hacia el centro del perfil con una profundidad aproximada de 100m. Los SEVs muestran una capa de alta resistividad (600 Ohm m) que coincide con la posición del basamento gravimétrico. Por encima del basamento las electrocapas interpretadas presentan resistividades muy bajas (1-5 Ohm m).

Perfil 3: A lo largo de este perfil de orientación SO-NE, se realizaron cinco SEVs (Fig. 3c). Se observa que el basamento presentaría una morfología de bloques con dos zonas más elevadas, una en el centro del perfil y otra próxima a la costa del río alcanzando los 200 m de profundidad aproximada. Los modelos de los SEVs próximos al río presentan una capa de mayor resistividad (22 Ohm m) por encima del basamento resistivo, esto podría deberse a un cambio en las características de las Fm Paraná y Olivos.

A partir de los resultados expuestos anteriormente se generó un mapa con curvas de isoprofundidad (msnm) para el basamento geofísico (Fig. 4).

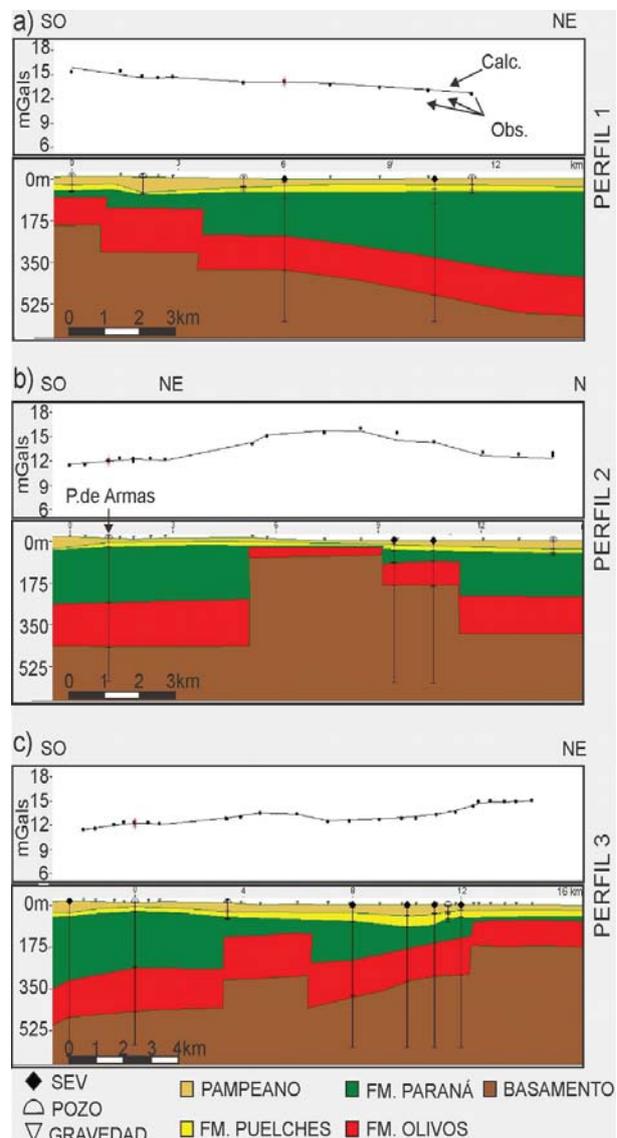


Figura 3. Anomalías de Bouguer y respuesta del modelo propuesto

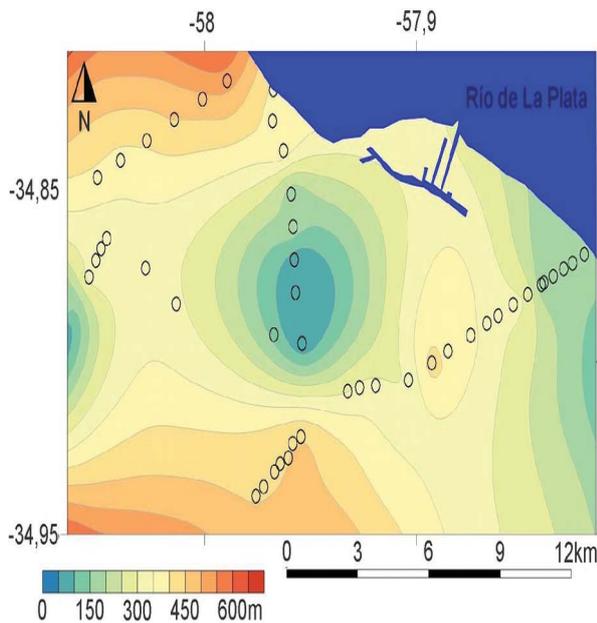


Figura 4. Mapa de profundidad del techo del basamento geofísico.

CONCLUSIONES

Se han explorado con dos técnicas geofísicas complementarias las características del subsuelo en un sector del noreste de la provincia de Buenos Aires próxima al Río de La Plata.

El objetivo principal de la aplicación de los métodos gravimétrico y eléctrico fue el de comprobar la profundidad del basamento ígneo metamórfico en un sector del Umbral de Martín García, donde sólo se cuenta con una perforación que determinó que las rocas del basamento cristalino se encuentran a los 486 mbbp.

El modelo geoelectrico y gravimétrico propuesto presenta resistividades bajas a intermedias (2-60 Ohm m) para la secuencia sedimentaria, con bajas densidades (2000-2400 kg/m³). El basamento cristalino tiene asignado un valor muy alto de resistividad (600 Ohm m) y una densidad de 2670 kg/m³.

Desde el punto de vista hidrogeológico, los valores bajos de resistividad observados en la planicie costera permiten confirmar que los acuíferos Pampeano y Puelche presentarían agua de elevado contenido salino en este sector.

Se observa una buena correlación entre los resultados de ambas técnicas, sin embargo, sería necesario contar con más perforaciones de control para ajustar los parámetros físicos utilizados en este trabajo.

Los resultados de ambas técnicas muestran que existirían variaciones significativas en la profundidad del basamento, con resaltos de más de 200 m en dirección al Río de La Plata. Estas variaciones son del mismo orden de magnitud que las señaladas en los antecedentes sobre la geología regional del Umbral de Martín García, y constituyen un aporte al conocimiento estructural de la región.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se encuentra en el marco del PIO CONI-CET-YPF “Dinámica del acuífero Puelche en la planicie costera del Río de La Plata”.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Auge, M. 2005. Hidrogeología de La Plata, Provincia de Buenos Aires. En R. E. de Barrio. Etcheverry, R. O.; M. F. Caballé, E. Llambías (Ed.) Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. Cap. XVIII: 293-312.
- Cavallotto, J.L. 1995. Evolución geomorfológica de la llanura costera ubicada en el margen sur del Río de la Plata. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata.
- Cingolani, C.A. 2005. Unidades morfoestructurales (y estructuras menores) de la provincia de Buenos Aires. En R. E. de Barrio. Etcheverry, R. O.; M. F. Caballé, E. Llambías (Ed.) Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. Cap. II: 21-30.
- Dalla Salda, L. 1981. El basamento de la Isla Martín García, Río de La Plata. Revista de la Asociación Geológica Argentina. T XXXVI (1): 29-43
- Fidalgo, F., de Francesco, F. y Pascual, R. 1975. Geología Superficial de la Llanura Bonaerense. 6º Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 103-138. Bahía Blanca.
- Groeber, P. 1945. Las aguas surgentes y semisurgentes del norte de la provincia de Buenos Aires, Revista La Ingeniería 6: 371-387.
- Manger, G.E. 1963. Porosity and bulk density of sedimentary rocks. U.S. Geological Survey Bulletin 1144-E: E1-E55
- Orellana, E. 1982. Prospección geoelectrica en corriente continua. Madrid: Paraninfo.
- Perdomo S. y Nigro J. 2015. SEVs (Versión 1.0)[software]. Dirección Nacional de Derechos de Autor. Expdte. 5306396.
- Santa Cruz, J.N. 1972. Estudio sedimentológico de la Formación Puelches. Provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina 27(1): 5-63.
- Talwani, M.; Worzel, J.L.; Landisman, M. 1959. Rapid gravity computations for two-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone. Journal of Geophysical Research, 64: 49-59.
- Won, I.J. y Bevis, M. 1987. Computing the gravitational and magnetic anomalies due to a polygon: Algorithms and Fortran subroutines: Geophysics, 52: 232-238.
- Yrigoyen M.R. 1975. Geología del subsuelo y plataforma continental. Relatorio del 6to. Congreso Geológico Argentino: 139-168.