

Caracterización geoelectrica de las unidades neógenas-cuaternarias en el sector medio de la cuenca Claromecó

Geoelectrical characterization of the neogene-quaternary units in the middle sector of the Claromecó basin

Greta R Hiriart^{1,2}, M Soledad Gualde^{1,3}, Magalí Fornés^{1,3}, Camila A Gregorini^{1,3}, Sebastián Kuntz^{1,3}, Pablo Weinzettel^{1,4,5}

Resumen Los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), mediante lecturas unidireccionales de la resistividad eléctrica del subsuelo, permiten identificar unidades litológicas, profundidad del nivel freático y de la roca de base, entre otras aplicaciones. El objetivo del presente trabajo ha sido identificar y caracterizar la geometría y morfología de las formaciones geológicas de subsuelo que conforman el relleno sedimentario de edad Neógeno y Cuaternario en el sector medio de la cuenca del arroyo Claromecó, provincia de Buenos Aires. Para ello, se realizaron SEV aplicando la configuración simétrica tetraelectródica de Schlumberger con aperturas de las alas de 800 y 1600 m. Las curvas de campo se interpretaron mediante el software Zohdy, para obtener las resistividades verdaderas de las capas. A través del uso de IPI2Win se logró un mejor ajuste del modelo resistivo y se parametrizó con pozos de 70 m de profundidad presentes en el área de estudio. Para integrar la información se realizaron transectas longitudinales y transversales al arroyo. Por último, se confeccionaron mapas tridimensionales de cada capa reconocida. Como resultado del análisis se identificaron de base a techo, 8 capas con diferentes resistividades. En el modelo 3D se observa un descenso paulatino del techo de las capas hacia el SO, mientras que las transectas nos muestran la variación en el espesor de las mismas. Se logró desarrollar un modelo geológico del subsuelo en el área cercana al Primer Brazo de los Tres Arroyos, correlacionable con el esquema estratigráfico local y regional. Se reconoció localmente la geometría y morfología de las unidades neógenas-cuaternarias que conforman el relleno sedimentario de la cuenca media del arroyo Claromecó.

Palabras clave Modelo geológico, resistividad eléctrica, sondeos eléctricos verticales, cuenca Claromecó.

Abstract *The Vertical Electrical Sounding (VES) method, through unidirectional readings of the electrical resistivity of the subsurface, allows the identification of lithological units, the depth of the water table and the depth of the bedrock, including other applications. The objective of this study was to identify and characterize the geometry and morphology of the subsurface geological formations of the Neogene and Quaternary ages in the middle section of the Claromecó creek basin in Buenos Aires province. The VES method was employed by applying the Schlumberger tetra-electrode symmetric array with a spread length of 800 and 1600 m. The field curves were interpreted using Zohdy software to obtain the true resistivities of the layers. Using IPI2Win a better fit of the resistivity model was achieved and then was parameterized with 70 m deep wells located in the study area. Longitudinal and transverse transects of the creek were carried out to integrate the information. Finally, three-dimensional maps of each recognized layer were designed. Based on this analysis, eight layers with different resistivities were identified from the base to the top. The 3D model shows a gradual decrease in the top of the layers towards the SW, whereas the transects show variation in the thickness of the layers. It was possible to develop a geological model of the subsurface in the area of Primer Brazo de*

¹Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr. Eduardo J Usunoff", Azul, Argentina. Email: gretarios@ihlla.org.ar

²Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

⁴Comisión de Investigaciones Científicas (CIC), La Plata, Argentina.

⁵Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), Azul, Argentina.

los Tres Arroyos creek, correlated with the local and regional lithostratigraphic schemes. The geometry and morphology of the subsurface Neogene-Quaternary units of the middle basin of the Claromecó creek were recognized.

Keywords *Geological model, electrical resistivity, vertical electrical sounding, Claromecó basin.*

INTRODUCCIÓN

La prospección geofísica, en particular los Sondeos Eléctricos Verticales (SEVs), son una herramienta invaluable para la caracterización de las propiedades físicas del subsuelo. Mediante el empleo de esta técnica, se obtienen lecturas unidireccionales de la resistividad eléctrica que permiten identificar la profundidad del nivel freático, la roca de base, unidades litológicas y sus características.

La zona de estudio se encuentra ubicada al oeste de la ciudad de Tres Arroyos, provincia de Buenos Aires. Comprende un área de 24.7 km² a través de la cuál discurre con dirección NNE-SSE el Primer Brazo de los Tres Arroyos que atraviesan la ciudad (Figura 1-A).

El objetivo del presente trabajo ha sido identificar y caracterizar, mediante el uso de SEVs, la geometría y morfología de las formaciones geológicas que conforman el relleno sedimentario Neógeno y Cuaternario en el sector medio de la cuenca del arroyo Claromecó. Se espera que estos resultados fortalezcan el modelo hidrogeológico conceptual, proporcionando una base sólida para futuros estudios centrados en contaminantes químicos naturales, como el Arsénico y el Flúor, en la región Pampeana.

Contexto geológico y estratigráfico

Morfoestructuralmente, esta región se emplaza en el sector medio de la cuenca del arroyo Claromecó (antefosa de Claromecó) entre los sistemas de Tandilia y Ventania (Cingolani, 2005). De acuerdo a la caracterización propuesta para la llanura bonaerense, esta región se enmarca en la denominada Llanura Interserrana (Frenguelli, 1950). La Formación Tunas comprende el basamento hidrogeológico de la cuenca de Claromecó, ya que constituye una barrera impermeable. Por encima del basamento se reconocieron dos formaciones miocenas: la Formación Olivos (Groeber, 1945) constituida por areniscas gruesas pardo rojizas de ambiente continental, intercaladas con fangolitas y arcillitas con nódulos de yeso, anhidrita e intercalaciones de cenizas volcánicas; y la Fm Paraná (Bravard, 1858) compuesta por arcillas y arenas arcillosas verdosas y verde azuladas con niveles calcáreos y fósiles marinos. Sobre estas formaciones, suprayacen unidades continentales Cenozoicas, correlacionables con el esquema litoestratigráfico propuesto por Rabassa (1973). Asimismo, a través de estudios de perforaciones efectuadas en el área, Sierra et al. (2022) definen 4 Unidades Litológicas (Tabla 1) que se correlacionaron con el esquema litoestratigráfico regional.

METODOLOGÍA

Se realizaron nueve SEVs (Fig. 1-A) aplicando la configuración simétrica tetraelectrónica de Schlumberger mediante un resistímetro modelo Supersting R1/IP de la marca Advanced Geosciences Inc -AGI- altamente sensible para la adquisición de datos. Las aperturas de las alas fue de 1600 m para dos SEVs y de 800 m para las restantes. La curva de campo fue interpretada mediante dos software, Zohdy (1975) e IPI2Win (2001). El software Zohdy permitió obtener las resistividades verdaderas de las capas y sus respectivos espesores, mientras que IPI2Win facilitó el ajuste mediante un modelo resistivo, considerando los resultados del primer método. Además, se utilizó información litológica de tres perforaciones de 70 m de profundidad para calibrar las resistividades de los sondeos. Asimismo, se reinterpretaron las curvas de campo de 15 SEVs previamente realizados en el área de estudio (Weinzettel et al., 2005).

Para integrar la información geofísica e identificar la geometría y morfología de las capas se realizaron

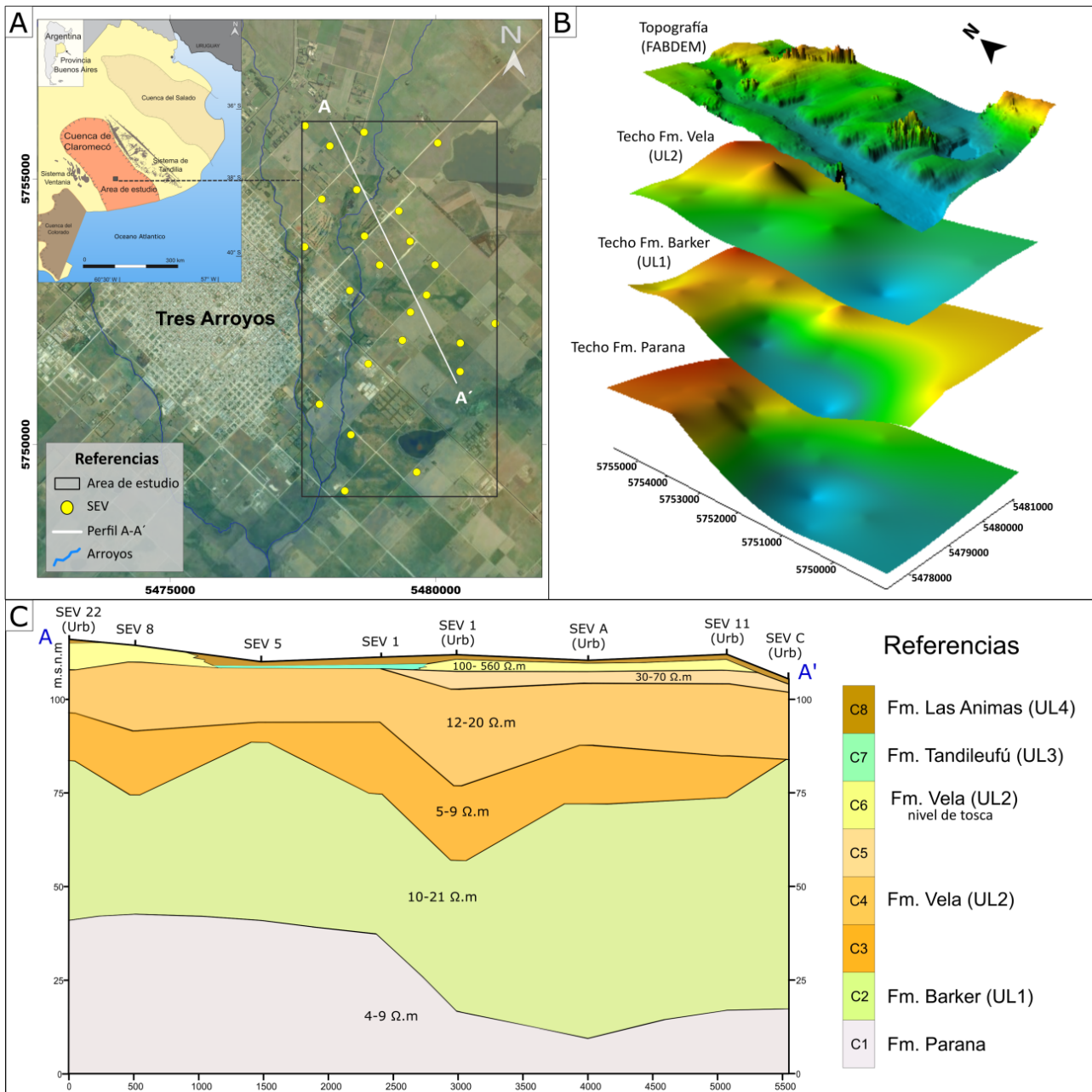


Figura 1. A) Mapa de la ubicación del área de estudio, donde se puede observar la transecta del perfil y la ubicación de los sondeos eléctricos verticales (SEVs). B) Modelo 3D esquemático de la profundidad del techo de las capas 1, 2, 3 y la topografía. C) Sección transversal A-A', construida en base a 8 SEVs, mostrando las resistividades ($\Omega.m$) obtenidas en cada capa. En las referencias se señalan las capas definidas junto a las formaciones equivalentes.

transectas longitudinales y transversales al arroyo. En este trabajo se presenta una transecta NO-SE que atraviesa el arroyo en donde se aprecian las diferentes capas de resistividad reconocidas (Fig. 1-C). El perfil conserva la escala horizontal y la escala vertical se exagera con el fin de ilustrar los primeros 100 m de profundidad.

Se interpolaron los valores de profundidad calculados para las capas reconocidas y se elaboraron los respectivos mapas de profundidad del techo (msnm). Utilizando los mapas de las capas 1, 2 y 3 junto con la topografía obtenida mediante un FABDEM, se construyó un diagrama en 3D para observar la distribución areal de las mismas (Fig. 1-B).

Tabla 1. Correlación litoestratigráfica regional y local.

	Periodo	Rabassa (1973)	Sierra (2019)
Cuaternario	Pleistoceno tardío Holoceno	Fm. Las Animas	Unidad Litológica 4 (limo grueso y arena limosa, típico depósito de loess)
		Fm. Tandileufú	Unidad Litológica 3 (arenas limosas intercaladas con arcillas verdosas de sedimentación álcuea)
	Pleistoceno medio	Fm. Vela	Unidad Litológica 2 (limos arenosos y arenas limosas que culmina con una espesa calcreta)
Neógeno	Mioceno tardío Plioceno temprano	Fm. Barker	Unidad Litológica 1 (limos arcillosos compactos con niveles de calcreta)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En base a la interpretación de los sondeos eléctricos, se identificaron de base a techo, 8 capas con diferentes resistividades (Figura 1-C), las cuales se correlacionaron considerando el esquema estratigráfico local de Sierra (2019) y el esquema regional de Rabassa (1973).

La capa 1 presenta una resistividad que varía entre 4-9 Ω .m, y se asocia con la Formación Olivos y la Formación Paraná. Se observa un descenso gradual con dirección NE-SO en la paleomorfología del techo, ubicándose a altitudes de 46 y -10 msnm, con un aumento de espesor en la misma dirección.

La capa 2, con resistividades entre 10-21 Ω .m, se correlaciona localmente con la Unidad Litológica 1 (UL1) y regionalmente con la Formación Barker. Su techo se encuentra al NE a 105 msnm y al SO a 35 msnm, con un espesor promedio de 56 m.

La capa 3, de baja resistividad, con valores oscilantes entre 5-9 Ω .m, no se reconoce en la totalidad de los SEVs. Presenta un espesor promedio de 18 m con una leve inclinación hacia el SO.

La capa 4, con resistividades entre 12-20 Ω .m, tiene un espesor promedio de 16 m y se encuentra en contacto con la capa 2 en los SEVs donde no se observa la capa 3.

La capa 5, con resistividad entre 30-70 Ω .m y un espesor promedio de 2 m, se reconoce en los SEVs que presentan a la capa 6 por encima.

La capa 6, con resistividades oscilantes entre 100-560 Ω .m, se ubica principalmente en los SEVs realizados en altos topográficos donde aumenta su espesor.

De la capa 3 a la 6 se correlacionan localmente con la UL2 y regionalmente con la Formación Vela. Esta última representa una agradación de niveles asociados con la dinámica de un sistema fluvial que culmina en un manto de tosca (Rabassa, 1973).

La capa 7, de espesor reducido (promedio 0.98 m) y resistividades del orden de 4-12 Ω .m, se correlaciona con la UL3 y con la Formación Tandileufú. Solo fue identificada en bajos topográficos próximos al arroyo.

Por último, la capa 8, abarca un amplio rango de resistividades, con valores entre 23-80 Ω .m. Presenta un espesor reducido pero de gran extensión areal, conformando el típico depósito mantiforme de Loess. Se correlaciona con la UL4 y con la Formación L. Ánimas. Su variabilidad en resistividades se debe a las condiciones de humedad del suelo.

CONSIDERACIONES FINALES

Se logró desarrollar un modelo geológico del subsuelo en el área cercana al Primer Brazo de los Tres Arroyos que puede correlacionarse con el esquema litoestratigráfico regional de Rabassa (1973).

La interpretación de 29 sondeos eléctricos verticales y la confección de secciones transversales han permitido extrapolar las Unidades Litológicas definidas por Sierra et al. (2022) reconociendo localmente la geometría y morfología de las formaciones geológicas.

En base a los mapas de isoprofundidad del techo y el diagrama 3D se identificó la profundidad y la distribución del techo de cada formación geológica que conforma el relleno sedimentario Neógeno y Cuaternario de la cuenca media.

Agradecimientos Los autores agradecen a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) por el financiamiento de este proyecto, y al CONICET por su apoyo institucional.

REFERENCIAS

- Bravard, A.** (1858). *Monografía de los terrenos marinos terciarios de las cercanías del Paraná*. Número 107. Imprenta del Registro Oficial.
- Cingolani, C.** (2005). Unidades morfoestructurales (y estructuras menores) de la provincia de Buenos Aires. *XVI Congreso Geológico Argentino*.
- Frenguelli, J.** (1950). Rasgos generales de la morfología y la geología de la provincia de Buenos Aires. *Publicaciones Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones Tecnológicas*, 2(33), 1–72.
- Groeber, P.** (1945). Las aguas surgentes y semisurgentes del Norte de la provincia de Buenos Aires. *Revista La Ingeniería*, XLIX(6), 371–387.
- IPI2Win** (2001). *User's guide for IPI2Win v 2.1*. Published by Moscow State University, Geological Faculty, Dept. of Geophysics, pp. 25.
- Rabassa, J.** (1973). Geología superficial en la hoja "Sierras de Tandil", provincia de Buenos Aires. *Anales Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones Tecnológicas*, 240, 115–160.
- Sierra, L.** (2019). *Nuevas metodologías en la exploración del agua subterránea en base a la investigación del origen y la movilidad del arsénico en el acuífero pampeano*. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/549612>
- Sierra, L., Weinzettel, P., Dietrich, S., Bea, S., & Gualde, S.** (2022). Natural Gamma Spectroscopy borehole logging and Electrical Resistivity Tomography application: Arsenic sources identification in Pampean Aquifer, Argentina. *Fast Times*, 27(1). <https://fasttimesonline.co/natural-gamma-spectroscopy-borehole-logging-and-electrical-resistivity-tomography-application-arsenic-sources-identification-in-pampean-aquifer-argentina/>
- Weinzettel, P., Varni, M., & Usunoff, E.** (2005). Caracterización hidrogeológica del área urbana y periurbana de la ciudad de Tres Arroyos, provincia de Buenos Aires. *IV Congreso Argentino de Hidrogeología*.
- Zohdy, A.** (1975). Automatic interpretation of Schlumberger sounding curves using modified Dar Zarrouk functions. *U.S. Geological Survey Bulletin*, 1313-E, 39.