

TALLER DE GEOFISICA APLICADA A LA HIDROGEOLOGIA



Grupo Argentino
Asociación Internacional
de Hidrogeología

Compiladores:
DORA CECILIA SOSA
JERONIMO AINCHIL



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE ENTRE RÍOS

APORTE AL CONOCIMIENTO DEL SUBSUELO DE LA CUENCA DEL ARROYO CLAROMECÓ, PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Weinzettel, Pablo y Varni, Marcelo

Instituto de Hidrología de Llanuras (UNCPBA, CIC, Mun. Azul)

República de Italia 780, 7300 Azul, Tel./Fax 02281-432666,

;

RESUMEN

Se presentan los resultados obtenidos en base a exploración geoelectrica en la cuenca del arroyo Claromecó (Provincia de Buenos Aires). En este trabajo se ha podido definir la profundidad del basamento hidrogeológico conformado por rocas paleozoicas y se ha intentado esbozar en base a las resistividades obtenidas el espesor de las formaciones de Sedimentos Pampeanos y del Terciario marino, Formación Paraná.

Como metodología de trabajo se recopiló información antecedente proveniente de algunos antiguos perfiles de pozos profundos, y de otros más actuales realizados por compañías petroleras. Como método de exploración se efectuó una campaña geofísica con la realización de sesenta sondeos eléctricos verticales, separados entre sí unos diez kilómetros aproximadamente. Los sondeos fueron procesados con programas específicos que permitieron la obtención de un modelo geoelectrico, con el cual se interpretó la geología del subsuelo junto con la salinidad del agua presente en las distintas formaciones.

Se observa una profundización del basamento hacia el sur llegando a detectarse a profundidades mayores a 900 metros desde superficie en la zona costera.

Palabras claves: geoelectrica, Tres Arroyos, cuenca de Claromecó

ABSTRACT

Vertical electrical soundings (VES) were carried out in Claromecó basin (Buenos Aires province). It was possible to define the hydrological basement depth (Paleozoic rocks), and an attempt was made to define the thickness to the Pampean Sediments and the marine Tertiary on the basis of sediment's resistivity.

The methodology was to compile information about old deep wells and other new wells used for petroleum exploration. Sixty VES were made in the basin, separated ten kilometers apart. The VES data were processed with specific software to come up with a resistivity model for assessing the geology and the aquifer water present in different formations.

The basement's rocks deepen down to the south, and in the coast zone it was detected at a depth of more than 900 meters.

Keywords: resistivity, Tres Arroyos, Claromecó basin

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo ha tenido como objetivo avanzar en el conocimiento hidrogeológico de las unidades presentes en el subsuelo de la cuenca de Claromecó. La investigación de la hidrogeología se realizó en base a un importante número de sondeos eléctricos verticales que sumado a la información antecedente de pozos profundos realizados en el área suministraron información de la geología del subsuelo y de la profundidad del basamento hidrogeológico.

En cuanto al área de estudio, y debido a que por un lado la cuenca del arroyo Claromecó excede al partido de Tres Arroyos y como, además, interesó incorporar un área al oeste que aporta aguas al río Quequén Salado y otra al este tributaria del arroyo Cristiano Muerto, se decidió definir una zona de estudio constituida por la cuenca superior de los Tres Arroyos al norte y el área comprendida entre el río Quequén Salado al oeste y el arroyo Cristiano Muerto al este. Esta área excede la cuenca del arroyo Claromecó y no incluye totalmente la cuenca del río Quequén Salado. El océano Atlántico constituye el límite sur del área de estudio. Se ha incluido en la Figura 1 el límite entre los partidos de Tres Arroyos, Gonzales Chaves y San Cayetano, ya que estos últimos están parcialmente incluidos en la región considerada.

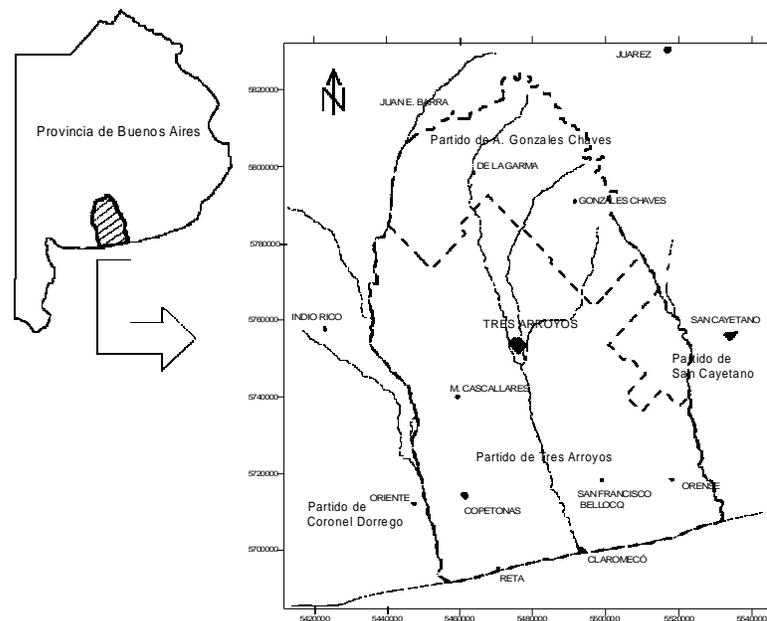


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

GEOLOGÍA

La zona de estudio se encuentra emplazada en el denominado Positivo de las Sierras Bonaerenses (Yrigoyen, 1975). Dicho positivo está conformado por los dos sistemas serranos de la provincia de Buenos Aires, Tandilia y Ventania, así como por la llanura interserrana que separa ambos cordones, constituyendo un núcleo geológico relativamente elevado.

La llanura interserrana bonaerense abarca la totalidad del sector que Frenguelli (1950) denominó Pampa Interserrana, incluye las áreas pedemontanas de Ventania y el piedemonte sudoccidental de Tandilia. Conformar una planicie con cotas máximas algo superiores a los 200 metros en la parte central entre ambos sistemas de sierras, que desciende gradualmente hacia el océano Atlántico en el sur, el sistema de lagunas Encadenadas – Arroyo Vallimanca por el norte y las depresiones de Chasicó – Salinas Chicas en el flanco norte de la cuenca tectónica del Colorado en el margen oeste-sudoeste (Zárate y Rabassa, 2005).

Según González (1995), tanto las sierras australes como las septentrionales de la provincia de Buenos Aires, así como la zona interserrana, conforman un “núcleo estructural” cuyo comportamiento es de relativa

estabilidad. Incluso podría tener un lento movimiento general ascendente con basculamiento de bloques a lo largo de fracturas regionales. El mismo autor distingue una serie de lineamientos a lo largo de los cuales existieron importantes movimientos de la corteza terrestre, con distintos efectos en diferentes regiones. Esos movimientos definieron una estructura regional formada por al menos cuatro bloques mayores de rumbo general ONO-ESE, denominados Bloque Tandilia, Bloque Gonzales Chaves, Bloque Ventania y Bloque Bahía Blanca. Los rasgos morfológicos analizados indicarían que el movimiento dominante de los bloques principales habría sido un basculamiento hacia el ONO-ESE. En virtud del mismo, en esos bloques se habrían elevado los bordes nororientales y se habrían hundido sus bordes sudoccidentales. Ese basculamiento podría haber sido reactivado en distintas oportunidades. Debido a ello salvo en el Bloque Bahía Blanca, en las porciones ascendidas de los otros bloques afloran rocas precámbricas y paleozoicas.

Por otra parte hay evidencias de que algunos de los bloques estarían integrados por otros menores. Además existirían algunos de ellos subordinados de carácter subsidente. Tal es el caso del bloque que constituye la cuenca del arroyo Pescado Castigado, relativamente hundido entre el Bloque Tandilia y el Bloque Gonzales Chaves. Este último presenta un borde ascendido donde se ubica la ciudad homónima y hacia el sur podría estar dividido en por lo menos un bloque menor, controlando el drenaje de la cuenca superior del Primer Brazo del Tres Arroyos (González, 1997).

En el sector interserrano se presenta la llamada cuenca interserrana o cuenca de Claromecó. Los trabajos geofísicos (gravimétricos) de Kostadinoff y Font de Affolter (1982) fueron los que permitieron postular la existencia de una fosa de varios kilómetros de espesor. La misma presenta un mínimo gravimétrico en el curso del arroyo Claromecó con una forma oval en sentido NO-SE (Cingolani, 2005). Recientes levantamientos sísmicos de refracción y de reflexión muestran la presencia en el subsuelo de potentes secuencias de sedimentitas eopaleozoicas y neopaleozoicas, que en conjunto superan los 9 km de espesor.

Afloramientos del basamento hidrogeológico

Se presentan algunos afloramientos de rocas paleozoicas en el área abarcada por este estudio. Los afloramientos conocidos han sido enumerados en el trabajo de Llambías y Prozzi (1975). La primera descripción de rocas paleozoicas ha sido realizada por Monteverde (1938) en un sector ubicado a unos 9 km al SO de Gonzales Chaves. Otros afloramientos fueron citados por Furque (1965) al norte de la localidad de Lumb, mencionando el hallazgo de lepidofitales por lo que se les asigna una edad no mayor que el Carbónico. Harrington (1970) hace referencia a una cantera en De la Garma con areniscas arcillosas verde oscuro. Terraza y De Guillén (1973) citan varios afloramientos. A dos kilómetros al SO de Gonzales Chaves, dos metros de espesor de areniscas moteadas pardas y limolitas rojizas a verdes, con restos de equisetales. Tres kilómetros al NO de Mariano Roldán areniscas moteadas similares a las anteriores. Estas se suponen por litología y flora fósil equivalentes a la Fm Tunas.

Otro afloramiento de areniscas cuarzosas ferruginosas se presenta a unos 10 km al este de la localidad de Juan E. Barra. García y García (1968), citan un afloramiento que se encuentra en cercanías de Mariano Roldán en una laguna que en períodos de sequía permite ver un afloramiento de 10 metros de longitud formado por areniscas cuarcíticas.

Algunos pozos han alcanzado al basamento hidrogeológico a distintas profundidades. En la localidad de Gil ubicada a unos 30 km al oeste de la localidad de Oriente, se presenta a 480 metros de profundidad, en Dorrego se encontraría por debajo de los 529 m. Según García (1969) en Necochea se presenta a 300 m de profundidad de acuerdo a un pozo de la Dirección de Hidráulica del año 1923.

En el sector de Gonzales Chaves el basamento está cercano a la superficie, entre 7 y 60 metros de profundidad identificado por calizas, areniscas cuarcíticas y esquistos.

El pozo de exploración petrolera ubicado al NE de la localidad de San Mayol encontró sedimentos de la Formación Tunas (Pérmico) a 89 metros de profundidad, (Lesta, comunicación personal, 2006).

Formaciones postpaleozoicas

Para el presente estudio interesa la disposición de las formaciones con posibilidades acuíferas, en este sentido se asume como basamento hidrogeológico a las formaciones paleozoicas de la cuenca de Claromecó, asumiendo que dichas formaciones no transmiten ni almacenan agua salvo que adquieran porosidad secundaria. Se describirán brevemente las formaciones que se depositaron sobre el basamento.

Formación Olivos: se corresponde con los depósitos conocidos como El Rojo (Groeber, 1945). Son sedimentos de tipo continental y están caracterizados por la presencia de arenas gruesas, alternando con fangolitas y arcillas arenosas pardo rojizas con nódulos de yeso, anhidrita e intercalaciones de cenizas volcánicas. Se dispone en discordancia angular sobre el basamento hidrogeológico, siendo también su techo una superficie de erosión.

Según Hernández et al. (1975) esta formación corresponde a la sección hidrogeológica Hipoparaniana. Para el ambiente costero de la provincia de Buenos Aires se han observado reducidos espesores. Es así que en un pozo en Gil se presentaría en 2 m de espesor, en Necochea presenta 19 m y en Miramar 2 m.

Respecto a la salinidad de los sectores acuíferos que contiene se han consignado valores de 5.2 g/l para Necochea y 3.2 g/l en Gil. La formación es considerada acuitarda con intercalaciones acuíferas.

Formación Paraná: corresponde a un evento transgresivo que afectó a la mayor parte del territorio argentino ocurrido en el Mioceno superior. La ingesión marina depositó los sedimentos denominados Paraniaco (Frenguelli, 1950), El Verde (Groeber, 1945). Constituye una sucesión de arcillas, arenas arcillosas y arenas verdes y verde azuladas, con niveles calcáreos y fósiles marinos. El impacto de esta ingesión marina, ha dejado una profunda impronta en la evolución geomórfica de la llanura argentina ya que al enrasar la mayor parte de la actual región chaco pampeana le confirió su principal rasgo morfológico que es precisamente su carácter de llanura o de "pampa" (Nabel y Pereyra, 2002). Siguiendo a Hernández et al. (1975) esta formación se corresponde con la Sección Paraniaco. En el pozo de Gil se presenta con 300 metros de espesor. Se consignan salinidades para esta formación de entre 2 y 12 g/l. En Tres Arroyos según García (1971), esta formación aparece entre 113 y 145 metros de profundidad. La formación acuífera de origen marino se presenta con arcillas verdosas con intercalaciones de arenas finas acuíferas, con espesores de 23 a 59.6 metros sin haber tocado el basamento en la perforación.

Sobreyacen a la Formación Paraná los sedimentos araucanos, pampeanos y postpampeanos incluidos en la denominada Sección Epiparaniana de Hernández et al., (1975). Estos sedimentos son de gran interés hidrogeológico ya que contienen los acuíferos que abastecen a las localidades de la región y a los establecimientos agropecuarios de la zona.

Básicamente los acuíferos explotados se presentan en las unidades llamadas Sedimentos Pampeanos (Fidalgo et al., 1975), de edad Plio-pleistocena, y el Postpampeano correspondiente al Holoceno.

Litológicamente los Sedimentos Pampeanos están constituidos preferentemente por una fracción limo más abundante que las fracciones arcilla y arena. En general presentan aspecto masivo, aunque localmente pueden mostrar una grosera estratificación. Comúnmente se los denomina loess o limos loessoides. Su coloración es en general castaño con distintas tonalidades que van del amarillento a rojizo oscuro. Su compactación es algo pronunciada y aumenta en zonas donde se hace presente el carbonato de calcio con aspecto estratiforme de diferentes espesores, desde algunos centímetros hasta varios metros (Fidalgo et al., 1975).

El pampeano constituye un acuífero de tipo multiunitario con alternancia de sedimentos que son acuíferos y otros que se comportan como acuitardos. En general la calidad del agua desmejora en profundidad en lo que respecta al contenido de sales totales.

Por su parte los sedimentos correspondientes al Postpampeano se disponen discordantemente sobre los Sedimentos Pampeanos (Fidalgo et al., 1991), pueden diferenciarse sedimentos arenolimosos de origen eólico y otras litologías variadas de tipo fluvial o lacustre. Los sedimentos eólicos se caracterizan por constituir médanos compuestos por arenas sueltas bien seleccionadas.

Las acumulaciones postpampeanas se presentan en afloramientos discontinuos, representados por las Formaciones Luján, Platense y La Postrera correspondientes al Pleistoceno tardío - Holoceno. En el valle del Río Quequén Salado, Mormeneo (2005) individualiza las unidades litoestratigráficas cuaternarias.

Gutierrez Tellez y Schillizzi (1998) realizan una descripción de sedimentos y diatomeas presentes en un perfil ubicado en el valle del río Quequén Salado a unos 3 km al este de la localidad de Oriente (partido de Coronel Dorrego). Ubican a los niveles con diatomeas en el Lujanense y el Platense. De acuerdo a las especies de diatomeas reconocen la presencia de un ambiente de salinidad elevada (hasta 35 g/l), que caracteriza a ambientes evaporíticos o de llanuras salinas, con influencia eólica, que ocasiona fluctuaciones en los niveles de agua.

Cabe destacar que estas condiciones habrían tenido respuestas sólo en aquellos ambientes geomorfológicos de mayor sensibilidad ambiental (planicie de inundación, ambientes lagunares, áreas anegadizas) (Zárate, 2005).

EXPLORACIÓN GEOELÉCTRICA

Mediante la realización de sondeos eléctricos verticales (SEV) se logró caracterizar el subsuelo del área de estudio. Para el relevamiento se ubicaron 60 puntos en un mapa base con una separación entre sí de aproximadamente 10 km. Posteriormente se llegó hasta cada uno de los lugares, se realizó el geoposicionamiento del mismo y se procedió a la ejecución del SEV mediante la aplicación de la metodología tetraelectrónica de Schlumberger. La curva de campo fue interpretada en gabinete mediante dos programas de computación: Zohdy (1975) e IPI2Win (2001). El primero de ellos permite la obtención de las resistividades verdaderas de un conjunto de capas y el correspondiente espesor de cada una, el segundo programa permitió el ajuste mediante un modelo resistivo teniendo en cuenta los resultados obtenidos por el primer método así como los resultados de la interpretación de los sondeos cercanos. El modelo geoelectrico simplificado obtenido con IPI2WIN permitió la realización de perfiles de resistividad así como pseudosecciones eléctricas. El equipo utilizado fue un resistímetro AGI que permitió, gracias a su alta sensibilidad en la toma de datos, la realización de sondeos eléctricos de hasta 1700 metros de ala en los sectores más cercanos al mar. De esta manera se pudo detectar el basamento en toda la zona de estudio realizando una investigación más profunda que la llevada a cabo anteriormente por Weinzettel et al. (2005).

En el ajuste del modelo geoelectrico se tuvo en cuenta la información geológica antecedente mencionada en el apartado anterior. Para la interpolación de los datos de nivel y/o profundidad entre los SEV realizados se utilizó el método de kriging puntual adoptando un variograma isotrópico lineal con pendiente unitaria.

Para un mejor ajuste de las mediciones se realizó un sondeo paramétrico en cercanías de un pozo en el SEV 53 (Figura 2) en un sector en que los sondeos en general fueron de escasa apertura de alas debido a la presencia somera de la roca del basamento (34 metros de profundidad según el registro del pozo).

Los sondeos más extensos fueron los más cercanos al mar, en la zona sur de la cuenca. A modo de ejemplo puede observarse la curva obtenida en el SEV 58 (Figura 3) con una apertura AB de 1700 metros, la interpretación de este SEV indica que el basamento se presenta a 789 metros desde superficie.

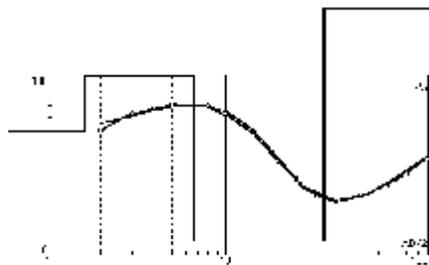


Figura 2. Curva del SEV 53.

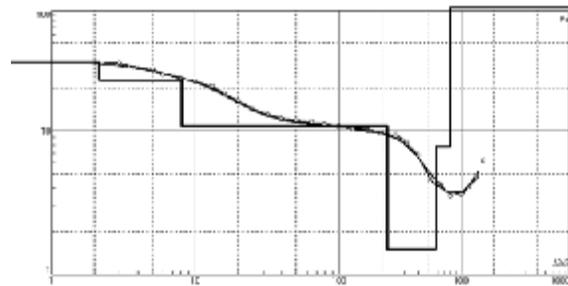


Figura 3. Curva del SEV 58

Como se ha indicado en apartados anteriores, el basamento se presenta aflorando en algunos sectores del área de estudio, especialmente en la zona norte y noreste. Los afloramientos, en general de areniscas cuarzosas, se presentan en cercanías de las localidades de Juan Barra y de Gonzales Chaves. Los sondeos eléctricos ubicados en zonas aledañas a estos sectores muestran el basamento a una profundidad entre 34 y 100 metros de profundidad desde superficie.

En la Figura 4 se observa un mapa de profundidad del basamento hidrogeológico desde la superficie del terreno para el área de estudio. Se ve claramente una profundización hacia el SO hasta la latitud de la ciudad de Tres Arroyos. Luego el basamento se hunde hacia el sur, mostrando un sector con un gradiente más suave entre la curva de 400 y 500 metros de profundidad. Los sondeos realizados más cerca del mar muestran al basamento a una profundidad mayor a 900 metros. Los mayores gradientes del basamento se encuentran en la zona costera, con una pendiente aparentemente normal a la línea de costa.

Por encima del basamento hidrogeológico y en forma discordante se han depositado sedimentos terciarios continentales (Mioceno Rojo) y por encima sedimentos marinos (Mioceno Verde). Al presentar los sedimentos terciarios una alta concentración de sales, se trató de definir la profundidad y espesor en que yacen en la cuenca en base a la consideración de las bajas resistividades que estas formaciones presentan. Los antecedentes bibliográficos (Hernández et al., 1975, García, 1969, entre otros) así como los datos consignados en pozos que han atravesado estos sedimentos indican altas salinidades del agua que contienen.

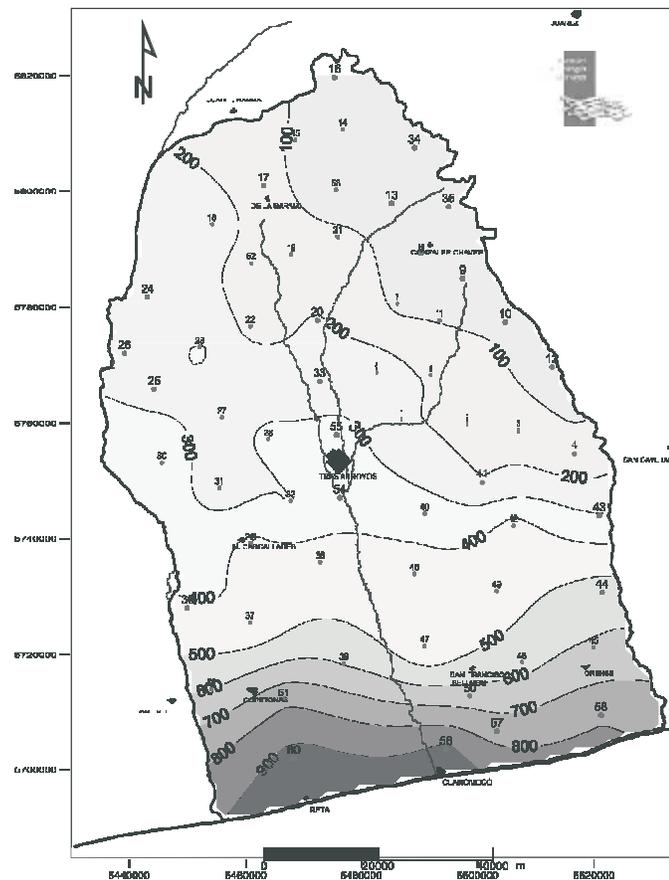


Figura 4. Curvas de isoprofundidad del basamento hidrogeológico en metros desde superficie (los puntos indican el número de SEV realizado).

Tanto los antecedentes de perforaciones como la información geoelectrica indican que el Terciario no se presenta hacia el NE de Tres Arroyos, en coincidencia con la zona donde el basamento se encuentra más cerca de la superficie.

El sector más complicado para poder determinar la aparición del Terciario ha sido la zona NO cercana al río

Quequén Salado, donde los sedimentos cuaternarios presentan agua con alta salinidad y enmascaran el pase de Cuaternario a Terciario. La interpretación realizada es una propuesta que debería ser corroborada en estos sectores con pozos exploratorios u otros métodos geofísicos.

Las resistividades observadas en la interpretación de los SEV muestran valores asignables a la formación terciaria de 1.2 a 4 ohm.m. En la Figura 5 se presenta la curva de campo y el modelo de resistividad - espesor del SEV 56. Puede observarse que próximo a los 200 metros de profundidad se presenta una capa de 1 ohm.m que ha sido asignada al Terciario marino.

En la Tabla 1 se muestra la interpretación del SEV 56. Allí se observa, y en varios otros sondeos también, un ascenso de la resistividad en la última capa previa al basamento. No está claro si dicha capa, con un espesor en este caso de 220 metros, correspondería al Mioceno rojo, en dicho caso se presentaría material de mayor granulometría, ya que el registro de pozos como el de Coronel Dorrego presentan para esta formación agua de alto contenido salino.

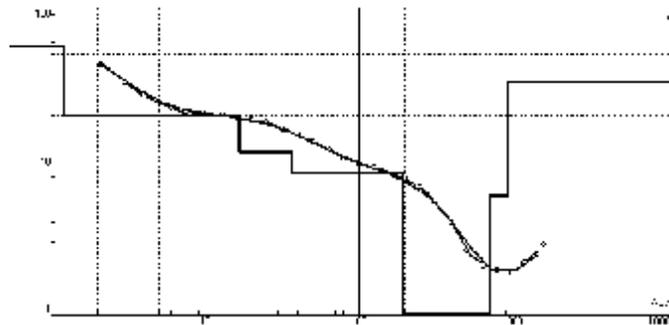


Figura 5. Curva del SEV 56. Obsérvese la baja resistividad de la antepenúltima capa (1 ohm m).

Capa	Resistividad (ohm m)	Espesor (m)	Profundidad (m)
	56.4	19	19
2	20.1	15.4	16.6
3	5	20	36.6
	8.37	157	194
5	0.3	513	707
6	6	220	927
	33		

Tabla 1. Resultado de la interpretación del SEV 56.

En la Figura 6a se ha realizado la interpolación de los valores conductivos de cada SEV asignando valores cero cuando no se observaron las bajas resistividades. Se asume que es posible que el Terciario aparezca como mínimo a unos 100 metros de profundidad. En el área ubicada al N y NE de la zona de estudio el Terciario no se presentaría o de encontrarse lo haría con espesores poco importantes.

La paleomorfología del techo del Terciario indicaría según se ve en la Figura 6a, un descenso paulatino con dirección NE-SO, presentándose desde 100 a 160 metros de profundidad, luego poco al sur de Tres Arroyos comienza a inclinar más suavemente hacia el sur hasta una profundidad de entre 190 y 220 metros desde superficie. Se observan en este último sector algunas zonas donde podría estar algo más profundo. Estos valores coinciden en principio con los que Zambrano (1974) presenta en un mapa de isobatas del tope del Terciario superior marino con valores de -25 a -125 msnm para la zona de estudio.

En líneas generales la profundidad del techo del Terciario marino se encuentra relacionada en cuanto a su disposición con el basamento paleozoico según puede observarse al comparar la Figura 4 con la Figura 6a. Los espesores de los sedimentos terciarios se muestran en la Figura 6b, aclarando que no se ha discriminado entre el Rojo continental y el Verde marino. Una amplia área presenta espesores de entre 100 y 200 metros, encontrándose en la zona más cercana al mar los mayores espesores debido a la pequeña inclinación del techo de Terciario marino y a la profundización más pronunciada del basamento hidrogeológico.

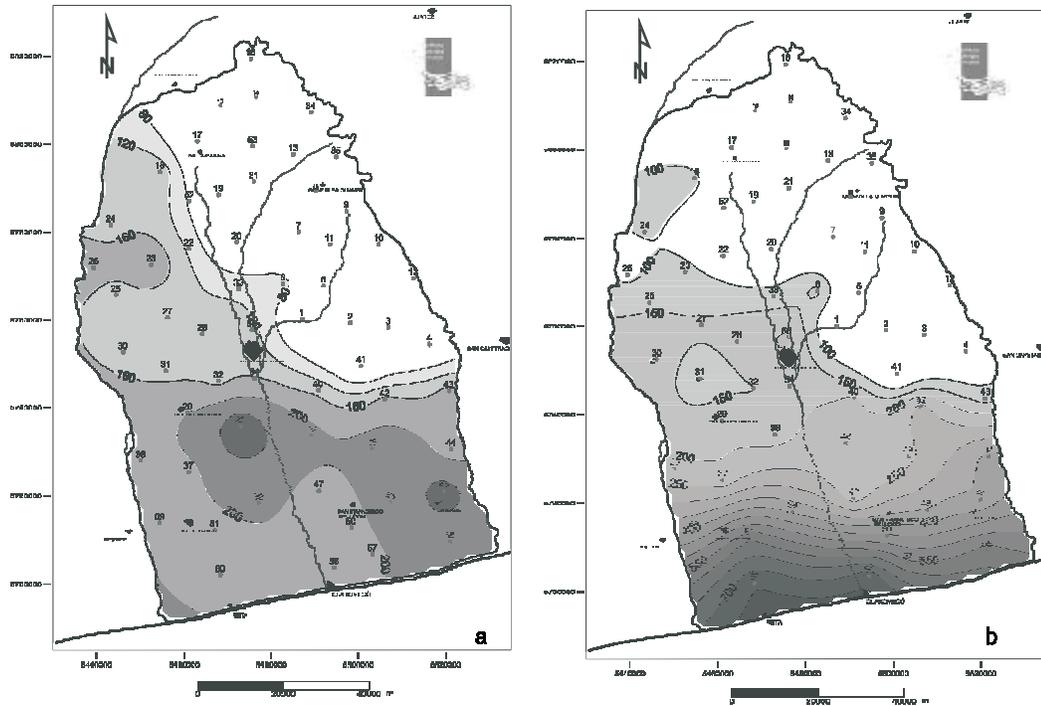


Figura 6. a. Profundidad del techo del Terciario marino en base a la interpretación geoelectrica (en metros desde superficie). b. Espesor del Terciario marino (m).

CONCLUSIONES

En base a la exploración geoelectrica realizada se ha podido determinar la profundidad de la roca paleozoica (basamento hidrogeológico) en el área de estudio. Dicho basamento aflora en el sector norte y se profundiza paulatinamente llegando a profundidades superiores a los 900 metros desde superficie en el sector costero (zona sur). Por otra parte el modelo geoelectrico propuesto ha permitido obtener profundidades y espesores del Mioceno marino debido al alto contraste que producen sus bajas resistividades producto de sus sedimentos arcillosos conteniendo acuíferos altamente salinos. Dicha unidad se presenta a unos 200 metros desde superficie con un espesor superior a los 750 metros en la zona sur.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Municipalidad de Tres Arroyos y a la Dirección de Vialidad Rural de dicho municipio por la colaboración y la financiación para la realización de este trabajo. También se expresa un especial agradecimiento al Dr. Pedro Lesta por sus valiosos comentarios.

REFERENCIAS

- CINGOLANI, C.A. (2005).** Unidades morfoestructurales (y estructuras menores) de la provincia de Buenos Aires. Relatorio de XVI Congreso Geológico Argentino (De Barrio, R.E., Etcheverry, R.O., Caballé, M.F. y Llambías, E. ed.), La Plata, 21-30.
- FIDALGO, F., PASCUAL, R. Y DE FRANCESCO, F. (1975).** Geología superficial de la llanura Bonaerense (Argentina). Relatorio del VI Congreso Geológico Argentino, 103-138.
- FIDALGO, F., RIGGI, J. C., GENTILE, R., CORREA, H. Y PORRO, N. (1991).** Los "Sedimentos Postpampeanos" continentales en el ámbito del sur bonaerense. Revista de la Asociación Geológica Argentina, XLVI(3-4):239-256.
- FRENGUELLI, J. (1950).** Rasgos generales de la morfología y la geología de la provincia de Buenos Aires. LEMIT, serie II, 33 p.
- FURQUE, G. (1965).** Nuevos afloramientos del Paleozoico en la provincia de Buenos Aires. Revista Museo de La Plata 5 (Geología): 239-243.
- GARCÍA, J. (1969).** El agua subterránea en la cuenca del Quequén. Relatorio de la reunión sobre la geología del agua subterránea de la provincia de Buenos Aires. Comisión de Investigaciones Científicas, La Plata, 91-97.
- GARCÍA, J. Y GARCÍA, O. (1968).** Descripción hidrogeológica de la zona Estación Coronel Rodolfo Bunge - De la Garma, provincia de Buenos Aires. Instituto Nacional de Geología y Minería 24 p. y anexos.
- GARCÍA, O. (1971).** Hidrogeología de la zona de Gonzales Chaves. Ministerio de Economía y Trabajo, Secretaría de Estado de Minería. 43 p. y anexos.
- GONZÁLEZ, M.A. (1995).** Diagnóstico ambiental de la provincia de Buenos Aires. Banco de la Provincia de Buenos Aires, Tomo I, Aspectos Básicos, 245 p.
- GONZÁLEZ, M.A. (1997).** Diagnóstico ambiental de la provincia de Buenos Aires. Banco de la Provincia de Buenos Aires, Tomo II, Descripción de los Sistemas Ambientales (de Tandilia, interserranos, de Ventania y de la vertiente austral de Ventania), 210 p.
- GROEBER, P. (1945).** Las aguas surgentes y semisurgentes del Norte de la provincia de Buenos Aires. Revista La Ingeniería XLIX(6):371-387.
- GUTIERREZ TÉLLEZ, B. Y SCHILLIZZI, R. (1998).** Análisis paleoambiental de asociaciones de diatomeas cuaternarias del río Quequén Salado, provincia de Buenos Aires, Argentina. V Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses, Actas, 35-42.
- HARRINGTON, H.J. (1970).** Las Sierras Australes de Buenos Aires, República Argentina. Cadena aulacogénica. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 25(2):151-181.
- HERNÁNDEZ, M., FILI, M., AUGE, M. Y CECI, J. (1975).** Geohidrología de los acuíferos profundos de la Provincia de Buenos Aires. V Congreso Geológico Argentino, Actas, Tomo II, 479-500.
- IPI2WIN. (2001).** Moscow State University, Geological Faculty, Dept. of Geophysics. Geoscan-M Ltd. IPI2Win v 2.1. User's guide. 25 p.
- KOSTADINOFF, J. Y FONT DE AFFOLTER, G. (1982).** Cuenca interserrana bonaerense, Argentina. V Congreso Latinoamericano de Geología, Actas IV, 105-121.
- LLAMBÍAS, E. Y PROZZI, C. (1975).** Ventania. En Relatorio Geología de la provincia de Buenos Aires, VI Congreso Geológico Argentino, 79-101.
- MONTEVERDE, A. (1938).** Nuevo yacimiento de material pétreo en Gonzales Chaves. Revista minera. Geología y Mineralogía. Sociedad Argentina de Minería y Geología. T. VIII, pp 116-124.
- MORMENEO, M.L. (2005).** Geología superficial de la cuenca inferior del río Quequén Salado, provincia

de Buenos Aires. Argentina. XVI Congreso Geológico Argentino, La Plata, Actas 297-304.

- NABEL, P.E. Y PEREYRA, F.X. (2002).** El paisaje natural bajo las calles de Buenos Aires. Editorial Eudeba, Buenos Aires, 124 p.
- TERRAZA, J. Y DE GUILLÉN, A. (1973).** Nuevos afloramientos paleozoicos de la provincia de Buenos Aires. Universidad Nacional del Sur (inédito).
- WEINZETTEL, P., VARNI, M. Y 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, Tomo 1, pp. 171-180.
- YRIGOYEN, M. (1975).** Geología del subsuelo y la plataforma continental. En Relatorio Geología de la provincia de Buenos Aires, VI Congreso Geológico Argentino, 139-168.
- ZAMBRANO, J.J. (1974).** Cuencas sedimentarias en el subsuelo de la provincia de Buenos Aires y zonas adyacentes. Revista de la Asociación Geológica Argentina, XXIX(4):443-469.
- ZÁRATE M. Y RABASSA, J. (2005).** Geomorfología de la provincia de Buenos Aires. En Geología y Recursos Minerales de la provincia de Buenos Aires. Relatorio de XVI Congreso Geológico Argentino (De Barrio, R.E., Etcheverry, R.O., Caballé, M.F. y Llambías, E. ed.), La Plata, 119-138.
- ZÁRATE, M.A. (2005).** El cenozoico tardío continental de la provincia de Buenos Aires. Relatorio de XVI Congreso Geológico Argentino (De Barrio, R.E., Etcheverry, R.O., Caballé, M.F. y Llambías, E. ed.), La Plata, 139-158.
- ZOHDY, A. (1974).** A computer program for the automatic interpretation of Schlumberger sounding curves over horizontally stratified media. Geological Survey, Springfield, USA.