

Modelación del flujo subterráneo en la cuenca Matanza-Riachuelo, provincia de Buenos Aires.

1. Geología y geometría del subsuelo

Christian Mancino¹, Luis Vives¹, Alberto Funes², Marcelo Zárate³, Sandra Martínez²

¹ Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo J. Usunoff” (UNCPBA – CIC – Municipalidad de Azul), República de Italia 780, (B7300) Azul, Buenos Aires, Argentina.

² Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR), Buenos Aires, Argentina

³ Instituto de Ciencias de La Tierra y Ambientales de La Pampa (CONICET-UNLPAM) Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

Mail de contacto: christianmancino@yahoo.com.ar

RESUMEN

En el marco del proyecto de aguas subterráneas en la cuenca Matanza-Riachuelo (CMR) se desarrolló un modelo numérico de flujo de agua subterránea. En una serie de tres artículos se presentan los trabajos realizados para obtener esta modelación. En este primer trabajo se presenta la construcción de la geometría del subsuelo en el ámbito de la CMR. Se recopiló información de perforaciones en instituciones estatales y privadas. Se seleccionaron 294 perforaciones, de 1900 revisadas. Se delimitaron tres capas de similar comportamiento hidrogeológico. La Capa 1 (superior) corresponde a sedimentos limo arenosos y limo arcillosos, la Capa 2 corresponde a arcillas plásticas y la Capa 3 (inferior) corresponde a arenas y a arenas con intercalaciones arcillosas y limosas. Con el objetivo de reducir las incertidumbres en la geometría del subsuelo y poder abordar un modelo de transporte, se presenta una propuesta para realizar perforaciones de investigación con recuperación continua de testigos.

Palabras clave: Matanza-Riachuelo, perforación, geología.

ABSTRACT

A numerical model of groundwater flow was developed within the project named “Groundwater of the Matanza-Riachuelo river basin (CMR *in Spanish*)”. Three articles are presented regarding how to obtain this model. This study, the first article, discusses the reconstruction of the subsurface geometry of the CMR. Two hundred and ninety four drillings were selected from a total of 1900 evaluated. Three layers were delineated with similar hydrogeological behavior. Layer 1 (at the top) corresponds to sandy silt and silty clay, Layer 2 corresponds to plastic clays and Layer 3 (at the bottom) corresponds to sands and also, to sands *interbedded* with silt and clay. With the objectives of reducing uncertainties in the geometry of the subsoil and developing a transportation model, a proposal is presented for making drilling research with continued recovery of cores.

Keywords: Matanza-Riachuelo, drilling, geology.

Introducción

La cuenca del río Matanza-Riachuelo (CMR) se localiza al este de Argentina y al noreste de la provincia de Buenos Aires, abarcando varios partidos y un sector de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Figura 1). Ubicada entre los paralelos 34° 32' y 36° 06' latitud sur y los meridianos 58° 12' y 59° 03' longitud oeste presenta una superficie de 2.065 km² con un desnivel máximo del relieve del terreno de 30 m y una longitud y ancho máximos de 72 y 42 km, respectivamente. Esto permite observar que el área posee pendientes muy bajas, conformando un paisaje típico de llanura.

La geología del área de la CMR está constituida por depósitos sedimentarios preferentemente continentales intercalados con depósitos marinos, que se asientan sobre un relieve fracturado del basamento cristalino. Cada uno de esos depósitos representa un ciclo de sedimentación ocurrido en distintos momentos de la historia geológica de la región. Algunos de estos ciclos sedimentarios han sido afectados por eventos tectónicos que pusieron en contacto lateral unidades más antiguas con otras más modernas (Yrigoyen, 1975). Cada ciclo de sedimentación se produjo en condiciones ambientales distintas, provocando que la composición de sus sedimentos difiera.

Los primeros datos de la geología del subsuelo del área de estudio fueron reconocidos en la ciudad de Buenos Aires en una perforación que llegó hasta el basamento cristalino realizada frente a la iglesia de la Piedad. En esta perforación interpretada por Valentin (1895), se establecieron 4 "pisos" sedimentarios. Los "pisos" identificados corresponden a 4 grandes depósitos sedimentarios (Yrigoyen, 1975) que hoy en día son generalmente reconocidos como Formación Olivos, Formación Paraná, Formación Puelches y, Sedimentos Pampeanos y Postpampeanos.

Los lineamientos básicos de la geología cuaternaria de la región fueron establecidos por Ameghino (1889), Frengüelli (1950), González Bonorino (1965) revisados por Fidalgo et al. (1975), y más recientemente por Yrigoyen (1993), entre otros. Los sedimentos aflorantes han sido agrupados según el clásico esquema de Pampeano y Postpampeano. La nomenclatura es uno de los principales problemas que existen en el estudio de los depósitos del Cuaternario, hay un gran número de esquemas estratigráficos, variables según la zona estudiada por distintos investigadores. Las

unidades cronoestratigráficas se han establecido para otras escalas de tiempo que las del Cuaternario, sin tener en cuenta el diacronismo de los procesos. Además, un mismo término tiene distinto significado para algunos autores, e incluso un mismo autor varía su interpretación de acuerdo a la experiencia adquirida, tal el caso de Frengüelli (1950) tratado por Zárate (2005).

En el marco para desarrollar un modelo numérico de flujo de agua subterránea como punto inicial para disponer de una herramienta para la gestión y planificación de la cuenca, fue preciso determinar la geología de la CMR. Para construir la geometría del subsuelo fue necesaria la recopilación de datos geológicos, hidrogeológicos e hidroquímicos de perforaciones existentes. Además de la información extraída de los planos de perforaciones, se consultaron trabajos de investigación y publicaciones.

El objetivo de este trabajo consistió en la reconstrucción de la geometría del subsuelo en el ámbito de la CMR mediante la información de perforaciones geológicas e hidrogeológicas y de trabajos de investigación.

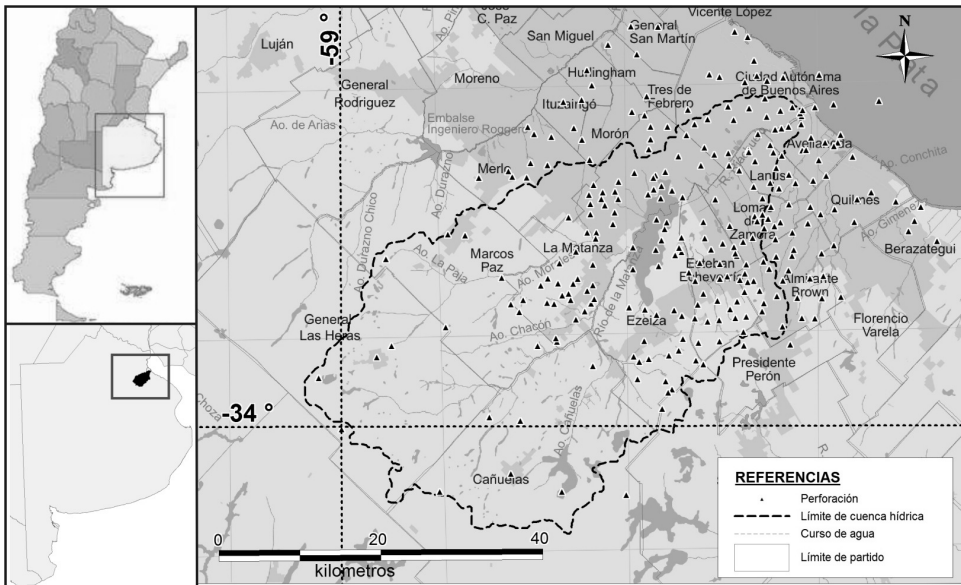


Figura 1. Área de estudio y ubicación de las perforaciones seleccionadas.

Metodología

Para determinar la geometría del subsuelo se llevó a cabo una recopilación de perforaciones con información geológica e hidrogeológica. La información recopilada se

procesó y se sintetizó en planillas las cuales pueden consultarse en Vives et al. (2012). Esta información sirvió de base para la elaboración de mapas isopáquicos y mapas de cotas de techo y base de las unidades hidrogeológicas.

La búsqueda de la información se realizó en las siguientes instituciones estatales: Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR), Autoridad del Agua (ADA), Instituto Nacional del Agua (INA), Servicio Provincial de Agua Potable y Saneamiento Rural (SPAR), Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), Aguas Bonaerenses S. A. (ABSA), Servicio de Hidrografía Naval (SHN), Agua y Saneamientos Argentinos S.A. (AySA) (Dirección de Medio Ambiente y Desarrollo, Dirección de Planificación, y Archivo de Planos Históricos y Domiciliarios). También se recurrió a consultoras privadas encargadas de estudios y perforaciones en la cuenca. Cabe destacar que al momento de realizarse este trabajo no se pudo obtener la información solicitada en ADA y en ABSA.

Entre la información recolectada se puede destacar:

1) Planos de perforaciones realizadas por Obras Sanitarias de la Nación (OSN), Dirección General de Minas y Geología (DGMyG), Dirección Nacional de Geología y Minería (DNGyM), Gas del Estado y Ferrocarriles Argentinos. Estos planos datan de los años 1900 a 1989 y contienen total o parcialmente la siguiente información: ubicación del pozo mediante mapa con intersección de calles, perfil litológico conforme a los cambios de litología, diseño del pozo, análisis químicos del agua, caudales de explotación, niveles estáticos, niveles piezométricos y calidad de aguas por acuíferos, fechas de comienzo y fin de la perforación, velocidades de avance y características de la máquina perforadora.

2) Informes técnicos de perforaciones realizadas por contratistas de AySA, ACUMAR y municipalidades, que contienen total o parcialmente la siguiente información: ubicación de las perforaciones con coordenadas latitud/longitud o Gauss Kruger, mapa de ubicación, descripción litológica metro a metro, perfilaje geoelectrico, diseño de pozo, ensayos de bombeo, análisis del agua, fechas de comienzo/fin de la perforación y características de la máquina perforadora.

3) Tesis doctoral de Cavalotto (1995) donde se citan perforaciones del Ministerio de Obras Publicas de la Dirección Nacional de Construcciones Portuarias y Vías Navegables (D.N.C.P.V.N.), del Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (Lemit) y de Artaza (1942), entre otros.

4) Trabajos de investigación e informes estatales, entre el más relevante se destaca el informe del Comité de Estudios de Aguas

Subterráneas del Nor-Este (EASNE) del año 1973.

5) La Dirección de Planificación y de la Dirección de Medio ambiente y Desarrollo de AySA suministraron una importante cantidad de datos de pozos, como perfilajes, análisis químicos de pozos de producción, sondeos y pozos de monitoreo y de abastecimiento.

En la Tabla 1 se muestran los responsables de ejecución o propietarios de las 294 perforaciones seleccionadas para construcción de la geometría del subsuelo, de un total de aproximadamente 1900 perforaciones revisadas.

Tabla 1. Responsables de la ejecución o propietarios de las perforaciones.

Institución	Nº de perf.
AySA	118
OSN	61
ACUMAR	55
Particulares	13
DGMyG/DNGyM	12
ABSA	6
Ferrocarriles	3
Municipios	4
Empresas privadas	4
D.N.C.P.V.N.	4
Bco. Hipotecario	3
Lemit	2
Direc. de Hidráulica	1
Gas del Estado	1
Sin Determinar	7
TOTAL	294

La mayoría de las perforaciones revisadas se ubican en la cuenca baja y media (Figura 1) debido a que en estas zonas es donde existen mayores números de estudios para el abastecimiento de agua potable. Las perforaciones seleccionadas para la confección de la geometría incluyen: pozos históricos de exploración, sondeos de reconocimiento, sondeos de reconocimiento en el estuario Río de la Plata, pozos de explotación activos, desactivados o cegados y pozos de monitoreo.

La selección de las perforaciones revisadas se realizó ponderando la calidad de la siguiente información: ubicación del pozo ya sea mediante intersecciones de calles o coordenadas, que atraviesen el mayor número de formaciones geológicas principalmente a la Formación Puelches, detalle de la descripción litológica, perfilaje geoelectrico, datos hidráulicos, análisis químicos de aguas y distribución homogénea de las perforaciones en

el área de estudio. Cabe aclarar que esta contribución no analiza ni discute los esquemas estratigráficos propuestos, sólo se hace referencia a las unidades identificadas según autores cuando corresponde.

En la Tabla 2 puede observarse la distribución por zona de las perforaciones seleccionadas en el estudio y en la Figura 1 se muestra la ubicación de las mismas. La baja densidad de perforaciones seleccionadas en la cuenca alta es debido a la poca cantidad de perforaciones existentes para el abastecimiento de agua potable a la población. A su vez la mayoría de las perforaciones están concentradas en las cabeceras de los partidos.

Tabla 2. Distribución de las perforaciones de acuerdo con los límites de la cuenca hídrica.

Cuenca	Dentro del límite		Fuera del límite	
	Nº de perf.	(%)	Nº de perf.	(%)
Media	120	63,8	53	55,2
Baja	41	21,5	36	37,5
Alta	37	14,7	7	7,3
TOTAL	198	67,3	96	32,7

Durante el tratamiento de la información y con el propósito de elaborar un esquema único e integrador de los contenidos mencionados surgen como inconvenientes las diferentes formas de describir la litología, desigual clasificación estratigráfica, distintas metodologías de muestreo sedimentológico, irregular distribución espacial de las perforaciones, objetivos diferentes y distinta fecha de ejecución de los sondeos o perforaciones. Para salvar estas diferencias se integró la información de las perforaciones usando como criterio único la descripción litológica y textural en lugar de la clasificación formacional, usando de esta manera criterios propios de interpretación.

A partir de estos criterios surgieron diferencias en las profundidades de los límites de las capas hidrogeológicas en las perforaciones donde se realizaron perfilajes y en las que no tienen dicha información. Por tal motivo se observó una sobreestimación en la profundidad en las perforaciones donde no se realizó el perfilaje.

Para la ubicación de las perforaciones de AySA, OSN, DGMyG/DNGyM, SPAR, Gas del Estado y Ferrocarriles Argentinos se utilizó el programa Google Earth, que trabaja con el Datum WGS84. A partir de la información

brindada en los planos por la intersección de calles y distancias referenciadas a un punto, se extrajeron las coordenadas en latitud/longitud, en grados decimales.

De los informes realizados por contratistas de AySA y ABSA se reubicaron los pozos utilizando también el programa Google Earth. Para los pozos que no pudieron ser ubicados de esta forma se utilizaron las coordenadas provistas por base de datos de AySA.

Posteriormente todas las coordenadas de las perforaciones fueron convertidas al sistema Gauss Kruger Faja 5, Datum WGS84.

Para la determinación de las cotas topográficas de las perforaciones se empleó el programa TOPO (desarrollado por la Universidad Politécnica de Cataluña, España) que interpola el valor a partir de las curvas topográficas digitalizadas del IGM. Los valores interpolados fueron validados con los datos de niveles de las perforaciones cuando existiesen.

Resultados

La generación y el análisis de la información antecedente permitió verificar y detallar la geometría del sistema hidrogeológico respondiendo al esquema planteado por varios investigadores para el sector noreste de la provincia de Buenos Aires tal como Sala J., Santa Cruz, J., Yrigoyen M., Auge, M. y Hernández, M., entre otros. Con base en el análisis de la información se delimitaron tres capas de similar comportamiento hidrogeológico las cuales coinciden parcialmente con las unidades hidrogeológicas (Tabla 3).

La Capa 1 corresponde a los sedimentos post-pampeanos y pampeanos. La primera está formada por limos arenoso-arcilloso loessóide, color verde grisáceo y la segunda por un manto de loess uniforme de grano fino y homogéneo, color pardo rojizo y por limos arenosos, rojos pardos a verdosos con escasos restos fósiles e intercalaciones de tosca. Si bien los sedimentos post-pampeanos no cubren la totalidad de la superficie estudiada, pueden ser diferenciados en esta capa por poseer una permeabilidad equivalente menor. En su base la capa está en contacto con las arcillas cuspidales de la Formación Puelches (Tófaló et al., 2005). El espesor de la capa varía de 13 a 70 metros. Los espesores máximos se encuentran al SO de la cuenca en los partidos de Gral. Las Heras y Cañuelas; y van disminuyendo hacia el NE hasta alcanzar los 13 m en el partido de Avellaneda en la localidad de Villa Dominico (Figura 2).

Tabla 3. Litología y unidades hidrogeológicas, modificado de Santa Cruz et al. (1997) y adaptado a Tófaló et al. (2005).

Capa	Características	Unidades según Santa Cruz y Tófaló
1	Limo arenoso-arcilloso loessoide, color verde grisáceo con escasos restos fósiles.	Sed. POST-PAMPEANOS
	Manto de loess uniforme de grano fino y homogéneo, color pardo rojizo. Limos arenosos, rojos pardos, y verdosos.	Sed. PAMPEANOS
2	Arcilla gris verdosa	Fm. PUELCHES
3	Arena fina y mediana con intercalaciones de arcilla y limo. Arena fina, mediana y gruesa cuarzosa, micácea granodecreciente, pardo amarillenta.	
	Arcilla gris azulada y verdosa Niveles inferiores arenosos finos y medianos, con fósiles marinos.	Fm. PARANÁ
	Arcilla y arenisca roja con estratos yesiformes y carbonato de calcio. Arena mediana.	Fm. OLIVOS
	ROCA IGNEA METAMÓRFICA	BASAMENTO

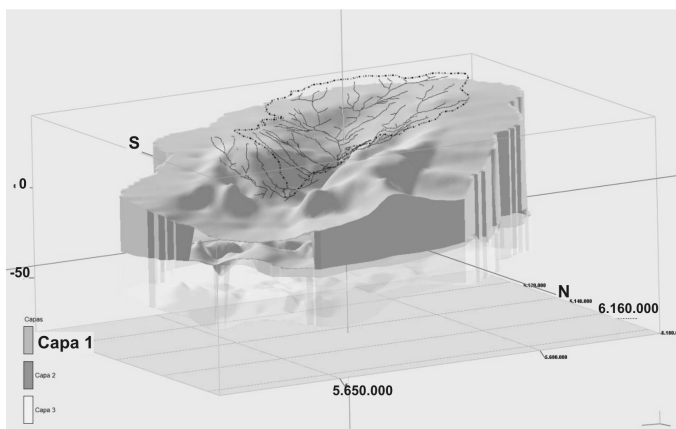


Figura 2. Vista de la Capa 1. Exageración vertical 400x. Se superpone el límite hídrico de la cuenca (línea de trazo) y cursos de agua (línea continua).

La Capa 2 corresponde al techo de la Formación Puelches (Tófaló et al., 2005), está integrada por arcillas plásticas limosas de color generalmente gris a verdosa. Los espesores varían de 0 a 13 metros. Esta capa es sub-horizontal e irregular respecto al espesor, presentando sectores con espesor nulo como en los partidos de Almirante Brown, Avellaneda,

Berazategui, CABA, Est. Echeverría, Ezeiza, La Matanza, Lanus, Loma de Zamora y Quilmes (Figura 3). Otra zona con espesores nulos se observa en el partido de Cañuelas, pero debido a la poca densidad de perforaciones no pudo determinarse su real extensión. La profundidad del techo de esta capa, medida desde la superficie, varía desde los 13 a 62 metros.

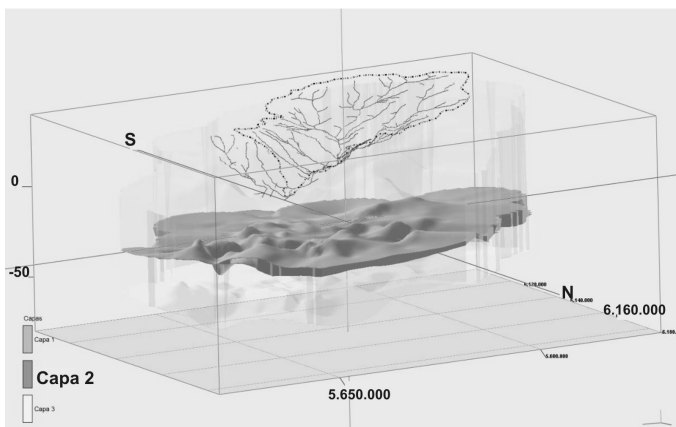


Figura 3. Vista de la capa 2. Exageración vertical 400x. Se superpone el límite hídrico de la cuenca (línea de trazo) y cursos de agua (línea continua).

La Capa 3 está integrada por arenas cuarzosas, castaña amarillenta a blanquecinas de gran selección granulométrica con intercalaciones arcillosas y limosas hacia el techo. Esta secuencia de intercalaciones de arenas, arcillas y limos, que se encuentra generalmente hacia el techo, puede ser diferenciada ya que le confiere a la capa menor permeabilidad equivalente que las arenas cuarzosas subyacentes (Tabla 3). Subyace a la Capa 3 las arcillas verde azuladas de la Formación Paraná de origen marino y de carácter acuitardo. Suprayace a la Capa 3 las

arcillas plásticas de la Capa 2. La profundidad del techo de la Capa 3 varía entre 15 y 73 metros, mientras que el espesor total varía entre 8 y 39 metros. La zona con mayor espesor se encuentra al SE de la ciudad Autónoma de Buenos Aires, en tanto que la perforación con el máximo espesor, en el límite de los partidos entre Las Heras y Cañuelas (Figura 4). Localmente no se pudo establecer una tendencia, pero regionalmente Auge et al. (2002) muestran un aumento de espesor hacia el centro de la cuenca del río Salado con espesores máximos de 60 metros.

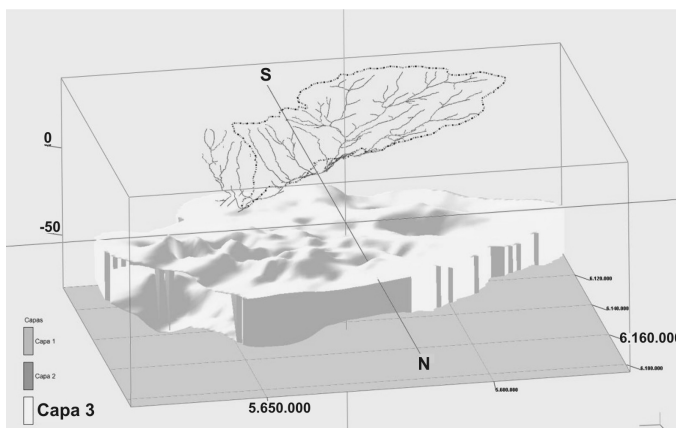


Figura 4. Vista de la capa 3. Exageración vertical 400x. Se superpone el límite hídrico de la cuenca (línea de trazo) y cursos de agua (línea continua).

Se elaboraron mapas isopáquicos mostrando los espesores de cada capa

descripta (Figura 5) y mapas de cotas del techo de la Capa 2; y techo y base de la Capa 3.

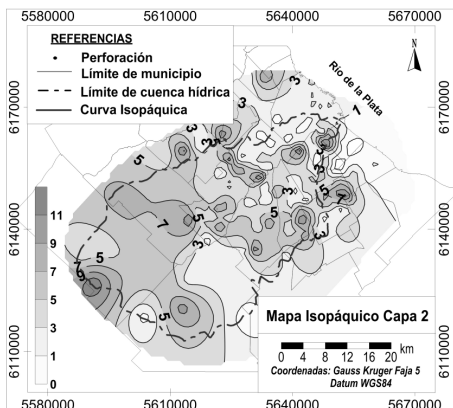


Figura 5. Espesor de la capa 2 en metros.

Asimismo, se realizaron cinco secciones geológicas que permiten observar la geometría de las capas en la CMR las cuales se pueden consultar en Vives et al. (2012). Una sección

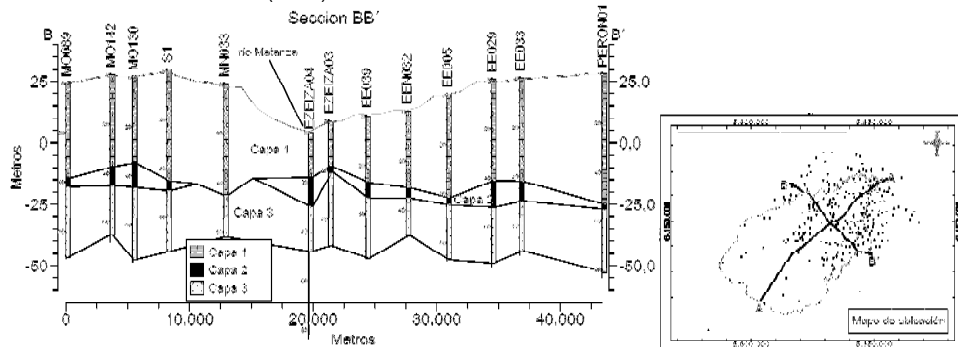


Figura 6. Sección transversal a la CMR y ubicación de las secciones.

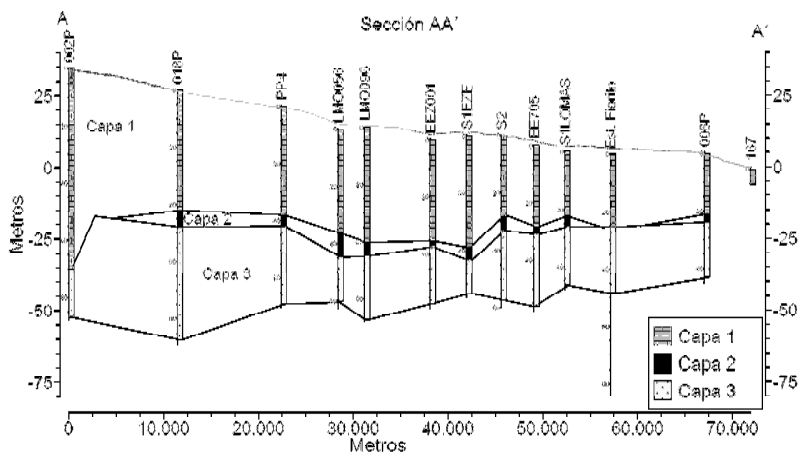


Figura 7. Sección longitudinal a la CMR.

transversal y otra longitudinal a la cuenca son ilustradas en las figuras 6 y 7.

Propuesta de mejora

Con el objetivo de reducir las incertidumbres en la geometría del subsuelo de la CMR y poder abordar un modelo de transporte de solutos, se sugiere direccionar estudios con el objetivo de:

a) Incorporar información geológica relacionada con el desarrollo de los depósitos continentales y marinos ocurridos en distintos momentos de la historia geológica de la región, de tal manera de representar con mayor fidelidad la heterogeneidad de las formaciones e intentar reproducir la evolución geológica y geomorfológica en el valle de la CMR.

b) Incorporar los efectos de los eventos tectónicos en los depósitos sedimentarios y obtener información de las condiciones ambientales durante los procesos de sedimentación que condicionan la composición de los sedimentos.

c) Realizar perforaciones con recuperación continua de testigos, asegurando que el material obtenido haya sido mínimamente disturbado. Con las muestras obtenidas se determinarán las propiedades litológicas (color por comparación con los patrones cromáticos del Rock Color Chart Committee, 1951); granulometría aplicando los métodos de tamizado y pipeteo, así como Láser, estructura y textura sedimentaria e identificación de litofacies según propuesta de Miall (1996). Efectuar el análisis geoquímico de elementos mayoritarios, minoritarios y traza, y mineralógico de las distintas fracciones mediante rayos X, lupa binocular y cortes delgados.

d) Realizar perforaciones que atraviesen una parte de la Formación Paraná a efectos de conocer sus características y los posibles efectos en el acuífero Puelche.

Agradecimientos

Es destacable agradecer la información facilitada por la Lic. M. I. Nagy de la Dirección de Planificación y la Ing. M. C. Echarte de la Dirección de Medio Ambiente y Desarrollo de Agua, ambas de AySA; a los Dres. J. L. Cavallo y R. Violante del Servicio de SHN; a S. Cicchitti y Lic. G. Mercapide del SPAR; y la Lic. I. Martín de ACUMAR. Como así también agradecer la información suministrada por la consultora Hidroar S.A. y las empresas perforistas Baldoni e hijos, Hidroprospec, y Reynard Hnos. S. A. Sin sus aportes no hubiese sido posible desarrollar este trabajo.

Referencias

Ameghino F., 1889. Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina. Actas de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, T. 6.

Artaza, E., 1942. Cuaderno N°6. Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Obras Sanitarias. En: Cavallo, J. L., 1995. Evolución geomorfológica de la llanura costera ubicada en el margen sur del río de la Plata. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata. (inédita).

Auge M., Hernández M. y Hernández L., 2002. Actualización del conocimiento del Acuífero semiconfinado Puelche en la provincia de Buenos Aires, Argentina. XXXII IAH & VI ALHSUD Congress. Actas: 629-633. Mar del Plata, Argentina.

Cavallo, J. L., 1995. Evolución geomorfológica de la llanura costera ubicada en el

margen sur del río de la Plata. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata. (inédita)

EASNE, 1973. Contribución al estudio geohidrológico del noreste de la provincia de Buenos Aires. C.F.I. Serie técnica 24, Buenos Aires.

Fidalgo, F., De Francesco, F.O. y Pascual, R. 1975. Geología superficial de la llanura bonaerense (Argentina). Geología de la Provincia de Buenos Aires. 6° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 103-138, Bahía Blanca.

Frenguelli, J. 1950. Rasgos generales de la morfología y la geología de la provincia de Buenos Aires 2: 33. LEMIT, La Plata.

González Bonorino, F. 1965. Mineralogía de las fracciones arcilla y limo del pampeano en el área de la Ciudad de Buenos Aires y su significado estratigráfico y sedimentológico. Revista de la Asociación Geológica Argentina 20 (1): 67-148.

Miall, A., 1996. The geology of fluvial deposits. Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology. Springer, 582 p., Berlín.

Santa Cruz J. N., Silva Busso, A., Amato, S., Guarino, M., Villegas, D., Cernadas, M., 1997. Explotación y Deterioro del Acuífero Puelches en la región metropolitana de la República Argentina, Ingeniería Sanitaria y Ambiental N° 31, 34-42.

Tófolo O. R., Etchichury M. C. y Fresina M., 2005. Características texturales y petrofacies de depósitos neógenos, Bancalari, provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 60 (2): 316-326.

Valentin J., 1895. Datos estratigráficos sobre las llanuras argentinas. Apéndice segundo censo nacional, Territorio, 2da parte, Geología, pp. 89-93. Buenos Aires.

Vives, L., Mancino C. y Scioli C., 2012. Modelo conceptual y numérico del flujo de aguas subterránea de la cuenca del río Matanza-Riachuelo. 227p.

Yrigoyen, M. R., 1975. Geología del subsuelo y Plataforma Continental. Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires, VI Congreso Geológico Argentino, Bahía Blanca 139-168.

Yrigoyen, M. R., 1993. Morfología y geología de la ciudad de Buenos Aires. Evaluación e incidencia geotécnica. Actas de la Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería, Buenos Aires, VII, 7-38.

Zárate, M. 2005. El Cenozoico tardío continental de la provincia de Buenos Aires. XVI Congreso Geológico Argentino. Geología y Recursos Minerales de la provincia de Buenos Aires (Editores R. de Barrio, R. Etcheverry, M. Caballé y E. Llambías) 139-149.