

## **APORTES AL CONOCIMIENTO DEL SUBSUELO DE LA CUENCA DEL ARROYO AZUL (PROVINCIA DE BUENOS AIRES)**

MEÑEZ ESCOBAR, Raúl<sup>1</sup>; USUNOFF, Eduardo<sup>1</sup> y WEINZETTEL, Pablo<sup>1</sup>

### **RESUMEN**

Este estudio presenta los resultados de un relevamiento geoelectrico efectuado en las cuencas alta y media-baja del arroyo Azul, Provincia de Buenos Aires. Se hicieron 69 sondeos eléctricos verticales (SEV) con apertura de ala suficiente extensa para la detección del basamento cristalino. La interpretación de los SEV, realizada mediante ajustes manuales a curvas patrón y ajustes automáticos con códigos digitales, proveyó perfiles resistivos que, cuando fue posible, se correlacionaron con perfiles litológicos de perforaciones del sector estudiado. El basamento cristalino, que en algunos sectores muestra escalones producto de un posible fallamiento, exhibe en profundidad un horizonte superior alterado con capacidad de almacenamiento de agua. Características hidrológicas similares tendría el material que se encuentra en la zona de cizalla de las fallas. Sedimentos del Mioceno (El Rojo y El Verde) y del Plioceno (El Puelche) aparecen en el sector norte del área de estudio, y su posición y profundidad son correlacionables con perfiles de perforaciones de las ciudades de Cacharí y Las Flores. Se reconocen claramente los sedimentos del Pampeano y Postpampeano que, por otra parte, constituyen el acuífero explotado en la cuenca.

### **ABSTRACT**

This study presents the results of a geoelectric survey carried out in the upper and middle-lower sections of the Azul River basin, Buenos Aires Province. 62 vertical electrical soundings (VES) were done with lateral lengths long enough to detect the crystalline basement. The VES interpretation, which was done by manual match of type curves and by using an automatic fitting digital code, yielded resistivity profiles which, whenever possible, were correlated to available lithological descriptions of wells in the area. The crystalline basement, which in some sections shows steps due to probable faults, has at depth an upper horizon of altered material able to store water. Similar hydrological characteristics would have the material along the fault planes. Miocene sediments (generally known as El Rojo and El Verde) as well Pliocene deposits (known as El Puelche) were recognized to the north of the studied area at depths and relative positions able to be correlated to lithological well profiles of Cacharí and Las Flores Cities. Pampeano and Postpampeano sediments, which make up the main aquifer in the region, were clearly identified.

### **INTRODUCCION**

La escasez de información sobre la profundidad de emplazamiento del basamento hidrológico y de las características de las unidades portadoras de agua en buena parte de la cuenca del arroyo Azul, a lo que se suma la imposibilidad de apelar a comprobaciones directas (perforaciones), llevó a decidir la ejecución de una campaña de sondeos eléctricos verticales (SEV) como una forma expeditiva de arribar a conclusiones aproximadas con respecto a las dimensiones y límites del sistema acuífero.

La zona de estudio se ubica en la vertiente norte de la Sierra de Azul (denominación local de las estribaciones NO de las Sierras Septentrionales), desde la localidad de Chillar hasta la de Cacharí, en el Partido de Azul, con una extensión de 130 km y una superficie aproximada de 3000 km<sup>2</sup> (Fig.1).

En su cabecera se distinguen cuerpos rocosos del Complejo Buenos Aires (Marchese y Di Paola, 1975) pertenecientes al Proterozoico inferior (Varela et al., 1988). Estas rocas metamórficas corresponden a metamorfismo de alto rango, ya que se observan en superficie gneisses de ojos, granitos gnéissicos, filonitas, milonitas y esquistos tanto talcosos como muscovíticos. En el sector de cuenca alta, estas rocas conforman

<sup>1</sup> Instituto de Hidrología de Llanuras (IHLLA), Intendente Giraut s/n, 7300 Azul, Provincia de Buenos Aires, TE y Fax: 0281-22903

el núcleo de las sierras. Las alturas medias de esta serranía varían entre los 20-80 m. El relieve es, en general, de lomadas suaves tapizadas en sus bordes por sedimentos cuaternarios. Hacia el N-NE, en dirección a la ciudad de Azul, estos afloramientos rocosos desaparecen, y las geoformas superficiales son endulaciones que en la parte media-baja conforman un paisaje típico de llanuras cubiertas por sedimentos del Epiparaniano de la subsección superior.

## **METODOLOGIA**

El trabajo está basado fundamentalmente en la ejecución e interpretación de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV). Consiste en la determinación puntual de un modelo que cuantifica las variaciones de la resistividad en el subsuelo que, bajo un pulso eléctrico artificial, permite las mediciones en superficie de la caída de potencial registradas. La disposición de electrodos corresponde al método de Schlumberger, con varillas de acero inoxidable como electrodos de emisión de corriente, y electrodos impolarizables (cupla electrolítica de  $\text{Cu}/\text{SO}_4\text{Cu}$ ) como integrantes del circuito de recepción de las caídas de potencial.

### **Tareas de campo**

Las tareas de campo se realizaron entre los meses de febrero y junio de 1993. En la parte superior de la cuenca los sondeos fueron del tipo "Cortos" (la apertura de alas no superó los 300 m de AO). Para la parte baja los sondeos fueron del tipo "Normales" con aperturas de alas de 800 m de AO (Calvetty Amboni y Rapaccini, 1990). La distribución de los SEV se hizo con el propósito de obtener la mayor información de los espesores sedimentarios y profundidad del basamento, y que puedan correlacionarse a través de perfiles.

### **Tareas de gabinete**

La interpretación de los SEV se realizó a través del método gráfico de superposición (Orellana y Mooney, 1966) y el método numérico propuesto por Zohdy (1975). El método gráfico se basa en la comparación de la curva de campo que se desea interpretar con las curvas teóricas. Este método no permite la definición de capas delgadas que posean escaso contraste, y se limita a modelos de seis capas. El método de Zohdy se basa en la similitud que presentan las funciones de Dar Zarrouk (CDZ) con la curva obtenida de resistividades aparentes (CRA). Su principal ventaja es que permite obtener un corte geoelectrico directamente a partir de la CRA sin necesidad de contar con un modelo inicial.

Para una mejor comprensión, las unidades geológicas de superficie y de subsuelo (inferidas a partir de las resistividades medidas) fueron agrupadas en secciones de acuerdo a su significado geohidrológico. La interpretación primaria, que a continuación se expone, puede visualizarse en la Fig.2, que representa un perfil longitudinal a lo largo de la traza A-A' de la Fig.1.

### **Sección basamento hidrogeológico precámbrico**

#### **En superficie:**

Aflora en la cuenca alta, y forma parte del Sistema de Tandilia. Los afloramientos, representados por rocas pertenecientes a metamorfismo regional de alto rango, corresponden al denominado Complejo Buenos Aires por Marchese y Di Paola (1975) y asignados por dataciones absolutas al Proterozoico inferior y medio.

#### **En el subsuelo:**

El basamento ha sido identificado en todos los SEV ya que los mismos fueron preparados para su detección (apertura de ala). Al igual que en superficie, las rocas en el subsuelo presentan ciertas variaciones en sus composiciones mineralógicas, grado de afección por acción tectónica y meteorización.

Si tomamos en consideración que las resistividades asignadas al basamento varían entre 60-3000  $\Omega\text{m}$ , se nota que en la parte alta de la cuenca existe una zonación vertical, con aumento de las resistividades con la profundidad. Ello permite establecer claramente que en el contacto entre los sedimentos saturados del Epiparaniano y el basamento precámbrico hay una franja de 8-15 metros de espesor y de 60-65  $\Omega\text{m}$ , que puede interpretarse como rocas del basamento alteradas por meteorización. Resistividades mayores (constantes en profundidad) indicarían rocas donde la única variable es la composición mineralógica, como se advierte en las inmediaciones de Chillar donde las rocas del basamento tienen valores de 106  $\Omega\text{m}$  que

pueden asignarse a los esquistos muscovíticos que afloran en el área. Hacia el norte, entre los SEV 46-41-42-36 y 35, las resistividades varían entre los 1500-3900  $\Omega$ m, que podrían adjudicarse a un núcleo gnésico inalterado.

Entre los SEV 4-5-6 y 7 en el perfil longitudinal se detecta un hundimiento constante del basamento de 8 m cada 100 m de distancia. Este hundimiento estaría producido por una falla directa, ya que sobre el plano de desplazamiento se advierte un material con resistividades que varían entre 36 y 64  $\Omega$ m y de espesor más o menos constante de 40 m. Este material puede interpretarse como rocas del basamento que han sufrido acción cataclástica y que podrían favorecer el flujo subterráneo de agua. Siguiendo hacia el norte se observa que el basamento presenta dos escalones similares al anterior, producto de hipotéticas fallas directas. Sobre los planos de desplazamiento se advierte el mismo material que fuera interpretado como roca fragmentada por acción del fallamiento.

En general, el basamento precámbrico a partir del núcleo gnésico evoluciona en dirección norte hacia una roca menos resistiva (131  $\Omega$ m) que podría interpretarse como rocas del más bajo rango del metamorfismo regional (pizarras, filitas), con cierto contenido de agua en sus planos de fisilidad.

#### **Sección Hipoparaniana (Frenguelli, 1950).**

Está representada por la Subsección Superior, denominada como "El Rojo" (Groeber, 1945) y por otros autores como "Mioceno Rojo", "Arcillas Rojas", etc., asignado por la mayor parte de ellos al Mioceno inferior (Camacho, 1967).

Este nivel sedimentario se halla depositado discordantemente sobre el basamento. Ha sido detectado en el sector norte en los SEV 51, 60 y 62, posee resistividades entre 9.5 y 10  $\Omega$ m y espesores promedio de 100 m, y se acuña en el subsuelo a la altura de la localidad de Shaw. De acuerdo a las resistividades podría corresponder a sedimentitas arenosas y limosas que, de resultar correcta la interpretación, poseerían un indudable comportamiento acuífero. Estos depósitos han sido documentados a mayores profundidades en dos perforaciones de exploración realizadas en la localidad de Las Flores (Dirección General de Geología y Minería, 1913), con su techo consignado a una profundidad de 300 mbbp, indicativo de otro/s escalonamiento/s producido/s por fallamiento.

#### **Sección Paraniense**

Según Hernández et al., 1975:486: "Se corresponde con los depósitos marinos denominados Paraniense (Frenguelli, 1950), El Verde (Groeber, 1945) o Mioceno Verde, asignados por la mayoría de los autores al Mioceno superior.

Estos depósitos marinos han sido detectados en la parte norte de la cuenca y, hacia el sur, llegan hasta el suburbio norte de la ciudad de Azul, donde se acuñan entre los sedimentos de la sección Epiparaniense y el basamento fracturado por cataclasis. Se dispone en general en forma discordante sobre El Rojo y traslapa sobre el basamento precámbrico. Estos sedimentos tienen resistividades entre 3 y 5.1  $\Omega$ m y espesor promedio en nuestra zona de estudio de 175 m, con una potencia máxima de 300 m inmediatamente al norte de la localidad de Parish. Las resistividades medidas son asignables a sedimentitas pelíticas (limolitas y arcilitas), que se correlacionan directamente con los sedimentos reconocidos en los pozos de Las Flores con un espesor de 210 m. Hidrogeológicamente se comportaría como acuitardo. Esta sección no ha sufrido mayormente deformación tectónica, ya que se correlaciona lateralmente con el nivel reconocido en Las Flores.

#### **Sección Epiparaniense**

Son depósitos pertenecientes a la parte superior del cuadro estratigráfico en facies continentales que van desde el Terciario tardío hasta el Reciente. En nuestra zona de estudio sólo han sido reconocidos los sedimentos del Pampeano y Postpampeano. Estos depósitos se asientan en discordancia tanto sobre el basamento Precámbrico en el sector sur de la cuenca como sobre el Paraniense en el norte. En general cubren toda la cuenca, excepto en los afloramientos rocosos de la cuenca alta. Se trata de sedimentos limolíticos arenosos y arcillosos pardo rojizos con lentes compactos de tosca en buena parte del perfil (sobre todo en su parte superior).

Las resistividades registradas oscilan entre 6.7 y 32  $\Omega$ m según sea el contenido de tosca (> resistividad, > contenido de tosca), con los mayores registros cercanos a la superficie. Por ello, el criterio utilizado para definir su base ha sido el valor de 6.7  $\Omega$ m. Los espesores son variables, desde unos pocos metros en la cuenca alta hasta 200 m en Parish, y constituye el acuífero explotado en toda la cuenca.

En dos pozos de exploración perforados en la localidad de Cacharí (SPAR, sin fecha), de 120 m de profundidad, se consigna la presencia de depósitos Cuaternarios (y nivel acuífero asociado) asignados al Plioceno. Las características litológicas descritas en sendos pozos indicaría la presencia de facies distales del Puelche, hecho que fuera mencionado por Hernández et al. (1975). La litología de estos depósitos es muy similar a la de los depósitos del Cuaternario, por lo que es difícil diferenciarlos en las descripciones litológicas. Más aún, no ofrecen contrastes ante el estímulo eléctrico. Teniendo en cuenta estas limitantes, en el SEV 60 (ubicado cerca de Parish), donde la base de los depósitos cuaternarios se estableció a una profundidad de 212 m, es posible que en el paquete se esté incluyendo al Puelche (documentado fehacientemente en el subsuelo de Cacharí, es decir sólo unos pocos kilómetros al norte).

## CONCLUSIONES

El basamento precámbrico, sin alteración meteórica y tectónica, constituye el basamento hidrogeológico de la cuenca. Tal unidad se hunde progresivamente hacia el norte, en algunos casos con escalonamientos que sugieren un fallamiento directo. Estas fallas podrían haber sido reactivadas durante el Mioceno produciendo, en general, la extensión de los depósitos terciarios presentes en la cuenca del Río Salado, y la deformación de los sedimentos del Hipoparaniano y Parariano de la cuenca del arroyo Azul.

Se deduce la existencia de los sedimentos de El Rojo y El Puelche conformando niveles acuíferos profundos que podrían comportarse como confinados. Los niveles arcillosos de El Verde podrían observar un comportamiento de acuitardo o acuícludo.

La carencia de mayor información y el carácter indirecto de las mediciones geoeléctricas llevan a sugerir la implementación de estudios hidrogeológicos integrales que permitan confirmar, ampliar o desechar el modelo geológico-estructural aquí planteado.

## BIBLIOGRAFIA

CALVETTY AMBONI, B. y A. RAPACCINI, 1990. Introducción a la Prospección Geoeléctrica Aplicada en Geohidrología. Páginas 1-50 en: Consejo Federal de Inversiones. 1990. Métodos Aplicados a Hidrología Subterránea: Prospección Geoeléctrica, Análisis Multivariado, Geoestadística. Segundas Jornadas de Actualización en Hidrología Subterránea, C.F.I., La Plata, 107 p.

CAMACHO, H., 1967. Las transgresiones del Cretácico Superior y Terciario de la Argentina. Rev. Asoc. Geol. Arg. XXII(4):253-280.

DIRECCION GENERAL de GEOLOGIA y MINERIA, 1913. Perfil de las perforaciones 1 y 2 en Las Flores, Provincia de Buenos Aires.

FRENGUELLI, J., 1950. Rasgos generales de la morfología y la geología de la Provincia de Buenos Aires.

LEMIT, Serie II, Nº 33.

GROEBER, P., 1945. Las aguas surgentes y semisurgentes del norte de la Provincia de Buenos Aires. Rev. La Ingeniería, XLIX(8):371-387.

HERNANDEZ, M.; M. FILI; M. AUGÉ y J. CECI, 1975. Geohidrología de los acuíferos profundos de la Provincia de Buenos Aires. Actas del VI Congreso Geológico Argentino, Tomo II: 479-500.

MARCHESE, H. y E. DI PAOLA, 1975. Reinterpretación estratigráfica de la Perforación Punta Mogotes Nº 1, Provincia de Buenos Aires, República Argentina. Rev. Asoc. Geol. Arg. XXX(1):44-52.

ORELLANA, E. y H. MOONEY, 1966. Tablas y curvas patrón para sondeos eléctricos verticales sobre terrenos estratificados. Ed. Interciencia, Madrid.

SPAR. Sin fecha. Perforaciones de estudio N° 1 y 3 en Cacharí, Partido de Azul.

VARELA, R.; C. CINGOLANI y L. DALLA SALDA, 1988. Geocronología Rubidio-Estroncio en granitoides del basamento de Tandil, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Actas de las 2das. Jornadas Geológicas Bonaerenses (Bahía Blanca), pp. 291-301.

ZHODY, A., 1975. Automatic interpretation of Schlumberger sounding curves using modified Dar Zarrouk functions. U.S. Geological Survey Bulletin 1313-E.

Figura 1.- Ubicación del área de estudio y de los SEV

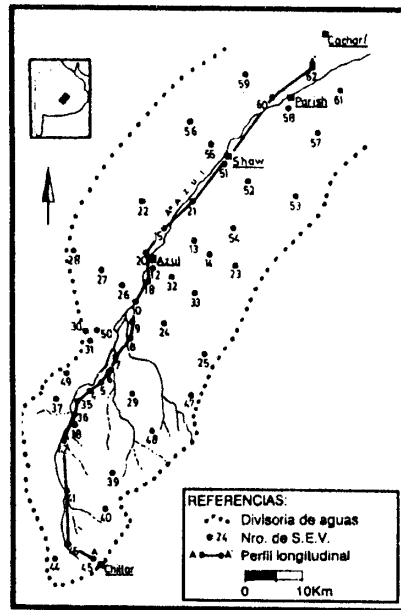


Figura 2.- Perfil longitudinal según traza A-A de la Figura 1.

