

Análisis hidroestratigráfico y arquitectura de acuíferos de la Subregión Hidrogeológica Periserrana de Tandilia

Sergio Amato¹ y Adrián Silva Busso²

¹ CIC Prov. de Bs. As. Instituto Nacional del Agua, Aut. Ezeiza-Cañuelas -Tramo Jorge Newbery Km 1.620. Ezeiza (1802) Buenos Aires, Argentina.

² Instituto Nacional del Agua, (INA-DSH) Aut. Ezeiza-Cañuelas -Tramo Jorge Newbery Km 1.620. Ezeiza (1802) Buenos Aires, Argentina.

Mail de contacto: pntsas@ina.gov.ar

RESUMEN

El área de estudio comprende las zonas ubicadas al pie y en las cercanías de las Sierras Septentrionales de Buenos Aires o de Tandilia. De acuerdo con diversos autores se han diferenciado dos grandes unidades hidroestratigráficas: a) Basamento cristalino y sedimentitas antiguas b) Cubierta detrítica con sedimentos modernos. Es esta última unidad que por sus particularidades, se diferencia en cuatro subunidades: Acuífero Fisurado de Tandilia, Complejo Acuífero de Tandilia, Acuífero Pampeano y Acuífero Post-Pampeano. El Complejo Acuífero de Tandilia se desarrolla en los depósitos basales de la cubierta sedimentaria moderna conjuntamente con el acuífero fisurado. Los espesores del complejo acuífero oscilan entre 4m y 8m de sedimentos gruesos, siendo frecuentes en el ambiente periserrano. Los acuíferos contenidos en estos depósitos, resultaron agrupados según sus arreglos, en de diversas arquitecturas que limitan y caracterizan a estos acuíferos. Este estudio propone los modelos de arquitectura estratigráficos para cada caso.

Palabras clave: Hidroestratigrafía, Tandilia, periserrana.

ABSTRACT

The study area is located in the piedmont zones next to the Buenos Aires Septentrional Hills or Tandilia Hills. Several authors have defined two great hydrostratigraphy units a) Crystalline Basement and ancient sediments d) Detritical covering with actual sediments. The letter unit is differentiated in four subunits on the base of the particular characteristics: The Tandilia fissured aquifer, the Tandilia Complex Aquifer, Pampeano Aquifer and Post-pampeano Aquifer. The Tandilia Complex Aquifer is development in the basal deposits into the holocene sedimentary covering and joins with the Tandilia fissured aquifer. The thickness of the complex aquifer is between 4m to 8m of psephitic sediments, and it is often in Tandilia piedmont areas. The aquifers contained in these deposits are grouped in several forms of architectural stratigraphy types that border and characterize these aquifers. This paper proposes the models of architectural stratigraphy in each case.

Keywords: Hydrostratigraphy, Tandilia, piedmont.

Introducción y Área de Estudio

Definimos a esta región como la comprendida por el área serrana y aquellas ubicadas al pie y en las cercanías de las Sierras Septentrionales de la Provincia de Buenos Aires, alineadas en sentido NO-SE con una longitud superior a los 300 km y un ancho máximo de 70 km. en su sector central, extendiéndose en los partidos de Gral. Pueyrredón, Balcarce, Lobería, Tandil, Azul y Olavarría, en un área aproximada de 10.000 km (Fig 1). La fisiografía del cordón de serranías no es continua, sino que sus elevaciones están separadas por valles y abras o por la llanura ondulada. Localmente sus elevaciones, que escasamente superan los 500 m.s.n.m., se designan en general con el

nombre de la ciudad o partido más próximos. Para establecer los límites geográficos de esta región, desde un punto de vista hidrogeológico, se han tenido en cuenta tres criterios de fácil observación La morfología de la superficie de la región, caracterizada por lomadas suaves de escasa altura, elongadas a subredondeadas que pasan en transición al ambiente de llanura, y con pendientes regionales que varían entre 0,3% y 2%. Se verifica la ausencia en subsuelo de sedimentos marinos de edad miocena, asimilables a la Formación Paraná o anteriores como parte de la cubierta sedimentaria moderna. El control hidrogeológico que ejerce el basamento

cristalino y su cubierta sedimentaria antigua, aflorante o a pocos metros de la superficie.

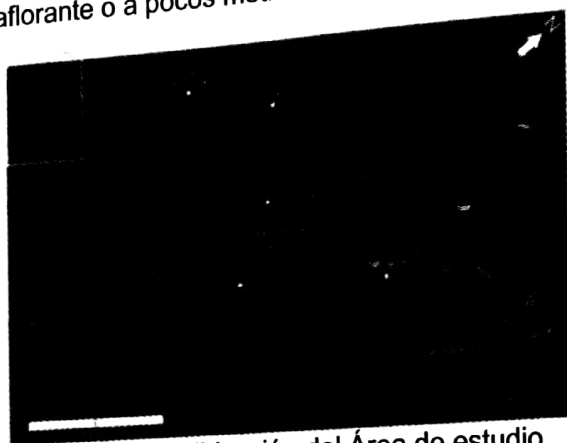


Fig 1. Mapa Ubicación del Área de estudio

El objetivo es realizar una caracterización hidroestratigráfica e hidrogeológica de las subunidades. Esto se realiza sobre la base de información obtenida a partir de antecedentes bibliográficos, estudios geoelectrónicos, datos de perforaciones y estudios realizados por los propios autores. Esto ha permitido definir modelos hidroestratigráficos característicos de diversas zonas en la región. De acuerdo con otros autores se han diferenciado dos grandes unidades geológicas: a) El Basamento Impermeable o Semi-Permeable incluye rocas del basamento cristalino y ortocuarcitas b) La Cubierta Detrítica de Tandilia con sedimentos modernos que conforman una cubierta rocosa sin consolidar de espesor variable y delimitada extensión regional. Todo ellos de diferente importancia hidrogeológica a la luz de los resultados obtenidos.

Metodología

Se hace referencia bajo la denominación de Arquitectura Tipo a la configuración o arreglos sedimentarios que pueden presentar los acuíferos de la zona en estudio. Una clasificación de acuíferos mediante el uso de Arquitecturas Sedimentarias Tipo fue elaborada por Amato (1998) para acuíferos regionales de Buenos Aires. Considerando el arreglo de arquitecturas hidroestratigráficas propuesto se ha realizado una caracterización hidrogeológica tomando localidades tipo que permitan correlacionar esta arquitectura mencionada con la hidráulica e hidroquímica particular de cada localidad. Para ello se recurrió a la reinterpretación de un conjunto de estudios previos (Fernández, 1984; Elichiry, 2002; Santa Cruz et al., 2004; DSH-INA, 2002) e información inédita que permiten caracterizar hidrogeológicamente cada arquitectura tipo y

realizar estimaciones comparativas entre las mismas.

Antecedentes de la Zona de Estudio

Geología

Tanto en los antecedentes señalados como en los estudios de exploración acuífera del Instituto Nacional del Agua, se han reconocido, dos unidades geológicas bien diferenciables:

Basamento Semi-Permeable

Incluye rocas del basamento cristalino y ortocuarcitas. Las primeras constituyen el complejo ígneo-metamórfico de edad precámbrica (Teruggi et al., 1958; Teruggi y Kilmurray, 1979) primariamente acuífugo y las segundas de color blanquecino son antiguas sedimentitas paleozoicas inferiores (Holmberg, 1972; Rapela et al., 1974; Dalla Salda e Iñiguez, 1979), en ambos casos con marcada estratificación, exfoliación, diaclasamiento, y fallamiento, con porosidad secundaria aún no cuantificada y que da origen a acuíferos fisurados, los que son explotados a veces en forma asociada a aquellos presentes en los depósitos sedimentarios suprayacentes. Otra característica muy citada, es que en varios sectores el basamento cristalino presenta meteorización in situ, transformándolo en una roca de buena permeabilidad, dando origen a un "material clástico in situ" tipo arena gruesa con espesores superiores a los 3 m como los que se observan en canteras de Olavarría (Kruse, 1983), y que en el presente trabajo hemos incluido como parte de una segunda unidad que hemos denominado Sedimentos Periserranos de Tandilia.

Sedimentos Periserranos de Tandilia

Con esta denominación se reconocen a los sedimentos modernos que conforman una cubierta rocosa sin consolidar, de espesor y arreglos variables y moderada extensión. Estos depósitos han sido identificados en varios sectores y desde un punto de vista paleoambiental constituyen detritos de falda, depósitos aluviales y fluviales entrelazados y facies asociadas. Corresponden al derrubio generalmente no aflorante que rodea a las sierras y conforman la base de la cubierta sedimentaria moderna, siendo frecuente que sean atravesados en aquellas perforaciones que alcanzan el techo del basamento, por encontrarse inmediatamente por encima de este. Sus espesores y textura pueden variar, incluso en decenas de metros debido a la irregularidad de la superficie del basamento.

Estos depósitos se relacionan con condiciones de ascenso serrano ocurrido en el Terciario y con cambios relativos del nivel del mar. Luego los mismos quedaron sepultados por los Sedimentos Pampeanos y Postpampeanos que suavizaron el paisaje. Dichos depósitos detríticos conforman el esqueleto sedimentario de un complejo acuífero, cuyas variaciones en sus arreglos describiremos al tratar las arquitecturas tipo que hemos definido.

Sedimentos Pampeanos

La unidad anterior esta cubierta, o se relaciona lateralmente con los Sedimentos Pampeanos, de edad cuartaria (Fidalgo et al, 1975), observables en cortes naturales del terreno, producidos por erosión y representados comúnmente por fracciones limosas, arcillosas y arenosas muy finas, con presencia de carbonato de calcio. La frecuente presencia de material calcáreo, con espesores que pueden superar el metro, y con fisuración, imprimen al sedimento una permeabilidad secundaria de importancia. El carácter permeable de esta unidad, reconocido como Acuífero Pampeano, queda evidenciado también por el movimiento y la baja salinidad del agua que posee y se lo considera medianamente acuífero con niveles acuitardos.

Sedimentos Post-Pampeanos

Constituyen la tercera unidad hidro-litológica diferenciada y están constituidos por sedimentos de origen eólico asimilables a la Formación Junín y conocidos como sedimentos del "Medano Invasor" (Tapia, 1937) de probable edad holocena, que han cubierto a los sedimentos pampeanos y se corresponden con el relieve de lomadas. Son sedimentos con selección granulométrica arenosos finos y limosos, pardo amarillentos, crecientes hacia los faldeos serranos, superando en algunos casos los 20 m de espesor. Son un elemento fundamental en el proceso de infiltración rápida del agua precipitada, por ejemplo, en la vertiente sur de las Sierras Septentrionales de Buenos Aires y según Marchetti (1968) el volumen escurrido fluvialmente por el río Quequén Grande, en un período de 5 años representa solo el 5 % de la precipitación, lo que evidencia el escaso escurrimiento superficial que se produce, en favor del proceso de infiltración. Las características litológicas de esta unidad, sumado a ubicarse la región en áreas de recarga de las cuencas involucradas, da como resultado una baja salinidad del agua para el denominado Acuífero Post-Pampeano.

Hidrogeología

El estudio de Hernández et al. (1975) incluye a esta región en el "Ambiente Hidrogeológico Central" de la provincia de Buenos Aires y lo caracterizan por la ausencia de las secciones acuíferas Hipoparaniana y Paranaiana, desarrollándose en sus ausencias el basamento hidrogeológico de las Sierras Septentrionales. Sala et al. (1981) distinguen para la cuenca de Tandil características hidrolíticas diferentes entre una unidad acuífuga con porosidad secundaria; correspondiente al "basamento cristalino", aflorante en el ámbito serrano y otra permeable porosa y clástica que la recubre, de acuerdo a la información de la época, no sobrepasarían los 110 m de espesor. En la cuenca del arroyo Azul, Sala et al (1987) describen para el ambiente serrano a "rocas globalmente acuífugas" del basamento cristalino y la cubierta sedimentaria paleozoica, sobre las cuales apuntan que: "la meteorización a alcanzado a transformar la roca en una arena gruesa de buena permeabilidad, con espesores superiores a los 3 m". Estos autores señalan también la existencia de un "complejo de rocas acuíferas" compuestas por las unidades Pampeano y Postpampeano y señalan para el área de Azul la intercalación de "un nivel de mayor granulometría (hasta gravas) ubicado entre los 40 m y 50 m de profundidad". Kruse (1987) en el área de la laguna La Brava establece para el subsuelo un "basamento impermeable" y un "complejo clástico permeable" para el cual señala un conglomerado basal de poco espesor, una sucesión arenosa, limosa arcillosa con elementos calcáreos y finalizando la secuencia depósitos eólicos. Varela (1989) define dos unidades hidrogeológicas: rocas del basamento cristalino y rocas sedimentarias paleozoicas con permeabilidad secundaria y sedimentos con permeabilidad primaria. Kruse et al. (1993) en el área del arroyo Tapalqué también reconocen dos grandes unidades: una roca de base y una cubierta sedimentaria cenozoica, quienes señalan para esta cubierta moderna un espesor de 10 m, en las áreas vecinas a los afloramientos de roca dura, y entre 25 y 80 m hacia Olavarría, estos sedimentos para estos autores representan a un conjunto regionalmente homogéneo con anisotropías locales. Auge (1994) para el área de Olavarría reconoce "rocas y sedimentos" a las cuales divide en: "roca aflorante" aquella que está cubierta por un delgado espesor de sedimentos (>10 m), "Sedimentos Pampeanos"

que cubrirían al basamento cristalino, en los cuales se desarrollaría según el mismo autor: "un acuífero multiunitario regional" a excepción de las zonas de roca aflorante y roca poco profunda y por último: "Sedimentos Postpampeanos" que sobreyacen al Pampeano y tendrían origen eólico, fluvial, lacustre y de derrubio de falda. Para el sector de la alta cuenca del arroyo Azul Usunoff y Varni (1995) establecen también que en el contacto entre los sedimentos del Epiparaniano y el basamento precámbrico debería haber una franja de 8-15 metros de espesor y entre 60 y 65 metros de profundidad, que puede interpretarse como rocas del basamento alteradas por meteorización, sobre las cuales se asientan en discordancia sedimentos del Pampeano y del Postpampeano.

La litología descripta permite señalar una Sección Acuífera de gran potencialidad con Transmisividad entre 200 y 800 m²/día y coeficiente de almacenamiento de 10⁻⁴, así como caudales específicos superiores a 20 m³/h.m. En Chillar, según datos del SPAR (1970) una perforación que alcanzó el basamento a 44 m de profundidad, presenta una transmisividad de 20 m²/día. Caudales característicos obtenidos en la región para este acuífero, en las perforaciones La Brava N°1 y N°2 (INGM, 1958), en el partido de Balcarce alcanzan a 1,2 m³/h. m. con un espesor que supera los 100 m. Caudales característicos entre 20 y 60 m³/día m son comunes para el complejo acuífero lo que indica una permeabilidad intermedia para estos depósitos gruesos. Las características litológicas de estos cuerpos indican una permeabilidad buena para los depósitos gruesos, Bocanegra (1979) establece en el acuífero de la ciudad de Azul, una transmisividad promedio de 700-800 m²/día y un coeficiente de almacenamiento de 10⁻⁴. En las perforaciones de la ciudad de Azul se obtienen valores de transmisividades que varían entre 270 m²/día y 768 m²/día para toda la columna detrítica. Por su parte Sala et.al., (1987) indica que de acuerdo a las características hidrogeológicas regionales y al funcionamiento geohidrológico, las transmisividades regionales podrían ser superiores a las establecidas por ensayos de bombeo en Azul. Para los Sedimentos Pampeanos con presencia de carbonato de calcio continuos o discontinuos, poseen permeabilidad intermedia a baja, se han obtenido valores del orden de 5 a 10 m/d (Sala, 1975). Ensayos de bombeo en rocas no aflorantes permitieron estimar trasmisivilidades de 300 m²/día (Sala et al., 1981), con un

comportamiento medianamente acuífero a acuífero. Según Auge y Strelczenia (1990) en Azul los Sedimentos Pampeanos, entendidos en su conjunto, brindan como explotación media individual 45 m³/h. Transmisividad media obtenida de cuatro ensayos de bombeo para toda la Sección Acuífera en Olavarria incluida en Sedimentos Pampeanos por Auge (1994) indican valores de 500 m²/día. García et.al. (1970) cita pozos que captan agua de rocas calcáreas en Sierras Bayas con rendimientos entre 0,7 a 2,2 m³/h.m y caudales entre 4 a 18 m³/h. En el partido de Olavarria, posee espesores de cubierta sedimentaria escasa, con caudales de extracción de agua que difícilmente superen los 60 m³/h. La perforación N°1 (INGM, 1958). registra una profundidad del basamento de 19,58 m. luego de atravesar 4,10 m de gravas y arenas finas del complejo acuífero, en Hinojo la cubierta sedimentaria moderna no supera los 30 m y los caudales de explotación alcanzan los 80 m³/h. Hacia Bolívar las perforaciones pueden alcanzar los 100 m sin encontrar "roca dura", con valores de hasta 200 m³/h. Profundidades de hasta 90 m de cubierta sedimentaria e individualización de 3 niveles acuíferos interconectados se han reconocido en el valle del Tapalqué. En Azul y Tandil, la cubierta sedimentaria acuífera presenta distinta condición hacia uno u otro lado del rumbo de las sierras, desde Tandil hacia Azul, la cubierta sedimentaria es escasa, lo cual coincide con el área de los bloques elevados, situación que se registra en Azucena, donde las perforaciones N°1 y N°2 (INGM, 1958) alcanzan al basamento cristalino a una escasa profundidad de 7,35 m y 4 m respectivamente. En el Norte del partido de Tandil el basamento se profundiza, con mejores espesores de los acuíferos, a cortas distancias de la sierra. Igual se da en Azul, con depósitos aluviales superiores a los 60 m, con mayor transmisivilidad y caudales de 120 m³/h. Hacia Gral. Pueyrredón, norte de Lobería y Necochea existen escasos espesores de cubierta sedimentaria, pero de buena permeabilidad. En Balcarce puede superar los 80 m. En el este de Juárez hay espesores de 100 m con caudales característicos de 0,6 y 3 m³/h.m.

Resultados y Discusión

Las Arquitecturas y Tipo de Acuíferos

Sobre rocas duras del basamento cristalino, espesores entre 4 y 12 m de sedimentos psamíticos y hasta psefíticos en el subsuelo son comunes en el ambiente pedemontano.

Los detritos están formados por; gravas, material sabulítico y arenas gruesas a finas, valores Phi de Media obtenidos para la fracción gruesa entre (-2) y (1) y una Selección entre (1,4) y (0,1) e intercalando algunos depósitos limo-arcillosos o arcillosos de escasa extensión lateral pero que pueden alcanzar varios metros de espesor. Los depósitos gruesos pueden registrar dos comportamientos disímiles, que se describen a continuación (ver Fig.2).

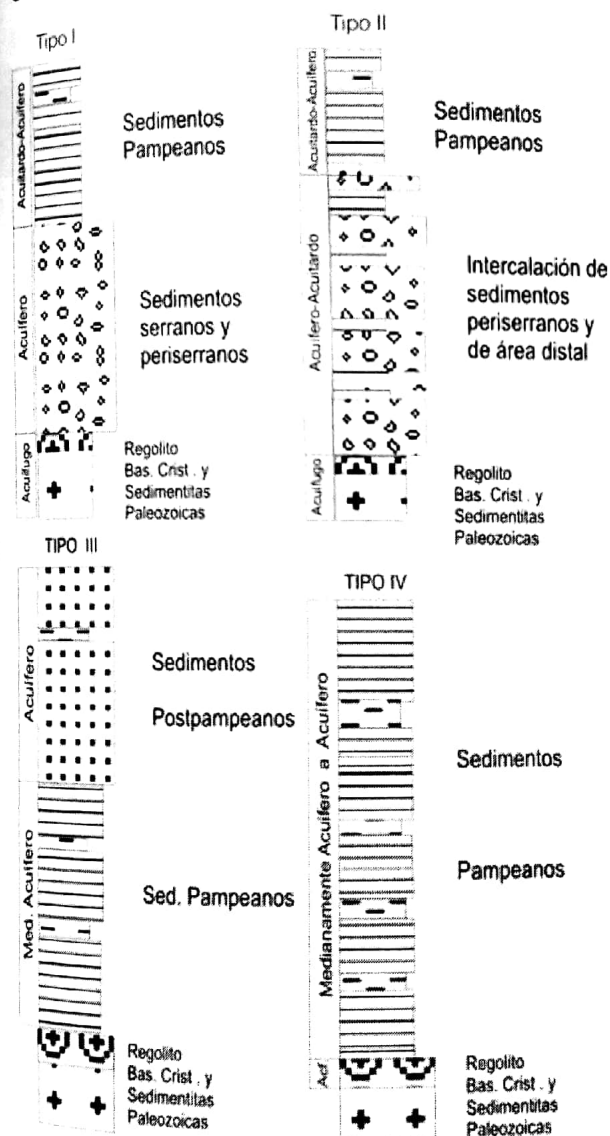


Fig. 2. Arquitecturas Tipo de la Sección Epiparaneana. Zona Periserrana de Tandilla.

Arquitectura Tipo I o Acuífero de Arquitectura Gravosa Unitaria

Conformado por el depósito de un solo ciclo sedimentario o por varios superpuestos producto de la recurrencia continua de los procesos generadores, caracterizados por la existencia de una litología predominante aunque pueden contener intercalaciones

acuitardas de escaso espesor separando cada uno de los ciclos sedimentarios superpuestos. Sus límites superior e inferior con otras secciones hidrogeológicas pueden ser transicionales, netos o erosivos y se identifican por el cambio litológico que presentan. Son depósitos de sedimentos aluviales, de cursos fluviales tipo entrelazados. Depósitos de corrientes encauzadas limitadas a barras y rellenos de canal principal o secundario. Poseen tendencia granulométrica granodecreciente, poco marcada o nula. La litología es la de gravas finas, clasto-sostén, hasta arena mediana, con escasa matriz limosa-arcillosa. Los espesores se señalan entre 3 y 6 m y hasta 30 m. El área involucrada por estos acuíferos es de centenares de m y hasta algunos km en dirección de su eje máximo de desarrollo y pueden sufrir cambios hacia facies más finas en cortas distancias. Se hallan depositados sobre paleorelieves negativos; en el techo el contacto con sedimentos limo-arenosos del Pampeano, es de carácter neto careciendo de secciones pelíticas arcillosas que pudieran comportarse como niveles confinantes de estos acuíferos gravo-arenosos. El pasaje es notorio y grandes espesores de material clástico grueso, sin interdigitaciones se han podido cuantificar debajo de sedimentos finos asimilables a los Sedimentos Pampeanos. En Tandil es frecuente registrar entre 10 m y 20 m de gravas y arenas variadas antes de alcanzar al basamento hidrogeológico, espesores entre 4 y 8 m son comunes en el ambiente periserrano cercano.

Arquitectura Tipo II o Acuífero de Arquitectura Gravosa Intercalada

En estos casos, el depósito detrítico moderno presenta secuencias gruesas que se manifiestan en pulsos discontinuos que se interdigitan con material fino de granulometría pelítica o arenosa muy fina, pudiendo ser luego sepultados por los Sedimentos Pampeanos. Los acuíferos de arquitectura Tipo II se hayan conformado por varios depósitos sedimentarios con características semejantes, pero separados entre sí y pertenecientes a eventos sedimentarios que poseen cierta ciclicidad, dando una interestratificación de los mismos con depósitos de otro origen o de un sub-ambiente diferente al del acuífero. Sus contactos son netos o erosivos con un comportamiento hidrogeológico diferente al del acuífero intercalado. En otros casos ambas secciones que se alternan tienen con algunas diferencias, comportamiento de capa acuífera.

Los espesores pueden ser muy variables, entre 3 y 10 m al igual que su alcance areal. Son sedimentos aluviales de cursos entrelazados gravosos-arenosos depositados en pulsos discontinuos, intercalados con sedimentos con retrabajo fluvial-lagunar muy finos, lo que produce la alternancia de capas acuíferas con distinto comportamiento hidráulico. En perforaciones realizadas por la DSH-INA (2002) en Azul, se han registrado los mayores espesores de esta primera subunidad y ubicado el basamento entre 120 m y 140 m de profundidad, desarrollándose por encima del mismo, más de 60 metros de secuencias cíclicas granodecipientes que comienzan con niveles sabulíticos y arenosos gruesos y que culminan en limo-arcilla de escaso espesor. Tanto los acuíferos de Arquitectura Tipo I o como los de Tipo II, se encuentran sobre basamento de rocas duras y en contacto directo sobre una capa ocasionalmente muy meteorizada o fisurada, con diaclasamiento de dirección E-SE/O-NO (Villar Fabre, 1957), con desarrollo de acuíferos por porosidad secundaria, incluidos dentro de las particularidades de Tandilia. En el techo el contacto se produce con los Sedimentos Pampeanos también de posibles características acuíferas, sin mediar entre ambas unidades espesores importantes de material pelítico fino que puedan tener participación decisiva en el confinamiento de la capa o capas acuíferas infrayacentes. Los acuíferos suprayacentes contenidos en los Sedimentos Pampeanos y Postpampeanos presentan arquitecturas diferentes a las de la porción detrítica inferior, siendo clasificados en la arquitectura tipo III y IV.

Arquitecturas Tipo III o Acuífero de Arquitectura Arenosa Unitaria

Acuíferos desarrollados en sedimentos de origen eólico con desarrollo de dunas o de formas mantiformes, que pueden presentar en algunos casos retrabajo fluvial. Se trata de arenas finas a muy finas de buena selección, que pueden intercalar escasos espesores limosos-arcillosos poco continuos de áreas de interdunas. Su extensión puede alcanzar cientos de m. Sus depósitos mas importantes y mejor preservados se encuentran sobre paleorelieves del basamento de tipo positivo y lomadas de escasa pendiente con recarga directa. Sus espesores pueden variar desde escasos metros a más de diez. Conocido como Médano Invasor o Formación Junín, poseen contacto basal con los Sedimentos Pampeanos o con secciones alteradas de la roca dura. Por

su parte los paleorelieves del basamento con formas positivas han sido ambientes propicios para la meteorización in situ de la roca dura, habiéndose descrito hasta 4 m de rocas meteorizadas por debajo de estas secciones arenosas. Aunque esta arquitectura puede ser definida sobre la base de la información geológica existente, no se posee una localización hidrogeológica tipo aunque se las considera a priori diferenciadas de las demás mencionadas.

Arquitecturas Tipo IV o Acuífero de Arquitectura Limosa Intercalada

Incluidos en sedimentos eólicos de tipo loess, limos lessoides y limosos-arenosos muy finos con retrabajo fluvial o lagunar, de arreglos internos macizos y rasgos pedogénicos y calcretes. Conforman los Sedimentos Pampeanos o Grupo Pampa. Poseen gran extensión y superan los límites del área periserrana. Generalmente de tipo intercalado, alternan con depósitos más finos limosos-arcillosos que presentan un comportamiento acuitado o acuícludo. Se han descrito capas limo-arenosas muy finas con espesores de 3 m a 8 m intercaladas con lentes arcillo-limosas de espesores menores, antes de pasar hacia abajo a depósitos con desarrollo de acuíferos de arquitectura Tipo II o Tipo I, para luego alcanzar el basamento hidrolítico.

Finalmente las Figs. 3 y 4 representan respectivamente un diagrama 3D y un perfil 2D conceptual e idealizado que permite observar la ubicación relativa propuesta, para la zona pedemontana de Tandilla, de las arquitecturas tipo y su relación con los acuíferos regionales.

En el diagrama 3D (Fig. 3) se esquematiza la distribución espacial de las unidades y las arquitecturas propuestas y el perfil 2D (Fig. 4) es un detalle de la sección frontal de dicho diagrama propuesto para las zonas más proximales al piedemonte serrano.

Conclusiones

No se identifican en el área serrana y periserrana de Tandilia acuíferos de extensión regional con claro grado de confinamiento, por lo que se asume para toda la pila sedimentaria moderna hasta el basamento no alterado, la existencia de un sistema acuífero que hemos denominado Sistema Acuífero de Tandilia.

Si bien puede dividirse el Sistema Acuífero de Tandilia en las cuatro subunidades hidrogeológicas citadas; el denominado en este trabajo Complejo Acuífero de Tandilia ubicado en la base de la secuencia, con sedimentos gruesos, aluviales y del derrubio de falda, en oportunidades asociado a rocas meteorizadas

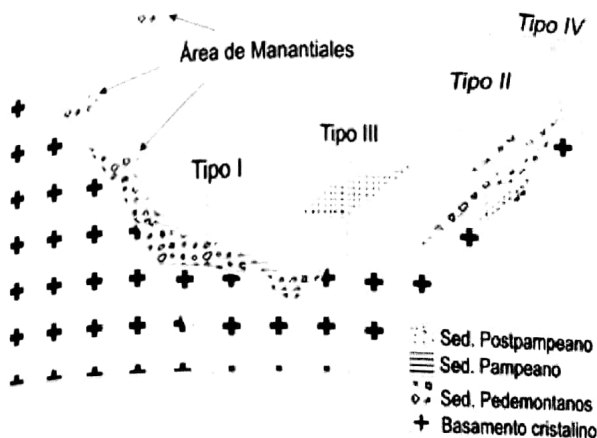


Fig. 3. Ubicación propuesta para las diferentes arquitecturas tipo y acuíferos involucrados.

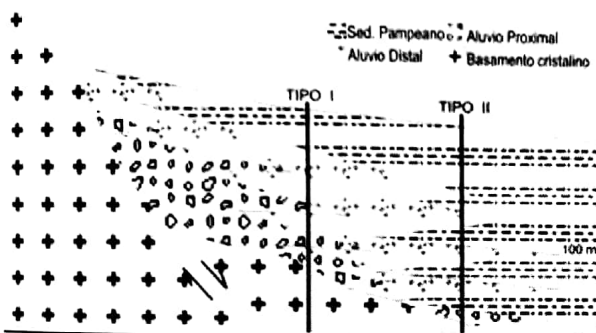


Fig. 4. Perfil conceptual arquitecturas tipo I y II en la zona más proximal y acuífero involucrados

del basamento hidrogeológico o a rocas fisuradas, lo convierten en una subunidad particular dentro de la Sección Epiparanaense de la provincia de Buenos Aires.

Los perfiles geológicos que involucran al Complejo Acuífero pueden registrar dos comportamientos disímiles según el arreglo sedimentario que los contiene: ellos son de Arquitectura Tipo I o Acuíferos de Arquitectura Gravosa Unitaria o de Arquitectura Tipo II o Acuíferos de Arquitectura Gravosa Intercalada.

Dichas sub-unidades acuíferas que conforman el Complejo Acuífero mencionado presentan desarrollo areal circunscrito y espesores de muy alta variabilidad lateral, con notable anisotropía del medio físico y poroso, pero con valores altos de Transmisividad y Almacenamiento.

Referencias

Amato, S. D. 1998. Clasificación de acuíferos mediante el uso de arquitecturas sedimentarias tipo en la provincia de Buenos Aires. República

Argentina. 4^a Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea. Montevideo. Uruguay. Volumen 2 PP 1174-1184

Auge, M. P. y Strelczenia V. B., 1990. Características hidrogeológicas del Azul, Provincia de Buenos Aires, República Argentina. *Anais 6º Congreso Brasileiro de Aguas Subterráneas*, Porto Alegre: 72-81.

Bocanegra, E. 1979. Estudio hidrogeológico del acuífero en explotación en la ciudad de Azul *Informe Interno OSN*. Gerencia Regional Pampeana. Buenos Aires, Argentina

Dalla Salda, L y Iñiguez M. 1979. La Tinta Precámbrico y Paleozoico de la Provincia de Buenos Aires. *VII Congreso Geológico Argentino*, Neuquén, Actas III: 539-550.

DSH-INA, 2002. Optimización de la provisión de Agua a la Ciudad de Azul Provincia de Buenos Aires. *Informe Técnico*. Dirección de Servicios Hidrológicos, Instituto Nacional del Agua, Buenos Aires, Argentina.

Elichiry P., 2002. Evaluación de la sustentabilidad del Riego Complementario con la Aplicación de Modelos Numéricos de Flujo y Transporte en la Región Periserrana de Tandilia, *Informe Final de Beca, Instituto Nacional del Agua*, Buenos Aires, Argentina.

Fernández, A y Frigerio G. 1984. Ensayos de Acuíferos en la Universidad Nacional del Centro de Buenos Aires. *Informe AHS N°65*, INCyTH, Buenos Aires, Argentina.

Fidalgo, F, De Francesco F. y Colado U. 1975. Geología Superficial de la Llanura Bonaerense. *VI Congreso Geológico Argentino. Relatorio de Geología de la Prov. de Buenos Aires*. 103-138.

García, J y de García O. M. E. 1970. Descripción Hidrogeológica de la Zona Olavarría - 16 de Julio, Prov. de Bs. As. *D.N.G. y M. Boletín N° 121*. Ministerio de Obras Públicas (MOP) de la Provincia de Buenos Aires, Ministerio de Asuntos Agrarios (M. A. A.) de la Provincia de Buenos Aires.

Hernández, M. A., Filí M. F., Auge M. P. y Ceci J. H. 1975. Geohidrología de los Acuíferos Profundos de la Provincia de Buenos Aires. *VI Congreso Geológico Argentino*. pp 479-500.

Holmberg, E. 1972. "Tandilia". En: *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias. P. P. 365-395. Córdoba.

Instituto Nacional de Geología y Minería (INGM), 1958. *Perfiles de Perforaciones, Periodo 1904-1915*. Ministerio de Economía de la Nación, Secretaría de Industria y Minería, Subsecretaría de Minería. Instituto Nacional de Geología y Minería. Publicación 146.

- Marchetti, A. 1968. Estudio Hidrológico de la Zona Sur de la Prov. de Bs. As. I. N. G. M. Carp. 578. *Informe Inédito*. Bs. As.
- Kruse, E. 1987. El agua subterránea en el régimen hidrológico de la laguna La Brava *Informe 0. Programa Prioritario de Asesoramiento a Municipalidades*. Comisión de Investigaciones Científicas. CIC Provincia de Buenos Aires
- Kruse, E., Rojo A. y Varela L., 1993. Características Hidroquímicas Subterráneas de la Cuenca del Arroyo Tapalqué (Buenos Aires). *Actas del XII Congreso Geológico Argentino, II Congreso de Exploración de Hidrocarburos*. Tomo VI. (208-215).
- Rapela, C. W., Dalla Salda L. y Cingolani C. A. 1974. Un intrusivo básico ordovícico de la Formación La Tinta. Sierra de Barrientos, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Asoc. Geol. Arg.* T 29 (3): 319-331. Buenos Aires, Argentina
- Sala, J. M. 1975. Recursos Hídricos, especial mención de las aguas subterráneas. *Relatorio Geología de la Pica. de Buenos Aires. IV Congreso Geológico Arg.* pp. 169 - 193 Bs. As.
- Sala, J. M., Rojo A., Martín E., Ulibarrena J. 1981. Investigaciones Geohidrológicas de la Cuenca de Tandil y su zona de Influencia *Cátedra de Hidrogeología. Fac. Cs. Naturales. U.N.L.P. Informe*. Tomo I 1-16.
- Sala, J. M., Kruse E. y Aguglino R. 1987. Investigación Hidrológica de la Cuenca del Arroyo Azul, Prov. de Bs. As. *Informe 37 C.I.C. Prov. de Bs. As.*
- Santa Cruz, J. N. y Silva Busso A. 1999. Escenario hidrogeológico General de los Principales Acuíferos de la Llanura Pampeana y Mesopotamia Septentrional Argentina. *II Congreso Argentino de Hidrogeología y IV Seminario Hispano Argentino sobre Temas Actuales en Hidrología Subterránea*, Actas Tomo I, pag 461-473, Tucumán, Argentina.
- Santa Cruz, J. N.; Silva Busso, A.; Suero E. 2004. Hoja Hidrogeológica N°14 Río Quequén. Sustentabilidad del Riego Complementario en el Sudeste de la Prov. de Buenos Aires. *Proyecto BID 1201 OC/AR PICT 08-4675. Informe final. SECyT - INTA e INA*, Buenos Aires en CD.
- Tapia A. 1937. Las cavernas de Ojo de Agua y las Hachas D. N. M. y G. *Boletín* 43. Bs. As.
- Teruggi M., Mauriño E., Limousin V. E., Schauer T, 1958. Geología de la Sierra de Tandil. *Rev. Geol. Arg.* Tomo XIII, N° 3., Buenos Aires, Argentina
- Teruggi, M. E. y Kilmurray J. O. 1979. Tandilia. *Segundo Simposio de Geología Regional Argentina*. Volumen II (55 - 77). Academia Nacional de Ciencias. Córdoba. Rep. Arg.
- Varela, L. 1989. Hidrodinámica subterránea en la cuenca del Ao. Tapalqué. *Informe Final Beca de Estudio*. Comisión de Investigaciones Científicas CIC Buenos Aires. La Plata Inédito.
- Villar Fabre, J. F. 1957. Descripción Geológica de la Hoja 32 q Sierras de Tandil. *Dirección Nacional de Minería. Boletín N° 86*, Bs. As.
- Resumen RAGA Tomo X N° 2 p p 75-99. Bs. As.
- Usunoff, E. J. y Varni M. R. 1995. Hidrología de los Sectores Alto y Medio de la Cuenca del Arroyo Azul. *Informe Interno Inst. de Hidrología de Llanuras (IHLLA)- C.I.C. Prov. de Bs. As.- U.N.C.P.B.A.*