

CARACTERISTICAS GEOHIDROLOGICAS REGIONALES DEL SUBSUELO DE LA PROVINCIA DE SANTA FE (ARGENTINA) *

Mario Felipe Filí^{oo} y Ofelia Clara Tujchneider^{ooo}
Programa 08 Bajos Submeridionales
Universidad Nacional del Litoral
Obispo Gebert 2846
3000 Santa Fe (Argentina)

R E S U M E N

Se describen las características geohidrológicas regionales del subsuelo de la Provincia de Santa Fe, mediante una esquematización de la columna geológica tipo en cuatro grandes unidades hidrogeológicas, denominadas secciones.

En orden cronológico se presentan las secciones: "basamento", "hipoparaniana", "paraniana" y "epiparaniana", identificables a través de sus condiciones hidrogeológicas, hidrodinámicas e hidroquímicas más notables.

El esquema propuesto tiene por objeto contribuir a la sistematización de las descripciones geohidrológicas y a la formulación de un modelo conceptual de comportamiento hidrogeológico regional, como base para estudios locales de mayor detalle.

S U M M A R Y

Regional geohydrological characteristics for the subsoil of the Santa Fe Province (Argentina).

This paper describes a regional geohydrological scheme, proposed for the Santa Fe Province, Argentina. This scheme is composed by four hydrogeological sections: basement, hipoparaniana, paraniana and epiparaniana. It will be considered as a basic for further detailed investigations.

* Trabajo presentado en la Reunión de Comunicaciones Científicas del 29/X/77.

oo Director del Programa 08 Bajos Submeridionales de la Universidad Nacional del Litoral.

ooo Miembro de la Carrera del Investigador del CONICET.

INTRODUCCION

En base a la información consignada en perforaciones profundas con descripción confiable, se ha elaborado un esquema geohidrológico regional para el subsuelo de la Provincia de Santa Fe.

El esquema es semejante al propuesto para el subsuelo de la Provincia de Buenos Aires (Sala *et al.*, 1973) en virtud de las condiciones geológicas similares imperantes en las cuencas sedimentarias de Colorado, Macachín, Salado, Laboulaye y Paraná, al menos para los tiempos post-cretácicos (Fig. 1).

La columna tipo se ha dividido en cuatro grandes unidades hidrogeológicas, denominadas secciones.

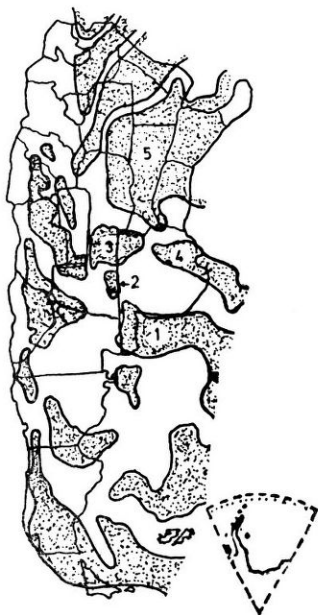


Fig. 1. — Cuencas sedimentarias argentinas. Referencias: 1 Colorado, 2 Macachín, 3 Laboulaye, 4 Salado, 5 Paraná.

Los alcances del concepto "unidad hidrogeológica" se han desarrollado en un trabajo precedente, donde se destaca la convergencia en la definición de unidades, de elementos dinámicos actuales (hidrodinámica, hidroquímica) con otros de dimensión temporal geológica (litología, estructura), manejados con criterio eminentemente aplicado (Hernández *et al.*, 1975).

Cada sección entonces, se caracteriza por sus particularidades hidrolíticas, hidrodinámicas e hidroquímicas más conspicuas, subordinadas en su desarrollo a la importancia de esas características en relación con los objetivos perseguidos.

El aspecto hidroquímico es, por lo general, un elemento de juicio complementario en la caracterización de unidades hidrogeológicas, aplicables a áreas muy homogéneas y en forma restringida. Esto es particularmente cierto en casos como el de la provincia de Santa Fe, con aguas subterráneas que proceden de regiones con características ambientales disímiles y tiene un subsuelo con condiciones estructurales complejas.

El tratamiento de la geohidroquímica escapa a la finalidad de este trabajo. Otros autores han desarrollado el tema, destacándose a nivel regional los aportes de Gollan y Lachaga (1939), Bertoldi de Pomar (1960) y Bojanich y Risiga (1975).

En el subsuelo de la provincia de Santa Fe se presentan, cronológicamente, las secciones 'basamento', 'hipo-paraniana', 'paraniana' y 'epi-paraniana'.

Como en trabajos anteriores (Sala *et al.* 1973; Hernández *et al.* 1975), se ha tomado por base de referencia a las arcillas verdes de la Formación Paraná, de amplio desarrollo regional.

El esquema que se presenta pretende contribuir a la sistematización de los conceptos hidrogeológicos y a la formulación de un modelo conceptual de comportamiento geohidrológico regional como base para estudios de mayor detalle.

GEOHIDROLOGIA REGIONAL

Sección basamento

La sección basamento (Fig. 2) está compuesta por rocas ígneas y metamórficas, que hacia el este afloran en la Isla Martín García y en la República Oriental del Uruguay y hacia el oeste, en las Sierras Pampeanas. Afectadas por fallas y hundidas en bloques, estas rocas se encuentran en el subsuelo de la provincia de Santa Fe a profundidades muy variables. Al sur, en la zona de Venado Tuerto, fueron detectadas mediante sísmica a unos 700 m. de profundidad (Padula, 1972), mientras que aproximadamente 450 km. más al norte, la perforación de Y.P.F. en Calchaquí superó los 2500 m. sin alcanzarlas.

La sección tiene importancia hidrogeológica en el ámbito de las Sierras Pampeanas. Allí aflora, presenta permeabilidad secundaria con fracturación, aloja algunos cuerpos acuíferos y constituye el área principal de recarga para los sedimentos acuíferos que se extienden hacia el este.

En el subsuelo de la provincia de Santa Fe debe comportarse hidráulicamente como acuífuga, es decir que no almacena ni transmite agua. Este hecho y la profundidad a que se encuentra, hacen que carezca de importancia hidrogeológica en el territorio santafesino.

Sección hipoparaniana

Dentro de la sección hipoparaniana se integran todas las formaciones que suprayacen al basamento y se encuentran por debajo de las arcillas verdes de la Formación Paraná, llegando a superar los 1000 metros de potencia.

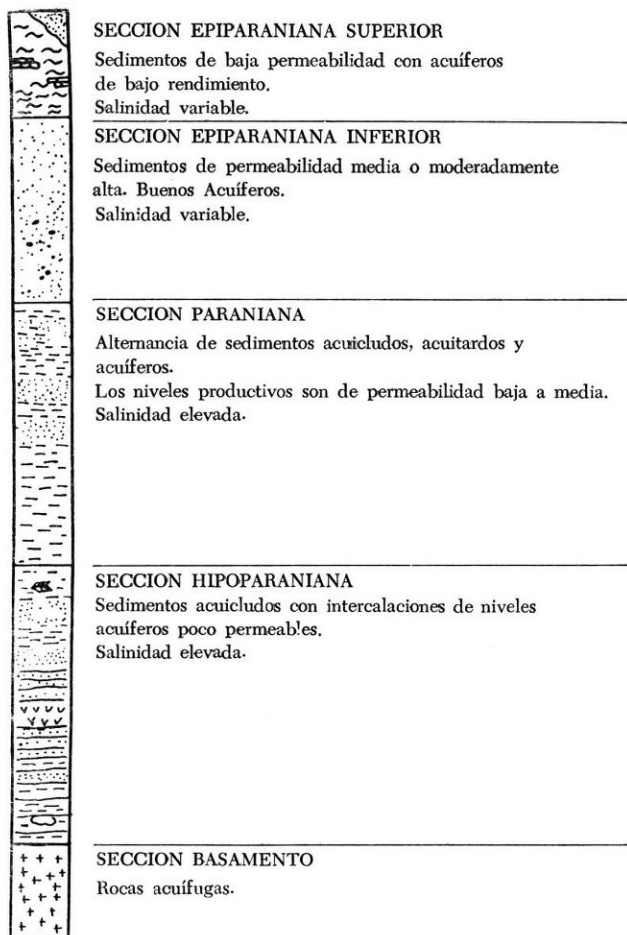


Fig. 2. — Esquema de la columna hidrogeológica regional en la Provincia de Santa Fe.

La relativamente poca información hidrogeológica que se posee de esta secuencia sedimentaria y las limitadas posibilidades de aprovechamiento del recurso hídrico en ella contenido, ha llevado a integrar en una sola unidad a formaciones francamente acuíferas (Sachayoj, Charata y Chacabuco, compuestas principalmente por arcilitas y lutitas), con otras prominentemente acuíferas, hasta acuitardas (Buena Vista, San Cristóbal y Mariano Boedo, compuestas principalmente por areniscas y basaltos).

Los acuíferos son confinados y la reducida información piezométrica indica un sentido general de flujo subterráneo de oeste a este. La sección está desvinculada localmente del ciclo hidrológico exógeno, por lo que la recarga de sus niveles productivos debe ser indirecta, en la zona periserrana, con descarga regional en el valle del río Paraná.

Químicamente las aguas son cloro-sulfatadas sodio-cálcicas, con residuos salinos que pueden superar las 10.000 ppm. A juzgar por la relación Mg^{++}/Ca^{++} en el nivel detectado a 640 m. de profundidad en San Francisco (Córdoba), dentro de la porción cuspidal de la sección, se trataría de aguas de origen continental.

Sección paraniense

Esta sección, empleada como referencia en el esquema hidrogeológico, ha sido alcanzada por la mayoría de las perforaciones realizadas en la provincia, muchas de las cuales la atravesaron totalmente y, por lo tanto, el conocimiento que de ella se tiene permite una caracterización más detallada.

Está constituida por una potente secuencia de sedimentos marinos, de amplio desarrollo regional debidos a una "...gran transgresión de fines del Mioceno que penetró por el noreste de la Patagonia y cubrió parte de la provincia de Buenos Aires, Mesopotamia, Sant'ago del Estero, Uruguay y Paraguay" (Camacho, 1967).

La parte basal está formada predominantemente por arcillas verdes parduzcas de alta plasticidad y espesores que superan los 200 m., comportándose hidráulicamente como acuíferas.

La parte superior presenta arenas grises de tamaño mediano a grueso, hasta grava fina, arenas arcillosas gris verdosas con intercalación de mantos delgados de arcilla verde, generalmente discontinuos. El conjunto conforma un medio muy heterogéneo y anisótropo con alterancia de acuíferos, acuitardos y acuíferos.

La discontinuidad de los mantos arcillosos superiores de la sección paraniense, hace que en algunos lugares se presente un pase poco neto entre ella y la suprayacente. En estos casos ambas configuran un acuífero multiaunitario.

La conexión hidráulica con la sección epiparaniense hace que los niveles acuíferos superiores reciban recarga autóctona indirecta por filtración vertical descendente. Las áreas de recarga y descarga se corresponden con los rasgos topográficos más notables.

Para los niveles acuíferos más profundos, las áreas de procedencia se localizan en el noroeste, en territorio de Santiago del Estero; en el oeste, probablemente desde Córdoba, transponiendo la falla Tostado-San Francisco; y en el sudoeste también desde la zona serrana, con dirección general del flujo hacia el valle del río Paraná.

Todos los acuíferos de la sección son portadores de agua de muy elevada salinidad, sulfato-clorado-sódicas.

Sección epiparaniana

Con la sección epiparaniana culmina la columna hidrogeológica. Esta sección presenta dos secuencias netamente diferenciables, portadoras de las fuentes de aprovisionamiento subterráneo en todo el territorio provincial. Para un mejor tratamiento se la ha dividido en subsecciones.

Subsección inferior

La subsección inferior está compuesta por arenas amarillas, cuarzosas, de grano fino a mediano, con aumento de tamaño hacia la base donde suelen presentarse niveles finos de grasa. En algunas perforaciones se observa un pase neto a las arcillas verdes de la sección infrayacente, pero predomina un pase transicional a arenas grises a gris verdosas arcillosas.

Estratigráficamente se corresponde con la Formación Puelches de origen fluvial cuyas características sedimentológicas han sido ampliamente estudiadas para el ámbito de la provincia de Buenos Aires (Santa Cruz, 1972).

Desde el punto de vista hidrogeológico es el cuerpo más importante del subsuelo, pues constituye la principal fuente de abasto de agua subterránea para gran parte de la provincia de Santa Fe y el noroeste de la provincia de Buenos Aires (Bitesnik, 1968). (Kreimer, 1968).

La formación tiene un espesor medio de 20 m, con transmisibilidades más frecuentes entre 500 m²/día y 1.500 m²/día.

Según la potencia y la naturaleza de los sedimentos suprayacentes, puede presentar características de semiconfinamiento hasta confinamiento, siendo más frecuente la primera condición.

A través de la cobertura acuitarda se vincula con el ciclo hidrológico exterior; las áreas de recarga, transferencia y descarga se corresponden con la morfología topográfica, pero el nivel de descarga regional está dado por el valle aluvial del río Paraná.

La calidad química de las aguas varía en relación a la región en que se localiza el reservorio. Las condiciones más adversas para diversos usos se presentan en la región de los bajos submeridionales, en el norte de la provincia, donde las aguas son predominantemente cloro-sulfatadas sódico-cálcicas, con sales totales que superan frecuentemente las normas de potabilidad. Las condiciones más propicias se dan en la denominada "área del puelche" (Bojanich y Risiga, 1975).

Subsección superior

La porción cuspidal de la sección epiparaniana se caracteriza por su conformación limo arcillosa, a veces loessica, calcárea, con algunas intercalaciones de samitas muy finas.

Su potencia varía entre pocos metros en las adyacencias del valle del Paraná, hasta más de 100 m. hacia el oeste de la provincia.

Hidrogeológicamente su comportamiento varía entre francamente acuicludo, en algunas áreas del norte de la provincia, hasta medianamente acuitardo hacia el sur. Esta circunstancia hace que en el primero de los casos, la porción samítica infrayacente quede desvinculada del ciclo exógeno, sin posibilidades de infiltración directa.

En los departamentos centrales y del sur, la composición se hace más limosa, permite la formación de niveles acuíferos continuos, aunque de baja permeabilidad (1 a 10 m/día) y espesores aprovechables de 2 a más de 15 m.

Frecuentemente las variaciones verticales en la permeabilidad dan lugar a horizontes más productivos que asemejan distintos acuíferos, pero constituyen una sola unidad.

La recarga es autóctona y directa. Se produce en las zonas más altas de la llanura santafesina, especialmente por acumulación de las aguas pluviales en las depresiones planas, circulares y elongadas. El efecto de la recarga localizada se manifiesta por la presencia de agua de bajo contenido salino, coincidente con estos bajos, formando lentes de agua dulce sobre salada (Bannert, 1974).

En la zona más austral de la provincia, sobre los sedimentos limo-loessoides, se presentan formaciones medianosas que albergan agua de baja salinidad.

En una faja irregular, que bordea el valle de inundación actual del río Paraná, desde Colastiné Norte hasta San Javier, se presenta sobre la capa limo arcillosa un cuerpo compuesto por arena fina y muy fina, con un espesor irregular que puede alcanzar los 3 m. de potencia. Este cuerpo, conocido como "albardón", aloja un acuífero libre con aguas de buena calidad y configura una divisoria entre el sistema de los Saladillos y el río San Javier. En períodos de creciente del San Javier y los otros cursos que se suceden hacia el sur, en el "albardón" se produce almacenamiento de banco y la divisoria subterránea se desplaza más hacia el oeste.

COMPORTAMIENTO HIDROGEOLOGICO REGIONAL

De acuerdo a los antecedentes piezométricos, el área de recarga principal se localiza en los pedimentos de las Sierras Pampeanas, con gradientes que van disminuyendo hacia el este, con nivel de descarga regional en el valle del río Paraná (Fig. 3).

Dentro del marco hidrogeológico regional, la sección basamento desempeña un importante papel, ya que en la región serrana y periserrana inmediata, a'oja y transmite agua a través de fisuras, recargando los acuíferos de la cubeta sedimentaria oriental. El flujo subterráneo de esta procedencia entra en la porción sur del territorio santafesino en forma directa, a través de las secciones hipoparaniana y suprayacentes, con aportes en los niveles superiores de agua poco salinizada.

El escurrimiento desde la zona serrana hacia la Laguna de Mar Chiquita, parece entrar a territorio santafesino transponiendo subterráneamente la falla Tostado-Selva-San Francisco. A este hecho podría atribuirse la concordancia entre inundaciones en el área de Mar Chiquita y el crecimiento de los cuerpos de agua superficial en la bajada del "domo occidental", tal como se observa en imágenes satelitarias. Esto podrá dilucidarse con estudios detallados, especialmente de la evolución química de las aguas en el sentido del escurrimiento.

Las aguas de baja salinidad, infiltradas en el flanco nororiental de las Sierras de Córdoba, no transponen la barrera hídrica que significa el río Du'ce y en consecuencia no penetran en el territorio de Santa Fe.

Fuera de lo señalado y ya en el subsuelo de Santa Fe, la sección basamento carece de importancia hidrogeológica a los fines prácticos.

La sección hipoparaniana permite la transferencia del agua subterránea hacia la zona de descarga, pero sus acuíferos son de baja permeabilidad y alojan aguas saladas. Esto y la profundidad a que se encuentran los niveles productivos, desproveen a la sección de todo interés utilitario.

La sección paraniense tiene importancia en tanto sus capas de arcillas superiores, en algunos lugares, configuran el substrato impermeable de la secuencia acuífera suprayacente, preservando la calidad de sus aguas. En otras partes, en las que el pasaje es transicional a través de arenas grises arcillosas, con intercalaciones de mantos arcillosos discontinuos, el conjunto da lugar a un sólo acuífero multunitario y las posibilidades de contaminación con las aguas saladas aumentan, especialmente en las zonas de descarga por flujo vertical ascendente.

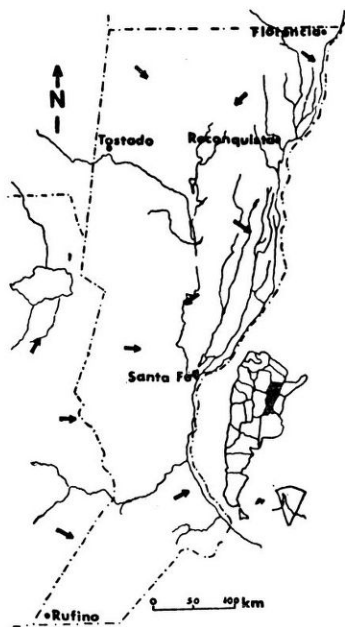


Fig. 3. — Sentido general del escurrimiento subterráneo en la Provincia de Santa Fe.

La sección epiparaniana, vinculada directamente al ciclo exógeno, responde en su dinámica a los rasgos morfológicos superficiales.

La parte inferior, cuando la relación entre las áreas de recarga y descarga permiten una corta permanencia de contacto entre el agua y los sedimentos, presenta acuíferos ricos tanto en calidad como en cantidad y constituye la principal fuente de abastecimiento para una importante área de la provincia, denominada por Bojanich y Risiga (1975) "área del pueche".

La porción superior de la sección epiparaniana es sumamente importante ya que las variaciones de su carácter general acuitado, pueden permitir el alojamiento de niveles acuíferos con capacidad y calidad suficiente como para cubrir las necesidades hídricas de la mayor parte del territorio provincial, en forma directa o empleándose como reservorio para recargas artificiales o, por el contrario, constituir una cobertura impermeable que impide la infiltración de las aguas meteóricas hacia los acuíferos subyacentes, tal como

ocurre en gran parte de los "bajos submeridionales", en los departamentos del norte de la provincia. En esta zona se aprovecha la estanqueidad de la formación limo arcillosa para construir reservorios superficiales.

B I B L I O G R A F I A

- Bannert, D. 1974. Hydrogeological investigations in the Pampa of Argentina. Final Report, NASA-ERTS-1 Contract. Federal Geological Survey, Fed. Republic of Germany. 1-18.
- Bertoldi de Pomar, H. 1960. Características geohidrológicas de la Provincia de Santa Fe. *Revista Minera*. 25 (1/2): 12-20.
- Bitesnik, H.O. 1968. Descripción hidrogeológica de la región de Marcos Juárez (Provincias de Córdoba y Santa Fe). *Boletín del Inst. Nac. de Geol. y Min.*, (115): 1-33.
- Bojanich, E. y A.H. Risiga. 1975. Contribución al conocimiento de la geohidrología de la Provincia de Santa Fe. IIº Congreso Iberoamericano de Geología Económica, 5: 37-59.
- Camacho, H.H. 1967. Las transgresiones del Cretácico Superior y Terciario de la Argentina. *Rev. Asoc. Geol. Arg.* 22 (4): 253-280.
- Gollán, J. y D. Lachaga. 1939. Aguas subterráneas de la Provincia de Santa Fe. *Publ. Tec. del Inst. Experiment. de Inv. y Fomento Agric. Ganadero de Santa Fe*, (12): 1-386.
- Hernández, M.A., M.F. Filí, M.P. Auge y J.H. Ceci. 1975. Geohidrología de los acuíferos profundos de la Provincia de Buenos Aires. VIº Congreso Geológico Argentino (en prensa).
- Kreimer, R. 1968. Descripción hidrogeológica de la zona de Arias, Venado Tuerto y Colón (Provincias de Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires). *Boletín del Inst. Nac. de Geol. y Min.*, (116): 1-50.
- Padula, E. 1972. Subsuelo de la Mesopotamia y regiones adyacentes (p. 214-235). En: "Geología Regional Argentina" *Acad. Nac. de Ciencias*. Córdoba.
- Sala, J.M., C.C. Cavalie, M.F. Filí y Mandel J.F. 1973. Algunas consideraciones geohidrológicas sobre la factibilidad de drenar subterráneamente el agua de la zona inundada. *DYMAS CFI-PBA*, La Plata. 1-20 (inédito).
- Santa Cruz, N.J. 1972. Estudio sedimentológico de la Formación Puelches en la Provincia de Buenos Aires. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, 27 (1): 5-62.