

Heterogeneidades hidrogeológicas de la Cuenca inferior del Río Uruguay

Marcos Bonjour¹, Jorge Montañó² y Mario Hernández²

¹ Facultad de Ciencias, UDELAR, ² GeoAmbiente SRL, ³ Universidad Nacional de la Plata
Mail de contacto: bon1387@hotmail.com

RESUMEN

Se puntualizan las principales divergencias existentes respecto a la hidrogeología en ambas márgenes del Río Uruguay. El afloramiento de formaciones de edades cuaternarias de gran capacidad acuífera en el margen argentino utilizadas para riego de cultivos de arroz con caudales superiores a 500m³/h (Formación Ituzaingó y Formación Salto Chico), condicionan a que la extracción del agua subterránea en casi su totalidad corresponda a acuíferos superficiales. En la cuenca litoral uruguaya sin embargo los acuíferos más productivos son los de edad cretácica y los caudales que se alcanzan son sensiblemente inferiores a los que se consiguen en la Provincia de Entre Ríos. Las divergencias hidrogeológicas presentes en ambos países corresponden a discontinuidades de origen tectónico coincidente con el cauce del río, que han producido un hundimiento relativo de los sedimentos cretácicos en la margen derecha (Argentina), que afloran en la margen izquierda (Uruguay).

Palabras clave: acuífero, cuenca, perforación, asimetría.

ABSTRACT

To instances of the hydrogeology of both margins of the Uruguay River divergences are spelled. The age formations outcrop high-capacity quaternary aquifer in the Argentine margin used to irrigate rice crops with flows exceeding 500m³/h (Formation Ituzaingó and Formation Salto Chico), to determine groundwater extraction almost entirely corresponds to surface water. In the Uruguayan Coastal Basin aquifers however most productive are those of Cretaceous age and flow rates are achieved are significantly lower than those achieved in the province of Entre Ríos. The hydrogeological differences in both countries correspond to discontinuities of tectonic origin coincident with the channel of the river that have produced a relative sinking cretaceous sediments in the right margin (Argentina) that outcrop on the left side (Uruguay).

Keywords: aquifer, basin, drilling, asymmetry.

Introducción

En el conocimiento del potencial social y productivo de un área, no se puede evadir el estudio de las fuentes del agua, ya sean ríos, lagos o acuíferos. Es imprescindible contemplar con claridad cada una de las opciones para la correcta toma de decisiones.

Es conocido que en el área litoral uruguaya y en la Provincia de Entre Ríos (Argentina) existen acuíferos que se han venido explotando desde hace décadas para abastecimiento público de poblaciones y riego. Sin embargo existen aspectos no del todo claros en el sector uruguayo por falta de un análisis hidrogeológico del subsuelo en el área. Otra limitación es la información de perforaciones que, o bien no cuentan con datos fehacientes o es posible hallarla esparcida en diferentes entidades públicas y privadas, en muchos casos incompleta. Dado este contexto, unificar el conocimiento hidrogeológico del área es de por

si un objetivo a alcanzar, pero lo más significativo es la posibilidad de contar con información suficiente para caracterizar satisfactoriamente los acuíferos cretácicos del litoral como base para un posterior modelo conceptual.

Este trabajo se enmarca en el convenio entre las universidades de La Plata (Argentina) y de la República, para el estudio geohidrogeológico de la cuenca inferior del río Uruguay, apoyado fundamentalmente en el producido por Montañó et al. (2012). Se presentan los resultados sobre las características hidrogeológicas del área las causas de la generación de asimetrías del potencial hidrogeológico entre los acuíferos de ambas márgenes.

Objetivos

Realizar una caracterización hidrogeológica de las formaciones sedimentarias cretácicas de la Cuenca Litoral de Uruguay (formaciones

Mercedes y Guichón) y analizar las diferencias entre los acuíferos de ambos países.

Área de estudio

Abarca la Cuenca Litoral uruguaya que ocupa parcialmente los departamentos Salto, Paysandú, Río Negro, Soriano, Colonia, Durazno y Flores, junto con el área colindante de Entre Ríos (Argentina), que es incluida dentro de este trabajo como sitio de análisis y comparación (Figura 1).

Esta zona está situada entre los paralelos 31°00' y 34°00' Sur y meridianos 57°00' y 59°00' Oeste aproximadamente, en un área total de 50000 km².



Fig. 1. Ubicación del área de estudio.

Contexto geológico

Cuenca Litoral

Con aproximadamente 25000 km², se continua geográficamente en la Mesopotamia Argentina, presentando sedimentos del Cretácico y Cenozoico, con espesor en torno a los 300m.

El sustrato se conforma en el N y NE por rocas de la Formación Arapey, mientras que en el S y SE se compone de "granito-greenstone" (terreno Piedra Alta). Las principales líneas estructurales del sustrato, condicionaron de forma importante la sedimentación en la cuenca, pudiendo mencionarse la falla Sarandí del Yí-Ao. Solís Grande (Oyhancabal et al. 1993), fallas que afectan derrames basálticos como en Daymán-Bonete con dirección NNW, y lineamientos rumbo NS.

Durante el Neocomiano ocurrió globalmente una regresión marina y regionalmente, se dio un magmatismo fisural que produjo espesos derrames lávicos de la Formación Arapey. Posteriormente la sedimentación continental predominó en cuencas tipo rift, estrechas y profundas. En este contexto distensivo y subsidencia termo-mecánica, producto del peso

de los derrames, se generó un espacio sedimentario endorreico, cuyo epicentro se localiza en la Mesopotamia (Goso, 1999).

Se puede mencionar que esta cuenca se continúa en Argentina, pudiendo correlacionarse por ejemplo la Formación Guichón con las formaciones Puerto Yerúa y Saldán, como también la Formación Mercedes con la Formación Mariano Boedo en función de sus características litoestratigráficas.

Formación Mercedes

Definida por Bossi (1966), se ubica en la zona centro sur de la Cuenca Litoral mostrando gran diversidad litológica. En el centro norte del país se apoya discordantemente sobre Guichón y Arapey, en el litoral sur sobre distintas litologías del Terreno Piedra Alta, en tanto que en el centro llega a yacer sobre rocas de las formaciones Cerrezuelo y Tacuarembó. Por otra parte puede ser cubierta discordantemente por las formaciones Fray Bentos y Libertad.

Ford & Gancio (1989) la subdividieron en dos miembros, el inferior conformado por una secuencia grano/estrato decreciente y el superior, a partir de que existe uniformización faciológica. El primero se integra con depósitos de arreglo general granodreciente y estratificación de tamaño mediano a medio, cuya base son diamictitas o conglomerados, con pelitas calcáreas o calcáreas de poca potencia. El miembro superior se define como una secuencia de areniscas finas a medianas, de selección regular con arena gruesa dispersa. En esta secuencia se intercalan niveles de calizas de hasta 15 m de potencia según Veroslavsky et al. (1998) con presencia ocasional de arena.

Formación Guichón

Se trata de una unidad definida por Bossi (1966), apoyada discordantemente sobre la Formación Arapey, cubierta según su posición en la cuenca por las formaciones Mercedes, Fray Bentos, Salto y depósitos cuaternarios.

Según Goso (1999), el 90% de sus sedimentos serían areniscas finas a medias con matriz pelítica que constituye 30-35% de la roca. Los clastos cuarzosos del esqueleto presentan un grado de selección moderado a bueno.

Cuenca Chacoparanaense

Ocupa un área de 643000 km² (Barredo y Stinco, 2010) en las provincias argentinas del centro, Norte y Noreste. Se trata de una cuenca elíptica con eje orientado ENE-WSW y unos 6km de relleno sedimentario y volcánico.

Desde el punto de vista tectónico muestra una tendencia neutra, resultado de la transición entre la subsidencia mesozoica y la progresiva inversión andina.

basálticas de la Formación Serral Geral.

Formación Puerto Yeruá

Estaría constituida (Tofalo y Pazos, 2002) por sedimentos epiclásticos y carbonáticos aflorantes en el NE de Entre Ríos, de Concordia hasta Colón, asignados al Cretácico Superior.

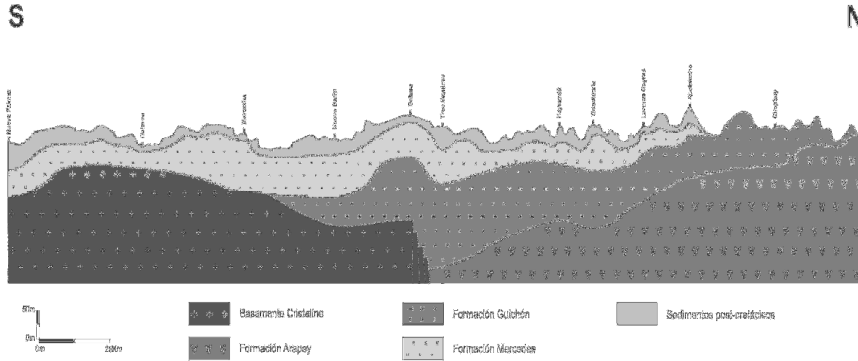


Figura 2. Corte geológico de la Cuenca Litoral

Sin embargo, desde el Paleozoico Inferior se sucedieron episodios de subsidencia localizados en el centro-norte de la provincia de Santa Fé, y en diferentes edades y ubicados incluso en la periferia de la llanura.

La sucesión sedimentaria muestra a escala regional, diferentes fosas, que confieren al basamento formas de cubetas separadas por altos de edades jurásica-cretácica y pre-carbonífera, en el alto Pampeano-Chaqueño (Chebli et al., 2000).

Los depósitos de plataforma conformaron ciclos regresivos-transgresivos, alcanzando un espesor de 5000 metros e incluyendo materiales ígneos (Fernández Garrasino et al 2005).

Durante la orogenia gondwánica de la secuencia Carbonífera-Pérmica. La subsidencia durante esta etapa estuvo asociada a la flexión litosférica, como resultado de procesos orogénicos y posterior período de extensión

A partir del Triásico adquirió rasgos de una cuenca de rift continental, con relleno fluvio lacustre controlado por la evolución de fallas. Durante el Jurásico, fue sometida al efecto de una anomalía térmica previa a la apertura del océano Atlántico, reactivando antiguas estructuras extensionales en un proceso de rifting activo.

Depósitos fluviales apoyados en discordancia sobre el substrato paleozoico de la base de la Formación Tacuarembó (Fernández Garrasino et al 2005) serían la evidencia de un alzamiento regional, seguido por las coladas

Estos sedimentos forman cuerpos lenticulares de 1-4m de espesor, con base neta erosiva, compuestos por sucesiones desde conglomerados hasta pelitas. Aparecen modelos de estratificación que sugieren un ámbito de deposición fluvial, con canales de baja a moderada sinuosidad.

Formación Saldán

Es un grupo de litologías sedimentarias cretácicas integradas por conglomerados y brechas con matriz arenosa y algo limosa, con intercalaciones de arenas. Poseen alto contenido calcáreo y poco yeso, fuertemente consolidadas. Puede alcanzar 250m de espesor. Fue interpretada como correspondiente a facies proximales, media y distales de abanicos aluviales en clima árido (Santa Cruz y Silva Busso, 1999).

Formación Mariano Boedo

Se compone de areniscas medias a finas varicolores, con escasa matriz y cemento, de composición cuarzosa. Como litologías subordinadas se presentan arcillitas, junto con cristales de yeso (Chebli et al 2000. El máximo espesor de en la Cuenca Chacoparanaense es de alrededor de 350m.

Caracterización hidrogeológica

En este capítulo se refieren los parámetros hidráulicos de los acuíferos sedimentarios del

litoral uruguayo, así como también los existentes de Entre Ríos.

Con esta caracterización se busca determinar las asimetrías hidrogeológicas existentes entre los dos márgenes del Río Uruguay.

Características hidráulicas del Acuífero Guichón

La información para caracterizar este acuífero proviene del área donde se encuentra semiconfinado a libre, debido a que los datos hidráulicos en el resto de la Cuenca Litoral son escasos por ubicarse por debajo del Acuífero Mercedes y solo pudo determinarse caudal específico. Los valores pueden ser un poco mayores a $1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, pero el promedio se sitúa en $0,45 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$.

Características de las perforaciones

La profundidad en este caso, depende de diferentes variables, entre ellas; el nivel estático, la cota del sitio, características propias del acuífero y las necesidades de caudal en el momento de realizar la obra. Las profundidades más habituales están en el entorno de los 30 a 60m, pudiendo alcanzar 85m, observado en la perforación 431002 de OSE en Piedras Coloradas, departamento de Paysandú.

Tomando en cuenta los caudales explotados, se observa que el comportamiento habitual es la predominancia de valores bajos. Los caudales promedio más habituales para el acuífero son del orden de $4 \text{ m}^3/\text{h}$, pudiendo llegar hasta más de $15 \text{ m}^3/\text{h}$, en algunos casos aislados.

Para acuíferos sedimentarios relativamente uniformes se puede esperar que aumentando la profundidad de la perforación también el caudal aumente, sin embargo este comportamiento no se observa aquí. La ausencia de una tendencia implica que el acuífero no sería isótropo y existen variaciones que afectan el rendimiento.

Características hidráulicas del Acuífero Mercedes

El Acuífero Mercedes presenta un comportamiento hidrogeológico variable debido a los cambios litológicos y la cobertura de depósitos sedimentarios post-cretácicos. En términos generales aparece confinado a semiconfinado en la mayor parte del área de estudio. Solo existen ciertas zonas en el borde de la Cuenca Litoral donde aparece el Acuífero Mercedes libre. Por ejemplo al sur de la localidad de Guichón, en las cercanías del Arroyo Grande al norte de la ruta 20 hacia

Grecco y en ruta 2 en el tramo comprendido entre las localidades de Cardona y Palmitas.

También puede aparecer en un mismo sector confinado por varios metros de la Formación Fray Bentos generalmente en el tope de las colinas y semiconfinado a libre en zonas bajas (ver figura2).

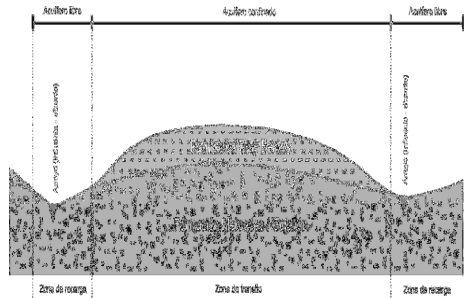


Figura 3. Perfil esquemático de la geomorfología de la Cuenca Litoral.

El caudal específico obtenido en el área sur del Río Negro es en torno a $0,6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, siendo el máximo relevado de $3,8 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ y el mínimo $0,05 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$. Hacia el Norte se observa un aumento en el caudal específico, con un promedio de $1,03 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, valor máximo de $6,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ y mínimo de $0,05 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$. La Transmisividad tiene un valor medio de $36 \text{ m}^2/\text{día}$, con extremos de $0,667$ a $189 \text{ m}^2/\text{día}$.

Los Coeficientes de Almacenamiento calculados son indicativos de un comportamiento confinado del acuífero, existiendo en casos aislados de semiconfinamiento.

Características de las perforaciones

En general, las profundidades características de perforaciones que sólo extraen agua del acuífero Mercedes están entre los 30 y 60m, al igual que lo observado en el Acuífero Guichón. Han sido identificados hasta 115m de Mercedes en la perforación 511003 de OSE en la ciudad de Young.

Los caudales característicos oscilan alrededor de $6,5 \text{ m}^3/\text{h}$, pudiendo llegar incluso hasta $50 \text{ m}^3/\text{h}$. Esta variación esta directamente ligada a la litología; por ejemplo los mayores caudales están asociados a niveles de areniscas gruesas.

Si se tiene en cuenta la profundidad en función del caudal el comportamiento es similar al Acuífero Guichón. No aparece una tendencia clara debido a que las condiciones del acuífero

son muy variables dependiendo del sitio donde se halle el sondeo.

Acuíferos en la Provincia de Entre Ríos

Sobre los basaltos de la Formación Serra Geral en el área de estudio, se apoyan formaciones sedimentarias de edad Cretácica como Puerto Yerúa, Saldán y Mariano Boedo, que son relevantes ya que se trata de depósitos correlacionables en la Cuenca Litoral uruguaya.

Sin embargo y de posterior sedimentación, aparece la Formación Fray Bentos, arcillitas Miocenas de la Formación Paraná, seguidas de las formaciones Ituzaingó (arenas del Pliopleistoceno) y Hernandarias (arenas y limo-arcillosos del Pleistoceno). La Formación Ituzaingó aloja un acuífero semiconfinado (Montaño et al., 2011), el principal de la región. Esta unidad es muy productiva, con caudales del orden de 100 a 500 m³/h y Transmisividad de 2500 m²/d. La Formación Hernandarias contiene un acuífero freático muy pobre y de aprovechamiento limitado, comportándose fundamentalmente como techo del acuífero anterior.

Otro importante acuífero en la región es la Formación Salto Chico de edad Pliopleistoceno, compuesta por depósitos fluviales de diferente granulometría y con capacidad acuífera muy importante, llegando a erogar según Santi et al (2007) hasta 100 a 600 m³/h, con caudales característicos de 17 a 108 m²/h, coeficiente de Permeabilidad medio de 30 a 60 m/d y Transmisividad de hasta 1500 m²/d.

En cuanto a las características hidrogeológicas de las formaciones cretácicas, no se dispone de mayores datos al respecto debido a lo expuesto anteriormente. La existencia de acuíferos menos profundos y muy productivos, como Ituzaingó y Salto Chico hacen innecesaria la explotación de otros.

Asimetrías Hidrogeológicas

Tal como ya fuese expuesto, la hidrogeología en ambas márgenes cambia significativamente, lo que repercute en la producción y sobre todo en el ámbito de la agricultura. En Argentina existen acuíferos de edad cuaternarios/terciarios con alta capacidad acuífera que permiten el desarrollo agrícola en base a riego. Un ejemplo son los cultivos de arroz regados con agua subterránea. La combinación de este recurso con suelos de alta productividad genera una de las zonas productoras de granos más importante de Latinoamérica y el mundo. En contrapartida, en la Cuenca Litoral uruguaya si bien existen suelos de buena productividad, los acuíferos

cretácicos que son aquí los más importantes, no lograrían los volúmenes económicamente viables por hectárea necesarios para regar grandes extensiones.

La respuesta a esta disparidad hidrogeológica en una misma región es que existen discontinuidades tectónicas en principio a lo largo del Río Uruguay que han ejercido una evolución dispar en la sedimentación y por lo tanto en los sistemas acuíferos. Debe señalarse que la caracterización y estudio de estas discontinuidades exceden el alcance de este trabajo, quedando pendiente para los avances en el Proyecto conjunto.

Conclusiones

Las asimetrías hidrogeológicas entre ambos países son notorias y repercuten directamente en los emprendimientos productivos y desarrollo socioeconómico. Un ejemplo es el uso del riego de arroz en Argentina. Los caudales de las formaciones Ituzaingó y Salto Chico pueden llegar hasta 500 m³/h, mientras que en la Cuenca Litoral el riego en grandes extensiones hasta el momento no es económicamente sustentable con caudales máximos en el entorno de los 60 o 70 m³/h.

Las divergencias hidrogeológicas corresponderían a discontinuidades tectónicas a lo largo del río generando, por lo menos en un lapso, evolución diferente en ambas márgenes.

Con respecto a la comparación directa de los acuíferos cretácicos en ambos ámbitos, sólo se pudo determinar por datos de perforaciones que los espesores son mayores en el sector argentino. La Formación Mariano Boedo tiene un espesor aproximado 5 veces superior a la Formación Mercedes, mientras que la Puerto Yerúa es 1,5 veces la potencia de la Formación Guichón. La escasez de datos hidrogeológicos de formaciones cretácicas en Entre Ríos obedece a la existencia de acuíferos cenozoicos de alto rendimiento (formaciones Ituzaingó y Salto Chico) que no justifican el alcance de las más profundas.

El Acuífero Mercedes se comporta generalmente como confinado y en ocasiones semiconfinado. Incluso en sitios donde aflora, la presencia en el perfil de niveles impermeables silicificados y pelíticos genera el confinamiento de las capas de aporte.

Respecto a los parámetros hidrogeológicos de la Formación Mercedes, el Almacenamiento varía desde 5,0⁻⁷ a 1,0⁻³ y la Transmisividad se sitúa en torno a 1-190 m²/día. Este amplio rango corresponde a la variabilidad litológica y los diferentes grados de confinamiento. Las profundidades más frecuentes de los sondeos

ronda en los 47m, con caudales de alrededor de 6,5 m³/h, con extremos de 40 m³/h.

El caudal específico medio es generalmente de 0,94 m³/h/m, pudiendo alcanzar hasta 6m³/h/m.

Para la Formación Guichón se pudo constatar que las perforaciones realizadas poseen una profundidad promedio de 43m, con pozos de hasta 85m. El caudal más representativo es algo inferior a 4 m³/h, pero se relevaron perforaciones con valores superiores a 15 m³/h.

Por otra parte, para el Acuífero Guichón se registró un caudal específico medio próximo a 0,45m³/h/m, pudiendo superarse los 1m³/h/m.

No se pudo determinar una relación que vincule el aumento del caudal con la profundidad de las perforaciones en los acuíferos Mercedes y Guichón, debido a la heterogeneidad del medio.

Los depósitos sedimentarios que generan los acuíferos tratados, dan lugar a suelos de alta productividad creando un marco productivo único en el que se hace necesario generar políticas de manejo y protección. En este sentido es imprescindible un correcto ordenamiento territorial para mantener el potencial productivo en el tiempo y comenzar a generar una legislación protectora de los acuíferos.

Referencias

Barredo S. y Stinco L. 2010. Geodinámica de las cuencas sedimentarias. En: *Petrotecnia. Instituto argentino de petróleo y gas.* 60-62. Buenos Aires.

Bossi J. 1966. Geología del Uruguay. Colección Ciencias N°2. Departamento de Publicaciones de la Universidad de la República. Montevideo. Uruguay. 237-265 p.

Chebli G.; Mozetic M.; Rossello E.; Buhler M. 2000. Cuencas sedimentarias de la llanura Chacopampeana. En: *Caminos R. (ed). Geología Argentina.* 627-643 p. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Buenos Aires.

Fernández Garrasino C.; Laffitte G.; Villar H. 2005. Cuenca Chacoparanaense. *VI Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos.* Simposio Frontera Exploratoria de la Argentina: 97-114.

Ford, I. & Gancio, F. 1989. Carta Geológica del Uruguay, escala: 1/100.000. *Hoja O-21 Bizcocho.* Facultad de Agronomía, Dirección Nacional de Minería y Geología, Montevideo.

Goso C. 1999. Análise estratigráfico do grupo Paysandú (Cretácico) na bacia do litoral, Uruguay. Tese Doutorado, Campus de Rio Claro, Instituto de Geociencias e Ciencias Exatas, Universidade Estadual Paulista. 29-170.

Montaño, J. , Hernández, M. A., González, N. Hernández, L., Montaña Gutiérrez, M., Trovatto, M.M. y Alvarez, M. P. 2011. Asimetrías hidrogeológicas en los sistemas acuíferos de la cuenca inferior del río Uruguay (Argentina-Uruguay). VII Congreso Argentino de Hidrogeología y V Seminario Hispano-Latinoamericano Sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. Hidrogeología Regional y Exploración Hidrogeológica. Salta.

Oyhantcabal P.; De Souza S.; Muzzio R. 1993. Geología y aspectos estructurales del borde orogénico en el extremo Sur del Cinturón Don Feliciano. *1er. Simposio Internacional NeoProterozoico-Cámbrico de la Cuenca del Plata; Resúmenes Extensos, 1: 22.* La Paloma - Minas, Uruguay.

Santa Cruz, J. y Silva Busso, A. 1999. Escenario hidrogeológico general de los principales acuíferos de la llanura pampeana y mesopotamia meridional Argentina. *Hidrología Subterránea.* Serie de correlación geológica N°13: 461-471.

Tófaló O. & Pazos P. 2002. Caracterización de las calcretas de la Formación Yeruá (Cretácico), en base a su micromorfología (Entre Ríos Argentina). Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA. Revista Asociación Argentina de Sedimentología, Vol 9 n° 2: 127-134.