

SISTEMA ACUÍFERO GRUPO NEUQUÉN Y FORMACIÓN RAYOSO (S.A.Ne.Ra.). SISTEMATIZACIÓN PARA USO SUSTENTABLE EN RESERVORIOS NO CONVENCIONALES DE LA CUENCA NEUQUINA

Gabriel Meconi

¹YPF Tecnología S.A. (Y-TEC), Universidad de Buenos Aires, Universidad Católica Argentina.
Tel. (+54) 221 442-4697. E-mail: gabriel.r.meconi@ypftecnologia.com

Resumen

Los reservorios de hidrocarburos no convencionales (RNC) requieren un importante volumen de agua para su fracturación hidráulica. Se destaca así el estudio del “Sistema Acuífero Grupo Neuquén y Formación Rayoso”, “S.A.Ne.Ra.”, denominación y sistematización propuestas por Meconi (2015) para su explotación sostenible mediante la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH). Es una excelente oportunidad dentro del Desarrollo Sustentable para aumentar la oferta hídrica de una región árida/semiárida, pues tiene inmenso potencial de uso para todas las actividades humanas. Es un extenso complejo regional de areniscas y conglomerados interconectados, irregularmente separados por acuitardos y acuicludos. Se estudiaron 13.000 km² en el centro de la Cuenca Neuquina, con abundante información de origen petrolero y varios trabajos hidrogeológicos *ad hoc*. Hay pozos de agua que producen hasta 3000 m³/d y caudal específico hasta 6,5 m³/h.m. El nivel piezométrico es subhorizontal (300-350 msnm), los desniveles topográficos hacen que se ubique a gran profundidad o que sea surgente. Los acuíferos más profundos de salinidad relativamente baja se encuentran hasta varios cientos de metros de profundidad, sumando un espesor acuífero total acumulado de 50 a 400 m, porosidad mayor a 20% y transmisividad 50 a 350 (y hasta 700) m²/d. En el área estudiada posee grandes reservas, del orden de 600.000 hm³ (MMm³). La salinidad suele estar cerca del límite inferior del agua salobre, 1500 a 2000 ó 3000 mg/l, puede ser NO APTA para “abastecimiento de poblaciones” y/o “irrigación”, usos con que el Estado restringe su utilización en RNC, por lo que no debe generalizarse el impedimento para este uso. El SANeRa es el principal recurso hídrico subterráneo de la Cuenca Neuquina para todo uso. Se plantea como hipótesis a estudiar el posible origen fósil de parte del agua de salinidad relativamente baja.

Palabras clave: Sistema Acuífero - Grupo Neuquén - Formación Rayoso - Reservorios No Convencionales - Cuenca Neuquina.

Abstract

Unconventional hydrocarbon reservoirs (UR) require important water volumes for the hydraulic fracturing. In this way it is remarkable the study of “Neuquén Group and Rayoso Formation Aquifer System” (in Spanish: “Sistema Acuífero Grupo Neuquén y Formación Rayoso”, “S.A.Ne.Ra.”). This denomination and systematization was proposed by Meconi (2015) for its sustainable exploitation through Integrated Water Resource Management (IWRM). It is an excellent opportunity within the Sustainable Development to increase hydric offer of an arid/semiarid region, as it has a great potential use for all the human activities. It is an extensive regional complex of interconnected sandstone and conglomerates, irregularly separated by aquitards and aquicludes. 13000 km² were studied in the center of Neuquén Basin, with abundant data of oil companies and hydrogeologic works *ad hoc*. There are water wells which produce up to 3000 m³/d and specific capacity up to 6.5 m³/h.m. The piezometric level is sub-horizontal (300-350 masl), the topographic gradient makes it to be at great depth or to flow as artesian level. The deepest aquifers with relatively low salinity are found until depth of many hundreds of meters, with total cumulative aquifer thickness between 50-400 m, porosity higher than 20% and transmissivity 50 to 350 (and up to 700) m²/d. In the studied area it has huge reserves, in the order of 600000 hm³ (MMm³). Salinity usually is near the lower limit of brackish water, 1500-2000 or 3000 mg/l, thus may be NOT SUITABLE for “town water supply” and/or “irrigation”, uses established by the State to restrict its utilization in UR, so it must not be generalized the impediment for this use. SANeRa is the main groundwater resource of Neuquén Basin for all uses. An hypothesis for further works is suggested about the possible fossil origin for part of the relatively low salinity water.

Keywords: Aquifer System - Neuquén Gp. - Rayoso Fm. -Unconventional Reservoirs -Neuquén Basin

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El Grupo Neuquén y las facies clásticas de la Formación Rayoso (sección superior: “Rayoso clástico”) son sedimentitas continentales del Cretácico superior, ampliamente aflorantes y presentes en el subsuelo de la Cuenca Neuquina (Fig. 1). El desarrollo de los reservorios de hidrocarburos no convencionales (RNC), que requieren importantes volúmenes de agua para su fracturación hidráulica, resalta la importancia del estudio del “Sistema Acuífero Grupo Neuquén y Formación Rayoso”, “S.A.Ne.Ra.”, sistematización y denominación propuestas por Meconi (2015). Es un importante complejo de areniscas y conglomerados interconectados, localmente separados por acuitardos y acuícludos. El SANeRa cumple con las definiciones de “sistema acuífero” (Laney y Davidson, 1986; Poland *et al.*, 1972; Navarro Alvargonzález *et al.*, 1993).

Los antecedentes hidrogeológicos de esta cuenca que incluyen estas rocas (Primo y González, 1973; Sosis, 1978; Laurencena y Kruse, 2008; Colombino y Luengo, 2011; Scatizza *et al.*, 2013; Hernández, 2015), no las conceptualizan como “sistema acuífero”. Su sistematización (Bedini y Meconi, 2015; Meconi, 2015) contribuye a su explotación sostenible mediante la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), dentro del Desarrollo Sustentable por aumento de la oferta hídrica en una región árida/semiárida (déficit 600 mm/año), pues tiene gran potencial para todas las actividades, no sólo la hidrocarburífera.

Éste es un resumen de estudios realizados desde 2011 (con el antecedente de un área vecina en que participó un autor, Bitesnik *et al.*, 2002), que permitieron proponer la sistematización, abarcando un área aproximada de 13.000 km² del SANeRa ubicada entre el Dorso de los Chihuidos (W, 1300 msnm), la Sierra Auca Mahuida (N, 1700 msnm), el Río Neuquén (SW, S y SE) y el Bajo de Añelo (centro y E, 220 msnm) (Fig. 1; también Fig. 5).

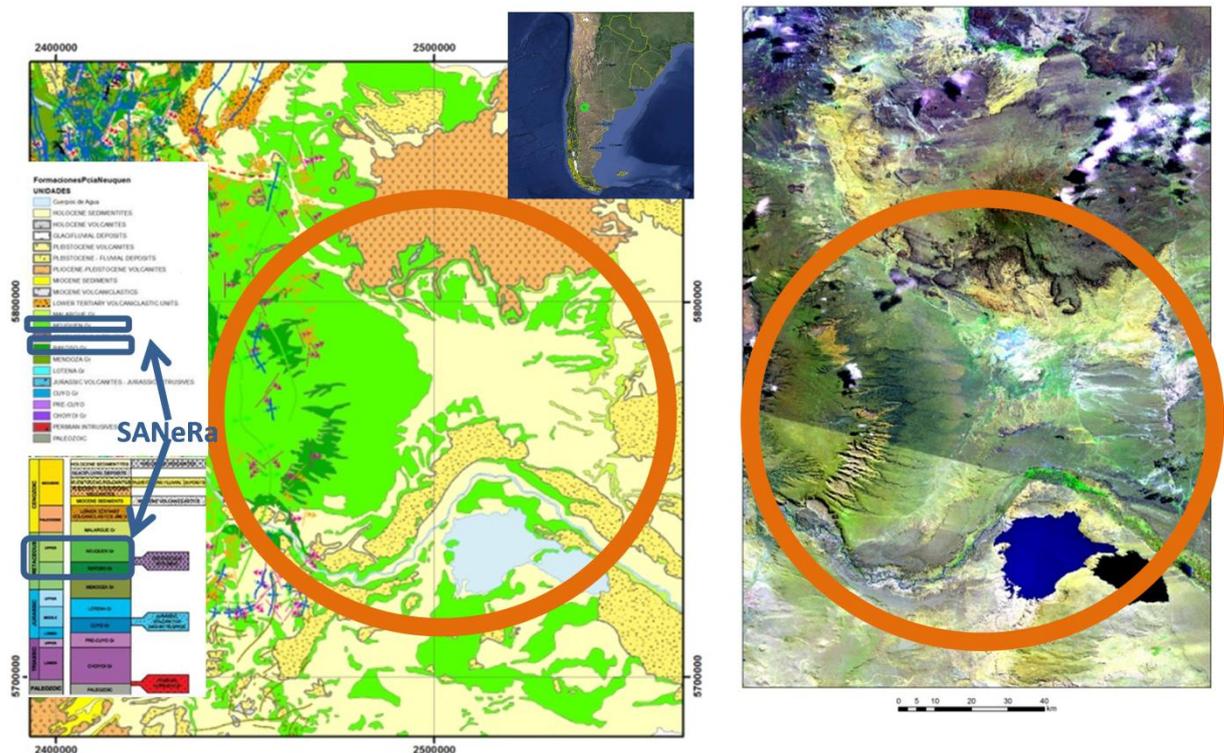


Fig. 1. Ubicación del área estudiada en mapa geológico e imagen satelital.

METODOLOGIA

Se recopiló información de origen hidrocarburífero (perfiles de pozos, sísmica, etc.), y se la analizó y evaluó en detalle desde el punto de vista hidrogeológico. Se realizaron trabajos hidrogeológicos *ad hoc*: balances hídricos; relevamientos y muestreos; prospección geoelectrónica (sondeos eléctricos verticales); ensayos en pozos de agua de empresas

petroleras y de pobladores rurales: bombeo y recuperación, “drawdown” en pozos surgentes; análisis de laboratorio; mapeos; definición de modelo hidrogeológico conceptual, etc.

Se destaca que se contó con evaluaciones petrofísicas de perfiles de pozos hidrocarburíferos (con más registros que los utilizados en hidrogeología) realizadas por empresas petroleras, focalizadas a menores profundidades que las zonas de interés petrolero para caracterizar los acuíferos con visión hidrogeológica. Junto a más información de origen hidrocarburífero, se aprovechó en forma óptima tecnología muy difícilmente disponible cuando sólo se estudia agua subterránea, obteniéndose resultados integrales más ricos. Esta óptima interacción fue posible pues los trabajos hidrogeológicos *ad hoc* se ejecutaban al mismo tiempo que los rutinarios en la exploración y explotación de hidrocarburos.

RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSION

Nivel Piezométrico

El Nivel Piezométrico (NP) en el área estudiada es sub-horizontal, y se encuentra entre 300 y 350 msnm. Se lo midió en forma directa en los relativamente escasos pozos de explotación de agua de la región. Principalmente su posición se la interpretó y estimó indirectamente en base a perfiles de pozos hidrocarburíferos, sobre todo cuando poseen curvas de porosidad “Densidad-Neutrón” pues el efecto que se observa en las capas permeables de la zona no saturada, que poseen aire, es similar al de los reservorios con gas: ambas curvas se cruzan inversamente (ver Figs. 2 y 3: interpretación en pozos del área estudiada). También se lo interpretó de mediciones de presión en pozos surgentes y en ensayos de pozos petroleros con la herramienta “MDT” (“Modular Formation Dynamics Tester” de Schlumberger).

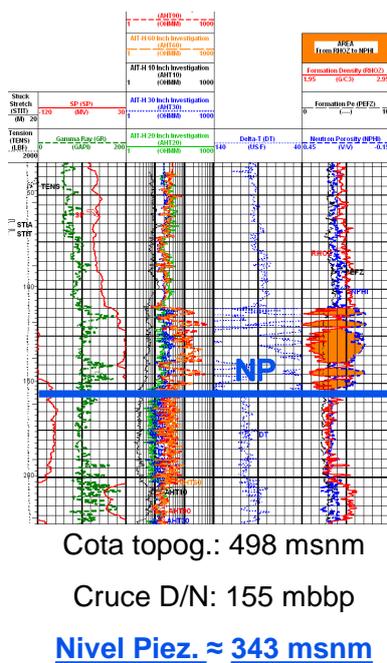


Fig. 2. Nivel Piezométrico interpretado por Neu-Dens. en pozo petrolero de sector NW de área estudiada: cruce de curvas (color naranja) marca base de zona no saturada.

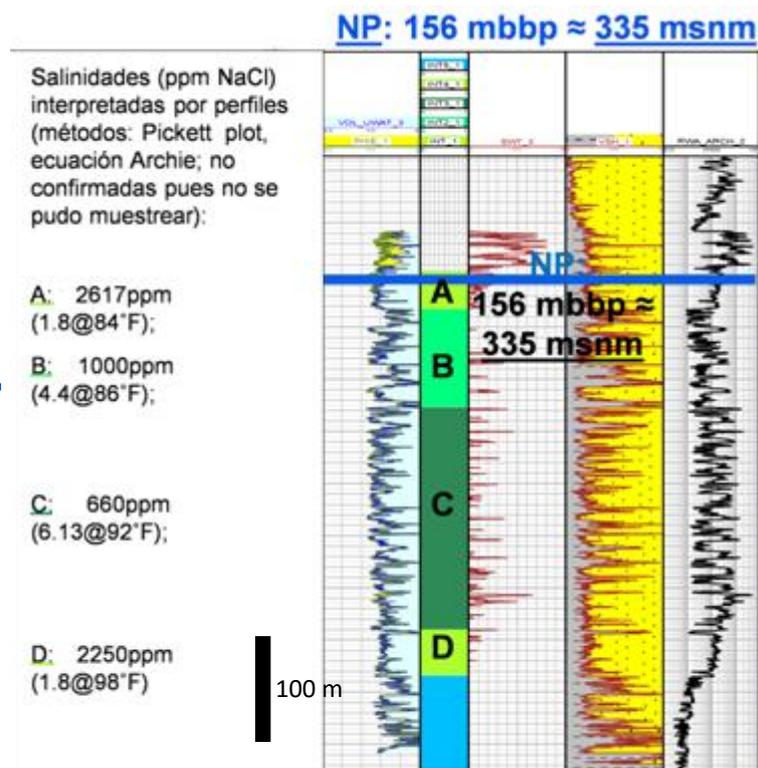


Fig. 3. Nivel Piezométrico como en Fig.2. Y salinidades interpretadas por petrofísica a partir de perfiles en pozo petrolero de sector centro-oeste de área estudiada. Se observa “anomalía de salinidades interpretadas”: disminuirían al aumentar la profundidad (no confirmadas pues no se pudo muestrear).

Los importantes desniveles topográficos hacen que el NP esté a profundidades de cientos de metros o que sea surgente. En la sección de 120 km de longitud de la Fig. 4 se ve la importante variación de profundidad según la topografía, y el muy suave gradiente del NP desde las áreas de recarga (Dorso de los Chihuidos, Sierra Auca Mahuida) hacia el área de descarga: Bajo de Añelo (ver también mapa topográfico en la Fig. 5). En la Fig. 6 (intersección del NP con la superficie del terreno) se presentan en celeste las áreas donde el NP es surgente, comprobado en al menos 7 pozos y en muchas observaciones de surgencia en aguadas y en antiguos pozos *upholes* de sismica, principalmente en el Bajo de Añelo. El agua puede surgir con una columna que alcanzaría más de 100 m de altura sobre el terreno (ver más adelante). En la Fig. 6 se representa también la profundidad probable a la que se encontraría el NP en áreas no surgentes, en metros bajo la superficie topográfica (mbst).

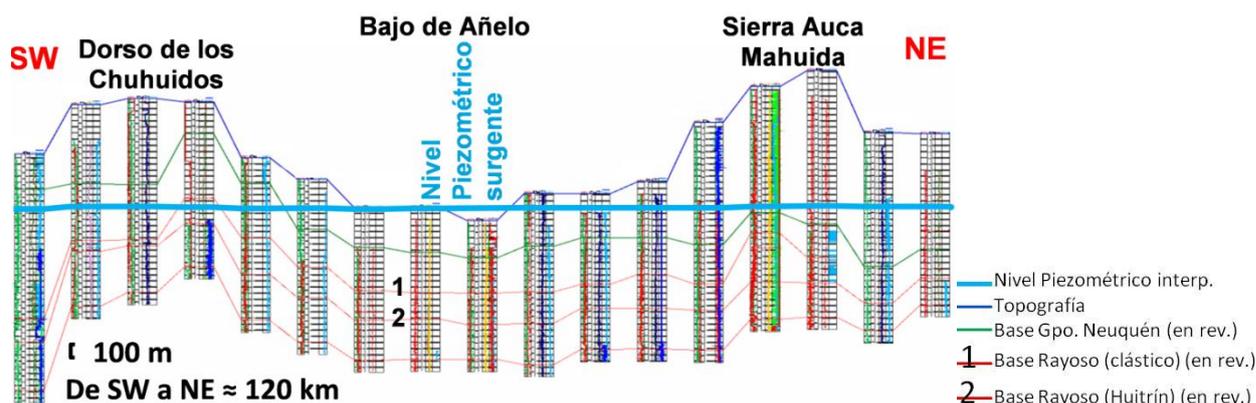


Fig. 4. Sección SW-NE con perfiles de pozos hidrocarburíferos. SANeRa desde topografía hasta base de Rayoso clástico. Nivel Piezométrico subhorizontal surgente en Bajo de Añelo (ubic. en Fig. 6)

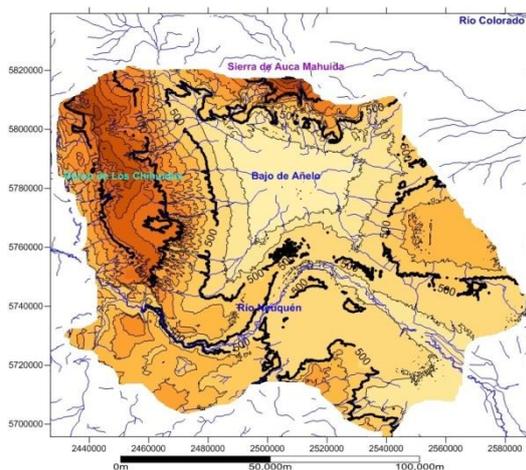


Fig. 5. Mapa topográfico.

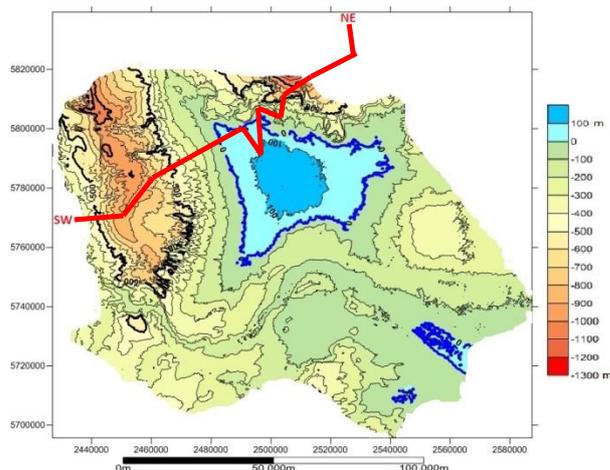


Fig. 6. Probabilidad de surgencia de agua: >0m (celestes); y profundidad estimada del Nivel Piezométrico (verdes y marrones): <0m. (En rev.) Línea roja: sección de Fig. 4.

Caracterización hidráulica del SANeRa, parámetros hidrogeológicos y de pozos

En un pozo de explotación de agua ("pozo CB": Con Bomba), en el sector centro-oeste del área de estudio (al SW del Bajo de Añelo y fuera del mismo) con la boca de pozo a 394 msnm, se realizaron ensayos de bombeo a caudal constante, a caudales escalonados y

de recuperación. El 1° duró 53 horas, con los siguientes resultados: caudal (Q)=56 m³/h (más de 1300 m³/d); nivel estático (NE)=49 mbbp (345 msnm); nivel dinámico final (ND)=109 mbbp; depresión del NP (d)=60 m; caudal específico (Qe)=0,95 m³/h.m; transmisividad (T)=47 m²/d; descenso residual a 17 horas de recuperación=0,45 m. En la Fig. 7 se presenta el gráfico Depresión–Tiempo para el cálculo de T (método de Jacob). Explota capas acuíferas y acuitardas de pocos metros de la base del Gpo. Neuquén y principalmente del Rayoso clástico, con 77 m de filtros en 8 tramos entre 88 y 354 mbbp. Con el ensayo a caudales escalonados de 37,5, 49,4 y 59 m³/h (Fig. 8: Profundidad nivel de agua–Tiempo) se calculó la eficiencia del pozo: 81%; y se obtuvieron las curvas características Q–d y Qe–d, que junto con el control geológico de *cutting* y el perfilaje geofísico indican que se trataría de un sistema acuífero multicapa cuyas capas superiores serían libres, siguiendo capas semiconfinadas a confinadas a medida que aumenta la profundidad. Habría comunicación hidráulica entre las capas, irregularmente separadas por acuitardos y acuícludos; son de origen fluvial, los acuíferos se comunican a través de las facies poco permeables y éstas y las impermeables están erosionadas en muchos sitios por facies permeables de canales que entonces se amalgaman en unidades hidráulicas mayores, rasgos que se observan en afloramiento y se interpretan en subsuelo.

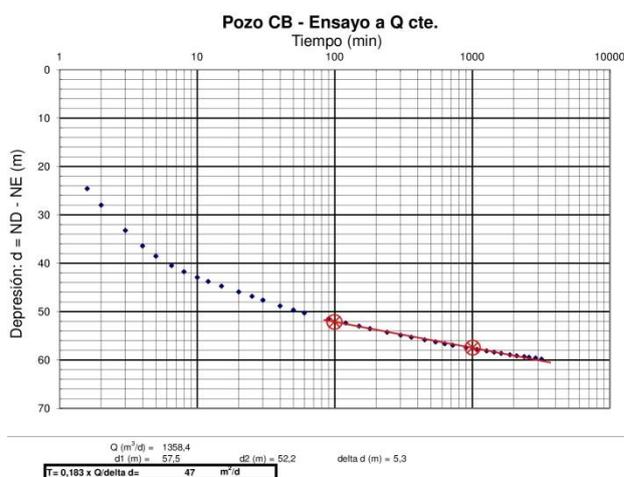


Fig. 7. Pozo CB (Con Bomba). Ensayo de bombeo a caudal constante (56 m³/h). Gráfico Depresión–Tiempo, interpretación de T≈50 m²/d.

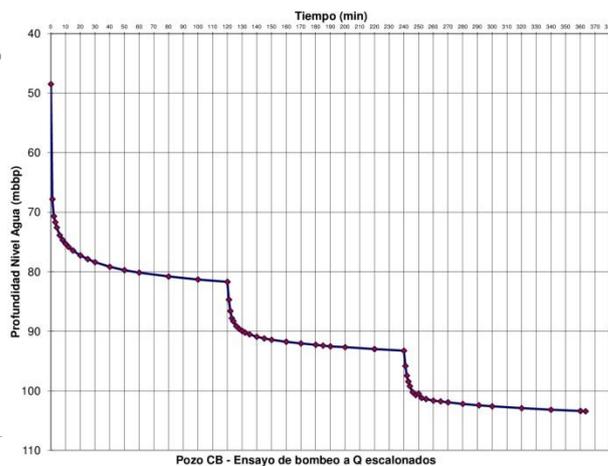


Fig. 8. Pozo CB (Con Bomba). Ensayo de bombeo a caudales escalonados (37,5, 49,4 y 59 m³/h). Gráfico Prof. Nivel Agua–Tiempo.

En otro pozo de explotación de agua (“pozo S”: Surgente), en el sector nor-noreste del Bajo de Añelo, con la boca de pozo (bp) a 233 msnm, se realizaron dos tests “drawdown” a caudal constante. Cada test duró unos 15 minutos pues era imposible prolongarlos debido a operatividad restringida (surgencia con alta presión y necesidad de uso). Se obtuvieron los siguientes resultados: Q=126 m³/h (más de 3000 m³/d); presión estática inicial en bp=8,8 bar (se mantiene luego de 15 ó 20 años de explotación) equivalente a NE=90 msst (metros sobre superficie topográfica), aprox. 320 msnm; presión dinámica durante producción con válvula totalmente abierta en bp=6,9 bar equivalente a ND=70 msst, aprox. 300 msnm; disminución de presión en bp=1,9 bar, equivalente a depresión del NP (d)≈20 m; la presión se recupera inmediatamente luego de cerrada la válvula; Qe=6,4 m³/h.m; T=330 m²/d. En la Fig. 9 se presenta el gráfico Presión–Tiempo de ambos tests, y las Figs. 10 y 11 los gráficos Depresión–Tiempo de cada uno para estimar T (método de Jacob). Explota capas acuíferas del Gpo. Neuquén, con filtros entre 360 y 423 mbbp. La eficiencia del pozo se estimó en 50%. La interpretación de la prognosis del pozo

(correlaciones de perfiles de pozos hidrocarburíferos) indica que se trataría de un sistema acuífero multicapa similar al descrito en el pozo CB.

En el Bajo de Añelo en otro pozo surgente (“pozo SS”) se hizo un test “drawdown” de 46 minutos (no pudo prolongarse por operatividad restringida), en el que se interpretó una T de 700 m²/d, que sólo es indicativa y se relativiza por mayor incertidumbre que los anteriores.

Salinidad del agua del SANeRa

Los análisis de laboratorio de agua de los 3 pozos anteriores dieron como resultados de Sólidos Disueltos Totales (SDT, mg/l): 1786 y 1864 (pozo CB), 1930 (pozo S) y 1990 (pozo SS). Se destaca que es agua salobre (se considera agua potable hasta 1500 mg/l de SDT), y por lo tanto no es apta para “abastecimiento de poblaciones”, y dependiendo de sus características iónicas, podría o no ser apta para “irrigación”. El decreto 1483/12 de la Prov. de Neuquén restringe con ambos usos la utilización de agua subterránea en reservorios no convencionales. Entonces la rápida generalización que suele hacerse sobre que el agua subterránea no puede ser utilizada en RNC se relativiza ante estos resultados que la caracterizan como salobre no apta para consumo humano y/o irrigación en varios sitios del área estudiada. Hay otros sitios en que el agua del SANeRa tiene menor salinidad. Todo esto resalta que el agua del SANeRa debe evaluarse concretamente en cada caso y ver si entra o no en la restricción del decreto mencionado, no siendo válido generalizar sin datos concretos.

En la Fig. 3 se presenta un ejemplo de salinidades de agua del SANeRa interpretadas por petrofísica a partir de perfiles en un pozo petrolero del área estudiada. Se observa que, al contrario de lo que normalmente se espera (aumento de mineralización con la profundidad), se trataría de una “anomalía de salinidades interpretadas” pues disminuirían al aumentar la profundidad. Este hecho fue interpretado de forma similar en otro sitio del área estudiada. (Salinidades no confirmadas pues no se pudo muestrear.)



Fig. 9. Pozo S (Surgente). Tests “drawdown” a caudal constante (126 m³/h). Gráfico Presión–Tiempo.

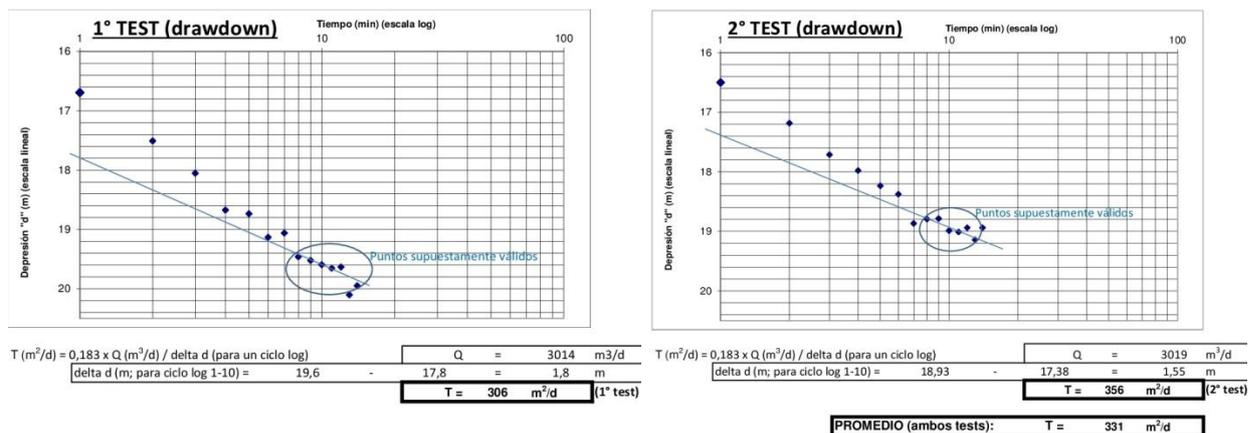


Fig. 10. Pozo S (Surgente). 1° test “drawdown”. Gráfico Depresión–Tiempo, interpretación de

Fig.11. Pozo S (Surgente). 2° test “drawdown”. Gráfico Depresión–Tiempo, interpretación de

T=306 m²/d.

T=356 m²/d. Promedio ambos tests: 331 m²/d.

Estimación de profundidades explotables y de reservas

En el área de estudio, a partir de un mapa estructural de un horizonte sísmico cercano al contacto Rayoso/Centenario(?) (con control parcial de pozos) provisto por una empresa petrolera, se elaboró el mapa de profundidad máxima estimada del SANeRa con salinidad relativamente baja y potencial de explotación sustentable (Fig. 12, metros bajo superficie topográfica: mbst). Se observa que en los sectores W y SW esta profundidad sería mínima: hasta 400 a 600 mbst; mientras que en las zonas E y SE se encontrarían las mayores profundidades con potencial explotable sustentable

Esta explotación potencial sería sustentable pues como lo demuestra el mapa de la Fig. 13, elaborado para tener una primera estimación expeditiva de reservas de agua subterránea del SANeRa con salinidad relativamente baja, en el área estudiada las mismas serían muy elevadas: un total mínimo del orden de 600.000 hm³ (600.000 MMm³, millones de m³ en jerga petrolera). En efecto, la Fig. 13 representa la altura equivalente de agua que se obtiene al considerar un espesor acuífero total mínimo estimado (en m; es mínimo pues es una estimación conservadora) multiplicado por una porosidad de 20% (valor también conservador pues se tienen datos de porosidad de más de 20% y hasta 30%). Al estimar el volumen de esta altura equivalente en los 13.000 km² del área estudiada, se obtienen estas enormes reservas. Téngase en cuenta que si en un pozo de RNC se utiliza una media de 15.000 m³ de agua para fracturación hidráulica, el uso para dicha actividad de sólo el 10% de estas reservas estimadas permitiría hacerlo en 4 millones de pozos, cantidad que supera en varios órdenes de magnitud las previsiones para el desarrollo de los RNC de toda la cuenca.

En la Fig. 13 se observa que las reservas estimadas son más abundantes en el sector E del área de estudio, disminuyendo hacia el W y siendo nulas en el sector más alto del Dorsal de los Chihuidos cuando el NP queda por debajo del Rayoso clástico. En esta última área, las profundidades señaladas en la Fig. 12 corresponderían a acuíferos colgados ubicados por encima del NP, con reservas consideradas prácticamente nulas frente a las de la zona saturada debajo del NP, aunque localmente pueden ser importantes, como en el poblado Los Chihuidos ubicado allí, que consume agua de acuíferos colgados del SANeRa.

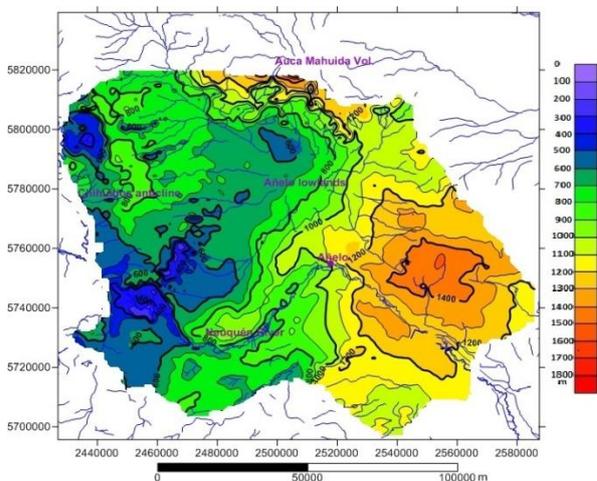


Fig. 12. Profundidad máxima estimada del SANeRa con salinidad relativamente baja y potencial explotación sustentable (según horizonte sísmico contacto Rayoso/Centenario[?], en rev.; metros bajo superficie topográfica:mbst)

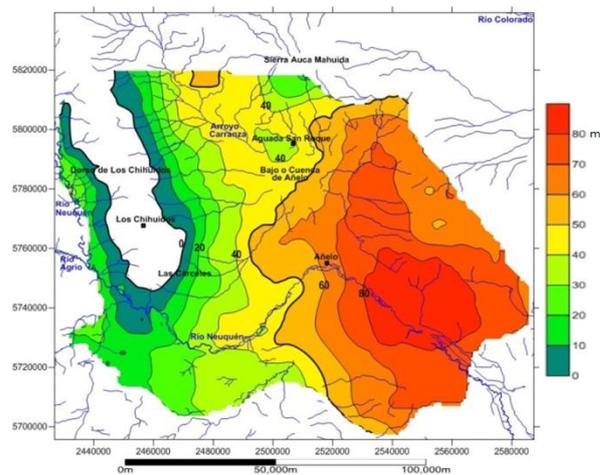


Fig. 13. Primera estimación expeditiva de reservas del SANeRa con salinidad relativamente baja: altura equivalente de agua (=espesor acuífero total mínimo estimado [m] x porosidad 20%, valores conservadores).(En rev.)

El gran volumen de reservas estimadas resalta la gran importancia del SANeRa en esta región árida/semiárida como fuente de agua, no sólo para la industria hidrocarburífera en todas sus actividades además de la fracturación hidráulica de RNC, sino también para todas las actividades humanas según sea salobre o no en cada área (industria, ganadería, eventualmente agricultura y bebida). Para que la explotación sea sostenible, debe realizarse dentro del marco de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos y el Desarrollo Sustentable.

CONCLUSIONES: Modelo hidrogeológico conceptual del SANeRa

El modelo hidrogeológico conceptual del Sistema Acuífero Grupo Neuquén y Formación Rayoso propuesto para este sector de la cuenca se esquematiza en la Fig. 14.

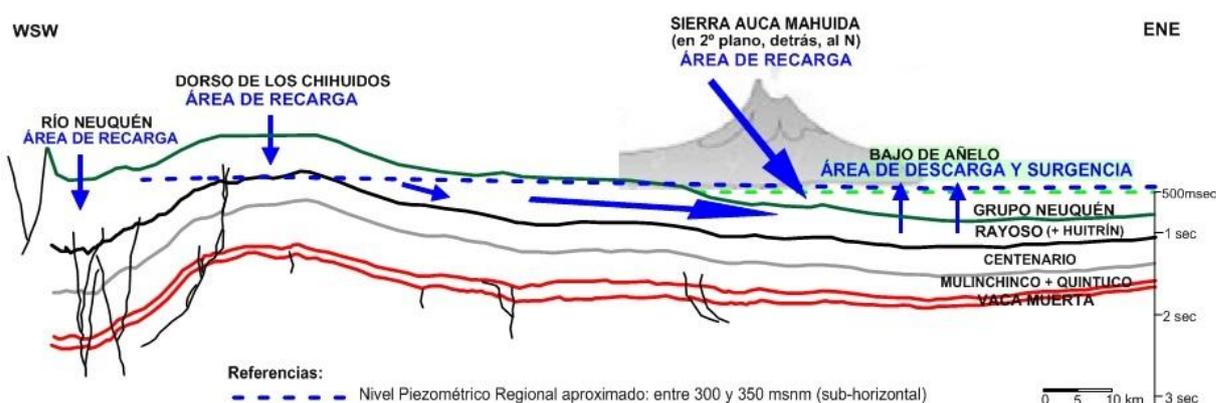


Fig. 14. Modelo Hidrogeológico Conceptual.
(Esquema inspirado en sección sísmica regional.)

Presenta las siguientes características principales (extrapolables a áreas vecinas):

- En los 13.000 km² estudiados está parcialmente asociado con el ciclo hidrológico superficial a través de dos áreas de recarga *in situ* principales: la Sierra de Auca Mahuida y el Dorso de los Chihuidos, y un área de descarga principal con surgencia: el Bajo de Añelo.
- También posee recarga por aporte de agua alóctona (del deshielo de los Andes) de los ríos Neuquén y Colorado (el primero dentro del área de estudio, el segundo al N de la misma).
- Nivel Piezométrico sub-horizontal, con muy suave gradiente hacia el Bajo de Añelo. Se encuentra aproximadamente entre 300 y 350 msnm.
- Sistema Acuífero “multicapa” o “multiunitario”, con funcionamiento libre en las capas superiores y semiconfinado/confinado a mayor profundidad, surgente en depresiones como el Bajo de Añelo con 9 bar en boca de pozo, presión estable luego de 15 ó 20 años de uso.
- Capas acuíferas profundas con salinidad relativamente baja hasta cientos de metros, sumando un espesor acuífero acumulado total de 50 a 400 m y porosidad mayor a 20%.
- Transmisividad de 50 a 350 (y hasta 700) m²/d en distintas zonas del área estudiada.
- Pozos de agua de características industriales (de empresas petroleras) con producción en el orden de 1000 a 3000 m³/d, con caudal específico de 1 a más de 6 m³/h.m.
- La salinidad suele estar cerca del límite inferior del agua salobre, 1500 a 2000 ó 3000 mg/l, suele ser NO APTA para “abastecimiento de poblaciones” y/o “irrigación”, usos con que la Prov. Neuquén restringe su utilización en reservorios no convencionales (dec.1483/12), ergo debe evaluarse en cada caso, no siendo válido generalizar la restricción para este uso.
- Reservas en el orden de 600.000 hm³ (MMm³), 1^a estimación expeditiva en área estudiada.
- Acuíferos colgados en zona no saturada, regionalmente poco relevantes pero explotables y por lo tanto importantes localmente, alimentan manantiales usados por pobladores rurales.
- Sistema acuífero muy productivo, su explotación es sostenible si el Estado impulsa la Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Las empresas podrían, dentro de la responsabilidad social empresaria, ser motores importantes del Desarrollo Sustentable

pues tienen capacidad para perforar pozos para uso propio y todo otro uso de la sociedad en general. La potencialidad y la oportunidad de generar “oasis” productivos son enormes.

- Hipótesis de trabajo propuesta (a validar o refutar con trabajos que incluyan estudios isotópicos): la anomalía de disminución de la salinidad con el aumento de la profundidad (interpretada en pozos petroleros de 2 sitios) podría deberse a que en paleoclimas húmedos (tal vez períodos interglaciarios), el SANeRa se habría “llenado” rápidamente con agua de baja mineralización que se encontraría en capas semiconfinadas/confinadas profundas y mantendrían su baja salinidad relativa pues estarían desconectadas del actual ciclo hidrológico; pero las capas superiores sí estarían conectadas con el presente ciclo árido/semiárido que facilitaría su mayor mineralización. Esta hipótesis también considera análisis isotópicos de agua del SANeRa de zona cercana (Bitesnik *et al.*, 2002), donde se postuló como posible origen la infiltración en clima más húmedo y frío que el actual (desde hace 30.000 años[?], más probable entre 13.000 y 9000 años antes del presente).
- Si la hipótesis anterior se verificase, podría considerarse como fósil a gran parte del agua de baja salinidad del SANeRa. Al respecto, vale destacar lo señalado por Llamas y Custodio (2003; traducción propia del original inglés): “en áreas donde la recarga es baja o no existe... la discusión del uso sustentable... no debe llevarse a cabo usando los puntos de vista usuales de países húmedos e industrializados... Con adecuada gestión, muchos países áridos podrían usar sus recursos no renovables más allá del futuro predecible... puede ser una opción razonable mientras que los datos disponibles aseguren que se la puede mantener económicamente por algún tiempo... y que los costos ecológicos son compensados por los beneficios socio-económicos... Se podría decir que el agua subterránea fósil no tiene valor intrínseco si se la deja en el subsuelo, excepto como potencial recurso para futuras generaciones, pero surge la pregunta de cómo determinar si ellos la necesitarán más que la generación presente”. En opinión de los autores del presente trabajo, en esta región árida/semiárida es imprescindible para la actual generación explotar la importante reserva de agua del SANeRa pues además de contribuir al autoabastecimiento energético, traerá grandes beneficios socioeconómicos de todo tipo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a YPF Tecnología S.A.(Y-TEC) y a Total Austral S.A. las autorizaciones para publicar material e interpretaciones basadas en distintos estudios corporativos.

REFERENCIAS

- Bedini, P. y G. Meconi, 2015. Método para el estudio de acuíferos con información de pozos hidrocarbúricos para proveer agua a la industria petrolera; ejemplo: Yacimiento Punta Barda, Cuenca Neuquina. Jornadas de Gerenciamiento Integral de Agua en Yacimientos Petroleros, IAPG, C. Rivadavia.
- Bitesnik, H., G. Meconi y P. Tchilinguirian** (para NSC), 2002. Estudio de los recursos hídricos subterráneos del Grupo Neuquén, Yto. El Trapial, Neuquén; Chevron San Jorge. Inédito.
- Colombino, J. y M. Luengo**, 2011. Regiones Hidrogeológicas. XVIII Congreso Geológico Argentino, Neuquén, Relatorio, 833-840.
- Hernández, M.**, 2015. Recursos Hídricos. En: Recursos hidrocarbúricos no convencionales shale y el desarrollo energético de la Argentina. Caracterización, oportunidades, desafíos. EUDEBA, Bs. As., 307-348.
- Laney, R. y C. Davidson**, 1986. Acuífer-nomenclature guidelines. U.S. Geological Survey, Open-File Report 86-534, Reston, Virginia.
- Laurencena, P. y E. Kruse**, 2008. Caracterización de acuíferos profundos en un sector de la Cuenca Neuquina. IX Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea, Quito.
- Llamas, R. y E. Custodio**, 2003. Intensive use of groundwater: a new situation which demands proactive action. In: Llamas, R. y E. Custodio, 2003 (eds.): Intensive use of groundwater. Challenges and Opportunities, A.A. Balkema Publishers Lisse, 13-31.

- Meconi, G.**, 2015. Neuquén Group and Rayoso Formation Aquifer System (S.A.Ne.Ra.), Neuquén Basin, Argentina: proposed denomination, study and Integrated Water Resource Management (IWRM). 42nd International Association of Hydrogeologists Congress, Roma.
- Navarro Alvargonzález, A., A. Fernández Uría, y J. Doblas Domínguez**, 1993. Las aguas subterráneas en España. Instituto Geológico y Minero de España (IGME).
- Poland, J., B. Lofgren, y F. Riley**, 1972. Glossary of selected terms useful in studies of the mechanics of aquifer systems and land subsidence due to fluid withdrawal. U.S. Geological Survey, Water Supply Paper 2025, 9 p.
- Primo, L. y O. González**, 1973. Relevamiento de las aguas subterráneas de la Cuenca Neuquina y su posible utilización en proyectos de recuperación secundaria y otros usos. II Simposio de Recuperación Secundaria de Petróleo y Gas, Bariloche, 32 pp.
- Scatizza, C., M. Hernández, S. Preiato, C. Di Lorenzo y M. Wocca**, 2013. Aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos en el desarrollo de los yacimientos de hidrocarburos no convencionales. En: González, N., E. Kruse, M. Trovatto y P. Laurencena (eds.): Temas Actuales de la Hidrología Subterránea 2013. Ed. Universidad Nacional de La Plata, 297-302.
- Sosic, M., 1978. Recursos Hídricos Subterráneos. VII Congreso Geológico Argentino, Neuquén, Relatorio, 309-323.