

Características hidrolíticas de las formaciones Patagonia y Santa Cruz. Cuenca del Golfo San Jorge. (Provincias de Chubut y Santa Cruz)

Lisandro Hernández¹ y Mario A. Hernández²

¹ Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP) Av. 60 y 122 La Plata (1900), Buenos Aires, Argentina. Hidroar SA. 67 No 1747 La Plata (1900). Buenos Aires. Argentina

² Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP) Av. 60 y 122 La Plata (1900), Buenos Aires, Argentina

Mail de contacto: lisandro_h@sinectis.com.ar

RESUMEN

Se describen comportamientos hidrolíticos de las formaciones Patagonia y Santa Cruz en el ámbito oriental de la cuenca del Golfo San Jorge, que suelen albergar un acuífero denominado "Patagoniano". La provincia de Santa Cruz protegió estas aguas subterráneas por Ley 2185, fijando una reserva hidrogeológica entre las mesetas Espinoza-El Cordón y río Deseado. Recientemente y ante la eventual contaminación por hidrocarburos en operaciones de recuperación secundaria, por Disposición 135 de la Subsecretaría de Medio Ambiente. Por necesidad de discernir términos acuíferos de las formaciones, de aquellos con comportamiento hidrogeológico diferente, se revisaron e interpretaron perfiles geológicos/geofísicos de pozos y piezómetros, sobre el conocimiento regional e hidrolítica de las unidades. Fueron identificados lugares donde las formaciones Patagonia y/o Santa Cruz ofrece/n una condición predominantemente acuífera (freática, confinada o semiconfinada según su posición), otros donde es parcialmente alternante con tramos poco permeables y sondeos en que todo el espesor es acuífero. Se pretende aclarar una frecuente confusión entre la entidad litoestratigráfica y la hidrolítica.

Palabras clave: Hidrolítica - Formaciones - Patagonia extrandina - Golfo San Jorge -

ABSTRACT

Hydrological behaviours of the Patagonia and Santa Cruz formations are described. They are located in the eastern parts of San Jorge Gulf basin and usually host the so-called "Patagoniano" aquifer. Groundwaters in Santa Cruz province are protected by Law 2185 and, accordingly, a hydrogeological reserve was established between Espinoza-El Cordón tablelands and Deseado river. Recently, they were also protected through Ordinance 135 of the Environment Under-Secretariat in the event of hydrocarbon pollution due to secondary recovery operations. In the need to discern the the aquifer terms of both formations from other aquifers/aquifers, geological/geophysical profiles of wells and piezometers were reviewed and interpreted, based on the regional and hydrological characteristics of the units. Locations in the Patagonia and/or Santa Cruz formations were differentiated as follows: predominantly aquifer (phreatic, confined or semiconfined according to their position); partially fluctuant with low permeability sections and aquifers throughout the thickness of the soundings. A common confusion between lithostratigraphic and hydrological units is discussed.

Key words: Hydrology - Formations - Extra-andean Patagonia - San Jorge Gulf

Introducción

El vasto territorio de la Patagonia extrandina argentina se halla bajo condiciones climáticas áridas, con lluvias medias anuales en general inferiores a 200 mm/año y un déficit hídrico del orden de 500 mm/año (Hernández et al. 2008). Pese a los aportes nivales en las latitudes más altas, el panorama regional es de escasa disponibilidad de agua dulce, excepto los poco frecuentes cursos de nacientes andinas y

sectores donde tienen lugar mecanismos especiales de recarga de aguas subterráneas (Hernández et al. 2009).

Para proteger estos limitados recursos, la provincia de Santa Cruz sanciona en el año 2000 la Ley 2185 declarando área de reserva hidrogeológica a la comprendida entre los niveles terrazados "Meseta Espinoza" y "El Cordón", delimitada por cota IGM 300 m en el Norte hasta el eje del valle actual del Río

Deseado al Sur; por el Este el meridiano 67° 30' y al Oeste el de 69°.

Consecuentemente, se dicta en el año 2009 la Disposición 135 de la Subsecretaría de Medio Ambiente, que en sus considerandos y luego de introducir sobre problemas derivables de la extracción de petróleo por inyección de agua reza (sic)... "Que esta situación constituye un potencial riesgo de contaminación de los acuíferos de interés existentes, como por ejemplo en la Cuenca del Golfo San Jorge (Formación Patagonia). Que ante el cuadro de situación existente se hace menester dictar la normativa que regule en esta actividad extractiva de hidrocarburo con este tipo de método de recuperación asistida...".

Comienza fundamentalmente en el sector oriental de la cuenca del Golfo San Jorge (Figura 1) y a propósito de la legislación aludida, a manifestarse la diferencia de criterios respecto a los conceptos de Formación Patagonia y acuífero "Patagoniano" que motiva esta contribución.



Figura 1. Ubicación de la zona (modificado de Paredes, 2002).

El objetivo es precisamente aclarar las diferencias entre ambas concepciones, que más allá de lo semántico conlleva una implicancia práctica, como se verá.

Materiales y métodos

La metodología utilizada parte de la revisión crítica de la abundante bibliografía de raíz geológico-estratigráfica de alcance regional y local, acerca de las formaciones terciarias Patagonia y Santa Cruz y/o sus equivalentes, entre la cual merecen destacarse los aportes de Feruglio (1949, 1950), Bellosi (1990), Bertels (1969, 1970), Lesta et al. (1980), Malumián (1999, 2002), Nullo y Combina (2002).

El reconocimiento de sus características litológicas y límites, especialmente los verticales, permitió orientar la interpretación de perfiles geológicos y geofísicos (sp y resistividad, Fig.2) procedentes de la exploración-explotación petrolífera y de ejecución de pozos inyectoros de agua para recuperación secundaria, desde el punto de vista litoestratigráfico.

Paralelamente, con la misma información de base y los trabajos antecedentes de la Cátedra de Hidrogeología UNPSJB (1982), Consejo Federal de Inversiones (1986, 1991), González Arzac et al. (1991), Grizinic y Fronza (1996), Hernández et al. (2008) más aquella proveniente de relevamientos hidrogeológicos específicos (hidrodinámica, ensayos hidráulicos), fue analizada la conformación hidrolitológica de las formaciones en diferentes perfiles de perforación, con atención a la calidad acuífera, acuíclada o acuitarda de los materiales geológicos.

Fue posible de esta manera distinguir tres modelos típicos del comportamiento en subsuelo para la comarca: cuando resulta preponderantemente acuífera, cuando la unidad litoestratigráfica actúa como acuíclada en todo su espesor, o cuando alternan términos acuíferos con otros acuitardo/acuíclados.

Las unidades litoestratigráficas

La *Formación Patagonia*, yacente por debajo de la cubierta gravosa pliocena conocida genéricamente como "*Rodados patagónicos*" o de la *F. Santa Cruz*, está constituida por depósitos de la transgresión marina del Oligoceno tardío-Mioceno y descrita por primera vez por Ameghino (En Feruglio, 1949) que reconoce un piso inferior o *Juliense* y otro superior o *Leonense*, cubiertos por un tercero que llama *Superpatagoniense*.

Su litología comprende areniscas generalmente calcáreas, intercaladas con arcilitas y limolitas con abundantes fósiles marinos (Feruglio, 1949; 1950) incluyendo bancos coquinoideos tenaces. Por haberse depositado en la etapa transgresiva de un mar de extensión regional, se apoya

sobre formaciones de edades diferentes como *Sarmiento*, *Río Chico*, *Chon Aike* o *La Matilde* entre otras.

Históricamente, la *F. Patagonia* ha experimentado sucesivos y a veces cíclicos cambios de asignación estratigráfica, cronológica o nominativa. Se crearon formaciones equivalentes parcialmente, como *San Julián* que en la práctica se correspondería con el piso más bajo (Juliense), o la *F. Monte León* que algunos autores asignan al Oligoceno superior-Mioceno inferior (Malumian, 2002). También se propuso considerar a *Patagonia* como un Grupo con las formaciones precisadas como componentes, o en otros casos llamarla *Formación Cherque* (en Malumian, 1999) que con ciertas discrepancias cronológicas puede considerarse equivalente.

Se halla referida al Oligoceno superior-Mioceno y en parte de la región, infrayace a la *F. Santa Cruz* o eventualmente a los "Rodados Patagónicos", apoyándose sobre las formaciones *Sarmiento* o *Río Chico*.

Los depósitos corresponden a las mayores profundidades de los mares cenozoicos patagónicos (Malumian, 2002), con gran aporte silico-biogénico. Se produce la erosión y redépósito en ámbito marino de pelitas procedentes de las tobas de la *F. Sarmiento*, que contribuyen a importantes espesores arcillosos-limoarcillosos en la base, como pareciera ocurrir según perfiles de perforación con control geológico y registros geofísicos, en localidades del Norte de Santa Cruz, alcanzando más de 100 m. En otros lugares, predominan sedimentitas arenosas y las fracciones más finas están subordinadas como intercalaciones (Bertels, 1970; Bellosi, 1990)

Ocurre de esta forma una marcada heterogeneidad litológica, traducida como se interpreta más abajo en modelos hidrogeológicos de anisotropías heterogéneas.

La *Formación Santa Cruz* descrita también por primera vez por Ameghino en 1889 (Feruglio, 1949) como el "piso Santacruceño continental" es una sucesión de arcilitas tobáceas, arcilitas y areniscas finas a medianas, tobas y tufitas blanquecinas a pardo claras (Nullo y Combina, 2002), de edad generalmente asignada al Mioceno temprano-medio y tardío, a veces portadora de mamíferos fósiles.

Difícil de diferenciar de la *F. Patagonia*, especialmente en subsuelo, es precisamente, el contenido fosilífero el principal elemento diagnóstico de reconocimiento, no obstante lo cual existe en oportunidades una zona de mezcla de ambos orígenes en el estadio transicional.

Completando la columna hasta superficie existen depósitos que, bajo la denominación genérica de "Rodados Patagónicos", incluyen a una amplia variedad de depósitos de gravas poligénicas que tapizan las mesetas extrandinas, y terrazados como los de los ríos Deseado, Senguerr, Cañadón Salado y tributarios, Chico y Shehuen. Desde el punto de vista litoestratigráfico, han merecido varias denominaciones formales como *F. La Avenida*, *F. Cordón Alto*, *F. Pampa de la Compañía*, *F. Mata Grande* y otras.

El "acuífero Patagoniano".

La presencia de agua subterránea en las formaciones *Patagonia* y/o *Santa Cruz*, muchas veces de buena calidad, fue reconocida ya por antiguos pobladores rurales y luego por la actividad petrolífera, llegando a utilizarse para la provisión pública en Caleta Olivia (captaciones de Cañados Quintar y Cañadón Esther). Llegó así a asociarse unívocamente a la formación con el concepto de acuífero, conocido generalmente como "Patagoniano", e incluido por Griznik (Cátedra de Hidrogeología UNPSJB 1982; Griznik y Fronza 1996) dentro del denominado para la zona oriental de la Cuenca del Golfo San Jorge *Complejo Multiunitario*.

Este Complejo, redefinido por Hernández et al. (2009), fue subdividido en dos segmentos: el equivalente al Acuífero Multiunitario superior, denominado allí más propiamente Sistema Geohidrológico Superior o activo (SGS), y el restante, Sistema Geohidrológico Inferior o pasivo (SGI).

El primero, ocuriente exclusivamente en medio poroso, incluye a la *Formación Patagonia* y a todos los terrenos terciarios suprayacentes a la *Formación Salamanca* de edad paleocena (Cuadro 1).

Cuadro 1. Secuencia estratigráfica

EDAD	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	AMBIENTE
Holoceno	Sedim. modernos	Cont/Marino
Pleistoceno	Terrazas fluviales	Fluvial
Plio-Pleist.	<i>Rodados Patagónicos</i>	Continental
Mioceno	<i>F. Santa Cruz</i>	Continental
	<i>F. Patagonia</i>	Marino
EO-Oligoceno	<i>F. Sarmiento</i>	Continental
Paleoceno	<i>F. Río Chico</i>	
		<i>F. Salamanca</i>

La experiencia ha indicado, sobre la base de nuevos y más detallados perfiles litológicos y especialmente, información específicamente

hidrogeológica, que muchas veces las formaciones objeto no poseen un comportamiento acuífero, o al menos lo alternan con términos acuicludos o acuitardos.

Esto sucede a expensas de la litología más arriba descrita, ya que ocurren importantes espesores pelíticos, especialmente en los sectores occidentales. Es en estos casos en que suelen surgir discrepancias en cuanto al diseño de los entubamientos de perforaciones petrolíferas o para inyección de agua en recuperación secundaria, más allá de que

resulte imprescindible proteger el acuífero por una elemental razón ambiental, independientemente de que lo requiera la normativa.

Para poder apreciar los diferentes comportamientos de las formaciones en la cuenca, se recurre a los perfiles considerados como representativos de las tres situaciones advertidas, a modo de patrones denominados según los lugares donde se sitúan las perforaciones, al no poder referirlas individualizadas según su código por razones de confiabilidad del dato.

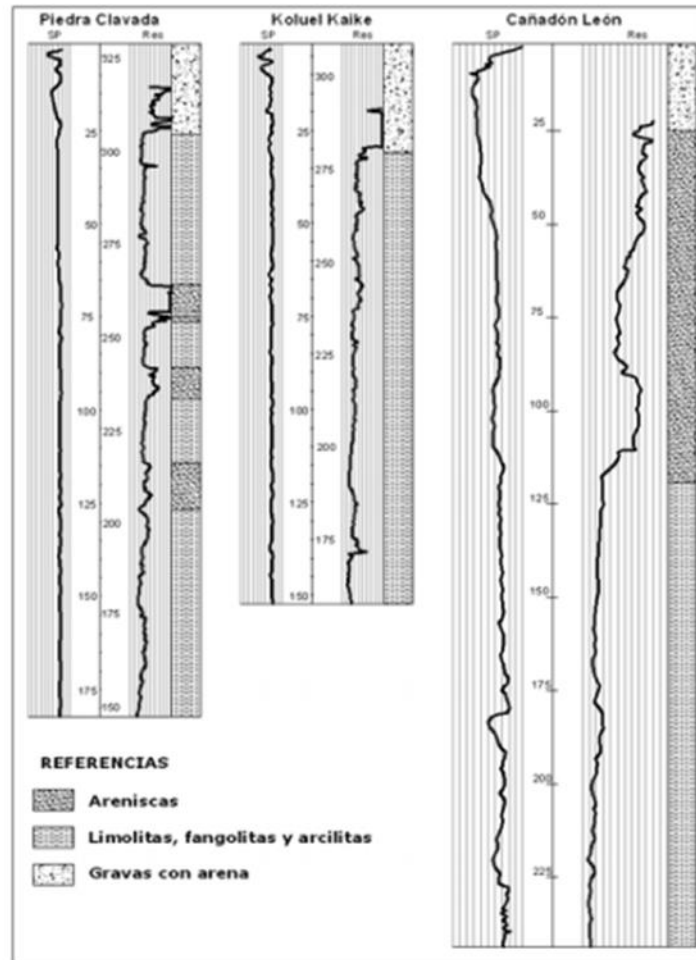


Figura 2. Perfiles geofísicos-litológicos de los Patrones de comportamiento

1. **Patrón Cañadón León:** La formación está compuesta en su mayor parte por materiales acuíferos (arenas, arenas limosas, areniscas, ocasionalmente conglomerados organógenos), generalmente apoyados sobre un acuíclodo correspondiente a tobas de la *F. Sarmiento* (Figura 2). Prevalce este comportamiento en todo el sector costero (Caleta Olivia, Cañadón Seco, Cañadón Quintar, Cañadón Esther), con espesores que suelen superar los 100 m (90 m en el ejemplo), rendimientos del orden de 10-12 m³/h (Consejo Federal de Inversiones 1991; Plusagua, 2012). En algunos casos es la *Formación Santa Cruz* la que contiene el acuífero, con ausencia de restos fosilíferos marinos.

2. **Patrón Piedra Clavada:** Por debajo de 10 m de arenas y rodados, el perfil muestra hasta los 204 m la prevalencia de comportamientos desde acuíclodos hasta acuitardos (limolitas y limoarcilitas), con delgadas manifestaciones acuíferas (fracción arena) que generalmente no llegan a integrar una unidad hidráulica de tal carácter, por falta de continuidad espacial. Los caudales de prueba fueron francamente exiguos (0,05 m³/h a 1 m³/h) con un rápido agotamiento.

3. **Patrón Koluel Kaike:** Luego de atravesarse unos 40 m de conglomerados, depósitos de gravas gruesas y areniscas conglomerádicas, portadores del acuífero freático, la *Formación Patagonia* está compuesta por una sucesión de arcilitas y limoarcilitas netamente acuícludas, sin ninguna manifestación acuífera apreciable, siquiera a título de intercalación.

Existen lógicas dificultades para reconocer, en base a la información de perfiles eléctricos y geológicos, la pertenencia de pozos antecedentes a alguno de estos patrones de comportamiento, en especial aquellos de antigua data.

Los más nuevos cuentan ya con descripción litológica y registros de multiperfiles, lo cual facilita precisar los pases y a veces la composición.

Pero es indudable que son los sondeos con diseño hidrogeológico y los ensayos hidráulicos los que pueden aportar criterios válidos para identificar las características acuíferas, acuitardas o acuícludas de las formaciones.

A título general, puede decirse que en el sector oriental de la zona de yacencia (Figura 1) la tendencia regional es a la existencia de un carácter acuífero de las formaciones, según el patrón Cañadón León, con presencia creciente de hidrología acuitarda o acuífera hacia el Oeste.

Si bien en los ejemplos mencionados los acuíferos son en general confinados o semiconfinados, puede tratarse también de

freáticos en los sectores más próximos a la costa, donde las formaciones afloran o se hallan cubiertas por reducidos espesores de gravas.

Conclusiones

La normativa de la provincia de Santa Cruz establece acertadamente la protección de los acuíferos contenidos en la *Formación Patagonia*, surgiendo una confusión respecto a la identidad de esta unidad litoestratigráfica con la hidroestratigráfica denominada acuífero Patagoniano.

Con la finalidad de aclarar debidamente estos aspectos, se analizaron perfiles litológicos, perfilajes eléctricos (potencial espontáneo y resistividad) y datos de perforaciones hidrogeológicas, para componer un cuadro de situación.

De esta forma se distinguieron tres patrones de comportamiento, denominados según la localidad tipo que contiene el sondeo de referencia Cañadón León, Piedra Clavada y Koluel Kaike.

En el patrón Cañadón León la formación se presenta como esencialmente acuífera en casi todo su espesor. En Piedra Clavada se presenta una litología acuícluda/acuitarda, prevalente sobre intercalaciones acuíferas y el patrón Koluel Kaike ofrece toda la potencia de la unidad con comportamiento acuíclodo, como lo demuestran los ensayos.

Se concluye concretamente que las unidades litoestratigráficas objeto de este estudio no son invariablemente acuíferas, y que sería muy útil para la autoridad de aplicación una regionalización al menos orientativa, para ordenar las acciones a indicar a las operadoras petroleras para el acabado cumplimiento de las normas.

Referencias

- Bellosi, E. S., 1990. Formación Chenque: registro de la transgresión patagoniana en la Cuenca San Jorge. *XI Congreso Geológico Argentino*, Actas 2:57-60 San Juan.
- Bertels, A. 1969. Estratigrafía del límite Cretácico Terciario en Patagonia Septentrional. *Rev. Asoc. Geol. Argentina* XXIV (1): 41-54.
- Bertels, A. 1970 Sobre el "Piso Patagoniano" y la representación de la época del Oligoceno en Patagonia Austral. *Rep. Argentina. Rev. Asoc. Geol. Argentina* XXV (4):495-501. Buenos Aires.

- Catedra de Hidrogeología UNPSJB 1982. Reconocimiento Geohidrológico del Sudeste de la Pcia. del Chubut. UNPSJB-DGRH (ined.). C. Rivadavia.
- Consejo Federal de Inversiones 1986. Geología y Geomorfología del NE de la Provincia de Santa Cruz. Tomos I y II. CFI. Bs. Aires.
- Consejo Federal de Inversiones 1991. Geohidrología del area Noreste de la Pcia. de Santa Cruz. *Colec. Hidrol. Subterránea* N°1. Buenos Aires.
- Feruglio, E. 1949 Descripción geológica de la Patagonia, T. I y II. *Dirección General de Yac. Petrolíferos Fiscales*. Buenos Aires.
- Feruglio, E. 1950 Descripción geológica de la Patagonia, T. III. *Dirección General de Yac. Petrolíferos Fiscales*. Buenos Aires.
- González Arzac, R. J., Díaz, L. y Calvetty Amboni, B. 1991. Geohidrología del Area Noreste de la Provincia de Santa Cruz. Consejo Federal de Inversiones. *Serie Investigaciones Aplicadas, Colec. Hidrología Subterránea* N° 1. Buenos Aires.
- Grizinić, M. & S. Fronza 1996. Hidrogeología de la región situada al Noreste de Las Heras, Provincia de Santa Cruz, Argentina. XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas IV: 417-425. Buenos Aires.
- Hernández, M. A., González, N. and Hernández, L. 2008. Late Cenozoic geohydrology of Extra-Andean Patagonia Argentina. En: J. Rabassa (ed), *The Late Cenozoic of Patagonia and Tierra del Fuego*, Elsevier, Amsterdam, *Developments in Quaternary Science* 11: 497-509. ISSN 1571-0866.
- Hernández, Hernández, M. A., González, N., Ceci, J. H. y Sánchez, R. 2008. "Origen de aguas subterráneas salinas en la zona de Caleta Olivia. Provincia de Santa Cruz, Argentina". *IX Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea*. ALHSUD. Ed. CD Rom y Libro de Resúmenes (Memorias, pp.36). Quito, Ecuador.
- Hernández, M. A., González, N. y Hernández, L. 2009. Regiones áridas. Procesos diferenciales de recarga y casos ejemplo de Argentina. En: J. Carrica, M. A. Hernández y E. Mariño (eds), *Recarga de acuíferos. Aspectos generales y particularidades en regiones áridas*, AIH GA-Amerindia, Santa Rosa (La Pampa), 63-70. ISBN 978-987-1082-39-1.
- Hernández, M. A., Scatizza, C., Rojo, M., Preiato, S. y Hernández, L. 2009. Un método para estimar la sensibilidad hidrológica aplicado en la cuenca del Golfo San Jorge. Provincias de Chubut y Santa Cruz. *Boletín Geológico y Minero de España*, 120 (4): 523-532. ISSN 0366-0176. Madrid.
- Lesta, P. J., Ferello, R. y Chebli, G. 1980. Chubut extrandino. II Simposio Geológico de la República Argentina. *Academia Nacional de Ciencias*. Córdoba.
- Malumian, N., 1999. La sedimentación y el volcanismo terciarios en la Patagonia extrandina. En: *Geología Argentina, Anales* 29, 18:557:612. SEGEMAR, Buenos Aires.
- Malumian, N. 2002. El Terciario marino. Sus relaciones con el eustatismo. Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz. *Relatorio del XV Congreso Geol. Arg. M.J. Haller*, Ed. I-15:237-244. Buenos Aires.
- Nullo, F. E. y Combina, A. M. 2002. Sedimentitas terciarias continentales". Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz. *Relatorio XV Congreso Geol. Arg. M.J. Haller*, Ed. I-16:245-258. Buenos Aires.
- Paredes, J. M. 2002. Asociaciones de facies y correlación de las sedimentitas de la formación Chenque (Oligoceno-Mioceno) en los alrededores de Comodoro Rivadavia, cuenca del Golfo San Jorge, Argentina. *AAS Revista* Vol. 9 No. 1:53-64.
- Plusagua 2011 Estudio hidrogeológico para abastecimiento de agua industrial al Yacimiento Cañadón Seco. YPF S.A. <http://www.plusagua.com.ar>