

TRES MODELOS HIDROGEOLOGICOS DE LA PATAGONIA EXTRANDINA
 PROVINCIA DE SANTA CRUZ - REPUBLICA ARGENTINA

R. González Arzac * y J. L. Diaz **

* Consejo Federal de Inversiones. Subsele La Plata
 3 N° 683 (1900) La Plata - Argentina

** Servicios Públicos Sociedad del Estado
 Av. Roca N° 669 (9400) Ríó Gallegos - Argentina

RESUMEN

Se describen y comparan tres modelos hidrogeológicos separados 400 km entre sí, denominados Caleta Olivia, San Julián y Ríó Gallegos. Son aspectos comunes a la región la extrema aridez del clima, la vegetación xerófila, el relieve mesetiforme de niveles gradacionales terrazados, y la cobertura uniforme de gravas pleistocenas dispuestas sobre potentes sedimentos terciarios samopelíticos.

La unidad Caleta Olivia (3000 km²; 46°30' lat S) presenta un freático de poco espesor, un potente complejo con niveles semiconfinados y confinados locales hasta -180 m (Fm Patagonia y Sarmiento) y un basamento hidrogeológico acuífudo (Fm Ríó Chico), por debajo del cual se desarrolla la cuenca petrolífera Golfo San Jorge.

La unidad San Julián (2500 km²; 49° lat S) incluye un acuífero freático seguido de un semiconfinado hasta -60 m que continúa con un acuitardo-acuífudo hasta -200 m (Fm Patagonia) y luego un basamento acuífugo de rocas porfíricas (Gr. Bahía Laura).

La unidad Ríó Gallegos (2000 km²; 51°30' lat S) se compone de un freático menor y un confinado, en casos surgente, hasta -150 m (Fm Santa Cruz) sobre una base hidrogeológica acuífuda (Fm Ríó Chico).

A pesar del déficit hídrico son importantes las fuentes de agua subterránea, dependiendo su potencialidad de la extensión areal expuesta a la recarga autóctona, de la proporción de sedimentos samíticos en su estructura, y de su prolongación hacia el sector cordillerano más húmedo que posibilita la recarga alóctona. Los contenidos químicos son siempre aptos para el consumo humano (0,5 a 0,8 g/l), óptimo su rendimiento (0,5 a 2 m³/h . m), e importante su renovabilidad dada la eficaz infiltración de las escasas precipitaciones. Hacia la descarga en el litoral atlántico los sistemas adquieren alta salinidad y bajo rendimiento hidráulico.

PALABRAS CLAVES

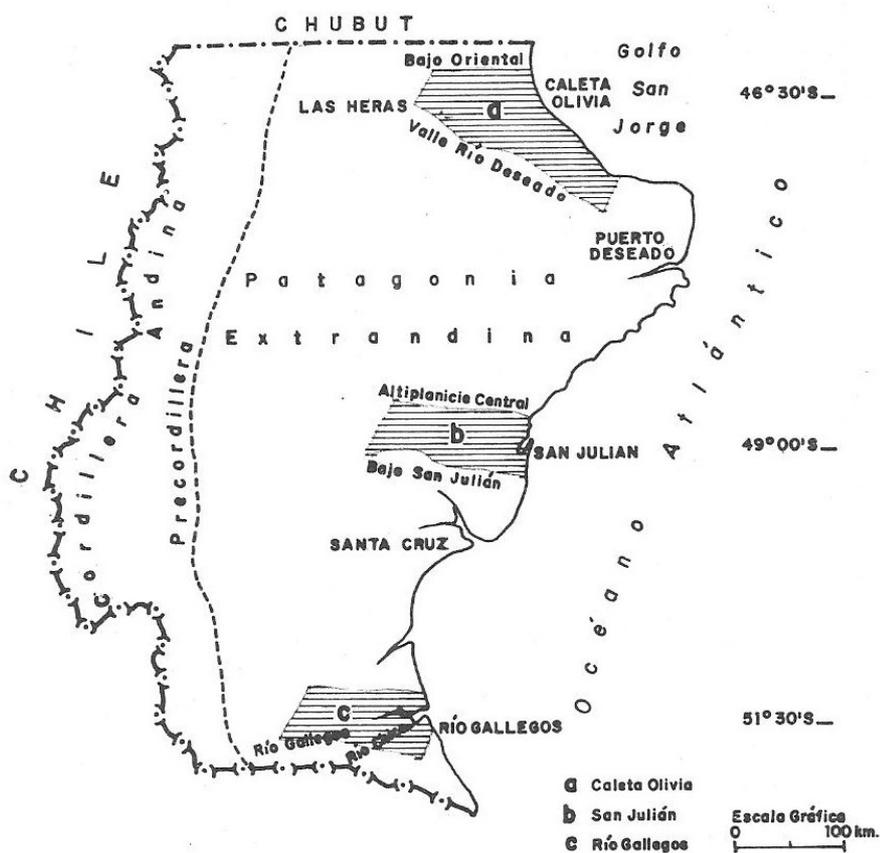
hidrogeología, hidroquímica, acuíferos en zonas áridas.

INTRODUCCION

Se presenta un resumen comparativo de tres esquemas hidrogeológicos definidos a partir de estudios ejecutados por el Consejo Federal de Inversiones y Servicios Públicos Sociedad del Estado de la provincia de Santa Cruz, cuyo fin principal fue la detección y cuantificación de reservas de aguas subterráneas para abastecimiento a las localidades de Caleta Olivia, Pico Truncado, Puerto Deseado, Puerto San Julián y Ríó Gallegos, situadas en el ámbito de la Patagonia extrandina. El área considerada supera los 25.000 kilómetros cuadrados, aunque para este trabajo el análisis se restringe a perfiles representativos de las condiciones geohidrológicas dominantes.

En general la zona presenta un relieve monótono, designado localmente como "pampas" o "mesetas", interrumpido hacia el este por cañadones y depresiones costeras de fondo plano. La red de drenaje está representada por cursos extensos, de orientación oeste - este que nacen en la Precordillera y Cordillera andina patagónica, y con alimentación alóctona exclusiva cruzan la Patagonia extrandina hasta su desembocadura en el océano Atlántico.

SITUACIÓN RELATIVA



PROVINCIA DE SANTA CRUZ
UBICACIÓN UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Las "mesetas" corresponden a niveles terrazados de gravas gruesas, muy redondeadas, producto de una intensa acción fluvio-glacial cuaternaria, con influencia marina restringida a la zona costera, y efectos de remoción en masa locales. Se caracterizan por su horizontalidad con paleocauces de diseño anastomosado, en los cuales se alinean pequeños bajos de origen eólico de orientación general este-oeste, algunos torciendo hacia el noreste o hacia el sudeste, coincidiendo con la naciente de los cañadones. Los bajos dan lugar en casos a lagunas temporarias, encontrándose también depósitos cordo-niformes, pistas en deflación y acumulaciones medianosas de reducida altura.

La región está caracterizada por un clima muy árido con tendencia árida, con precipitaciones (pluvial y nival) exiguas (200 mm anuales) concentradas en los meses fríos, cierta regularidad en la alternancia de períodos anuales más o menos secos, fuertes vientos (40 - 120 km/h) durante la primavera y el verano, y bajas temperaturas (-10°/20° C).

Los estudios efectuados en cada una de las regiones incluyeron el relevamiento geológico-geomorfológico, la medición de sondeos eléctricos verticales, la ejecución de perforaciones de exploración y bombeo, perfiles eléctricos, análisis químicos y ensayos de bombeo.

MODELOS HIDROGEOLOGICOS

A partir de los resultados obtenidos en la elaboración y evaluación de la información generada se describen y comparan tres esquemas hidrogeológicos separados 400 kilómetros entre sí, denominados Caleta Olivia, San Julián y Rfo Gallegos.

Unidad CALETA OLIVIA: representativa de 3000 kilómetros cuadrados con una transecta ejemplo ubicada en los 46°30' de latitud sur.

Corresponde a los niveles terrazados situados al norte del valle moderno del río Deseado que se extienden hasta la costa atlántica y reciben las denominaciones de Meseta Espinosa, El Cordón y Pampa de Jaramillo.

La conformación de la zona de interés comienza con el **Basamento hidrogeológico** correspondiente a 250 metros de espesor de arcillas plásticas de la Formación Rfo Chico (Paleoceno), por debajo del cual se desarrolla la cuenca petrolífera del Golfo San Jorge. Continúa hacia arriba el **Sistema acuitardo - acuicludo** de la Formación Sarmiento (Eoceno - Oligoceno) y de la base de la Formación Patagonia (Oligoceno - Mioceno), caracterizado por un comportamiento diferencial según las variaciones litológicas laterales observadas que van desde tobas y cineritas arcillosas a arcillas plásticas para la primera y de arcillas plásticas a arcillas arenosas para el Patagoniano, ubicadas aproximadamente a 160 metros de profundidad y con un espesor variable entre 20 y 40 metros.

En el resto de la Formación Patagonia se han determinado dos niveles acuíferos, uno **confinado** y el superior **semiconfinado**. En ambos casos se trata de arenas finas a muy finas con pelitas subordinadas, en casos como lentes arcillosos y arcillo limosos de escasa extensión. Sólo el límite entre ambas unidades presenta continuidad zonal, y consiste en un horizonte arcilloso, muy plástico, de 8 a 10 metros de espesor. En conjunto totalizan 150-170 metros, correspondiendo a la unidad superior 40 - 60 metros y al confinado entre 80 y 120 metros.

Finalmente el paquete de gravas arenosas con un espesor variable entre 8 y 12 metros, correspondientes a los Rodados Patagónicos que conforman los niveles terrazados, dan lugar a un **acuífero freático** de 1,5 a 2 metros de espesor saturado.

Para los acuíferos freático y semiconfinado la recarga es principalmente autóctona directa, con retención temporal en los Rodados lo que determina una profundidad en los niveles de 30 metros en el semiconfinado y 5 metros como máximo en el freático en este caso con agotamiento total en las épocas de déficit. Para el acuífero confinado además de la filtración vertical el aporte es alóctono producido en los afloramientos arenosos del patagoniano del oeste determinando una dirección de escurrimiento subterráneo hacia el sud-sudeste. Los niveles piezométricos en esta unidad se sitúan entre 65 y 70 metros de profundidad.

En la zona de El Cordón y hacia el sur al desaparecer el horizonte arcilloso que actúa de confinante se unifica el espesor saturado variando los niveles entre 7 y 10 metros según la posición topográfica. La descarga general del sistema se produce subsuperficialmente hacia el Gran Bajo Oriental y hacia los cañadones situados al este.

Los contenidos químicos confirman el esquema hidroestratigráfico propuesto con tenores para el acuífero confinado de 600 ppm de residuo seco, 150-170 de cloruros, 110-140 de sulfatos, 160-180 de bicarbonatos y de 1,8 a 2 ppm de fluoruros, mientras que en el acuífero semiconfinado la salinidad es mayor con tenores de 700 ppm de residuo seco, 220-230 de cloruros, 80-90 de sulfatos, 240-270 de bicarbonatos y 4-5 de fluoruros.

Localmente pueden ocurrir variaciones producto de los trabajos de perforación petrolífera, habiéndose constatado surgencia natural de aguas altamente salinizadas de acuíferos profundos además de sospecharse interconexiones verticales entre el sistema estudiado y esos acuíferos, producidas por error en la instalación de la cañería de aislación.

En cuanto a las características hidráulicas del sistema los ensayos de permeabilidad permiten generalizar para el acuífero freático valores de 50 m/día hasta 1 m/día según las proporciones de cemento carbonático contenidos en los Rodados. Los niveles arenosos de la sección semiconfinada indican 2×10^{-2} m/día, mientras que el acuífero confinado presenta una permeabilidad variable entre 0,5 y 5 m/día.

Las condiciones descriptas se modifican en el borde este de las terrazas (a 20 - 40 kilómetros de la costa), en coincidencia con las nacientes de los cañadones. Faltan los rodados del acuífero freático, por diferencia topográfica desaparecen las secciones arenosas del semiconfinado, y más hacia el litoral el confinado, por lo cual disminuye la velocidad de escurrecimiento, dominan las fracciones pelíticas, y aumentan notablemente los contenidos salinos.

LITOLOGIA	HIDROGEOLOGIA	Unidades Geológicas	EDAD	
Gravas Arenosas	Acuífero Freático	Depósitos Terrazados	Pleistoceno	CUATERNARIO
Arenas limosas con lentes arcillosas	Acuífero Semiconfinado	Formación Patagonia	Oligoceno Mioceno	
Arenas limo - arcillosas	Acuífero Confinado			Formación Sarmiento
Arcillas Cinerfíticas	Sistema Acuitardo - Acuicludo			
Arcillas Plásticas	Basamento Hidrogeológico (Acuicludo)	Formación Río Chico	Paleoceno	

Figura 1: Modelo hidrogeológico Unidad Caleta Olivia.

Unidad SAN JULIAN: comprende 2500 kilómetros cuadrados con un perfil tipo ubicado en los 49°00' de latitud Sur.

Abarca los niveles terrazados denominados Pampa de la Compañía y Cordón Alto, limitados al sur por el Gran Bajo de San Julián (100 metros debajo del nivel del mar) y al norte por la Gran Altiplanicie Central (800 metros sobre el nivel del mar). Las terrazas están interrumpidas en todo su contorno por bajos y cañadones que alcanzan el litoral atlántico, lugar donde se ubica la ciudad de San Julián.

El **Basamento hidrogeológico** del sistema corresponde a las porfiritas del Grupo Bahía Laura (Jurásico), de comportamiento acuífugo y sin evidencias directas de permeabilidad secundaria por fisuración. Sobre él se dispone la Formación Patagonia que en la base genera un **Complejo acuitardo - acuicludo** con niveles acuíferos confinados menores en un total de 200 - 240 metros de arcillas limosas con bancos de poco espesor de arenas finas y otros de arcillas plásticas.

La parte superior del Patagoniano da lugar a un **acuífero semiconfinado** con 40 - 50 metros de arenas limoarcillosas y tobáceas con lentes de conchillas arenosas, sobre el cual se dispone el acuífero freático de las gravas arenosas de la terraza pleistocena superior, con 5 - 7 metros de espesor saturado total.

La recarga del sistema es autóctona directa exclusiva con niveles freáticos entre 6 y 8 metros y piezométricos a 8 - 14 metros de profundidad. En los bordes de la terraza, especialmente en el oriental, se produce el afloramiento de numerosos manantiales coincidentes con el sentido de la descarga.

Los tenores químicos para las dos entidades superiores son bajos, con 280 - 400 ppm de residuo seco, 30 - 100 de cloruros, 10 - 100 de sulfatos, 160 - 210 de bicarbonatos y 75 - 175 de dureza total. Estos contenidos evidencian la recarga autóctona, la rápida infiltración y la circulación local en la unidad.

Los niveles confinados intercalados en el complejo acuitardo acuicludo son de mayor salinidad total producto de la evolución hidroquímica vertical, manifestándose el aumento en el pH; la disminución de bicarbonatos, calcio, y magnesio; y el consecuente incremento en cloruros, sulfatos, sodio y potasio. También el flúor pasa de 1 a 8 ppm en profundidad.

Para el acuífero semiconfinado se determinó una transmisibilidad de 25 a 50 m²/día, una permeabilidad de 6 . 10⁻²m/día almacenamiento de 4 . 10⁻⁴ y caudales específicos comprendidos entre 1 y 2 m³/h por metro de depresión.

Como ocurre en la unidad anterior todo el esquema se modifica en el litoral atlántico con una notable disminución del rendimiento hidráulico y un gran incremento en los contenidos químicos.

LITOLOGIA	HIDROGEOLOGIA	UNIDADES GEOLOGICAS		EDAD	
Gravas arenosas y arcillosas	Acuífero Freático	Depósitos terrazados		Pleistoceno	CUATERNARIO
Arenas limoarcillosas y tobáceas con lentes de conchillas arenosas	Acuífero Semiconfinado	Formación Patagonia	Miembro Mte. León	Eoceno superior. Oligoceno superior.	TERCIARIO
Arcillas limosas con bancos de arenas y arcillas plásticas	Complejo Acuitardo - Acuicludo con niveles acuíferos confinados		Miembro San Julián		
Porfiritas e ignimbritas	Basamento Hidrogeológico (Acuífugo)	Grupo Bahía Laura		Malm - Dogger	JURASICO

Figura 2: Modelo hidrogeológico Unidad San Julián.

Unidad RIO GALLEGOS: abarca un área de 2000 kilómetros cuadrados con un corte representativo en los 51°30' de latitud sur. Incluye las terrazas que acompañan a los cursos del río Gallegos y del río Chico, denominadas Güer Aike y Río Chico.

El **Basamento hidrogeológico** para esta unidad es la Formación Río Chico (Paleoceno) cuyas arcillas plásticas dominantes le confieren un comportamiento acuicludo. A diferencia de las zonas anteriores no existen evidencias sobre las condiciones hidrogeológicas a mayor profundidad, no descartándose la existencia de niveles productivos por debajo de esta entidad.

Hacia arriba se desarrollan 130 - 150 metros de sedimentos correspondientes a la Formación Santa Cruz que contiene un **acuífero confinado** en la sección media e inferior compuesto por arenas medianas de coloración gris y negra e intercalaciones de lentes arcillosos verdes y grisáceos. El techo del Santacruciano deriva en un **complejo acuitardo - acuicludo** de arcillas verdes muy plásticas con intercalaciones de arenas, areniscas y arcillitas, sobre el cual se ubica el **acuífero freático** de 10 - 14 metros de espesor, compuesto por gravas arenosas y bancos arcillosos.

Para el acuífero confinado la recarga es alóctona desde cabeceras en la cordillera Andina y Precordillera, en donde los niveles arenosos del Santacruciano afloran o están en contacto con depósitos glaciales y glaciafluviales de alta permeabilidad. Esta entidad, cuyo techo se ubica entre 60 y 75 metros de profundidad, es en algunas áreas surgente aunque en la terraza Palermo Aike los niveles se sitúan a 14 metros y en los alrededores de Río Gallegos descienden por sobreexplotación a 40 metros.

En general se trata de aguas con salinidad media a baja, con evolución lateral oeste - este donde pasan de 250 a 600 ppm de sales totales y de 50 a 250 ppm en cloruros. Una característica particular son los altos pH (8,8 - 10,0) y en la zona costera el intenso olor a ácido sulfúrico en coincidencia con la presencia de pirita entre los componentes de las arenas negras.

La transmisibilidad para el confinado es de 170 - 200 m²/día con rendimientos específicos comprendidos entre 2 y 4 m³/h por metro de depresión.

El freático presenta un espesor saturado uniforme de entre 3 y 4 metros, con evolución química lateral notable por su baja dinámica. Desde la cuenca media hacia el litoral atlántico (adonde llegan las terrazas) pasa de 300 ppm de salinidad total y 80 ppm de cloruros a 3000 y 700 respectivamente.

Hacia el litoral atlántico el acuífero freático está influenciado por las mareas (6 metros de amplitud) que también inciden en la unidad confinada como producto de la intensa explotación de agua que se realiza en la ciudad de Río Gallegos.

LITOLOGIA	HIDROGEOLOGIA	UNIDADES GEOLOGICAS	EDAD
Gravas arenosas y arcillosas	Acuífero Freático	Depósitos terrazados	Cuaternario
Arcillas con arenas, areniscas y arcillitas	Complejo Acuitardo - Acuícludo	Formación Santa Cruz	Terciario
Arenas medianas con lentes arcillosos	Acuífero Confinado		
Arcillas plásticas	Basamento Hidrogeológico (Acuícludo)	Formación Río Chico	

Figura 3: Modelo hidrogeológico Unidad Río Gallegos.

CONCLUSIONES

Las formaciones terciarias superiores (Santa Cruz y Patagonia) de la Patagonia extrandina en la provincia de Santa Cruz, dispuestas en los niveles terrazados, son portadoras de importantes volúmenes de agua que permiten el abastecimiento para consumo humano y eventualmente industrial a las numerosas localidades situadas en el litoral atlántico.

Las condiciones hidráulicas de estos acuíferos son favorables para la explotación sostenida y los contenidos químicos se encuadran en las normas de aptitud para el uso humano.

A pesar de la extrema aridez de la Patagonia extrandina la combinación entre las características climáticas (concentración de precipitaciones en invierno), morfológicas (horizontalidad del relieve) y geológicas (alta permeabilidad de la cobertura de gravas) asegura la renovabilidad de las fuentes subterráneas detectadas por debajo de los niveles terrazados.

Las fuentes existentes se contraponen con los resultados de los métodos tradicionales de cálculo del balance climático - hidrogeológico, tanto con paso mensual como anual, donde siempre se obtiene déficit hídrico permanente e inexistencia de reservas de agua.

Las favorables condiciones hidrogeológicas, hidroquímicas e hidráulicas de los acuíferos detectados disminuyen hasta desaparecer desde el borde oriental de las terrazas hacia el litoral atlántico. Esta circunstancia impide la explotación de agua en las inmediaciones de las localidades costeras, obligando a efectuar la captación a distancia (20 - 40 kilómetros) con la consiguiente inversión en obras de infraestructura.

Se destaca el riesgo de sobreexplotación en la unidad Río Gallegos y la influencia de la explotación petrolífera (surgencia de aguas altamente salinizadas) en la unidad Caleta Olivia.