

LOS ACUIFEROS COSTEROS DEL LITORAL ATLANTICO ENTRE  
PUNTA RASA Y PUNTA MEDANOS, PROVINCIA DE BUENOS AIRES,  
REPUBLICA ARGENTINA.

R. González Arzac \*, A. Vizcaino \*, F. Campos Alfonso \*, F. Lorenzo \*\*, R. Patrouilleau \*

\* Consejo Federal de Inversiones, Subsede La Plata, 3 N° 683,  
(1900) La Plata - Argentina

\*\* Ministerio de Obras Públicas, Calle 7 esq. 58,  
(1900) La Plata - Argentina

#### RESUMEN

El área estudiada comprende una delgada faja costera de 70 km de largo sobre la cual se asientan numerosos balnearios que congregan 2.600.000 turistas en temporada estival. El objetivo del estudio fue la detección, evaluación y cuantificación de fuentes subterráneas para provisión de agua potable a los centros urbanos.

El único recurso disponible para uso humano lo constituyen un acuífero freático alojado en un cordón medaneso de 7 a 18 metros de espesor y, parcialmente al sur, un nivel semiconfinado de 50 metros de potencia, ambos correspondientes a una secuencia sedimentaria samfítico - pelítica originada por sucesivos desplazamientos de la línea de costa durante el Pleistoceno y Holoceno.

El sistema, de recarga directa a partir de precipitaciones, está limitado por dos interfases: una al este de agua marina y la otra al oeste de agua salobre continental. La salinidad del freático es de 0,4 g/l y de 0,6 a 1,5 g/l para el semiconfinado, destacándose los excesivos tenores de hierro y la elevada dureza total en el primero y los altos contenidos de flúor en el segundo.

Los parámetros hidráulicos del freático muestran una transmisibilidad de 400 a 1200 m<sup>2</sup>/día con un rendimiento específico de 5 a 9 m<sup>3</sup>/h.m, y los del semiconfinado 200 m<sup>2</sup>/día y 1 a 2 m<sup>3</sup>/h.m.

Se constatan efectos de sobreexplotación con intrusión salina y descenso de niveles piezométricos, alto riesgo de contaminación bacteriológica y parasitológica, y destrucción del acuífero por urbanización arrasamiento de médanos).

#### KEYWORDS

Coastal aquifer; hydrogeology; hydrochemistry; hydrodynamic.

#### INTRODUCCION

El área estudiada comprende la faja costera del litoral atlántico bonaerense entre Punta Rasa (36°18'S) y Punta Médanos (36°54'S). El límite oriental está dado por la línea de playa del Mar Argentino (aproximadamente 56°40'O), y el occidental por la Ruta 11 salvo en el sector comprendido entre la estancia Rincón de Cobo y Faro Punta Médanos donde el área se ensancha progresivamente hasta los 56°45' de longitud oeste.

Fisiográficamente se destaca un cordón costero que se extiende paralelo a la costa, con su mayor altura en Punta Médanos, desde donde disminuye progresivamente hacia el norte. Hacia el oeste el relieve se hace cada vez menor, manifestándose como suaves ondulaciones, de carácter arenoso, hasta desaparecer. El ancho de ésta faja es de 2 a 2,5 km salvo en el sector Rincón de Cobo - Punta Médanos donde alcanza un máximo de 4 km.

Al oeste el cordón costero está limitado por la terraza baja, ambiente deprimido con relieves positivos (mantos y crestas de playa) y negativos (lagunas y canales de marea). El drenaje de este sector se produce a través de cañadones de rumbo NO - SE, que al norte se convierten en cursos sinuosos y desaguan en la Bahía de Samborombón, destacándose el arroyo San Clemente y el río Ajó. Al sudoeste de Mar de Ajó, las aguas superficiales se disponen en zonas anegadizas, vinculadas al Sistema lagunar de Las Chilcas - La Salada Grande.

Sobre el litoral atlántico se ubican numerosos balnearios que en verano reciben una afluencia turística de 2.600.000 personas. El abastecimiento de agua potable en estas condiciones genera un marcado déficit en el suministro domiciliario, cuya resolución es el objetivo central de este estudio.

La información primaria generada incluyó el relevamiento geológico - geomorfológico de la región, a escala 1:50.000, la medición de 114 sondeos eléctricos verticales distribuidos en 17 perfiles transversales a la costa, el censo hidrométrico e hidroquímico de 293 fuentes de agua subterránea, la ejecución de 27 perforaciones de reconocimiento litológico y baterías de bombeo en cada una de las unidades acuíferas detectadas. Complementariamente se realizaron controles bacteriológicos y parasitológicos.



Fig. 1: Mapas de ubicación

#### HIDROGEOLOGIA

La elaboración de la información anterior permite definir el Esquema Hidrogeológico General (González Arzac et al, 1990) comenzando con el **BASAMENTO HIDROGEOLOGICO** del sistema, sobre el cual se apoya el **COMPLEJO ACUIFERO SEMICONFINADO** separado de la entidad superior denominada **ACUIFERO FREÁTICO**, por una unidad de comportamiento **ACUITARDO - ACUICLUDO** que actúa como semiconfinante.

Las cuatro unidades, según Parker y Violante (1989) corresponden a una secuencia sedimentaria samfítico - pelítica originada por sucesivos desplazamientos de la línea de costa debidos a las oscilaciones del nivel del mar durante el **Pleistoceno** y el **Holoceno** asignable a distintas formaciones y facies según el ambiente de depositación, tal como se expresa en la figura 2.

Comienza en superficie con una sección arenosa, castaño amarillenta, fina a mediana, subredondeada a redondeada, principalmente cuarzosa (50 - 80 %) con líticos y mafitos subordinados y escasas valvas calcáreas (10 %) fragmentadas y finas. Sus mayores espesores coinciden con la mayor expresión topográfica de la faja medanesa, oscilando entre 5 y 8 metros aproximadamente. (Sección A).

Continúa un intervalo de arenas conchilíferas, de pobre selección, con tamaño de grano variable de fino a muy grueso según los sectores, principalmente cuarzosa (40 - 60 %) con líticos y mafitos subordinados. En partes la proporción de conchilla alcanza el 60 - 70 %, conformando bancos de aproximadamente 1 a 2 metros de espesor, con valvas calcáreas fragmentadas gruesas a muy gruesas y enteras hasta 2 centímetros. El espesor de todo el paquete es de 2 a 6 metros con tendencia a aumentar hacia el sector costero, y adelgazarse hasta desaparecer al oeste. (Sección B). Por debajo, aparece una sección arenosa, cuarzolítica, fina a muy fina castaño grisácea subredondeada, de buena selección, y con presencia hacia la base de una matriz arcillosa verde grisácea. Su espesor varía entre 2,5 y 5 metros (Sección C).

En las tres secciones se determinaron fracciones magnéticas variables entre 0,6 % y 7,3 %, compuestas por vidrio incoloro y castaño a negro, con abundantes inclusiones de magnetita y un generalizado fenómeno de hematización, además de cristales independientes de magnetita con reemplazo a hematita.

En conjunto las tres secciones componen el **acuífero freático**, cuyo espesor aumenta de norte a sur de 7 a 18 metros.

Continúa en profundidad una arcilla verde grisácea, muy plástica, con proporciones variables de arena y valvas calcáreas enteras, que constituye un nivel **acuitardo - acuicludo** de 2,5 a 5 metros de espesor. Su techo, de posición casi horizontal con suave pendiente hacia el sur, se sitúa entre 7 y 9 metros por debajo del nivel del mar (Sección D).

El **complejo acuífero semiconfinado** se inicia con un limo arenoso o arena muy fina a limosa, castaño amarillenta, friable, algo arcillosa, de hasta 5 metros de espesor (Sección E), continúa con arenas finas a muy finas y finas a medianas, castañas a castaño amarillentas con escasas valvas fragmentadas y numerosas intercalaciones de sedimentos arcillosos (Sección F). Las variaciones granulométricas de las samitas, las diferentes proporciones de la fracción pelítica, y la presencia de numerosas intercalaciones arcillosas de distinto espesor conducen a definir a la entidad como un "complejo" y no como una unidad de comportamiento homogéneo.

La base de la Sección F, con elevada proporción arcillosa, junto con la Sección G compuesta por arcillas plásticas, verde grisácea, con valvas fragmentadas gruesas a muy gruesas y moteados férricos, constituyen el **basamento hidrogeológico** del sistema.

La secuencia completa se apoya sobre la Fm Puelches Equivalentes que se continúa en profundidad con la Fm Paraná (Mioceno), ambas de naturaleza pelítica y portadoras de agua de elevada salinidad.

La interpretación geoelectrica (Ainchil et al, 1986) permite reconocer al **acuífero freático** por resistividades variables entre 30 y 600 ohmios - metro. La unidad de comportamiento **acuitardo - acuicludo** caracteriza por valores menores a 10 ohmios - metro. Por debajo la resistividad aumenta alcanzando valores entre 25 y 100 ohmios - metro que corresponden al **complejo acuífero semiconfinado**. Finalmente un sustrato conductivo con valores inferiores a 3 ohmios - metro define el **basamento hidrogeológico**.

El esquema descrito se reconoce integralmente desde Las Toninas hacia el sur, ya que al norte el modelo presenta variaciones debidas a cambios de facies en las unidades geológicas, que modifican el comportamiento hidrogeológico. En este sector, por debajo del acuífero freático (de menor espesor debido a la escasa expresión topográfica del Cordón costero) se desarrolla un potente paquete sedimentario pelítico, que constituye una unidad de comportamiento principalmente acuicludo, con niveles acuíferos y acuitardo portadores de agua de elevada salinidad.

Por otra parte el sector Las Toninas - San Bernardo si bien se ajusta al Esquema Hidrogeológico General presenta la particularidad de alojar agua de elevada salinidad en el **complejo acuífero semiconfinado**.

En cambio al sur de Mar de Ajó y prolongándose fuera del área de estudio, los contenidos salinos de este complejo disminuyen notablemente.

MODELO GEOELECTRICO (resistividad en $\Omega m$ )	LITOLOGIA	SECCION	HIDROGEOLOGIA	GEOLOGIA				
				FORMACION	FACIES	AMBIENTE	EDAD	
30 - 600	ARENAS FINAS A MEDIANAS	A	ACUIFERO FREATICO	PUNTA MEDANOS	-	CONTINENTAL CORDON COSTERO	HOLOCENO	TARDIO
	ARENAS CONCHILIFERAS	B		POZO N° 17	MAR DE AJÓ LA ERNESTINA	MARINO (BARRERA LITORAL)		
	ARENAS FINAS Y ARENAS ARCILLOSAS	C		POZO N° 8	PINAMAR ARENAS ARCILLOSAS PARDAS	MARINO (PLAYA - BARRERA LITORAL)		TEMPRANO
< 10	ARCILLAS Y ARCILLAS ARENOSAS	D	ACUITARDO ACUICLUDO	LA VICTORIA	ALBUFERA			
25 - 100	LINOS ARENOSOS Y ARENAS LINOSAS	E	COMPLEJO ACUIFERO SEMICONFINADO	BUENOS AIRES	-	CONTINENTAL	PLEISTOCENO	TARDIO
	ARENAS Y ARENAS LIMOARCILLOSAS	F		POZO N° 10	ORIENTAL	MARINO (LITORAL A PLATA FORMA INTERIOR)		
< 3	ARCILLA PLASTICAS	G	ACUICLUDO (Basamento Hidrogeológico)	POZO N° 4	-	MARINO (PLATAFORMA INTERIOR)		MEDIO

Fig. 2: Esquema hidrogeológico general

#### HIDRODINAMICA

El modelo hidrodinámico para el acuífero freático define al Cordón costero como la zona de recarga principal, donde luego de un corto tramo de conducción se produce la descarga en dos direcciones opuestas, una hacia el mar y la otra al oeste en el ámbito de la Terraza baja. Entre San Clemente del Tuyú y Mar de Ajó la descarga al occidente se manifiesta por el afloramiento del nivel freático en el área de canales de marea, mientras que al sur de esta última localidad, los mantos arenosos adosados al oeste del Cordón costero, generan un sector de conducción predominante que descarga en los relieves negativos de la Terraza baja.

Los mapas **isofreáticos** muestran una divisoria de agua subterránea de orientación norte - sur, que tuerce levemente al sudoeste a partir de Mar de Ajó, coincidente con las mayores alturas del Cordon costero. Los valores de las curvas que delimitan la divisoria se incrementan progresivamente del norte a sur conforme aumenta la expresión topográfica del cordón medaneso, pasando de 1 y 2 metros en San Clemente del Tuyú a 9 metros en Punta Médanos.

El escurrimiento subterráneo en dirección al mar determina gradientes de 4 m/km entre San Clemente del Tuyú y Mar de Ajó, donde se incrementan hasta 8 m/km, disminuyendo al sur alcanzando 1 a 1,5 m/km en Punta Médanos. Los gradientes determinados hacia el oeste presentan mayor uniformidad, con valores comprendidos entre 1 y 2 m/km, salvo en el sector rural adyacente a San Bernardo y Mar de Ajó donde disminuyen a 0,5 m/km.

La morfología de la capa es de tipo elíptica cilíndrica, con tendencia a radial divergente al sur de Mar de Ajó donde se desarrollan los mantos arenosos.

Las superficie freática reproduce en forma atenuada la morfología del terreno, generando un mayor desarrollo de la zona de aireación en los sectores más elevados desde donde disminuye hacia el este y el oeste. Una condición similar presenta la zona saturada, con una disminución más marcada de su espesor hacia el oeste, con coincidencia con el ascenso del piso acuífero (nivel semiconfinante) en ese sentido.

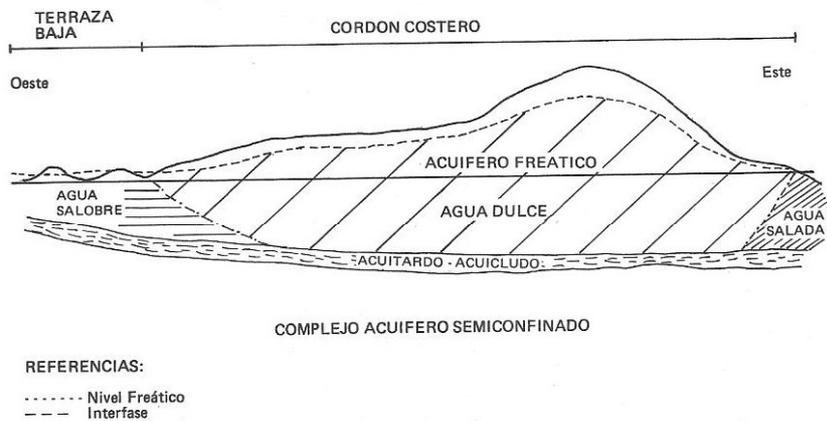


Fig. 3: Modelo hidrodinámico

El esquema descrito está limitado por dos interfases una agua dulce - agua salobre hacia el continente, y otra agua dulce agua salada hacia el mar quedando definida aquella de origen marino por un alto ángulo mientras que la continental se presenta más atenuada.

Con efecto local restringido a los mayores centros urbanos se observan fenómenos depresivos por sobrebombeo coincidentes con la intensa explotación en la época estival. Consecuentemente se produce un avance del frente salino sobre el Cordon costero de creciente magnitud e influencia con el tiempo, comprobado en San Bernardo y Mar de Ajó.

Para esta zona, según el esquema hidrogeológico definido y considerando la posición de las dos interfases que limitan al sistema general, se deduce que la recarga exclusiva para el Complejo Semiconfinado es la filtración vertical desde el Acuífero Freático a través de la unidad Acuitardo - Acuícludo (semiconfinante) cuyas variaciones litológicas laterales, generan con seguridad áreas de mayor alimentación consecuentes con la condición general del complejo que en casos actúa como acuífero semiconfinado, pero manifiesta localmente respuestas hidráulicas como confinado.

La descarga del sistema se produce con preferencia hacia el mar y en menor magnitud hacia el oeste, donde los niveles superiores alimentan seguramente los sectores más deprimidos de la Terraza baja al disminuir y hasta desaparecer la capa semiconfinante. Más en profundidad debe mantenerse con seguridad un equilibrio estático (o de muy baja dinámica) entre el Complejo Acuífero Semiconfinado y la Fm Pampeano (de carácter acuitardo - acuícludo) ubicada al oeste del área estudiada que actúa como el límite lateral e inferior del complejo, originándose una interfase de carácter regional. También hacia el norte se manifiesta una componente de la descarga de mínima expresión, impedida por el paulatino incremento de las facies pelíticas que junto al bajo gradiente hidráulico genera el consecuente aumento en la salinidad a partir de Mar de Ajó.



En profundidad se produce una lenta filtración vertical que supera el basamento hidrogeológico e influye (por debajo de la zona de interés) sobre el paquete plioceno - mioceno (formaciones Pampeano, Puelches Equivalente y Paraná) caracterizado por su elevada salinidad y escasa dinámica.

## HIDROQUIMICA

La hidroquímica del Acuífero freático está condicionada por la configuración geomorfológica de la región, las variaciones litológicas de esa unidad y el comportamiento hidrodinámico.

El mapa de residuo seco expresa el ajuste a dichas variables al delimitar un área central alargada en sentido norte-sur, que coincide con la divisoria de agua subterránea, a partir de la cual se produce un incremento salino en ambos sentidos de circulación del agua.

Los valores de las curvas que encierran el área central fluctúan entre 200 y 400 mg/l. El incremento lateral es más marcado en el sector San Clemente del Tuyú - Las Toninas donde supera los 800 mg/l y a veces los 1000 mg/l, mientras que al sur se mantiene entre 400 y 800 mg/l.

El área con menores contenidos de residuo seco aumenta hacia el sur de Mar de Ajó, coincidiendo con la mayor extensión del médano y las condiciones hidrodinámicas más favorables. Allí la curva de 300 mg/l define un área central a partir de la cual los contenidos aumentan hasta 500 mg/l.

En la Terraza baja los tenores son erráticos y en su mayoría superan los 1000 mg/l llegando a 5000 mg/l. No obstante existe una tendencia decreciente muy notable hacia el sur.

Los cloruros muestran también un área central de buen desarrollo limitada por las curvas de 25 y 50 mg/l en el centro de la región y la curva de 25 mg/l al sur de Mar de Ajó, con un máximo de 100 mg/l en San Clemente del Tuyú. El incremento lateral dentro del Cordón costero llega a 150-200 mg/l entre San Clemente y Las Toninas. Desde allí el aumento es menor, en especial hacia el mar, con valores entre 75 y 100 mg/l hasta Mar de Ajó y menores aún hacia Punta Médanos. Para la Terraza baja se mantiene el carácter errático de los valores, que en varios puntos superan los 1000 mg/l, llegando en algunos casos a 3000 mg/l. Al igual que el residuo seco existe una tendencia decreciente hacia el sur.

Los contenidos de dureza en el Cordón costero son elevados (200 - 400 mg/l) producto de las diferentes proporciones de material calcáreo presentes en el perfil litológico y, en menor medida como consecuencia de la evolución lateral.

Para toda la región los contenidos de fluoruros son bajos oscilando entre 0,2 y 0,4 mg/l; el arsénico presenta valores entre 0,02 y 0,04 mg/l; en cuanto al vanadio las concentraciones son inferiores a 0,1 mg/l.

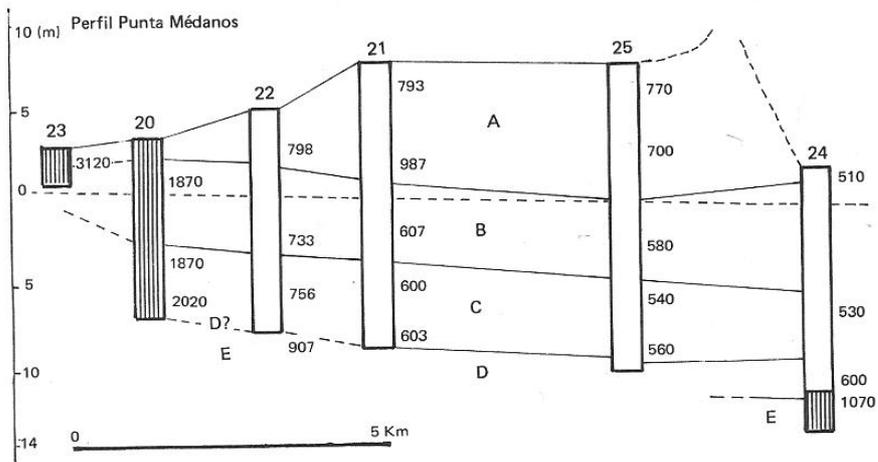
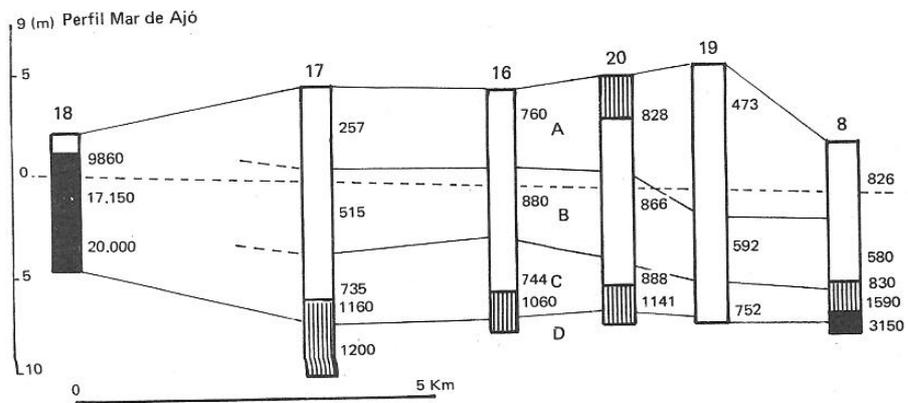
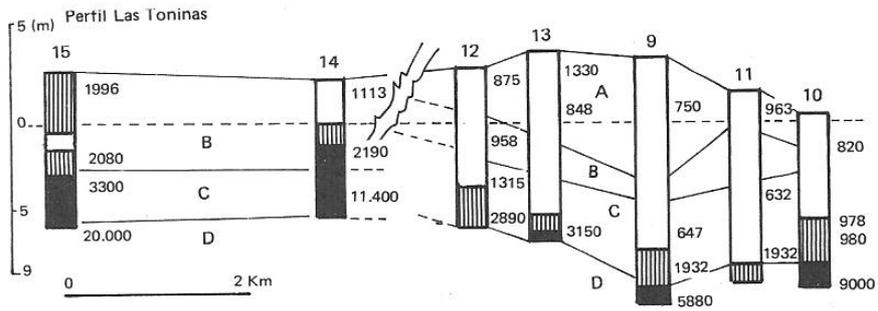
Son importantes los contenidos de hierro que al norte de Las Toninas alcanzan 6 a 7 mg/l, mientras que al sur son menores fluctuando entre 0,2 y 3 mg/l.

En los Perfiles Hidroquímicos se correlacionan las características litológicas con la composición química del agua. A partir de las descripciones litológicas, las variaciones de conductividad específica en profundidad y la clasificación en familias de agua, surge una correspondencia entre el aumento de los contenidos en profundidad y el incremento de la fracción arcillosa en el contacto de las secciones C y D, fenómeno mucho más marcado en el Perfil Las Toninas atenuándose progresivamente hacia Mar de Ajó y Punta Médanos, y que se manifiesta en el tipo de agua presente en la base del acuífero en cada uno de los perfiles.

La hidroquímica del Complejo Acuífero Semiconfinado está condicionada por sus características litológicas (cambios faciales samo-pelíticos), el comportamiento hidrodinámico y su vinculación con la recarga desde el freático.

En la zona norte esta unidad es acuícluda con niveles acuíferos confinados de alta salinidad (30 g/l) que disminuyen hacia el centro (5 g/l) y sur (0,6 - 1,5 g/l) conforme aumenta la permeabilidad del sistema. Para el área de Punta Médanos se observa con respecto al freático un incremento de la salinidad total y una disminución de la dureza por intercambio iónico durante el pasaje por la unidad acuitardo - acuícluda. Queda conformada para el Cordón costero un área central con valores mínimos e incrementos hacia el este, oeste y norte.

Los contenidos de flúor son altos (0,2 a 4 mg/l), al igual que los de hierro (2 a 6 mg/l), finalmente el arsénico varía entre 0,02 y 0,15 mg/l.



REFERENCIAS:

-  Bicarbonatada Cálcica
-  Bicarbonatada Sódica
-  Clorurada Sódica

- 23 — pozo de reconocimiento
-  3120 - conductividad específica

Fig. 5: Perfiles hidroquímicos

## HIDRAULICA

La evaluación hidráulica se restringe a la zona sur de la región dado que en ella se determinaron las condiciones hidrogeológicas e hidroquímicas más favorables para ambas unidades acuíferas.

Para el freático se determinó una transmisibilidad de entre 400 y 1200 m/día, permeabilidad entre 25 y 80 m/día y almacenamiento de  $1,3 \cdot 10^{-2}$  a  $2,5 \cdot 10^{-2}$ . El caudal específico obtenido durante las pruebas de bombeo es de 5 a 9 m<sup>3</sup>/h. m.

La variación de los parámetros hidráulicos obedece a los cambios litológicos de la unidad, especialmente a las distintas proporciones de material conchilífero que alcanza a conformar bancos intercalados en las arenas dominantes, más la presencia de facies arenosas de mayor granulometría, junto con la disminución de las fracciones pelíticas hacia la base.

Para el acuífero semiconfinado, y también en la zona de Punta Médanos, se obtuvieron valores de transmisibilidad comprendidos entre 150 y 200 m<sup>2</sup>/día, permeabilidad entre 3 y 10 m/día y coeficiente de almacenamiento de  $3 \cdot 10^{-4}$ . Hacia el sur del área estudiada las condiciones hidráulicas mejoran, conforme disminuyen la fracción limosa.

## CONCLUSIONES

Se selecciona el área de Punta Médanos como la zona de explotación de agua para consumo humano en toda la región, dada la extensión y calidad de las fuentes detectadas y la baja densidad de urbanismo que permite planificar la extracción y prever la protección del recurso.

Se plantea el aprovechamiento conjunto del acuífero freático y de la unidad semiconfinada en dicha zona, complementado con la explotación puntual del freático en el resto de las localidades.

Son limitantes para la explotación los contenidos de hierro en el acuífero freático y de flúor en el complejo semiconfinado, no se descarta la instalación de plantas correctivas.

Las fuentes a explotar son de alta vulnerabilidad dado los riesgos de intrusión salina por avance de las interfases que las limitan, los efectos de la contaminación bacteriológica y parasitológica, y la degradación por urbanismo y extracción de arena para construcción. Todos fenómenos ya detectados en algunos puntos de la región estudiada.