

LA EVOLUCIÓN DE LA INTRUSIÓN SALINA EN EL ACUÍFERO MARPLATENSE EJEMPLO DE UNA GESTIÓN SUSTENTABLE

Luis Alberto Mérida, Obras Sanitarias Mar del Plata Sociedad de Estado(OSSE)

Resumen. La gestión sustentable de acuíferos costeros requiere una explotación racional de los recursos hídricos, considerando las diferentes protecciones naturales frente a la intrusión marina. Esta explotación debe estar acorde a las variables hidrológicas, y estableciendo la forma más eficaz posible de extraer el máximo caudal disponible satisfaciendo los diferentes usos locales (doméstico, agricultura, industria, etc.) En el caso de Mar del Plata, obtiene agua para consumo solo de recursos subterráneos. Además es la principal ciudad turística de Argentina, y requiere un volumen adicional, que produce un estrés en el acuífero por explotación intensiva durante los meses de enero y febrero. El estudio de la evolución de la intrusión salina durante el siglo pasado permite entender, aunque de forma imperfecta, el mecanismo para explotar el acuífero local, manteniendo los niveles piezométricos en un sutil equilibrio que permita evitar por un lado la salinización de algunos sectores costeros y por otro, que zonas que han sido saneadas vuelvan a encharcarse o inundarse. En este momento están siendo desarrolladas acciones para controlar la superficie piezométrica y para mantener una somera protección costera contra la intrusión.

Abstract.The sustainable management of the coastal aquifers requires a rational exploitation of the hydric resources, considering the different natural protection front of the marine intrusion. That exploitation must be in agreement with the hydrologic variables, and establishing the best performance to extract the maximum flow to satisfy the local requirement (domestical, agricultural, industrial, etc.). In the case of Mar del Plata (Figure 1), it takes water supply only from underground resources. In addition it is the most important Argentine's summer resort, and requires additional volumes that produce stress in the aquifer because of intensive exploitation during January and February. The study of the saline intrusion evolution during the last century, permits to understand, still in a imperfect way, the mechanism to exploit properly the local aquifer maintaining the piezometric surface in a fine equilibrium to allow the salinisation to some coastal sector and in the other hand that drained zones turn flooded or swamped areas. At present, actions are being developed to control the piezometric surface and to maintain a brief coastal protection against the intrusion.

Keywords: saline intrusion, Mar del Plata

INTRODUCCIÓN

Este trabajo atiende a la recuperación de acuíferos costeros sobreexplotados, centrado en las consecuencias de la intrusión marina. Es decir al proceso por el cual se le retira la carga hidráulica de agua dulce que se encuentra presente en el acuífero conteniendo el avance del agua de mar.

Dentro de las alteraciones del equilibrio dinámico que pueden provocar la intrusión, se pueden considerar diversas cuestiones, que dependen fundamentalmente de la extracción del agua por bombeo, la recarga de los acuíferos, las modificaciones costeras (antrópicas o naturales) y el nivel del mar. Por otra parte, la particular conformación geológica de la zona de Mar del Plata presenta ciertas ventajas naturales de protección que

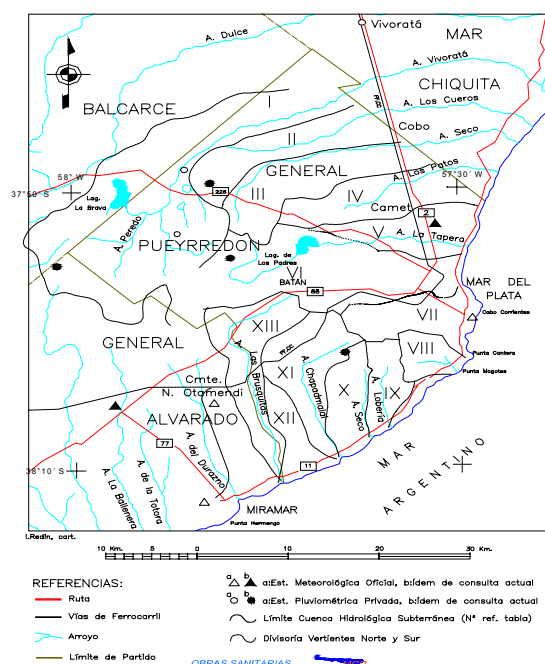


Figura 1 Cuencas hidrológicas



BOSQUEJO ESTRUCTURAL

REFERENCIAS

- | | | | |
|--|-----------------------|--|-----------------------------|
| | Línea de falla | | Fosa |
| | Bloque | | Zona central de explotación |
| | Bloque figuras 3 a 10 | | Perforación OSSE |

Figura 2 Líneas de falla-bloques de cuarcitas

puede utilizarse en provecho de la preservación del acuífero. El basamento constituido por areniscas cuarcíticas paleozoicas, conformado por bloques elevados denominados pilares y otros subhundidos denominados fosas (Ruiz Huidobro y Tófaló, 1975) (Figura 2) nos permiten, debido a su especial disposición, poder realizar una sobreexplotación por debajo del nivel del mar, sin las consecuencias directas de la salinización. Pero el término sobreexplotación es suficientemente vasto para entender distintas interpretaciones. Desde un aspecto de hidráulica subterránea tiene que relacionarse con la idea de una extracción segura con continuidad en el tiempo y acorde con los recursos hidráulicos potenciales y las reservas subterráneas. Otros son más propensos a aceptar la idea más amplia de caudal óptimo (Custodio E. y Llamas M.R., 1983) que permite detenerse más en cuestiones económicas. Sea cual fuere, la determinación de lo que significa sobreexplotar está muy lejos de una determinación atemporal y desligada de las condiciones naturales de cada acuífero, siendo este caso un claro ejemplo de ello.

La determinación de parámetros tales como escorrentía superficial, recarga, etc., que terminan

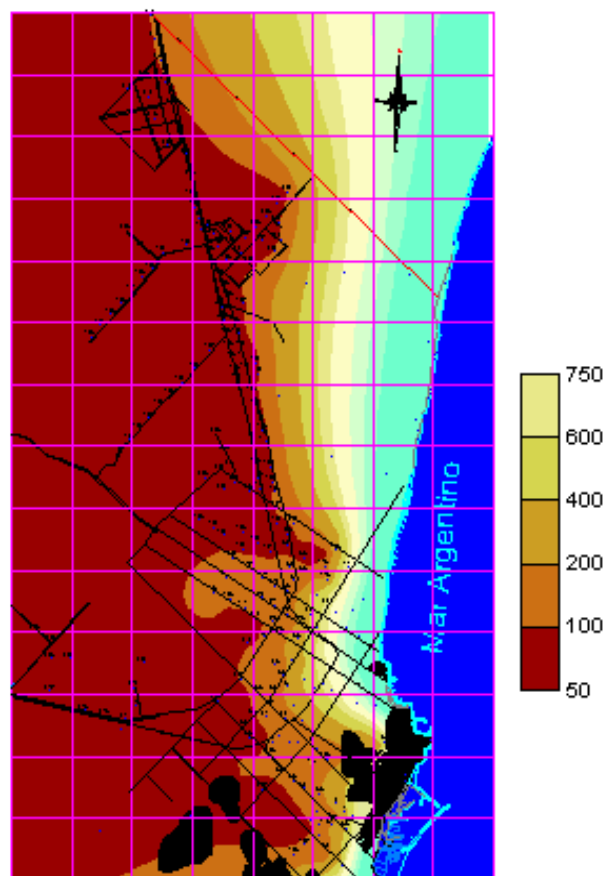


Figura 3 Concentraciones de cloruros en mg/l, 1995

por definir el balance hídrico y por ende el cálculo del exceso susceptible de extraer, no puede ser evaluado exactamente cuando no se realiza mediante una adecuada adquisición de datos, la determinación de un modelo acuífero adecuado y la modelación necesaria para establecer si el esquema conceptual utilizado se evidencia como válido. Una evaluación inadecuada del balance motivó que en la década de 1970 se vaticinara para Mar del Plata que se quedaría sin agua por efecto de la intrusión salina, existiendo aun dudas en algunos sectores de la sociedad instalándose el mito *hidráulico de la sobreexplotación* (Custodio E, 1988), de los acuíferos y de su salinización in-eternum.

Sobre la base de los monitoreos realizados por O.S.S.E, se analiza el cierre del frente salino, definiéndose como tal a la sección de costa por la cual la cuña de intrusión salina ha avanzado continente adentro desde la posición de equilibrio a otra hidrodinamicamente perturbada, en toda el área litoral norte desde la divisoria de la vertiente septentrional (al Sur) hasta el límite Noreste del Partido de General Pueyrredon (Figura 1).

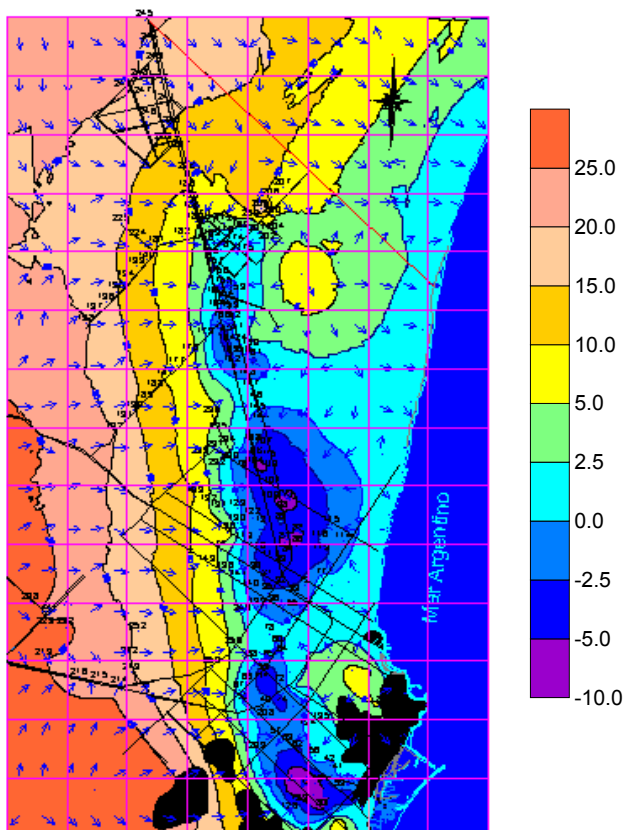


Figura 4 Niveles piezométricos 1995 en msnm

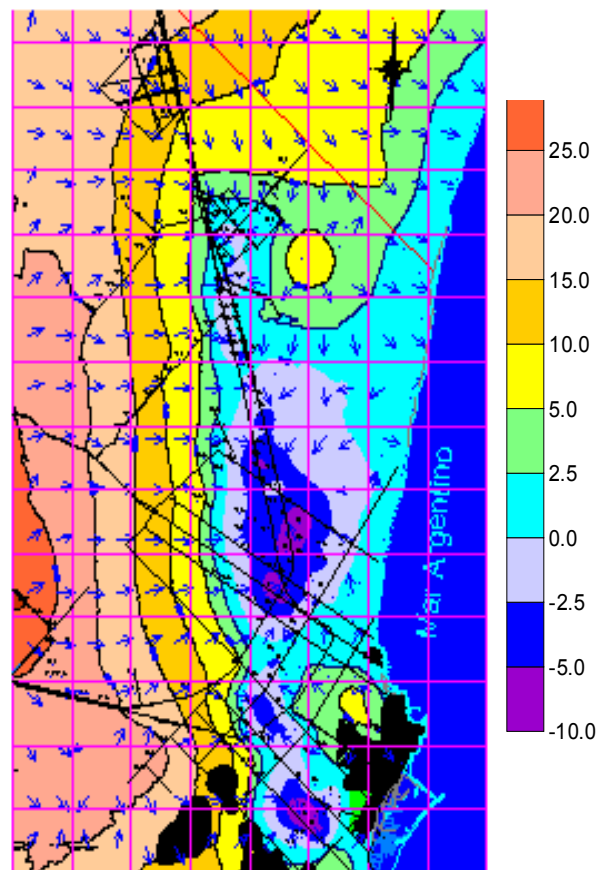


Figura 5 niveles piezométricos 1996 en msnm

Se delinearán las medidas necesarias para evitar la reiteración de experiencias negativas, pretendiendo indicar la forma de extraer el máximo caudal (estival) en forma sustentable.

Consideraciones preliminares

A los fines de considerar un parámetro resumido para determinar las condiciones de intrusión, tomaremos las concentraciones de cloruros, que serán estudiadas a continuación. No se tuvieron en cuenta aquellas perforaciones de menor profundidad que registran niveles significativamente menores de cloruros, producto de encontrarse en la zona de agua dulce por arriba de la cuña calculada en forma aproximada de acuerdo a la fórmula de Ghyben-Hertzberg (Pulido Bosch, A.1987), a los efectivamente usados para el trazado de las isolíneas (80 m en promedio), ni se tiene en cuenta las aguas congénitas que pudiendo estar presentes en alguna formación, no afectaron en forma sustancial la intrusión masiva del continente por aguas marinas. Esta cuña, considerando una interpretación simplificada del fenómeno, se equilibra estáticamente por el peso de las columnas

de agua dulce, por arriba y de agua salada por debajo, apoyada sobre el basamento formado por ortocuarcita. En el caso que se estudia se encuentra en general entre los 80 y 140 m, pudiéndose considerar a los fines prácticos como impermeable. Este equilibrio que se podría llamar *natural* ha sido modificado en el acuífero marplatense por la acción del hombre en grado sumo, siendo éste un sistema de acuífero múltiple, donde los distintos niveles no forman subacuíferos confinados, sino interconectados en algunos casos por la poca potencia o discontinuidad de lentes de arcilla no continuas y denominado por esta particularidad como multiunitario (Sala et al,1980) ofrece la oportunidad de monitorear y predecir mas acertadamente el fenómeno.

Hace mas de 80 años que León Fragnaud (Cova, 1993) alertó acerca de la intrusión salina. Los diferentes estudios realizados indican la necesidad de utilizar un esquema de extracción que se adapte a las condiciones del acuífero. (Groeber, 1954; Ruiz Huidobro y Tófaló, 1975, Pedriel, 1977, Sala et al. 1980, Massone et al 1994, Cionchi, 1994; Cionchi et al,2000, Mérida,2001,etc).

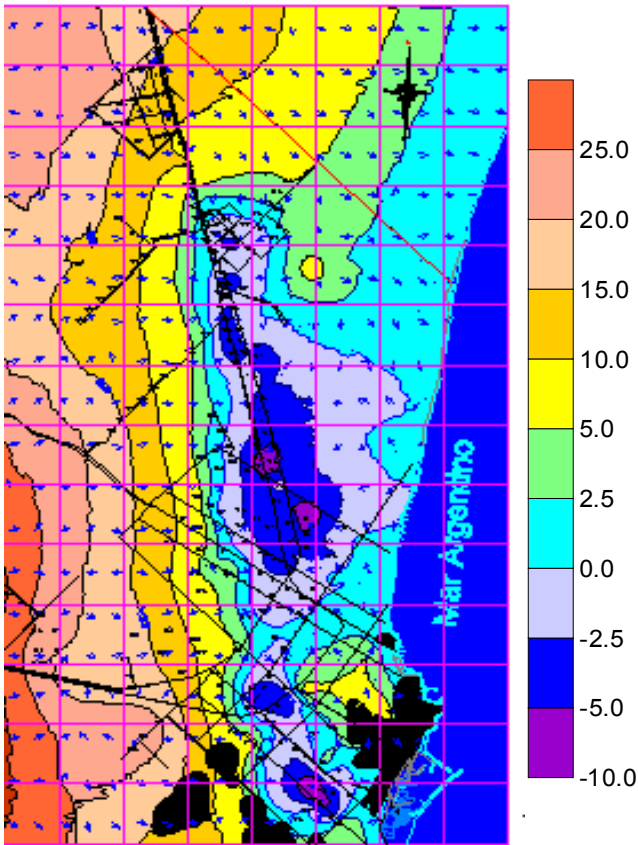


Figura 6 niveles piezométricos 1997 en msnm

Evolución y retroceso del frente salino

La explotación intensiva del acuífero puede considerarse como un proceso del tipo minería del agua (Custodio E. y Llamas M.R, 1983) que provocó el ingreso de agua salada en la zona central de explotación desde 1919 hasta 1999.

Evidentemente las variaciones en los niveles potenciométricos fueron provocadas por la extracción por parte de los sucesivos prestadores del servicio de aguas (administraciones nacionales, provinciales y municipales), las extracciones privadas, en particular, y por los cambios hidrológicos en general. A diferencia de lo señalado, en la última década del siglo XX, se modificó la estrategia de explotación por la revisión del método de producción que realizó OSSE (Cionchi et al, 2000) que indujo en 1995 por primera vez el cierre del frente salino. Esto ocasionó la incorporación de un gran volumen de agua dulce en forma masiva en la zona que históricamente se había sobreexplotado (Figura 2). Es decir que se repuso en gran medida el gran volumen de agua dulce que fue retirada a lo largo de décadas por sobrebombeo.

El cierre del frente salino no se produjo de una vez y permanentemente, sino que las fluctuaciones

de los niveles piezométricos provocaron sucesivas aperturas parciales y nuevos ingresos de agua salada en sectores muy limitados del frente, evidenciándose como una evolución de equilibrios parciales a través de inequ coastros temporales y espaciales de niveles. Dentro de los evidentes beneficios de esta situación no sólo se encuentra el cierre en sí mismo, sino que se comenzó a formar una protección acuífera hidráulica ante la intrusión.

Producto de la construcción de un nuevo acueducto que tenía como uno de sus objetivos principales el reemplazo de la extracción en cuencas deficitarias sujetas a intrusión (Mériá, 1989) por otras en las cuencas excedentarias II y III (Figura 1), en 1995 se pudo retirar de servicio pozos con niveles elevados de sales. Esto conllevó a una recuperación de los niveles (Figura 4) por una parte y a un retiro del frente salino de la zona de explotación. Si analizamos las concentraciones de cloruros en los veranos de 1995 y 1997 (Figura 3 y 7) puede considerarse que existiría un equilibrio ya que la situación es casi idéntica para ambos, reflejándose que la explotación no provocó un deterioro en las condiciones hidroquímicas del acuífero. Claramente se ve la protección del bloque

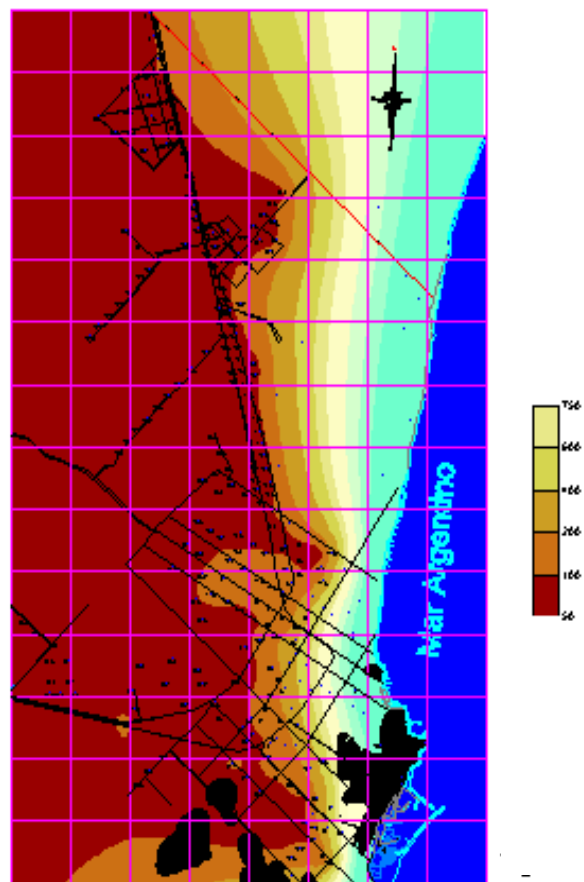


Figura 7 Concentraciones de cloruros en mg/l, 1997

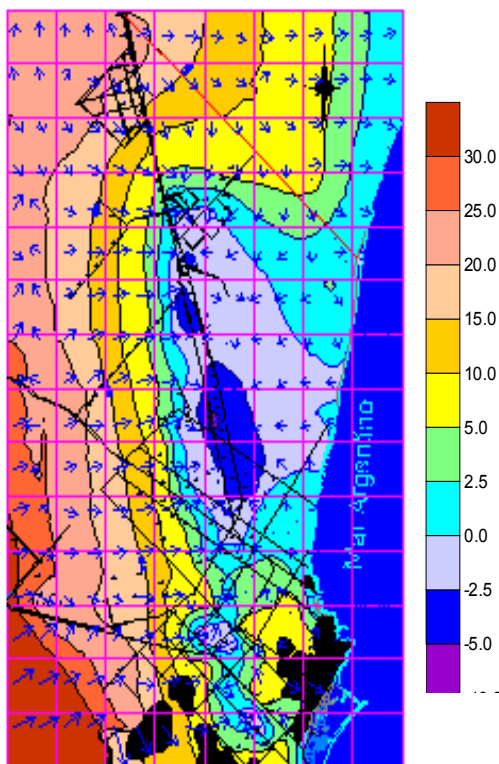


Figura 8 niveles piezométricos 1998 en msnm

Torreón-Puerto del basamento en una amplia zona y de un flanco de niveles de 200 mg/l a tan sólo 700 m de la costa. Hacia el Norte, en el campo de bombeo La Trinidad (Cuenca V), se evidencia un acercamiento de la isolinia de 750 mg/l. Paralelamente, en 1995, previendo que se producirían ascensos de los niveles piezométricos, se comenzó a extraer nuevamente de la zona central de explotación por intermedio de la perforación 93 y 1 (Figura 2), pozo de abastecimiento construido en 1914, radiado por salinización en 1955 y reactivado 40 años después, ambos en la zona central de explotación. (Mérida, L.A., 1995)

A los dos frentes de recuperación de niveles desde el bloque Torreón-Puerto y el NE, indicados en Figura 4 en color verde, se le sumó un tercero por el Sur, todos a +10 m.s.n.m., que intentó recuperar los niveles del área central explotada históricamente (Figura 2). Analizando la Figura 4 se puede considerar que si se pudiera extraer desde una zona de gran canal o zanja que se inicia en la fosa del puerto y se extiende hasta el límite del partido con su talwet lo más al O de la Autovía 2, y lo más estrecho posible, tendríamos una situación ideal de explotación continua del acuífero con cierto control respecto de la intrusión. Se puede imaginar la zona de mayores gradientes hidráulicos uniendo las áreas azules (de -2.5 a -5 m.s.n.m) en una angosta y única zona. Mientras tanto, en la fosa del Puerto, la disminución de la extracción y el incremento de la recarga por mayores

precipitaciones incrementó notablemente los niveles potenciométricos.

Se puede considerar que 1996 representa un quiebre en la forma de explotar el acuífero, ya que partir de este año no se han abandonado pozos, recuperándose nueve perforaciones adicionales a las ya mencionadas (Figura 2). En la Figura 5 se observa que las líneas generales de flujo se han direccionado para llenar el gran cono masivo central. Si tomamos como referencia a partir de ahora la isopieza de +2.5 m, la misma avanzó hacia la línea de costa unos 200 m en un año, elevándose los niveles generales de todo el partido. Es relevante el hecho de que pese a reactivarse perforaciones que habían sido sacadas de servicio, las mismas no provocaron descensos de niveles, e incluso se continúa recuperando gradualmente una amplia zona cercana a los pozos rehabilitados.

En la Figura 3 se han graficado los contenidos de cloruros de 1995, que relacionados con los aumentos de niveles determinan que las condiciones hidroquímicas del acuífero han mejorado, particularmente en la zona central de explotación. La isolinia de 750mg/l traspasó la estribación NO

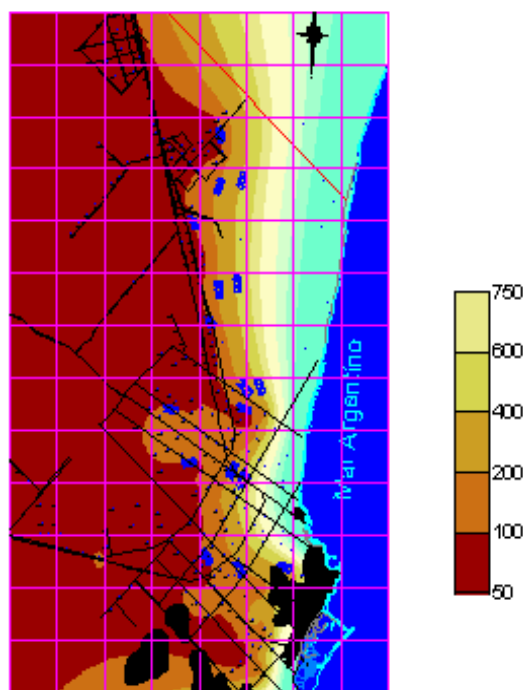


Figura 9 Concentraciones de cloruros en mg/l, 1998

del bloque central del basamento impermeable, en dirección a la fosa del casino (Figura 2). Además, existe un área a solo 2000m. de la costa correspondiente a cloruros comprendidos entre 200 y 400 mg/l que registran las concentraciones mayores en todo el acuífero explotado. A diferencia

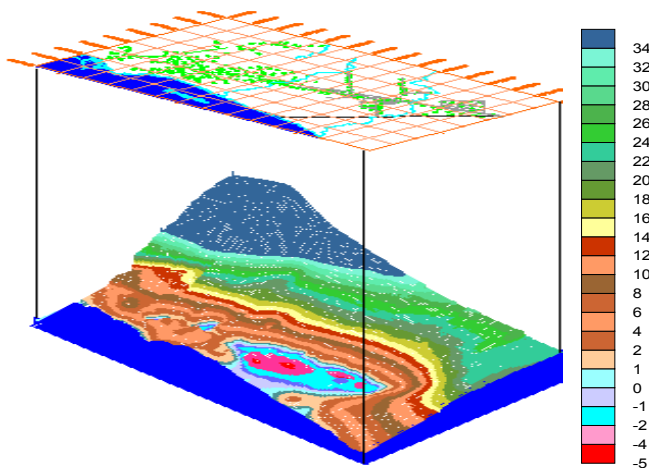


Figura 10 Superficie piezométrica 1998, en msnm

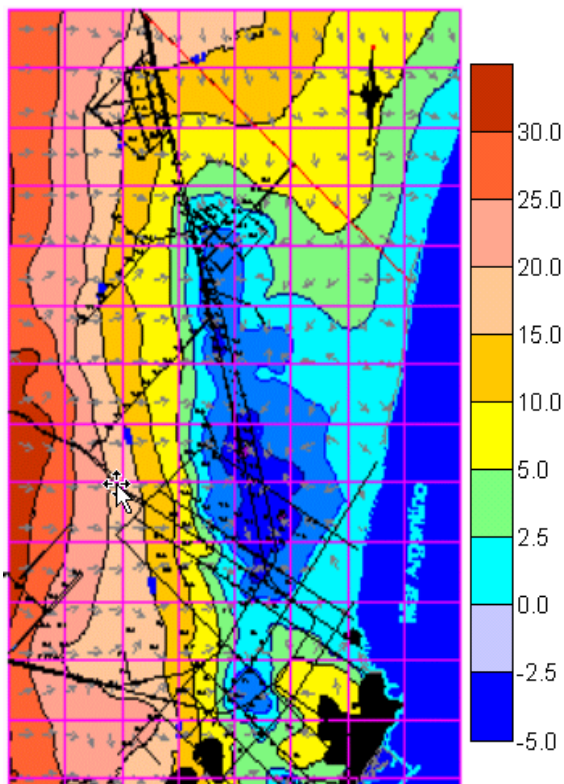


Figura 11 niveles piezométricos 1999 en msnm de lo indicado, en 1997 se continuó el desmejoramiento de las condiciones del acuífero de la zona NE (Figura 6) que provocó la ruptura de la isopieza de 0 m, por lo cual se abrió un frente de unos 1000 m, probablemente influenciado por las extracciones privadas y públicas de toda las perforaciones de la cuenca del Arroyo La Tapera (V en Figura 1).

En la zona central, la recuperación continuó tal que la isopieza de +2.5m. alcanzó a gran parte de la zona urbana, anteriormente con niveles debajo del mar. En la zona al Sur de la Av. Mario Bravo, la extracción de las perforaciones reincorporadas no

modificó la recuperación de los niveles sino que además avanzó y se alineó hacia el NE, llegando al límite intervertientes Norte-sur (Figura 1).

Durante 1998 (Figura 8) se abrió otro brazo, de unos 1000 m adicionales, en la posición que se había comenzado a formar el año anterior, quedando una figura con forma de pantalón con eje en el Arroyo La Tapera a cota +2.5 m.s.n.m. Mientras, en la zona portuaria, la isopieza de igual altura unió los dos brazos evidenciado el año anterior, protegiendo a una isla de cotas inferiores al nivel del mar. En la zona Norte cercana al límite del Partido (Figura 1), el aumento en la extracción no interrumpió el incremento de los niveles piezométricos, siendo la recuperación intensa. Pese a esto, no se pudo revertir la situación en cercanías del Arroyo La Tapera., aun con el gran área de recarga que tiene esta cuenca. En el N las perforaciones operaban debajo de los 200 mg/l de cloruros, mientras que en la zona central las concentraciones, en particular para 400 mg/l (Figura 9) indican una situación química similar a la que ocurría hacia 1959, atenuándose de esta forma la intrusión histórica.

Comparando el periodo 96-98 se puede considerar que el área rural goza de una estabilidad manifiesta, mientras que en el área urbana existe una leve mejoría. Para una mejor apreciación de la explotación se utiliza (Figura 10) una malla tridimensional donde se grafica la superficie piezométrica y por encima de ella se ha adicionado un mapa referencial de la ciudad pudiéndose ver como eje a la Autovía 2 atraviesa el dibujo en dirección NNO-SSE. Se observa en verde las 250 perforaciones que OSSE actualmente tiene en producción. La vista es desde el NE con el fin de observar la superficie piezométrica en su totalidad. Se pueden ver nítidamente los dos frentes de recuperación que intentan cerrar el frente salino, estando el centro del cono de depresión en la zona del Aeropuerto de la ciudad. (Figura 1)

El cierre del frente salino

Durante 1999 (Figura 11), con el fin de tener un muestreo detallado y preciso de las zonas más cercanas al mar, se realizó una campaña de apoyo con refinamiento de la cuadrícula, con puntos nivelados con la suficiente precisión en función de los niveles medidos, para determinar las zonas más vulnerables. Del análisis del monitoreo se verificó el cierre del frente salino en todo el litoral. Para este año se observa además que sólo una limitada área

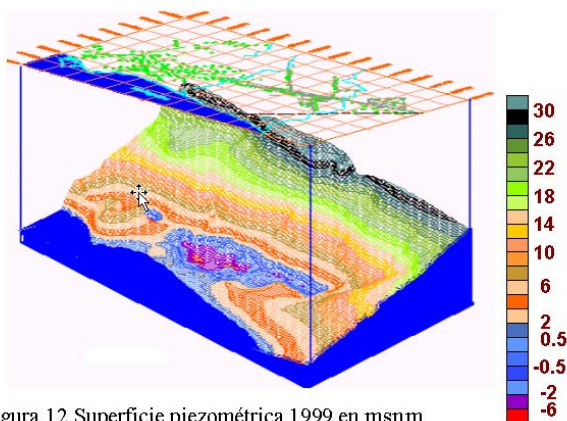


Figura 12 Superficie piezométrica 1999, en msnm

mediterránea, vinculada a la extracción de perforaciones, se encuentra debajo del nivel del mar.

A partir del año 2000, además de los controles anuales se comenzó a utilizar el sistema de telemetría y comando (Mérida, 1998) para verificar el estado de la explotación y realizar las sugerencias para la producción. Esta situación permitió una neta recuperación de los niveles en toda la zona monitoreada (Figura 13), encontrándose salvo unas diez manzanas, la totalidad del área graficada en la figura por encima del nivel del mar. En la zona Sur (cuencas VII y VIII de Figura 1) los niveles estaban por encima de +2.5 msnm, a excepción de un pequeño cono de depresión que de todas formas se encuentra por encima del nivel del mar.

En el Norte, la presión ejercida por la recuperación de niveles sobre la cuña provocó un incremento de niveles costeros por encima de 1.3

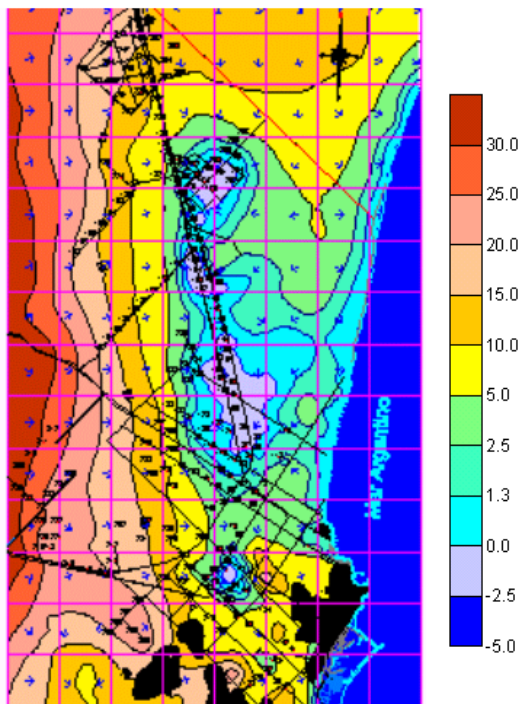


Figura 13 niveles piezométricos 2000 en msnm

msnm en toda el área litoral, pudiéndose cerrar la protección hidráulica para todo el frente salino. La situación de canal profundo deseada, se ubicó paralelamente a la Autovía 2 en una zona de niveles entre 0 a -6 msnm, indicado en celeste (Figura 14).

El análisis crítico de la explotación de las perforaciones rehabilitadas permite observar que se está dando una leve remediación de la denominada área de central de explotación (Cuadro 1).

Cuadro 1 (Pozo 1)

Año	Cloruros(mg/l)
96	6500
97	5796
2000	5720
2001	5174

Producto de los resultados positivos tanto en la disminución del contenido de sales disueltas como de los niveles piezométricos generales se propuso continuar en el 2001 la operatoria para la extracción del agua intrusa histórica con la producción de dos perforaciones más en la zona central, ampliando la zona a extraer en un área de recuperación de niveles y a unos 2000 m del mar.

En cuanto a las otras perforaciones reincorporadas, continúan en la zona de recuperación de niveles a +1.3 msnm (año 2000) en todos los casos, con un promedio para el periodo 1996-2000 de 313 mg/l de cloruros (cuadro 2), lo que permite augurar que continuarán en servicio.

Cuadro 2 (Cloruros)

Pozo	19 96	1997	1998	1999	2000	Promedio 1996-2000
55		370	380	360	424	383
73	358	348	343	360	366	355
93	216	208	221	240	268	230

Para obtener una visión de la evolución de los niveles en un punto específico, se observan en Figura 17 cómo han ascendido con un promedio de un metro por año. Esta situación por sí misma refleja el efecto del balance entre precipitaciones, evapotranspiración, recarga, etc. que debemos analizar en el marco del balance de cuencas excedentarias y de su ajustada extracción. Durante el año 2001, se ha incrementado el área

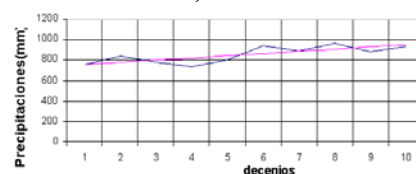


Figura 16

correspondiente a 1.3 m.s.n.m. debido al control detallado de la explotación, tanto de perforaciones particular como de OSSE en las zonas más sensibles, la construcción de redes y el cegado de

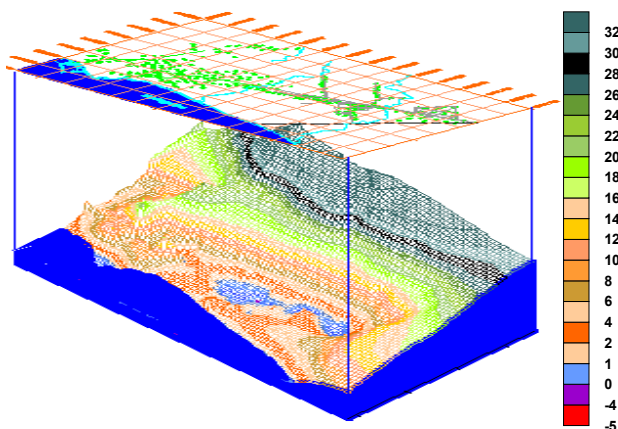


Figura 14 Superficie piezométrica 2000 en msnm perforaciones en esta zona crítica.

Perspectiva futura

De los datos suministrados por el Servicio de Hidrografía Naval para la estación Club Mar del Plata, se observa que durante el siglo pasado el nivel medio del mar oscila en un rango de +/- 10 cm

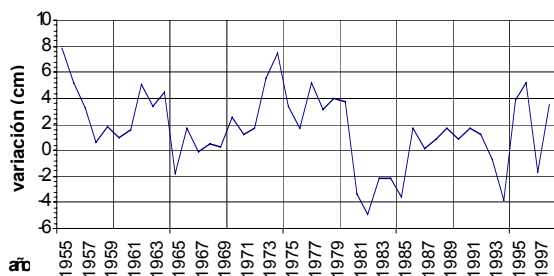


Figura 15 nivel del mar referido al 0 IGM

(Figura 15) sobre el 0 IGM(nivel nacional de referencia).No obstante esto, si se analizan los registros de cada estación del litoral marítimo argentino considerando que se ajustan a modelos de regresión polinómica, se puede concluir que existe un aumento del nivel medio del mar (D'Onofrio et al.,1981, Brandani et al. 1984).

Para proyectar la situación futura se han analizado el escenario denominado A2 preparado para gases invernadero, (Hulme y Sheard, 1999) que en el SE de la provincia, en cercanías de Gral. Pueyrredon pronostica una variación para el año 2020 de unos 38 cm de ascenso del nivel del mar.

Otro factor importante, son las precipitaciones, que evidentemente afecta notablemente la recarga en este tipo de acuífero. Si consideramos los datos históricos (Sala et al. 1980, Cionchi,1989, Redin,1995) y los correspondientes al último decenio del siglo XX aportado por el Servicio Meteorológico Nacional (Figura 16), se observa un aumento en los promedios decenales desde principio del siglo pasado desde 750 a unos 1000 mm/año. Si consideramos la variación de la precipitación media anual en periodos de 30 años, obtenemos una tasa de aumento del 10% para los periodos 1900-1930 y 1961 a 1990. Al solo fin de visualizar el incremento (línea de tendencia en color) de las precipitaciones podemos considerar que en promedio el incremento durante el siglo pasado fue de 19.4 mm/década. Tomando el mismo escenario futuro (A2) para precipitaciones, pudiendo considerar un valor del 5 %. Cabe señalar que no se encuentra definido específicamente para Mar del Plata.

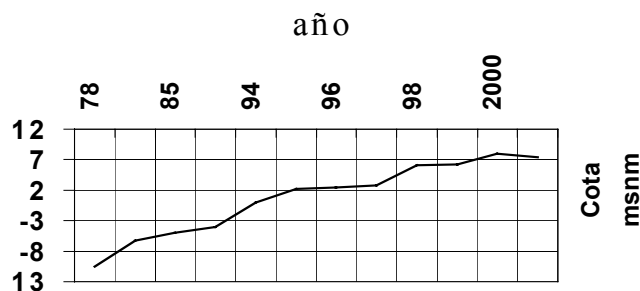


Figura 17 variación de niveles piezométricos

Conclusiones y sugerencias

Pese al poco conocimiento que se tiene en la actualidad de los mecanismos terrestres del cambio climático global, incluyendo en particular el efecto que pudiera producirse por la acumulación-expulsión de carbono en el Amazonia, actualmente en estudio por el Programa Internacional Experimento de Gran Escala de la Biosfera-Atmosfera en la Amazonia (LBA)(Ramalho R.,2001 y Silveira,V.,2002), y por los cuales los pronósticos disponibles para el área de Mar del Plata son inciertos, se debería tener una actitud conservadora respecto a la proyección futura del nivel del mar.

Por otra parte, si se toma como concepto central la vulnerabilidad ante la intrusión, se pueden determinar dos zonas perfectamente diferenciadas: la primera que tiene una significativa protección que se extiende desde el bloque Torreón hacia el S, resguardada por los bloques pétreos cuarcíticos no afectados historicamente por el ingreso marino, tal como la fosa del Puerto, la segunda, desde el bloque

Torreón hacia el N, desprotegida al encontrarse el basamento impermeable a profundidad, no forma una barrera física que contenga el ingreso marino.

En la primera, debería la explotarse en las fosas protegidas por los bloques pétreos de cuarcitas, sirviendo estos como un regulador de las reservas del acuífero, disminuyéndose los niveles potenciométricos, si fuera necesario, aun muy por debajo del nivel del mar para compensar las necesidades de abasto al turismo, mientras que durante el resto del año se produciría la recarga.

En la segunda zona, debido a su debilidad, sería conveniente incrementar la protección por intermedio de una barrera hidráulica con la conformación de un domo costero de agua dulce del acuífero. Evidentemente esto trae relacionado el control del caudal de seguridad con pérdida al mar que sería necesario monitorear en detalle por intermedio de una red litoral específica. La configuración de una zona de protección costera, en particular en la cuenca del Arroyo La Tapera (V en Figura 1), permitiría lograr el objetivo señalado, aumentando la débil protección actual.

Los factores más importantes para determinar un margen de seguridad son: el ascenso del nivel del mar, las modificaciones de la recarga por de las variaciones hidrometeorológicas, en particular por el impacto de los cambios climáticos globales, los incrementos no previstos en la demanda, en particular la turística, que duplica la permanente. Si se considera estos factores para ponderar la protección necesaria, considerando a la zona propuesta para explotar en forma de gran canal (Figura 4), se abastece a gran parte de los habitantes de Mar del Plata, actualmente el 91% del ejido urbano por servicio de OSSE, resulta estratégicamente necesario considerar un margen de seguridad tal que la revancha sobre el nivel del mar en la zona a proteger no debería ser inferior a unos 3 msnm.

Agradecimientos

A todo el personal de monitoreos de OSSE por su tenacidad y profesionalismo en la realización de las campañas, al Señor I. Redin por el dibujo de las figuras 1,2 y 3, a G. Cettour por cargar de los resultados de los análisis químicos y a J.L. Cionchi por compilar parte de la bibliografía utilizada en el presente trabajo que me facilitó su realización. Al Dr. Enrique D'onofrio del Servicio de Hidrografía

Naval por los datos aportados y su excelente predisposición.

Referencias

- Brandani, A.A., Donofrio E.E., Snack, E.J,1984. Análisis de las variaciones del nivel medio del mar según registros mareográficos de la Argentina. *Simposio Internacional sobre cambios del nivel del mar y evolución costera en el cuaternario tardío*. (Analysis of the variation of the sea level according to Argentine's sea records)
- Cionchi, J.L.. 1989. Hidrometeorología y resolución de balances hídricos en el Partido de General Pueyrredón. *OSSE*, Informe inédito. Mar del Plata 22 pág.. (Hydrometeorology and hydric balances solve in Gral Pueyrredon)
- Cionchi, J.L.. 1994. Estado del cono de depresión en la zona de explotación de OSSE. informe técnico inédito. *OSSE*, Mar del Plata, 19 págs. (Condition of the drawdown cone in the OSSE exploitation zone)
- Cionchi, J.L., Mérida L.A., Redin, R.I. 2000. La explotación racional de los recursos hídricos subterráneos en el Partido de Gral. Pueyrredon. El caso de Obras Sanitarias S.E., *OSSE*, Informe Inédito. Mar del Plata, 72 pag. (The rational exploitation of the underground resources in Gral. Pueyrredon)
- Cova, R.1993. La calle 9 de Julio entre San Juan y Jara. Una aproximación a la historia, 62 pag. Grafica Armedenlo. (9th Street between San Juan and Jara , an approach of the history)
- Custodio E. Y Llamas M.R.,1983 Hidrología Subterránea 2da Edición, *Ediciones Omega*. (Underground hydrology)
- Custodio E.,1988. Revista del Colegio de Ingenieros de Canales, caminos y puertos Cataluña, Valencia, extremadura y Baleares Número 13, 1989,117 pag.(Magazine of channels, roads and ports engineers ,Spain)
- Custodio, E. 1994. Gestión y protección de acuíferos. En *Seminario Hispano-Argentino sobre Temas Actuales de Hidrología Subterránea*, Actas: 225-244. Mar del Plata. (Management and protection of aquifers)

- D'onofrio E.E., Frutos, H.C. y C.E. Balay, 1981. Nivel medio del mar en el litoral argentino. *Servicio de Hidrografía Naval*, 64pp. (Average water level in the Argentine coastal)
- Groeber, P.F.C. 1954. Geología e hidrogeología de Mar del Plata en relación con el problema de abastecimiento de agua potable a la población urbana. *Museo Mun. De Cs. Nat. Y Trad.*, Rev., 1 (2): 5-25. Mar del Plata. (Geology and hydrogeology of Mar del Plata to connect with the fresh water supply to the urban people)
- Hulme Y Sheard, 1999. Escenarios de cambios climáticos para la Argentina, Unidad de Investigación Climática de la Universidad de East Anglia, Norwich, Reino Unido. (Climate change scenario, Argentina) disponible en <http://www.cru.ac.uk/~mikeh/research/argenitina>
- Massone, H; Martinez, D; Cionchi, J; Bocanegra, E., 1994. Proceso de contaminación del acuífero de Mar del Plata. Diagnóstico y pautas de prevención y control. *II Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea, Chile*. (Aquifer contamination process in Mar del Plata. Diagnostic and prevention and control)
- Mérida, L.A. 1989. Proyecto Sistema Acueducto Norte Memoria Técnica. *OSSE*, Informe inédito. Mar del Plata. (North Aqueduct System Protect)
- Mérida, L.A. 1995. Red de carga de agua con fines no potables, derivación de caudales remanentes a grandes conductos y venta de agua potable en bloque. *OSSE*, Informe inédito. Mar del Plata, 6 pág. (Raw water charge net, flow derivation to big pipes and sale block water)
- Mérida, L.A.. 1998. Proyecto del Sistema de telemetría y comando. *OSSE*, Informe inédito. Mar del Plata, 32 pág. (Telemetry and control of North Aqueduct System Project)
- Mérida, L.A.. 2001. La evolución de la intrusión salina en el acuífero marplatense, *OSSE*, Informe inédito. Mar del Plata, 58 pág. (The saline intrusion evolution in the Mar del Plata aquifer)
- Pedriel, Adolfo, 1977. Invasión salina en acuíferos costeros, Com. Nac. *Conferencia de Naciones Unidas sobre el agua. C13/3*, 10 pág.. (Saline invasion in coastal aquifer)
- Pulido Bosch, A. 1987. La intrusión marina *Departamento de Geodinámica, Universidad de Granada*, 16 pag. (Marine intrusion)
- Ramalho R., 2001. Capitalização do excedente de gás carbônico absorvido pela Amazônia gera polémica *Revista Ciência Hoje, mayo 2001*. (Carbonic Gas excess absorbed to Amazon generates controversy)
- Redin, I. 1995. Hidrometeorología y resolución de balances hídricos en el Partido de General Pueyrredón. *OSSE*, Informe inédito R.H. 1/95. Mar del Plata 18 pág.. (Hydrometeorology and hydric balances solve in Gral Pueyrredon)
- Ruiz Huidobro, O. y O.R. Tofalo. 1975. La intrusión de agua de mar en acuíferos litorales. Su control en Mar del Plata (República Argentina). *VI Cong. Geol. Arg.*, Actas: 515-523. Buenos Aires. (The intrusion of sea water in coastal aquifer)
- Sala, J.M., M. Hernández, N. González, E. Kruse y A. Rojo. 1980. Contribución al conocimiento geohidrológico del área de Mar del Plata. Convenio O.S.N.-Univ. Nac. De La Plata. Informe inédito. La Plata, 4 fascículos. (Geohydrology research applied in the Mar del Plata area)
- Silveira, V., 2002. Estudio climático na Amazônia melhorará previsão do tempo (Amazonia climatic research) disponible en http://www.eosdis.ornl.gov/lba_cpctecport/documentos