

IMPACTO ANTROPICO SOBRE EL RECURSO HIDRICO EN CUENCAS DEL NORESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Trovatto, María Marta¹, María del Pilar Alvarez¹, Marcos Cipponeri³, Mónica Salvioli³, y Gabriela Calvo³

¹Cátedra de Hidrogeología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP.
Calle 60 y 120. (1900) La Plata. m.trovatto@hotmail.com

³UIDET Gestión Ambiental, Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la UNLP.
Calle 47 N° 200, (1900) La Plata. Tel.: 54 221 4272963.int. 152.

RESUMEN

Sobre las cuencas de los arroyos Conchitas-Plátanos y Baldovinos, ambas afluentes del río de La Plata, se emplazan los municipios de Florencio Varela y Berazategui, usuarios del agua subterránea para el abastecimiento tanto de la actividad doméstica como industrial y agrícola. Desde la década del '60 se reconoce la alteración de los niveles de agua subterránea así como también la incidencia de una cuña salina que afecta la parte baja de las cuencas. El objetivo del presente trabajo es analizar mediante herramientas hidroquímicas e hidrodinámicas el impacto de la actividad antrópica.

El análisis parte de un censo de perforaciones y fuentes de agua preexistentes tanto en el acuífero Pampeano como en el semiconfinado Puelche, donde se midieron niveles, se analizaron parámetros fisicoquímicos in situ y extrajeron muestras para determinaciones bacteriológicas y de iones mayoritarios, metales pesados, hidrocarburos totales y plaguicidas.

Los resultados hidrodinámicos muestran hacia el sector medio y bajo de la cuenca, coincidente con el municipio de Berazategui y parte de Florencio Varela, un gran cono de depresión por explotación intensiva, con ápices que alcanzan el techo del acuífero Puelche en algunos sectores, mientras que en el acuífero suprayacente, se evidencian fenómenos depletivos.

De los parámetros hidroquímicos determinados se registra la presencia de coliformes totales en la mayoría de las perforaciones muestreadas en el acuífero Pampeano, y en algunos puntos del acuífero Puelche, en coincidencia con los niveles más deprimidos. Además para este último, se hallaron contenidos de Sodio, nitrato, nitrito, amonio, Aluminio, de influencia antrópica, y el Arsénico de origen natural, como limitantes de la calidad.

Se concluye que tanto las alteraciones hidrodinámicas como hidroquímicas se han mantenido en el tiempo, y han avanzado hacia la parte superior de las cuencas, frente a la mayor demanda de agua subterránea por parte de la actividad industrial, agrícola y el crecimiento urbano en barrios cerrados, hallándose el sistema en situación crítica frente a la disponibilidad y calidad del recurso hídrico.

Palabras Clave: Agua subterránea y superficial; hidrodinámica; hidroquímica; calidad

INTRODUCCION

Desde la década del '60 se reconoce para ciertas cuencas de la llanura al NE de la provincia de Buenos Aires, la presencia de una alteración de los niveles de agua subterránea así como también de una cuña salina que afecta sus sectores más bajos, próximos a la desembocadura en el río de La Plata (EASNE, 1972).

Frente a la creciente demanda del recurso hídrico subterráneo para los distintos usos (Borello; 2013), se evalúa el impacto antrópico en las cuencas de los arroyos Conchitas-Plátanos y Baldovinos, ambas afluentes del río de La Plata y sobre las que se emplazan los municipios de Florencio Varela y Berazategui, usuarios del agua subterránea para el abastecimiento tanto de la actividad doméstica como industrial y agrícola.

Se destaca la iniciativa de la Autoridad del Agua (ADA) de la Provincia de Buenos Aires y el Consejo Federal de Inversiones (CFI), al promover y financiar el estudio integral de pequeñas cuencas, llevado a cabo por parte de la Unidad de Investigación, Docencia, Desarrollo-Gestión Ambiental (UIDD-GA, 2011), con el fin de evaluar, diagnosticar, planificar y gestionar los recursos hídricos.

El área de estudio abarca 160 km², limita al N-NE con la Llanura Costera paralela al río de La Plata, al E-SE con la cuenca Pereyra-San Juan, al S con la cuenca del río Samborombón y al SW- W - NW con los arroyos Las Piedras y Jiménez.

El clima es subhúmedo-húmedo mesotermal con precipitaciones modulares anuales registradas, en las estaciones Ezeiza y La Plata Observatorio (1973-2014 y 1909-2007), comprendidas entre 928 mm y 1042 mm. La evapotranspiración real se calcula en 800 mm/año con excesos hídricos del orden de 243 mm anuales para la Estación La Plata Observatorio según la metodología de Thornthwaite - Mather, (1957).

Las unidades geomorfológicas principales son la *Llanura Costera* del río de la Plata y la *Llanura Alta*. La primera no está involucrada en el ámbito de estudio y se vincula con la segunda a través de un "escalón" o antigua terraza, disimulada en parte por la erosión y la actividad antrópica (Hurtado et al., 2006). La segunda se desarrolla entre las cotas de 5 m snm lindante con la Llanura Costera y 30 m snm, en el límite Suroeste con la cuenca del río Samborombón. Incluye geoformas de menor jerarquía como los interfluvios planos-convexos, y las planicies de inundación de los arroyos (Hurtado et al., 2005). Estos presentan en su desarrollo un rumbo general de escurrimiento SW – NE, hacia el río de la Plata.

El sistema geohidrológico y su comportamiento hidrológico, pueden resumirse en tres componentes (González et al., 2002): el subsistema activo vinculado al ciclo exógeno, el subsistema pasivo ó profundo y el basamento ó soporte del conjunto. El primero de ellos está compuesto por la Zona No-Saturada (ZNS), un acuífero freático y otro semilibre (Pampeano) que funcionan como una única unidad desde el punto de vista hidráulico, un acuitardo y el acuífero principal (Puelche) de características semiconfinadas. El pasivo está compuesto por dos acuíferos confinados (Paraná y Olivos), limitados por sendos acuicludos, mientras que el basamento, de comportamiento acuífugo, está conformado por rocas ígneas y metamórficas.

Respecto a la actividad antrópica relacionada al recurso hídrico subterráneo, se registra el uso agrícola intensivo, el urbano o doméstico (agua de abastecimiento a la población, riego no productivo, recreación y evacuación de excretas); el industrial con sus efluentes, y la actividad

minera extractiva (tosqueras y ladrilleras), reconociéndose un sostenido aumento de la demanda del recurso por parte de múltiples usuarios (Borello, 2013).

Es entonces, objetivo del presente trabajo, analizar mediante herramientas hidroquímicas e hidrodinámicas el impacto de la actividad antrópica sobre el recurso hídrico subterráneo.

MATERIALES Y METODOS

El análisis parte de un censo de perforaciones y fuentes de agua preexistentes tanto en el acuífero Pampeano como en el semiconfinado Puelche, realizado en Mayo y Octubre de 2010. Se relevaron pozos de particulares y de las baterías de abastecimiento público de ambos municipios, alcanzando un total de (19) diecinueve puntos de control (Figura 1).

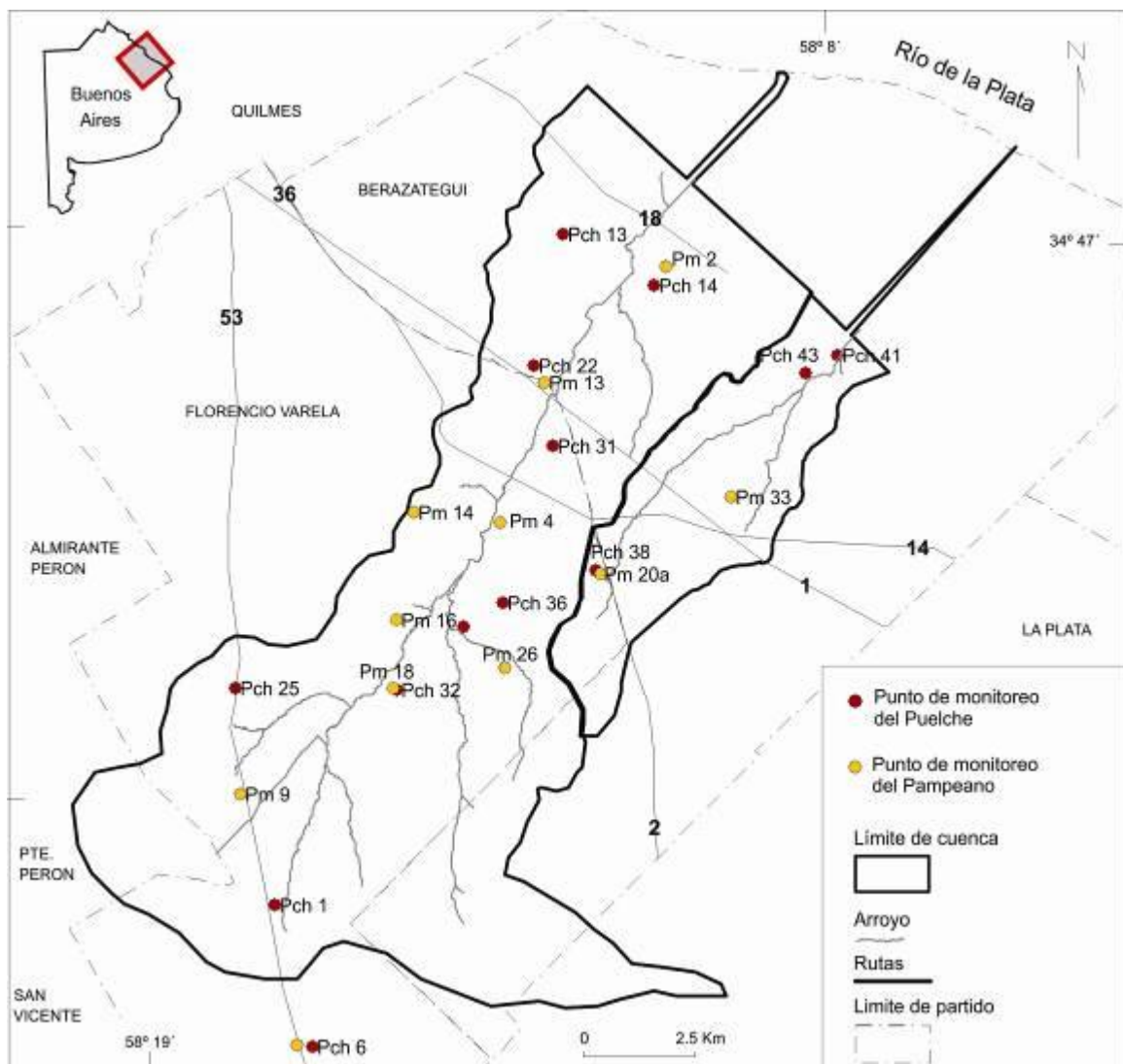


Figura 1. Ubicación del área de estudio y localización de los sitios de muestreo

En cada sitio se midieron niveles, analizaron parámetros fisicoquímicos in situ y extrajeron muestras para determinaciones microbiológicas (coliformes totales, coliformes fecales, recuento de mesófilos, pseudonoma aeruginosa) y de iones mayoritarios (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^-), metales pesados (Cd, Cr, Cr VI, Cu, Mn, Pb, Zn, Hg), As, F, hidrocarburos totales, VOC's,

y plaguicidas (organoclorados y órganofosforados). Los análisis de laboratorio fueron realizados bajo los protocolos de las normas EPA y APHA–AWWA–WEF (2010).

La caracterización hidroquímica se efectuó en base a los diagramas de Piper y Schoeller Berkaloff, y la valoración de la calidad del agua muestreada se realizó mediante la comparación de los tenores de los compuestos determinados con los establecidos en las normativas para consumo humano: Ley 11.820 Anexo A, Ley 24.051 Decreto 831/93, Código Alimentario Argentino (C.A.A) y Organización Mundial de la Salud (OMS). Los resultados se integraron en un Sistema de Información Geográfico (SIG), se generaron mapas hidrodinámicos y de isosalinidad, con la correspondiente interpretación espacial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hidrodinámica subterránea de las cuencas

El relevamiento de los niveles de agua subterránea para el acuífero libre permitió identificar una zona no saturada (ZNS) de espesor muy variable. En el sector de cabeceras toma valores menores a 5 m y en la cuenca media a baja del arroyo Conchitas-Plátanos y prácticamente en toda la cuenca del arroyo Baldovinos, presenta espesores que superan los 25 m (Figura 2).

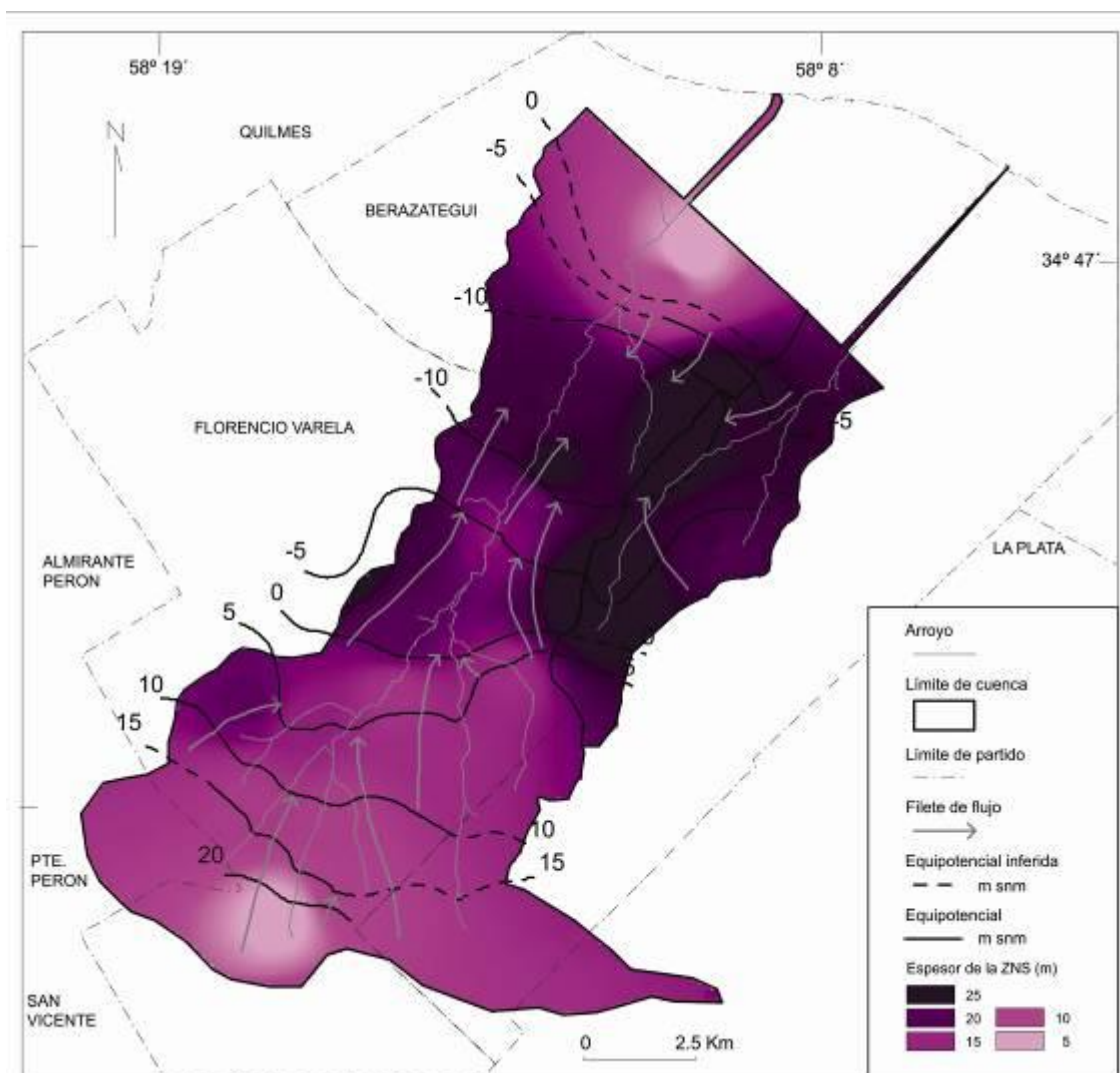


Figura 2. Mapa de espesor de la Zona No Saturada (ZNS) y equipotencial del acuífero Pampeano.

En el sector donde el espesor de la ZNS es máximo se relevaron pozos al acuífero Pampeano que han quedado fuera de uso, debido a que el nivel freático se encuentra por debajo del fondo del pozo. Cabe aclarar que, en base a los perfiles geológicos de perforaciones preexistentes, en general ocurre en la región que, el fondo del pozo coincide con el techo del acuitardo que separa hidráulicamente el acuífero libre del semiconfinado.

Respecto al flujo de agua subterránea del primer acuífero, en la cuenca alta muestra niveles de 20 m snm disminuyendo hacia - 5 m snm en la porción central de las cuencas, con un sentido de escurrimiento SW-NE que se invierte hacia el sector lindante con la llanura costera (Figura 2).

En cuanto a los niveles equipotenciales del acuífero Puelche, para el sector de la cuenca alta se encuentran entre los 20 y los 15 m snm, disminuyendo drásticamente en la porción media a valores por debajo de - 25 m snm (Figura 3). Se identifica así una gran hidroforma negativa producto de la confluencia de numerosos conos de depresión localizada principalmente en el municipio de Berazategui, y en parte de Florencio Varela. Esto genera un flujo radial convergente hacia esa zona, alterándose completamente la característica original correspondiente a la descarga subterránea regional hacia la llanura costera del río de La Plata (EASNE, 1972). Coincide espacialmente con las curvas equipotenciales negativas del acuífero Pampeano, así como también con los máximos espesores de la ZNS, evidencia de la depleción o agotamiento del acuífero superior.

Hidroquímica y calidad del acuífero Pampeano

Dentro de las propiedades fisicoquímicas, la salinidad toma valores en un rango de 220 a 2200 mg/l, siendo lo más frecuente encontrar tenores salinos del orden de los 500 a 1000 mg/l.

Para la cuenca del arroyo Baldovinos, en ningún caso alcanza los 750 mg/l, contrariamente a lo que ocurre en la del Conchitas-Plátanos, donde en el sector medio a bajo se registraron contenidos por encima de ese valor. En la cuenca alta existen valores de 500 mg/l, si bien puntualmente se manifiestan concentraciones más elevadas.

Teniendo en cuenta lo analizado en el ítem hidrodinámica, es importante resaltar que el ámbito de mayor salinidad se localiza mayormente donde los niveles freáticos se encuentran más deprimidos.

En líneas generales el pH de la región toma valores desde neutros a levemente alcalinos, excepto en un único caso que es de características ácidas, asociado a una industria química, y los registros de Temperatura, al tratarse de un acuífero freático, se vinculan fundamentalmente con la variación de la temperatura ambiente, mostrando valores medios generalmente cercanos a la media anual del aire.

En la caracterización iónica mayoritaria las muestras tienen en general, al CO_3H^- y al Na^+ o Ca^{2+} como iones dominantes, excepto una de ellas con SO_4^{2-} . El CO_3H^- se presenta con valores medios de 538 mg/l seguido por el Cl con 38 mg/l y el SO_4^{2-} con 33 mg/l.

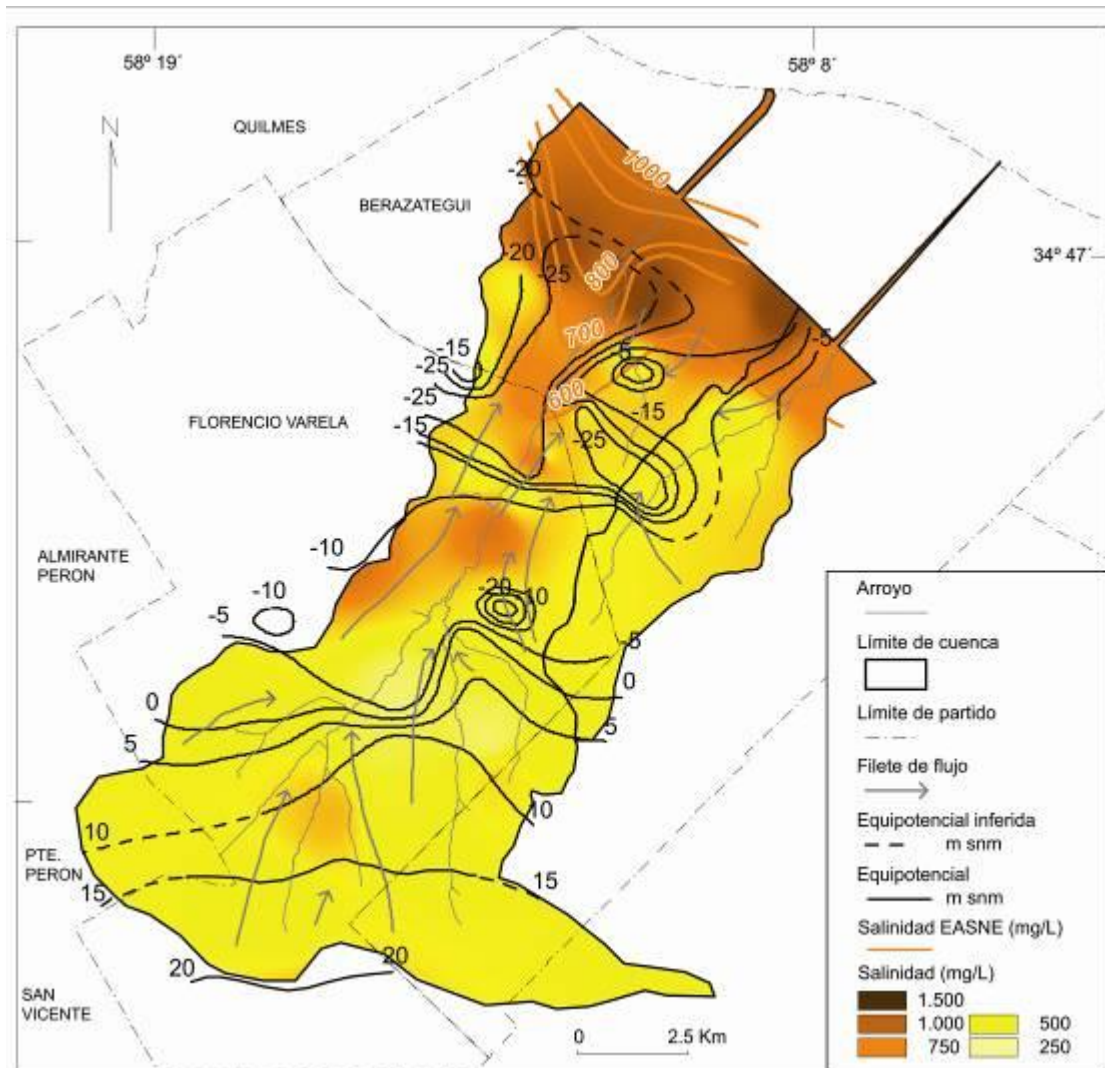


Figura 3: Red de flujo y salinidad del acuífero Puelche

El elevado contenido en CO_3H^- indica que el acuífero Pampeano se recarga por infiltración de la lluvia, debido a que este ión deriva de la combinación del CO_2 existente en la zona no saturada con el agua de infiltración. Respecto a los cationes, domina notoriamente el Na^+ con promedios de 156 mg/l, le sigue el Ca^{2+} con 60 mg/l, el Mg^{2+} con 25 mg/l y, finalmente, el K^+ con 13 mg/l.

En la Figura 4 se han representado las nueve (9) muestras con el contenido de iones mayoritarios. Es posible identificar un grupo con características Bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas localizado en las cabeceras de los arroyos Conchitas-Plátanos y Baldovinos, otro de tipo Bicarbonatado sódico distribuido sobre la cuenca media - alta y baja, y puntualmente (en el sector medio de la cuenca del arroyo Conchitas-Plátanos) la muestra Pm 4 perteneciente al campo de las aguas sulfatadas sódicas, con el mayor registro de salinidad dentro del acuífero Pampeano.

Otra observación puntual, pero en este caso dentro del grupo clasificado como Bicarbonatado sódico, es el de la muestra Pm 13, muy cercana al campo de las aguas cloruradas sódicas y que, al igual que la Pm 4, se ubica en el sector medio de la cuenca Conchitas-Plátanos.

En el diagrama de Schoeller- Berkaloff donde es posible observar que domina el anión bicarbonato, y a medida que se avanza en el sentido aguas abajo de la cuenca, aumentan el

contenido de sulfatos y cloruros, acorde a lo que se podría esperar en una evolución normal. No obstante, hay situaciones puntuales que se apartan de este comportamiento, tal es el caso de las muestras Pm 13 y Pm 4.

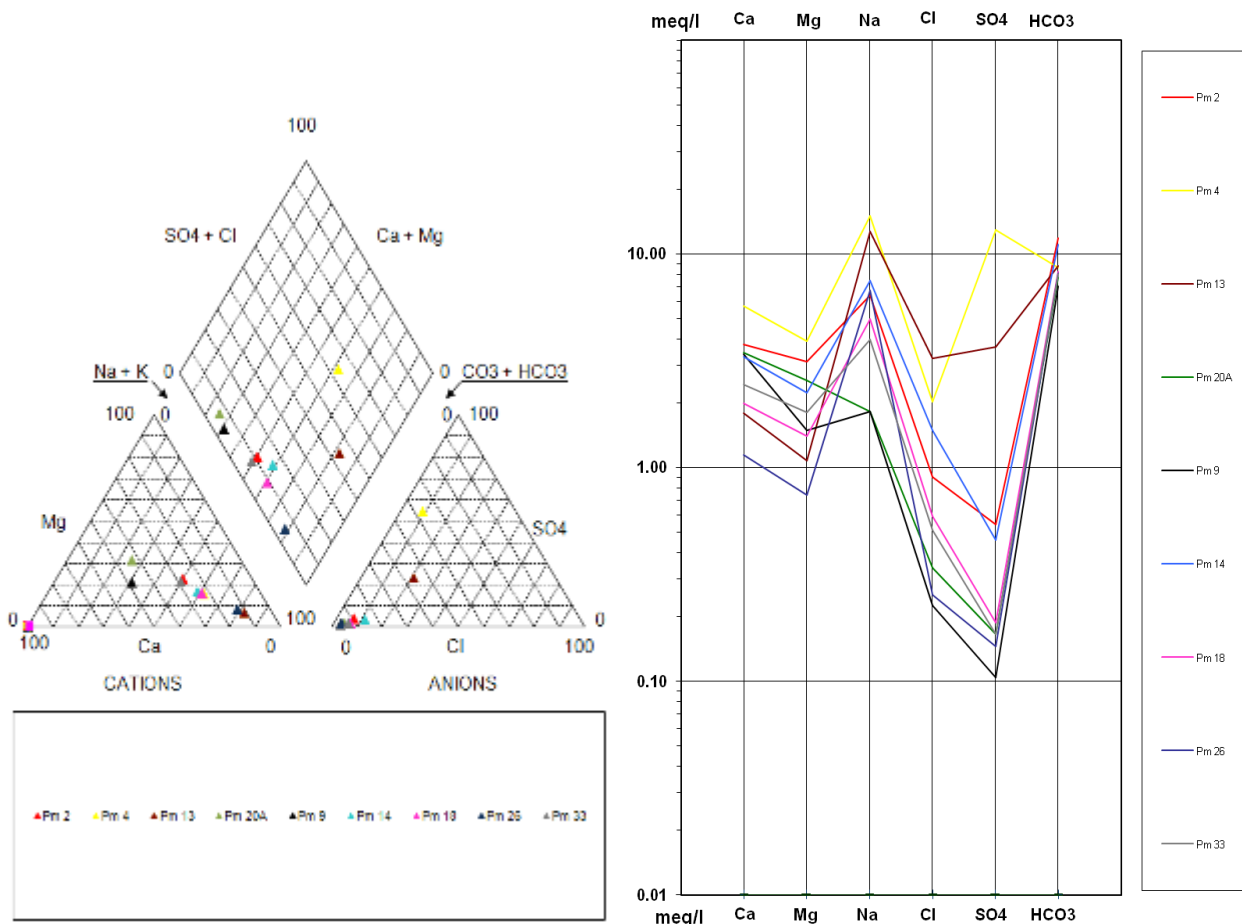


Figura 4: Hidroquímica del Acuífero Pampeano

Con respecto a la calidad del acuífero Pampeano se detectaron valores por encima de al menos uno de los niveles guía, establecidos para la dureza, Sodio (Na), sulfatos (SO_4^{2-}), nitratos (NO_3^-), amonio (NH_4^+), Flúor (F), Arsénico (As), Manganeseo (Mn), Mesófilos, Coliformes Totales y Pseudomona Aeruginosa. Para el nitrito, Cobre, Mercurio, Plomo, Cinc, e Hierro trivalente, si bien se registraron valores sobre el nivel de detección, ninguno de ellos llega a superar el nivel guía correspondiente.

No fueron detectados los restantes analitos, hidrocarburos totales (HC's totales), cianuros totales, Cromo total y Cromo VI, Cadmio, Mercurio, Plomo, Aluminio, VOC's, plaguicidas órgano – clorados y órgano – fosforados, y Coliformes Fecales. A continuación, se detallan aquellas determinaciones con contenidos por encima del nivel guía.

La dureza, si bien en casi todas las muestras se posiciona dentro del rango fijado por el CAA (400 mg/l), en el caso de la Pm 4 excede este límite.

El Sodio supera el valor de 200 mg/l (establecido como límite por la Ley 11820), en los casos de Pm 4 y Pm 13, ambos puntos localizados en la parte media de la cuenca, en cercanías del

álveo del arroyo Conchitas-Plátanos, y asociados a la actividad industrial. Los sulfatos superan el nivel guía de 250 mg/l (Ley 11.820) solo en el punto Pm 4, con 619 mg/l.

Los tenores de nitratos, exceden en dos (2) muestras el límite de 50 mg/l establecido para agua de bebida en la Ley 11.820. Respecto a su ubicación dentro de la cuenca, se puede mencionar que los valores (52,2 y 52,1 mg/l) corresponden a las muestras Pm 13 y Pm 14, respectivamente, asociada ésta última a una perforación de uso doméstico, sin servicio cloacal.

El contenido de amonio se ubica por encima del nivel guía de 0,05 mg/l (establecido en el Decreto 831 de la Ley 24.051) en las muestras Pm 13 y Pm 4.

La concentración de F varía entre los extremos 0,28 mg/l y 1,19 mg/l, con un promedio de 0,62 mg/l. Si se tienen en cuenta las leyes 11.820 y 24.051, se ve que todos los valores caen dentro del rango aceptable (1500 mg/l), pero si se considera el límite del CAA vinculado a rangos de temperatura (0,7 - 1,2 mg/l), habría tres muestras en los que se supera.

En el caso del As, si se toma el límite provisorio de 0,05 mg/l establecido en las leyes 11.820 y 24.051, todas cumplen con la condición de aptitud, pero si se considera el fijado por el CAA del 2007 (0,01 mg/l), siete (7) muestras calificarían como no aptas. Cabe aclarar, que la presencia de As respondería a un tipo de contaminación de origen natural, proveniente de la alteración de las cenizas volcánicas presentes en el material geológico que constituyen los limos pampeanos (Hernández, 2005).

El Mn se encuentra en concentraciones elevadas (0,205 mg/l) en un sitio ubicado en la cuenca media-baja (Pm 2) con actividad industrial.

De los resultados obtenidos en el análisis bacteriológico, el recuento de Mesófilos de una muestra (Pm 33), ubicada en la cuenca del arroyo Baldovinos, presenta contenidos superiores a los legislados. Los Coliformes Totales superan el límite en cinco (5) muestras, una coincidente con la anterior y las otras cuatro (Pm 9, Pm 14, Pm 18 y Pm 26), ubicadas en predios particulares de la cuenca alta y media-alta del arroyo Conchitas-Plátanos sin servicio de cloacas. Por último la Pseudomona Aeruginosa se detectó en una sola muestra, (Pm 9) ubicada en el sector de cabeceras.

Hidroquímica y calidad del acuífero Puelche

El contenido salino del acuífero Puelche, manifiesta para toda el área de estudio dos ámbitos claramente diferenciables (Figura 3), uno de características dulces y otro de características salobres. El primero de ellos se desarrolla en todo el sector de la cuenca alta y, a medida que se avanza en el sentido general del flujo subterráneo, es decir de Suroeste a Noreste, las aguas van aumentando la cantidad de sales disueltas, tal como es de esperar en una evolución normal por recorrido. No obstante, en la zona de la cuenca baja, se manifiesta un cambio abrupto en el contenido salino, pasando en pocos kilómetros de tenores medios de 700 mg/l a mayores a 1.200 mg/l.

Este corte en la evolución gradual del contenido iónico sería atribuible a una ingresión salina proveniente de la zona de la planicie baja o llanura costera (EASNE 1972, Hernández 1978 y Galarreta 1996).

Teniendo en cuenta lo señalado por Hernández (1978) para la franja costera de Quilmes y Berazategui, en relación a la existencia de un frente salino con una velocidad de avance estimada entre 250 m/año y 400 m/año, se comparó la salinidad en ambos períodos (Figura 3). Las curvas registradas en trabajo de EASNE (1972) mostraban el valor límite de salinidad fijado por el CAA

de 1500 mg/l, fuera de la zona de estudio (dentro de la planicie costera). En cambio en mayo de 2010, estos contenidos salinos se registran dentro de la zona de estudio (a 2 km del límite entre la planicie costera y la Llanura alta), expresando un avance aproximado de 60 m por año.

Comparando las velocidades de avance mencionadas por Hernández (1978) y las de 2010, se deduce que ha habido una disminución de la tasa de avance del frente salino, probablemente por el abandono de las perforaciones de la batería de Berazategui cercanas al límite Nor-Noreste de la zona de estudio.

Respecto al pH de la región toma valores más alcalinos que los medidos en el acuífero suprayacente y que, a diferencia de aquel, en ningún caso se midió un pH menor a 7. Respecto a la Temperatura, los valores son bastante similares aunque levemente superiores a los registrados en el acuífero Pampeano.

El contenido iónico mayoritario en las muestras analizadas es más homogéneo que el registrado para el Pampeano, con el CO_3H^- y el Na^+ como iones dominantes. Este anión tiene valores medios de 552 mg/l, le sigue el Cl^- con 80 mg/l, y luego el SO_4^{2-} con 55 mg/l en promedio, superando los 100 mg/l en los ámbitos de la cuenca media y baja. El elevado contenido en CO_3H^- indica que el acuífero se recarga, al igual que el suprayacente, por infiltración de la lluvia, proveniente de la filtración vertical descendente a través del acuitardo interpuesto. Entre los cationes, domina el Na^+ con un promedio de 217 mg/l, le sigue el Ca^{2+} con 27 mg/l, el Mg^{2+} con 14 mg/l y, el K^+ con 11 mg/l, todos valores inferiores a los del Pampeano.

Se presentan en el diagrama de Piper (Figura 5) las diez (10) muestras sobre las que se determinó el contenido iónico mayoritario. Se observa que existe una distribución más homogénea, sin diferencias puntuales significativas. Todos los puntos analizados se agrupan dentro del campo de las aguas bicarbonatadas sódicas, estando solo una de ellas (Pch 14) sobre el límite de las cloruradas sódicas.

Recordando que la secuencia en la evolución del agua generalmente sigue el orden CO_3H^- , SO_4^{2-} , Cl^- , es decir, que a medida que circulan van incorporando SO_4^{2-} y Cl^- y disminuyendo el contenido de CO_3H^- , se describe seguidamente el diagrama de Schoeller-Berkaloff (Figura 5), donde es posible identificar una secuencia de este tipo. Allí se aprecia que la muestra Pch 1 (ubicada en la cabecera de la cuenca) es la que contiene menor proporción de SO_4^{2-} y Cl^- respecto de los CO_3H^- , y que por el contrario las Pch 13, Pch 14 y Pch 41 (ubicadas en la cuenca baja de ambos arroyos) poseen valores mucho más elevados de SO_4^{2-} y Cl^- aunque siguen manteniendo su carácter bicarbonatado.

En cuanto a la calidad del Acuífero Puelche, de todos los componentes evaluados, se detectaron valores por encima de al menos uno de los niveles guía de Sodio (Na^+), cloruros (Cl^-), nitratos (NO_3^-), nitritos (NO_2^-), amonio (NH_4^+), Arsénico (As), Aluminio (Al), mesófilos, Coliformes Totales, y Coliformes fecales.

Respecto al contenido de SO_4^{2-} , F, Cu, Zn, Mn e Fe^{+3} , si bien se registraron valores sobre el nivel de detección, ninguno de ellos supera las normas de calidad.

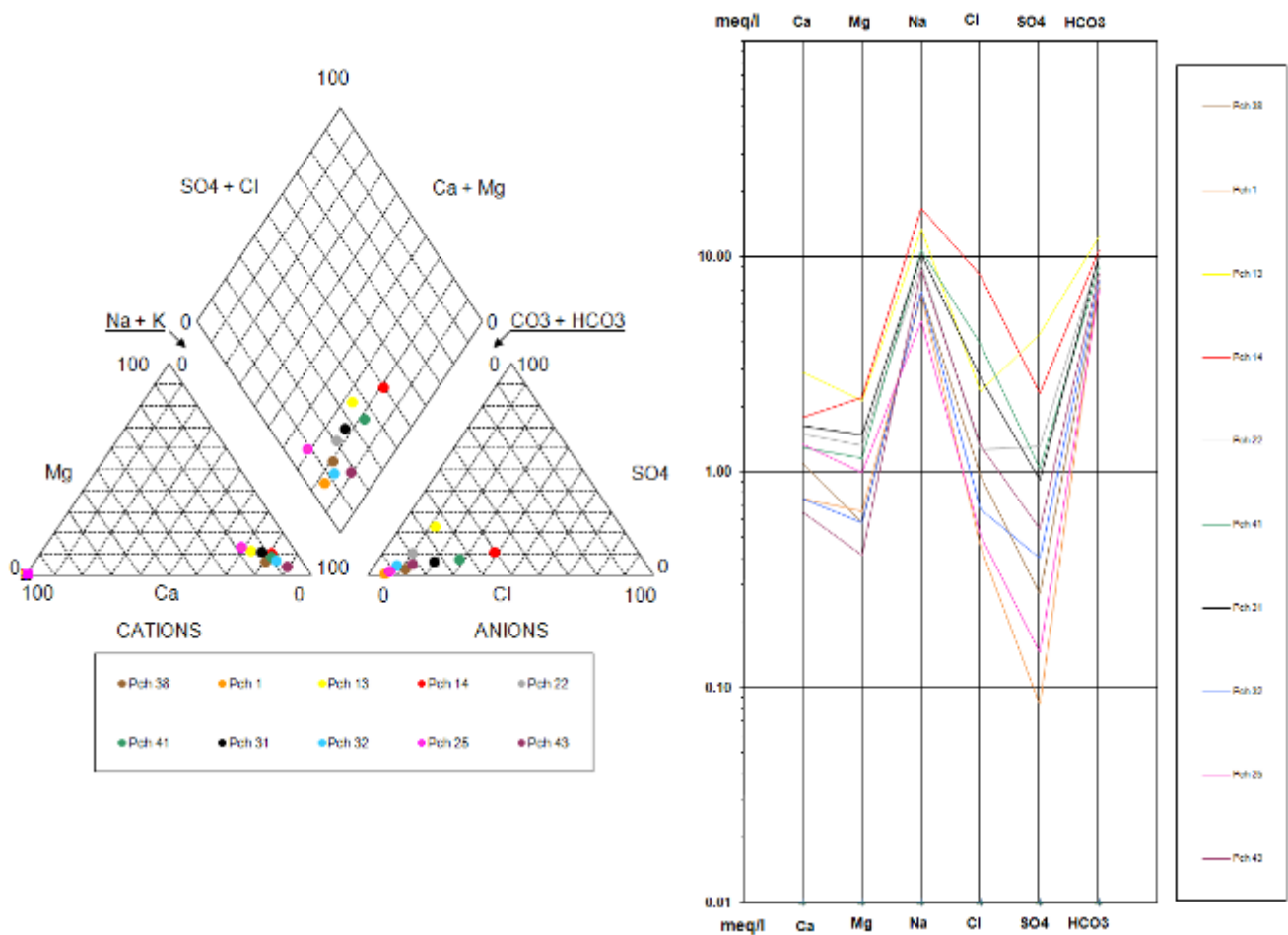


Figura 5: Hidroquímica del Acuífero Puelche

En lo que se refiere a hidrocarburos totales (HC's totales), cianuros totales, Cr Total y Cr VI, Cd, , Pb, Hg, VOC's y plaguicidas órgano – clorados y órgano – fosforados, se indica que no fueron detectados. A continuación se detallan aquellas determinaciones cuyos tenores se posicionan por encima del nivel guía.

El contenido de Na^+ , supera el valor de 200 mg/l (establecido como límite por la Ley 11.820), en los puntos Pch 13, Pch 14, Pch 41, Pch 22 y Pch 31. Los tres primeros se localizan en cercanías de la planicie costera, y los dos últimos, en la cuenca media, vinculados a la batería de bombeo para abastecimiento público de Berazategui (Pch 22) y a la batería de Florencio Varela (Pch 31).

Para los cloruros, un solo punto registró contenido superior a la norma, con 292 mg/l respecto del nivel guía de 250 mg/l. Es el caso del Pch 14, en coincidencia con el registro de Na^+ más elevado, y en cercanías de la planicie costera.

El contenido de nitratos excede el límite de 50 mg/l (Ley 11.820) en la muestra Pch 13, mientras que la Pch 14 supera el límite del CAA.

Con respecto a la cantidad de nitritos y de amonio, se registran valores por encima de los niveles guía nuevamente en la muestra Pch 13.

En el caso del Arsénico, fue detectado en todas las muestras con tenores comprendidos entre 0,02 y 0,06 mg/l. Si se toma el límite provisorio de 0,05 mg/l establecido en las leyes 11.820 y 24.051, solo una de ellas, ubicada en la cabecera de cuenca (Pch 1) no cumple con la norma. Si se considera el CAA y la OMS, las diez muestras superan el límite de 0,01 mg/l. Cabe aclarar en este punto que el contenido de As, tal como se explicara para el acuífero Pampeano, es atribuible a un origen natural.

En cuanto a los metales, solo el Aluminio se halló en concentración elevada (0,775 mg/l) en el sitio ubicado sobre la cabecera del arroyo Baldovinos (Pch 38), asociado a la actividad industrial.

De los resultados obtenidos del análisis bacteriológico, el recuento de Mesófilos, encontró contenidos superiores a los legislados en la muestra Pch 43, ubicada en la cuenca del arroyo Baldovinos. Los Coliformes Totales y los Coliformes Fecales superan el límite en dos (2) muestras, Pch 43 y Pch 13.

CONCLUSIONES

Del estudio realizado se concluye que la alteración en las redes de flujo naturales detectadas en los años '70, tanto en el acuífero Pampeano como en el Puelche, ha persistido y aumentado en el tiempo. El bombeo intensivo del acuífero semiconfinado ha provocado una inversión del flujo en la parte baja e impactado sobre el acuífero libre incrementando el espesor de la zona no saturada en el sector central. Esta modificación del flujo se ve reflejado en la hidroquímica del acuífero Puelche, siendo una de las consecuencias el desplazamiento aguas arriba de la salinización presente en la cuenca baja, si bien la tasa de avance ha disminuido gracias al abandono de algunos pozos de extracción en el ámbito de Berazategui.

En cuanto a la calidad del acuífero del acuífero Pampeano, de las nueve (9) muestras analizadas, solo una (Pm 20a) cumple con los requisitos establecidos por las normativas 11.820 y 24.051 para agua potable y agua de bebida humana con tratamiento convencional, siendo el principal limitante los Coliformes Totales. En cambio, si se toma el valor fijado por la OMS o el CAA, la calidad encuentra como primer limitante el contenido de Arsénico, y en segundo lugar la presencia de Coliformes Totales.

Con respecto al Puelche y la normativa 11.820 y 24.051, de los diez (10) sitios analizados, solo las muestras Pch 25 y Pch 32, ubicadas en la batería de bombeo de Florencio Varela, sector superior de la cuenca Conchitas-Plátanos, son aptas para el abastecimiento público. Las restantes tienen como principal limitante el Sodio, y en menor medida y puntualmente el nitrato, nitrito, amonio, cloruros, Aluminio, Arsénico y bacteriológico. Por el contrario, si se emplean los niveles guía del CAA y de la OMS, la calidad del acuífero Puelche encuentra como principal limitante para las 10 muestras al Arsénico y, en segundo lugar y de manera puntual el amonio y el Aluminio.

La limitación de la calidad del agua subterránea encuentra dos orígenes, uno natural, marcado por la presencia de Arsénico, cuyo origen se asocia a la composición de los sedimentos acuíferos, y otro antrópico, evidenciado principalmente por los elevados contenidos de Coliformes, vinculados a la carencia de saneamiento básico.

Se concluye que tanto las alteraciones hidrodinámicas como hidroquímicas se han mantenido en el tiempo, y han avanzado hacia la parte superior de las cuencas, frente a la mayor demanda de agua subterránea por parte de la actividad industrial, agrícola y el crecimiento urbano

en barrios cerrados, hallándose el sistema en situación crítica frente a la disponibilidad y calidad del recurso hídrico.

BIBLIOGRAFIA

- APHA–AWWA–WEF. (1998).** “Standard methods for the examination of Water and Wastewater” 20th Edition. American Public Health Association, Washington DC.
- Borello, L. (2013).** Conflictos por usos del agua subterránea y superficial en un área del conurbano bonaerense. Identificación y metodología. En: González et. al (eds.): “Agua subterránea recurso estratégico”. 109-116. EDULP. ISBN: 978-987-1985-03-6. La Plata
- EASNE (1972).** Contribución al estudio geohidrológico del Noreste de la Provincia de Buenos Aires. EASNE-CFI. Serie.Téc.24, Tomo I y II.
- González, N.; et al. (2002).** Modelo Conceptual Hidrodinámico en una cuenca tributaria del río de la Plata (Buenos Aires, Argentina). XXXII IAH & VI ALSHUD CONGRESS 2002. Mar del Plata.
- González, N. (2005).** Los ambientes hidrogeológicos de la Provincia de Buenos Aires. En: Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino, Cap. XXII: 359 – 374. La Plata.
- Hernández, M.A. (1975).** Efectos de la sobreexplotación de aguas subterráneas en el Gran Buenos Aires y alrededores. República Argentina. II Congreso Ibero Americano de Geología Económica. Tomo I, pp.417-450. Buenos Aires.
- Hernández, M.A. (1978).** Reconocimiento hidrodinámico e hidroquímico de la interfase agua dulce - agua salada en las aguas subterráneas del estuario del Plata (Partidos de Quilmes y Berazategui, Buenos Aires). VII Congreso Geológico Argentino. Actas II, pp. 273-285. Neuquén.
- Hurtado, M.A.; et al. (2005).** Elaboración de Cartografía Temática integrada a Sistema de Información Geográfica (SIG) y Propuesta de Ordenamiento Territorial y Zonificación según Usos. Partido de Florencio Varela. 91 pág. (Inédito).
- Hurtado, M.A.; et al. (2006).** Suelos del partido de Berazategui como base para el planeamiento ambiental y ordenamiento territorial. CFI-FCNyM. 180 pág. y mapas.
- Ruiz de Galarreta, V.A (1996).** Importancia del conocimiento y seguimiento geohidrológico de un acuífero sometido a intensa explotación (Partido de Berazategui). XVI Congreso Nacional del Agua, San Martín de los Andes, Neuquén.
- Thornthwaite, C. W. Mather, J. R. 1957.** Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Clim. Drexel Inst.of Techn. 10: 185-311.
- UIDD-GA. (2011).** Plan piloto de gestión de las Cuencas de los arroyos Conchitas – Plátanos y Baldovinos, Convenio (UIDDGA – FI – UNLP). Autoridad del Agua (ADA) y Consejo Federal de Inversiones (CFI). (Inédito).