



**ESTUDIO DE LAS CONDICIONES
HIDROGEOLÓGICAS, CAPACIDAD DE RECARGA Y DE LA
CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA
CUENCA MATANZA - RIACHUELO**

INFORME FINAL

AGOSTO DE 2010



AUTORES

DIRECTOR DE PROYECTO : EDUARDO KRUSE

REPRESENTANTE TÉCNICO : JERÓNIMO AINCHIL

PROFESIONALES : PATRICIA CALAHORRA FUERTES
MARIA SOLEDAD RUIZ



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. ANTECEDENTES	4
3. CARACTERÍSTICAS GENERALES	6
3.1. Precipitaciones	6
3.2. Morfología	7
3.3. Geología de superficie	7
3.4. Hidrogeología	8
4. SÍNTESIS DE LAS TAREAS REALIZADAS	10
4.1. Construcción de pozos	10
4.2. Mediciones y muestreos	16
5. RESULTADOS	17
5.1. Hidrodinámica	17
5.1.1. Profundidad de los niveles de aguas subterráneas	17
5.1.2. Análisis del flujo subterráneo	22
5.1.3. Variaciones de los niveles de aguas subterráneas	29
5.1.4. Modificaciones hidrodinámicas	37
5.2. Hidroquímica	38
5.2.1. Datos antecedentes	38
5.2.2. Características generales (mayo 2008 – noviembre 2009)	40
5.2.3. Variaciones temporales	45
5.2.4. Consideraciones hidroquímicas finales	60
6. CONCLUSIONES	62
7. RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	65



1. INTRODUCCIÓN

Las aguas subterráneas, en especial la capa freática y el acuífero Puelche son fuente de suministro de agua para consumo humano, industrias y actividades agrícola-ganaderas en la cuenca Matanza – Riachuelo.

A pesar de la importancia que ha tenido el sistema acuífero para dicho abastecimiento, los estudios previos se han orientado a evaluaciones locales de temas específicos, y salvo escasas excepciones han tratado a la cuenca en su totalidad como unidad de estudio.

Esto ha puesto en evidencia la necesidad de reconocer las condiciones hidrogeológicas actuales y realizar un seguimiento de la evolución hidrodinámica e hidroquímica del agua subterránea a una escala regional. A partir de ello es posible generar un conocimiento de base y plantear las estrategias de monitoreo que sean de utilidad para la gestión de la cuenca.

El presente estudio es un primer paso hacia este objetivo, lo cual resulta imprescindible como una aproximación regional, pero su finalidad no es resolver problemas puntuales de abastecimiento o contaminación de los acuíferos analizados. Representa una base necesaria para un posterior análisis particular y detallado del área local que se plantee como problemática.

Este documento constituye el informe final de las tareas realizadas entre noviembre de 2007 y noviembre de 2009 en relación al estudio realizado por la Universidad Nacional de La Plata a través de un contrato con la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

2. ANTECEDENTES

Entre los primeros trabajos que hacen mención a características de las aguas subterráneas del conurbano bonaerense, se puede citar a Artaza (1943), Groeber (1945) y también los aspectos globales mencionados por Stappenbeck (1926). Existen además datos de perforaciones (Dirección de Minería y Geología, OSN) y algunas evaluaciones de tipo puntual previos a la década del 60.

Un antecedente importante de las condiciones hidrogeológicas a nivel regional y que abarca la totalidad de la cuenca del Río Matanza – Riachuelo es el Estudio de Aguas Subterráneas del Noreste de la Provincia de Buenos Aires (EASNE, 1972). En este trabajo se incluyen censo de perforaciones y una caracterización hidrogeológica, dedicándose un capítulo para la cuenca baja y otro para la cuenca media y superior, diferenciándose ambas regiones por el distinto grado de explotación del agua subterránea existente en ese momento.



Posterior a este estudio se desarrollaron distintos trabajos, incluidos en publicaciones e informes de índole hidrogeológico, hidroquímico e hidrodinámico, que abarcan a la cuenca o consideran un sector de interés teniendo como base los datos generados por EASNE (1972). La bibliografía recopilada se refiere a temas puntuales o áreas específicas con alguna problemática particular a resolver, entre otros: sobreexplotación de agua subterránea (Hernández, 1975), evaluación ambiental de los recursos hídricos (SIMEB, 1977), recarga y descarga del acuífero (Auge, 1982), aspectos geohidroquímicos (Tujchneider, 1979), drenaje de la capa freática (Auge y Mugni, 1987), contaminación por nitratos (Díaz, 1987), hidrología de un área de depósitos radiactivos (Bitesnik, 1987) y abatimiento de la capa freática (Bucich y Fernández, 1988).

A partir de la década del 90 adquieren mayor relevancia estudios cuya motivación deriva de cuestiones ambientales, especialmente vinculadas a la calidad, explotación de aguas subterráneas y ascensos de la capa freática. En estos casos la información generada se refiere a la resolución particular del problema presentado, con referencia a algún sector particular de la cuenca.

Entre otras referencias cabe mencionar trabajos de carácter local que realizan una evaluación de las aguas subterráneas (Hernández et al, 1992), contaminación hídrica (Bianchi et al, 1992), explotación y deterioro del acuífero Puelche (Santa Cruz et al, 1997), evolución hidrodinámica (Santa Cruz y Silva Busso, 2002), protección ambiental del acuífero Puelche (Seoane et al, 2005).

Un caso específico estudiado fue la problemática de ascenso de napas en la región, que se abordó en detalle en el “Estudio para el diagnóstico del ascenso de las aguas subterráneas en el Área Metropolitana de Buenos Aires” realizado por el Instituto Nacional del Agua (INA, 2005) y en particular, en el “Estudio cualicuantitativo del ascenso de la napa freática en Lomas de Zamora” (INA, 2002).

Otra información antecedente que resulta de significación corresponden a los perfiles de perforaciones que se fueron ejecutando asociados al desarrollo de la región. Estos datos provienen de distintas fuentes (servicios de agua potable, industrias, riego), debiéndose destacar que en algunos casos dicha información es dificultosa de obtener ya que no existe un registro único de las obras realizadas por organismos públicos o particulares.



3. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las aguas subterráneas de la cuenca Matanza – Riachuelo, cuya superficie es del orden de 2500 km², muestra los rasgos típicos de un ambiente de llanura de clima húmedo, donde el comportamiento hidrogeológico natural está influenciado por las condiciones climáticas, morfológicas e hidrogeológicas de superficie y de subsuelo. En las últimas décadas, el desarrollo creciente y acelerado de la cuenca ha provocado importantes modificaciones al sistema, producto del proceso de urbanización, desarrollo de infraestructura, modificaciones de cauces naturales, con escaso conocimiento del funcionamiento natural.

3.1. Precipitaciones

Los datos de precipitación de la estación meteorológica de Ezeiza, dada su ubicación, se pueden considerar como representativos de la cuenca a nivel regional. La precipitación media registrada en el período 1947 – 2009 es de 984 mm/año, con un extremo máximo de 1594 mm/año en 1959 y un extremo mínimo de 634 mm/año en 1979.

En la Figura 1 se muestran las variaciones anuales y la media móvil cada 5 años para el período considerado.

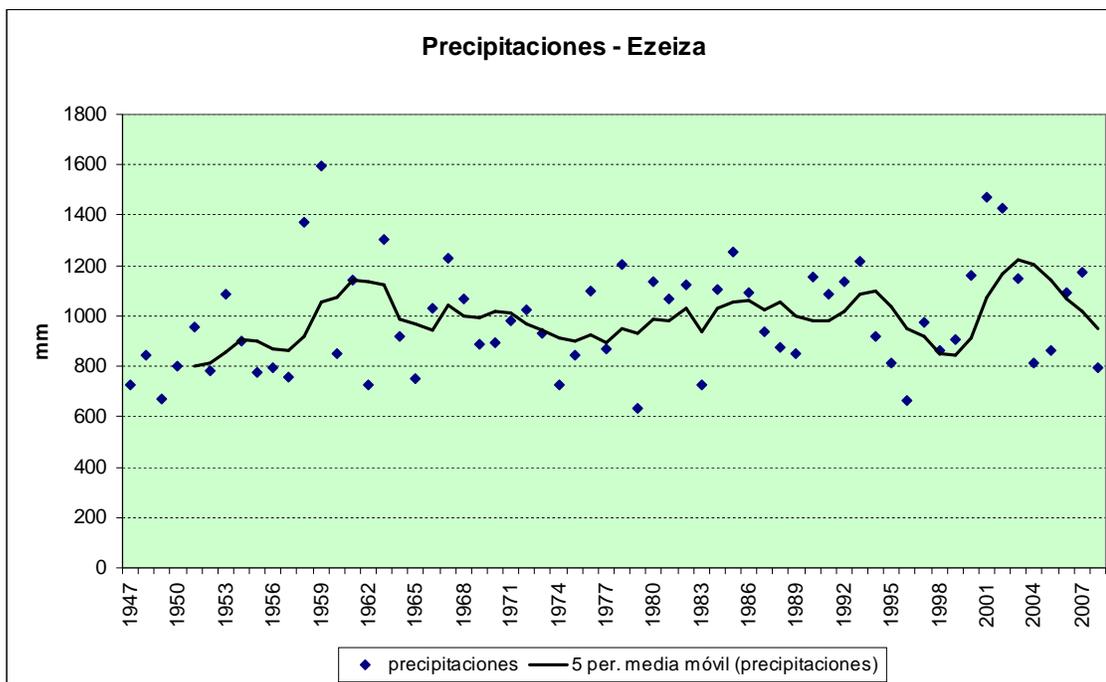


Figura 1

Las variaciones en las precipitaciones permiten relacionar los fenómenos asociados a los excedentes hídricos y que producen la recarga natural de las aguas subterráneas. Un



análisis del comportamiento de la precipitación en la última década, permite observar que en 2001 y 2002 las lluvias superaron 1400 mm, lo cual es sensiblemente superior a la media, mientras que en 2004 y 2005 se registraron valores del orden de 800 mm. Asimismo, valores inferiores a los medios se han observado en 2008 y hasta julio 2009.

3.2. Morfología

En un paisaje dominado por un ambiente llano con suaves ondulaciones es posible diferenciar, en base a los trabajos de Cappanini y Mauriño (1966) y EASNE (1972) una llanura alta, una intermedia y otra baja.

- Llanura alta

Este ambiente se localiza en las divisorias de aguas principales y en algunas divisorias secundarias. El relieve es de escasa pendiente topográfica, con valores medios del orden de 0,5 m/km, existiendo cuerpos de agua pequeños (lagunas y bañados) no conectados. Se trata de un sector donde se destacan procesos de infiltración que recargan el agua subterránea.

- Llanura intermedia

Esta es la zona de mayor pendiente topográfica, pudiendo alcanzar valores regionales de 2 m/km. Representa una zona favorable para la generación del escurrimiento superficial y donde se desarrolla la red de drenaje integrada de mayor densidad. Constituye un área de predominio de la conducción de agua subterránea.

- Llanura baja

Está constituida por los valles de inundación, que van incrementando su desarrollo hacia la desembocadura del Riachuelo, donde es cruzado longitudinalmente por el Río de La Plata. Es una zona plana, con pendientes topográficas medias de alrededor de 0,5 m/km, inundable periódicamente, donde predomina la descarga del agua freática hacia el Río de la Plata y Riachuelo.

3.3. Geología de superficie

Si se efectúa una simplificación de las unidades geológicas de superficie y de los tipos de suelos reconocidos con el objeto de darles un significado hidrogeológico se reconocen dos unidades fundamentales: Pampeano y Postpampeano (EASNE, 1972).

Su distribución está relacionada con las unidades morfológicas antes descriptas, ya que el Postpampeano se restringe a la llanura baja, mientras que el Pampeano se dispone en las llanuras intermedia y alta.



El Pampeano está integrado principalmente por limos, y en forma subordinada por arenas y arcillas de color castaño rojizo, presentando con frecuencia concreciones o bancos calcáreos. Se caracteriza por una estructura migajosa con numerosos canalículos que la atraviesan, otorgándole una porosidad efectiva más elevada que la correspondiente a su tamaño de grano. Se estima que la capacidad de infiltración varía entre 5 y 10 m/día, con un valor extremo de 50 m/día.

El Postpampeano está representado por limos arcillosos y limos arenosos de colores grises o verdosos de origen fluvial o estuárico marino hacia la desembocadura. Representa una unidad de baja permeabilidad donde se registran los extremos más bajos de capacidad de infiltración (0,5 m/día).

3.4. Hidrogeología

En el subsuelo es posible reconocer el basamento (rocas ígneas y metamórficas) y secciones hidrogeológicas de origen sedimentario.

El basamento, sólo alcanzado por una perforación en las proximidades de la porción inferior (Capital Federal) a -286 m, presenta un hundimiento regional hacia el eje de la cuenca del Río Salado.

La secuencia sedimentaria incluye desde un punto de vista hidrogeológico, tres secciones que han sido denominadas en la Provincia de Buenos Aires: Hipoparaniana, Paraniana, Epiparaniana (Figura 2), al tomar como referencia sedimentos marinos de edad miocena (Paraniana o "Verde").

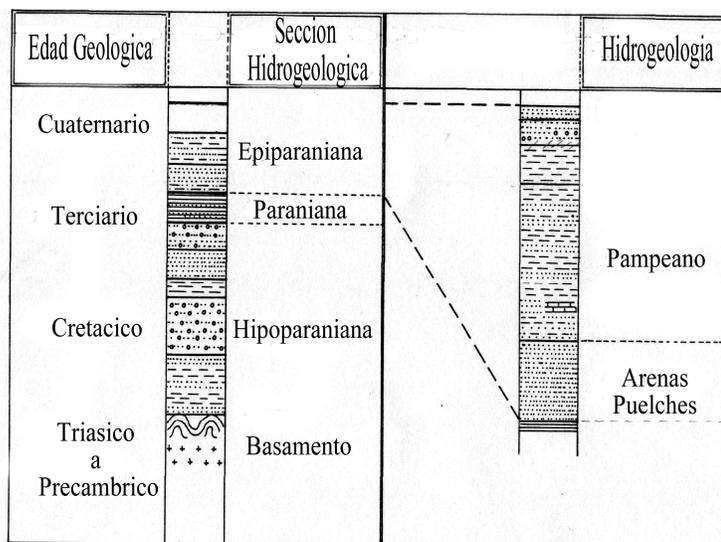


Figura 2- Fuente: Kruse et al, 2003.



Los sedimentos marinos de la sección Paraniense ("Verde") se desarrollan en toda la cuenca, constituidos por arcillas azuladas y verdes con intercalaciones arenosas. Se caracteriza por presentar una sección superior arcillosa, con un espesor frecuente que supera los 40 m, seguida por una sección compuesta por arenas verdosas de aproximadamente 40 m de espesor. Son pocas las perforaciones que atravesaron el acuífero Paraná, cuyas aguas, de acuerdo al conocimiento actual, presentan un contenido salino que no las hace aptas para uso humano, mencionándose una transmisividad del orden de 1000 m²/día.

La sección Paraniense descrita es la base de la sección superior (Epiaraniense) que presenta mayores posibilidades de explotación, mejor conocimiento (ya que es alcanzado por un gran número de perforaciones) y una mayor vinculación con aspectos ambientales de superficie.

La sección Epiaraniense está constituida por las unidades geológicas "Arenas Puelche" y "Pampeano".

Las "Arenas Puelche", contienen al acuífero Puelche, cuyo techo se ubica en la cuenca a una profundidad que oscila entre 20 y 64 m. Son atravesadas por perforaciones realizadas para abastecimiento hasta alcanzar la unidad de baja permeabilidad (arcillas verdes). En su composición intervienen arenas cuarzosas finas a medianas, con un tamaño de grano que aumenta en profundidad. Su espesor varía en la cuenca entre 10 y 40 m aproximadamente. De acuerdo a ensayos de bombeo muestran una transmisividad del orden de 500 m²/día con extremos de 800 m²/día y un coeficiente de almacenamiento del orden de 10⁻³.

La unidad "Pampeano", constituye el acuífero "Pampeano", que incluye en su parte superior a la capa freática. Su agua está directamente relacionada con procesos originados en la superficie. La unidad está compuesta por sedimentos limosos, en parte arcillosos y arenosos con intercalaciones calcáreas, puede presentar en su base intercalaciones de arcillosas grises y verdosas y este depósito se considera en muchos casos que hace de separación con las "Arenas Puelche" infrayacentes. La unidad presenta anisotropías locales, que incluso llevan a mostrar distintos niveles productivos. Su espesor puede encontrarse entre 20 y 64 m y si bien son escasos los ensayos de bombeo realizados, la transmisividad reconocida es del orden de 200 m²/día.

El comportamiento de las aguas subterráneas permiten reconocer la existencia de un sistema acuífero interrelacionado que incluye a los acuíferos Pampeano y Puelche. La recarga y descarga natural de este sistema se produce a través de la capa freática, en forma directa para la primera unidad acuífera e indirecta para la segunda. En condiciones naturales las divisorias de aguas superficiales de la Cuenca Matanza – Riachuelo coinciden



con los límites de aportes de las aguas subterráneas, constituyéndose así la cuenca en la unidad básica de estudio para la cuantificación del balance hidrológico (volúmenes de recarga y descarga subterránea).

Desde un punto de vista hidráulico los acuíferos Puelche y Pampeano se encuentran interrelacionados, constituyendo un "acuífero multiunitario". Sin embargo, dada sus posibilidades de explotación, variación de la transmisividad, vinculación con el ciclo hidrológico y calidad química, se consideran a los efectos prácticos como dos unidades con distintas implicancias ambientales.

4. SÍNTESIS DE LAS TAREAS REALIZADAS

4.1. Construcción de pozos

Con la finalidad de tomar conocimiento de las condiciones actuales del flujo y calidad del agua subterránea a escala regional y como primer paso en la instalación de una red de monitoreo para el control y seguimiento del flujo y calidad de las aguas subterráneas en la Cuenca del Río Matanza – Riachuelo, se construyeron un conjunto de perforaciones.

Los pozos fueron construidos con dichos objetivos, diferenciándose de otros tipos de pozos existentes en la cuenca que persiguen otros fines: explotación (abastecimiento de agua potable, industrial o riego, molinos y bombas con fines ganadero), depresión de la capa freática, etc. Existen diferencias tanto en la profundidad alcanzada por estas perforaciones como en la porción filtrante del acuífero, ya que deben satisfacer otros requerimientos en cuanto a los caudales de extracción y calidad requerida del agua.

El criterio para la ubicación de los pozos fue distinto en la cuenca alta, media y baja, ya que se debió contemplar las modificaciones al ciclo hidrológico derivadas de las actividades antrópicas, las cuales fueron indicadas en distintas publicaciones e informes antecedentes que abarcan desde los trabajos realizados por EASNE (1972) hasta los más recientes elaborados por el INA (2005).

En la cuenca alta, la ubicación se relacionó con las condiciones que impone el medio natural, es decir, para el reconocimiento de las zonas de recarga, transferencia y descarga de las aguas subterráneas. En cambio en los sectores medio y bajo, donde las actividades del hombre han modificado dichas condiciones naturales, se optó por una distribución siguiendo aproximadamente una grilla, con el objeto de detectar la influencia de los usos del suelo y del agua en la dinámica subterránea. Independientemente de las cuestiones



técnicas en la elección definitiva de los sitios tuvieron una fuerte influencia las cuestiones operativas, de accesibilidad y posibles acciones de vandalismo sobre las instalaciones.

Se construyó un total de 45 pozos. En 15 sitios se ejecutaron pares de pozos, uno de ellos al acuífero Puelche y el otro a la capa freática y en los 15 sitios restantes se efectuaron pozos sólo a la capa freática. De esta forma el total de pozos freáticos es de 30.

En la Figura 3 se indica la ubicación de los pozos construidos en la Cuenca Matanza Riachuelo, diferenciándose los sitios en que existe un par de pozos (Capa freática + Puelche) y aquellos en que se efectuó un solo pozo (Capa freática).



CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS EN LA CUENCA MATANZA – RIACHUELO
SECRETARIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE –
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

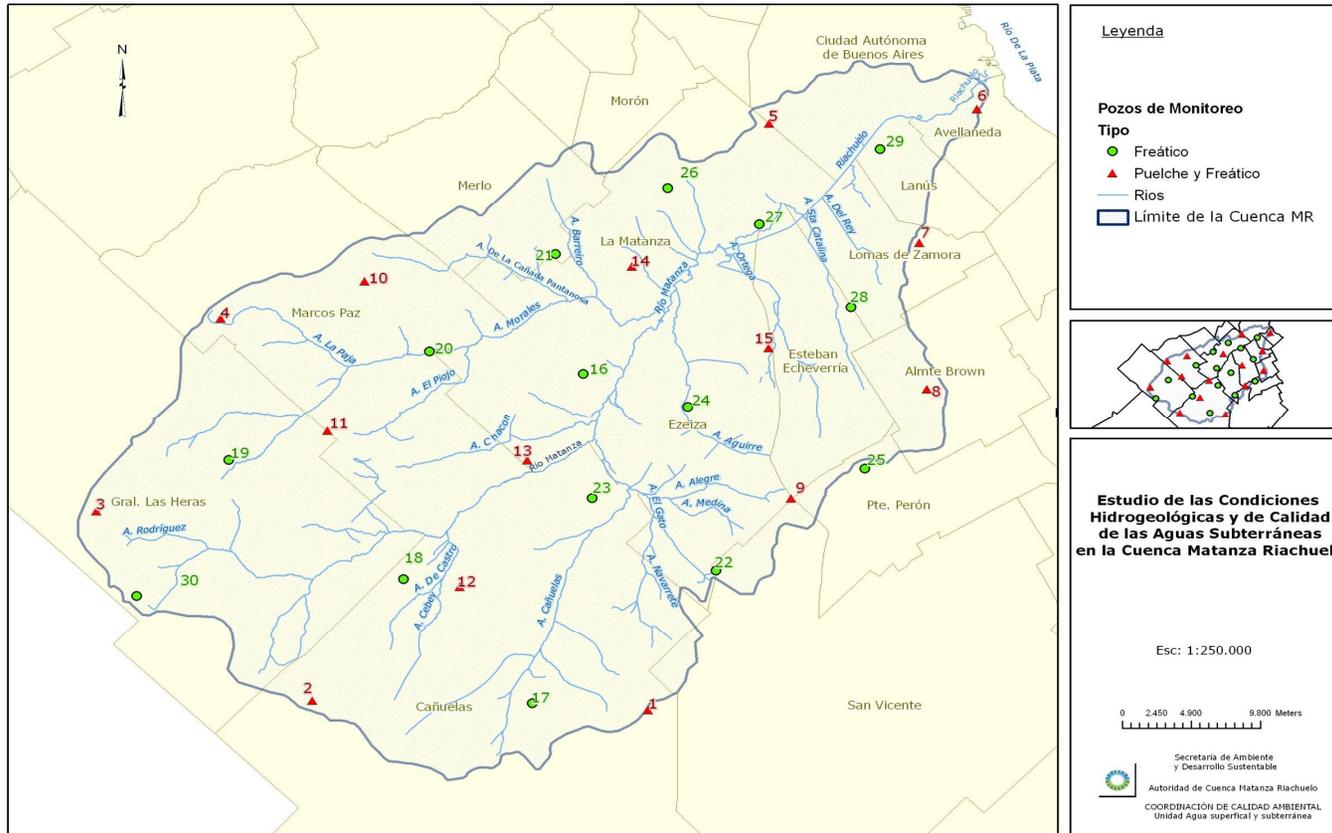


Figura 3: Ubicación de pozos construidos en la Cuenca Matanza Riachuelo



La tarea inicial en cada sitio que incluyó un par de pozos, uno al acuífero Puelche y otro al freático, fue la ejecución de una perforación de exploración que atravesó todo el espesor de las arenas de la Formación Puelche hasta alcanzar el techo de las arcillas correspondientes a la Formación Paraná, considerada la base del acuífero Puelche.

La perforación se realizó mediante rotación y no se utilizaron fluidos que puedan distorsionar la condición natural de los sedimentos perforados. Se extrajo una muestra de sedimento por metro de avance, las cuales fueron descritas litológicamente y embolsadas con su identificación correspondiente.

Retiradas las barras de perforación se realizó un perfilaje del pozo, registrándose en forma simultánea los parámetros radiactivos (gamma natural) y eléctricos (potencial espontáneo, resistividad normal, larga y corta). Esta tarea permitió elaborar e interpretar las variaciones litológicas y de conductividad hidráulica en la columna perforada.

En relación a los pozos construidos al acuífero freático se realizó una perforación de exploración hasta una profundidad que superó al menos en 5 m al nivel freático. En los casos que dicho nivel se encontraba a escasa profundidad se optó por alcanzar los 20 m. La perforación se realizó mediante rotación, extrayéndose una muestra de sedimento por metro de avance las cuales fueron descritas litológicamente y embolsadas con su identificación correspondiente.

En el caso de las perforaciones al acuífero Puelche, especial atención mereció la técnica de ejecución y sellado para asegurar un correcto aislamiento evitando así el ingreso de agua desde el acuífero superior (Pampeano). Dicho aislamiento se realizó con una cañería auxiliar inyectando el cemento por su interior y desde abajo hacia arriba, tal como se muestra en la Figura 4.

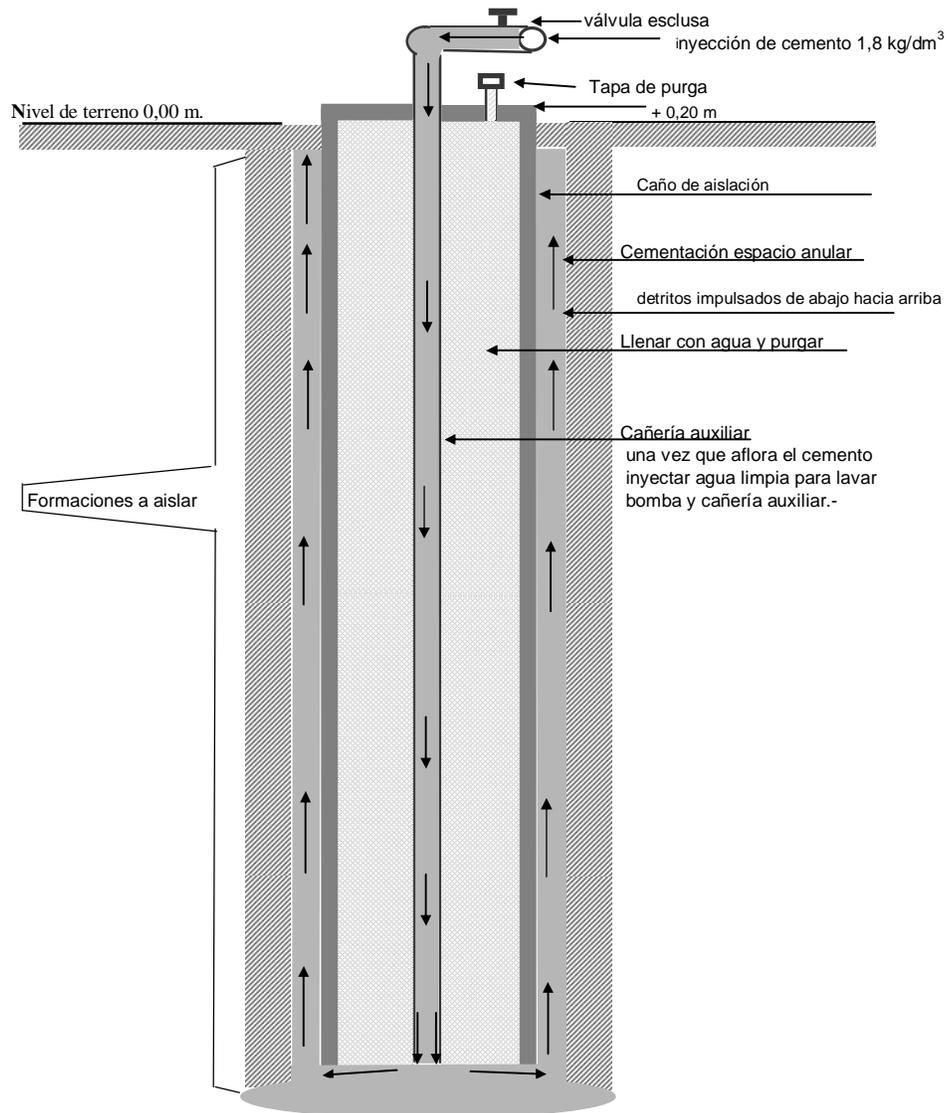


Figura 4: Técnica de aislamiento de las perforaciones al acuífero Puelche

El diseño constructivo generalizado de un pozo freático se presenta en la Figura 5, mientras que el correspondiente a un pozo al acuífero Puelche en la Figura 6.

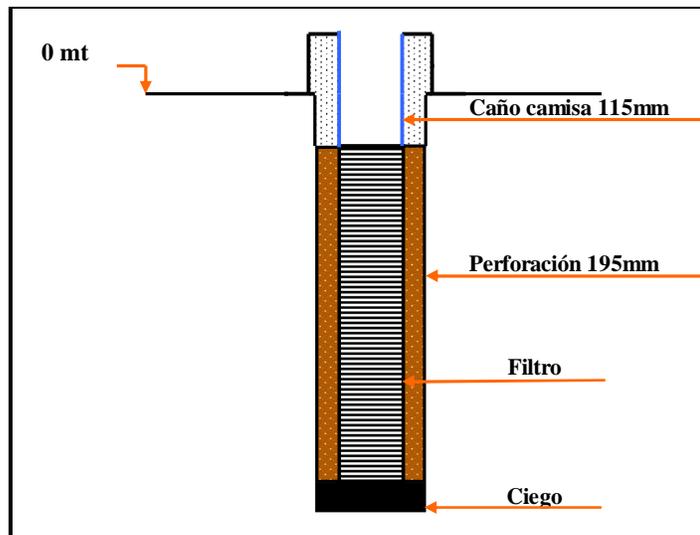


Figura 5: Diseño constructivo generalizado pozo freático

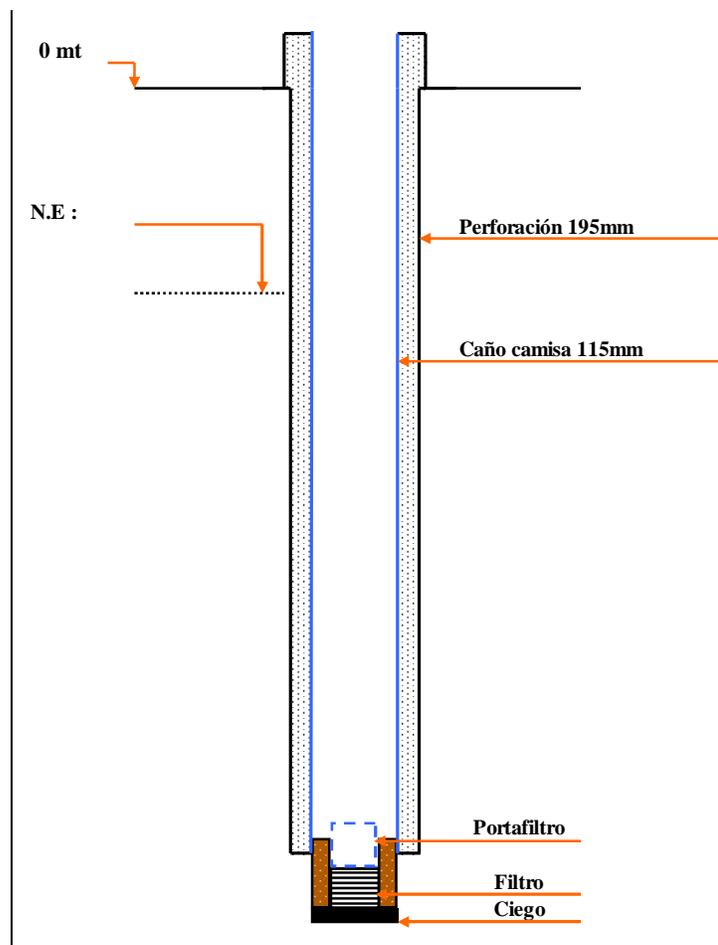


Figura 6: Diseño constructivo generalizado pozo Puelche



Las perforaciones fueron situadas plani y altimétricamente mediante GPS y se encuentran documentadas en un Sistema de Información Geográfico (SIG).

Todas las perforaciones fueron terminadas en superficie con una protección robusta y número de identificación, con una tapa para asegurar a la perforación contra vandalismo y para evitar el ingreso de aguas superficiales o que se arrojen objetos extraños dentro de los pozos.

En el Anexo I se muestran las características de las perforaciones, la litología y el perfilaje obtenido en cada una de las 15 perforaciones de exploración (Puelche). En el Anexo II se pueden observar las características y la litología de los pozos freáticos.

4.2. Mediciones y muestreos

Entre diciembre de 2007 y abril de 2008 se ejecutaron los pozos según las características indicadas anteriormente, y entre mayo de 2008 y noviembre de 2009 se efectuaron mediciones y muestreos con una frecuencia mensual, que incluyó:

- a- mediciones de niveles freáticos y de niveles piezométricos de los acuíferos Pampeano y Puelche, respectivamente,
- b- extracción de muestras de agua de la capa freática y del acuífero Puelche.

La operación de campo abarcó en primera instancia la medición de los niveles de aguas subterráneas. Esta tarea se efectuó mediante una sonda de profundidad (precisión 0,01m), tomándose como punto de referencia la boca del pozo y registrándose la fecha y hora de la medición, así como observaciones particulares verificadas en el sitio.

Luego de efectuada la medición se procedió a la purga de la perforación con el objeto que la muestra sea representativa, extrayéndose el agua contenida en el pozo (estancada) y en las inmediaciones. El volumen de purga se calculó en base a las características del pozo (diámetro, nivel de agua y altura de la columna de agua). Se consideró que como mínimo se debían extraer 5 veces el volumen de la columna de agua dentro del pozo. Para la extracción o purga se utilizó una bomba de bajo caudal (del orden de 1000 l/hora), definiéndose un período de bombeo superior al volumen de agua en cada pozo, para asegurar la representatividad de la muestra. Para el caso de la capa freática se fijó un período mínimo de bombeo de 20 minutos y para el caso del acuífero Puelche entre 40 y 60 minutos.

Luego de efectuada la purga se procedió a la toma de muestra en los recipientes provistos por el laboratorio, los cuales fueron herméticamente cerrados, etiquetados y remitidos al



Laboratorio de Ingeniería Sanitaria del Departamento de Hidráulica de la Universidad Nacional de La Plata, siguiendo el procedimiento definido por la cadena de custodia del laboratorio.

Con una frecuencia mensual se realizó un protocolo reducido de determinaciones químicas, incluyendo a los principales compuestos químicos del agua subterránea: pH, cloruros, dureza, calcio, magnesio, alcalinidad, conductividad, sulfatos, nitrógeno amoniacal, nitratos, nitritos, arsénico, sodio, potasio, color, turbiedad, nitrógeno total y fósforo total.

En mayo y noviembre de 2008 y 2009, siguiendo la frecuencia semestral programada, se realizaron análisis químicos completos de agua, que incluyeron además de las determinaciones indicadas anteriormente, elementos minoritarios, metales pesados, hidrocarburos totales, BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno, xileno), PAHs (hidrocarburos aromáticos polinucleares) y pesticidas. Las determinaciones efectuadas son: pH, color, cloruros, conductividad, dureza total, alcalinidad total, sulfatos, DQO, turbiedad, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, nitratos, nitritos, fósforo total, arsénico, calcio, magnesio, sodio, potasio, cromo, cadmio, cinc, cobre, hierro, manganeso, níquel, plomo, mercurio, cianuros, sustancias fenólicas, hidrocarburos totales, BTEX, PAHs y pesticidas organoclorados y organofosforados.

5. RESULTADOS

5.1. Hidrodinámica

Con el objeto de reconocer las variaciones en las profundidades de los niveles del agua, el sentido general del flujo subterráneo (horizontal y vertical) y las variaciones en el almacenamiento subterráneo se efectuaron mediciones en los pozos construidos con una periodicidad mensual.

Los datos mensuales de estas mediciones realizadas entre mayo de 2008 y noviembre de 2009 están indicados en el Anexo III. A su vez, en el Anexo IV se grafican las variaciones de los niveles registradas en cada una de las perforaciones durante el período analizado.

5.1.1. Profundidad de los niveles de aguas subterráneas

Profundidad del nivel freático

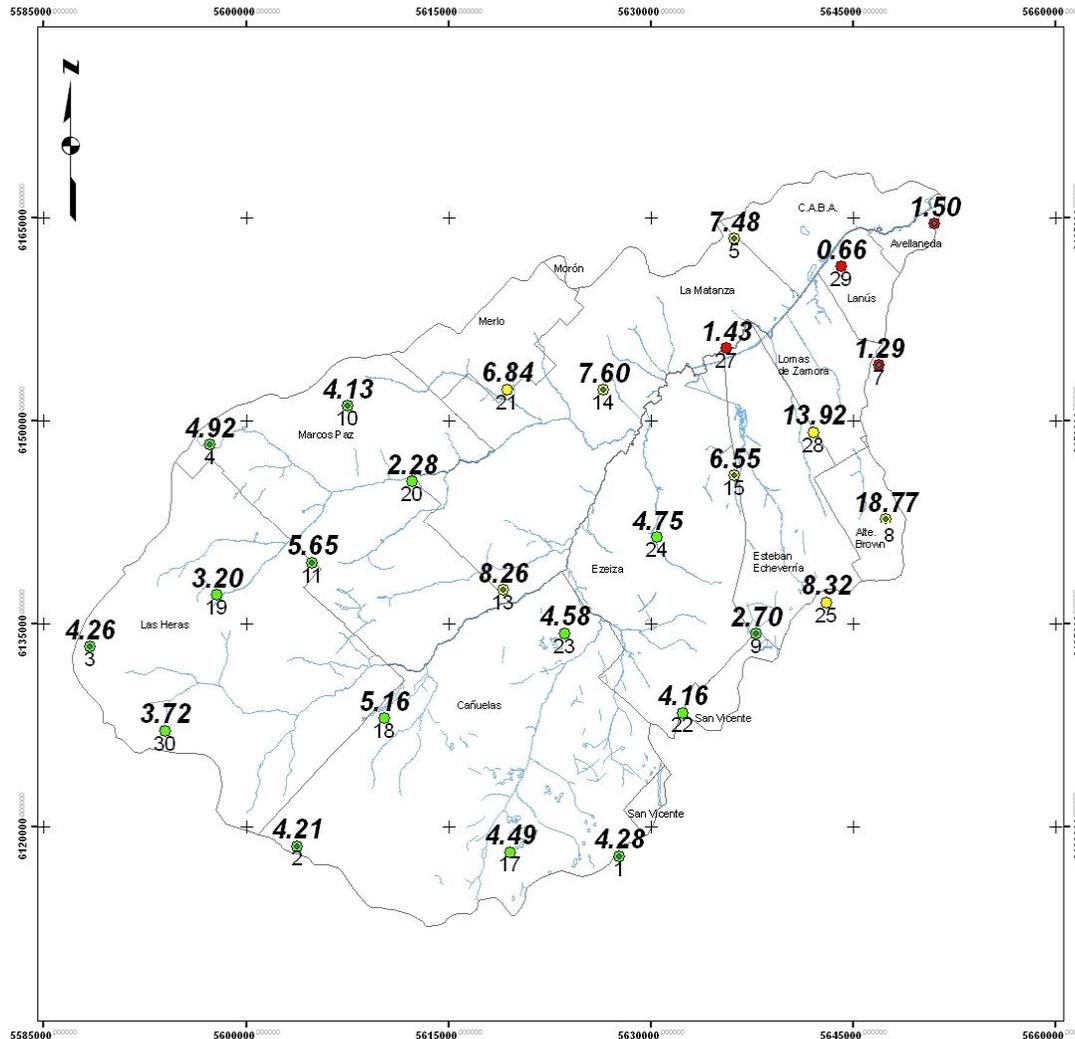
La profundidad a que se encuentran el nivel freático representa el espesor de la zona no saturada la cual condiciona la dinámica de los procesos de infiltración y evapotranspiración, así como aquellos que influyen en la calidad del agua infiltrada.



De acuerdo a los relevamientos efectuados, las profundidades medias de los niveles freáticos para el período mayo 08 – noviembre 09 están indicadas para cada pozo en la Figura 7



CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS EN LA CUENCA MATANZA – RIACHUELO
SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE –
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



Leyenda

- Limite de Municipios en la cuenca
- Rio Matanza

Profundidad Media del Nivel Freático (m)

- < 2.00
- 2.01 - 6.00
- > 6.01

Estudio de la Condiciones Hidrogeológicas y de Calidad de las Aguas Subterráneas en la Cuenca Matanza Riachuelo



Figura 7



La mayor profundidad media es de 18,77 m. bajo boca de pozo (m.b.b.p) en el pozo 8F (Almte Brown), mientras que la menor es de 1,50 m en el pozo 6F (Avellaneda).

En la Figura 8 se han graficado las profundidades medias de los niveles freáticos ordenados de menor a mayor profundidad.

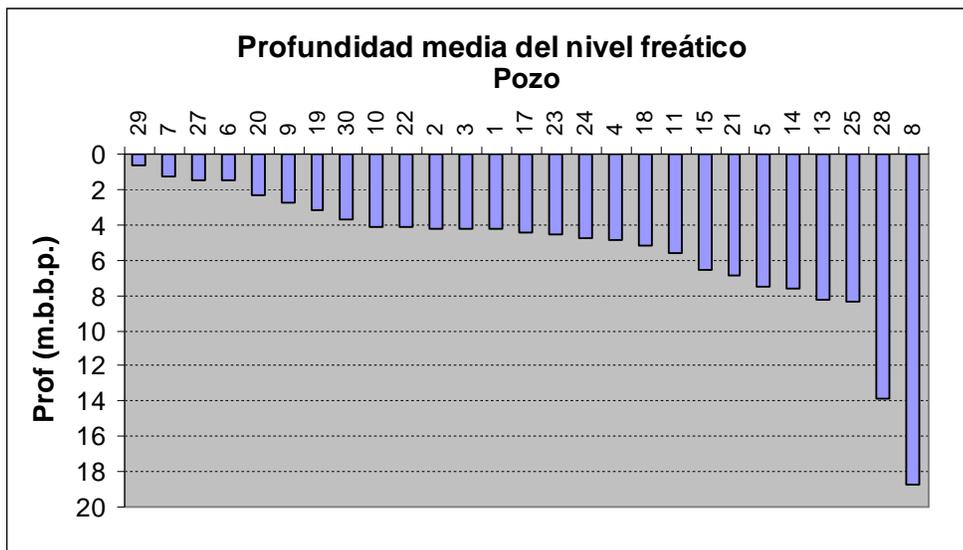


Figura 8

Los pozos cuya profundidad se encuentra a menos de 2 m caracterizan a la cuenca baja y están representados por los pozos 6F, 7F, 27F y 29F (Avellaneda, Lomas de Zamora, Lanús y La Matanza). Existe un predominio de profundidades medias que oscilan entre 2 y 6 m, en los pozos situados en la cuenca media y alta (pozos 1F, 2F, 3F, 4F, 9F, 10F, 11F, 17F, 18F, 19F, 20F, 22F, 23F, 24F). Las profundidades freáticas superiores a 6 m se encuentran en pozos de la cuenca media, (pozos 5F, 8F, 13F, 14F, 15F, 21F, 25F y 28F) en los partidos de Almte Brown, Esteban Echeverría, Pte Perón, La Matanza y Marcos Paz.

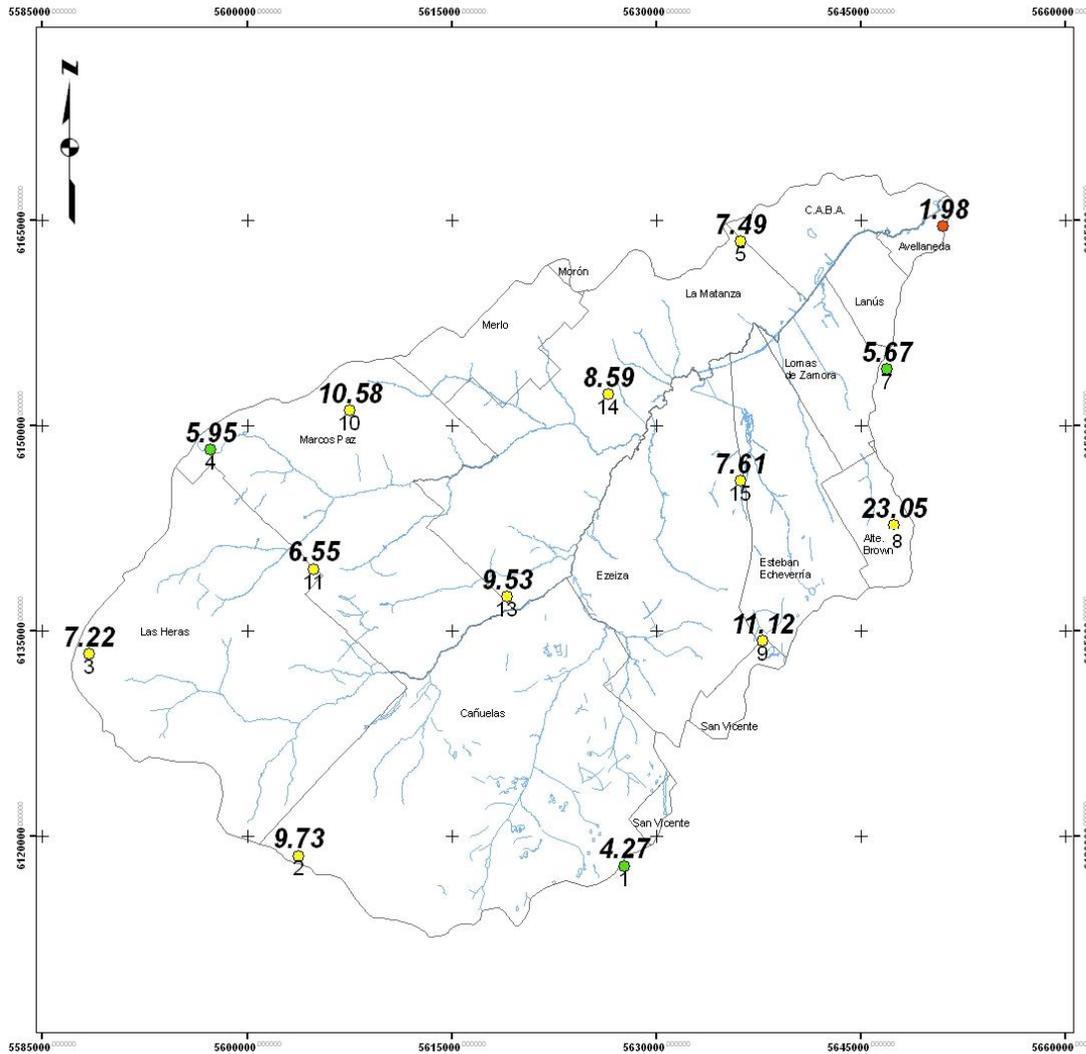
Profundidad del nivel en el acuífero Puelche

Las profundidades medias de los niveles piezométricos del acuífero Puelche para cada pozo se indican en la

Figura 9.



CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS EN LA CUENCA MATANZA – RIACHUELO
SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE –
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



Leyenda

□ Limite de Municipios en la cuenca

— Rio Matanza

Profundidad media del nivel del acuífero Puelche (m)

- < 2.00
- 2.01 - 6.00
- > 6.01

Estudio de la Condiciones Hidrogeológicas y de Calidad de las Aguas Subterráneas en la Cuenca Matanza Riachuelo



Figura 9



La mayor profundidad es de 23,05 m.b.b.p. correspondiente al pozo 8P (Almte Brown) y la menor de 1,98 m.b.b.p al pozo 6P (Dock Sud).

En la Figura 10 se han graficado los valores promedios para cada uno de los pozos.

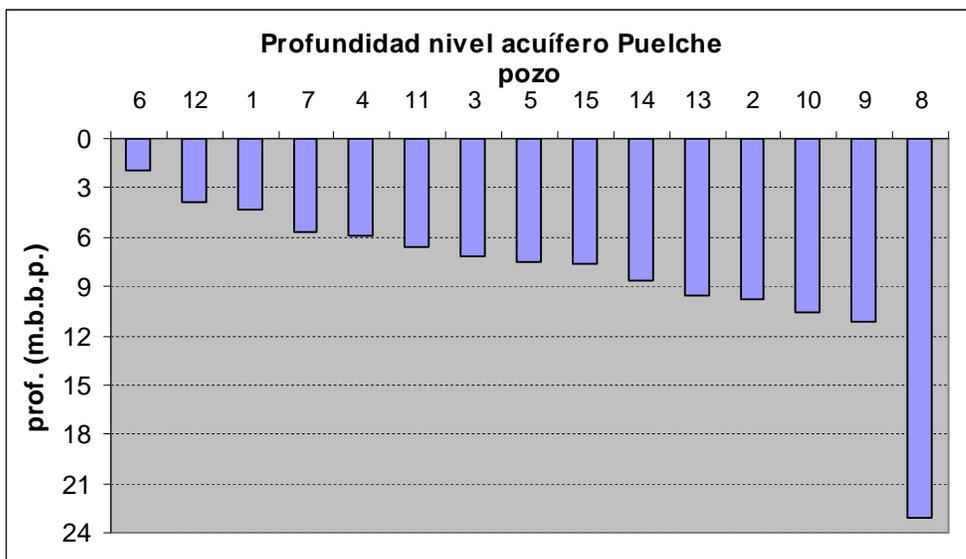


Figura 10

Únicamente el pozo 6P, antes citado tiene un valor inferior a 2 m. Profundidades entre 2 y 6 m se registran en 3 pozos (7P, 4P y 1P). En los restantes pozos al acuífero Puelche (2P, 3P, 5P, 8P, 9P, 10P, 11P, 13P, 14P, 15P), la profundidad media es superior a los 6 m, registrándose los mayores valores en la cuenca media (Marcos Paz, La Matanza, E. Echeverría, Ezeiza y Almirante Brown), explicar que significa

5.1.2. Análisis del flujo subterráneo

De acuerdo a las cotas topográficas de los sitios de las perforaciones y a las mediciones de profundidad efectuadas en los relevamientos mensuales es posible obtener las cotas a que se encuentran los niveles subterráneos con respecto a un nivel de referencia (metros sobre nivel del mar). Ello permite reconocer el sentido de flujo subterráneo regional para las condiciones medias del período mayo de 2009 – noviembre de 2010. Según dichos valores



CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS EN LA CUENCA MATANZA – RIACHUELO
SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE –
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

para la capa freática, los cuales se indican en la

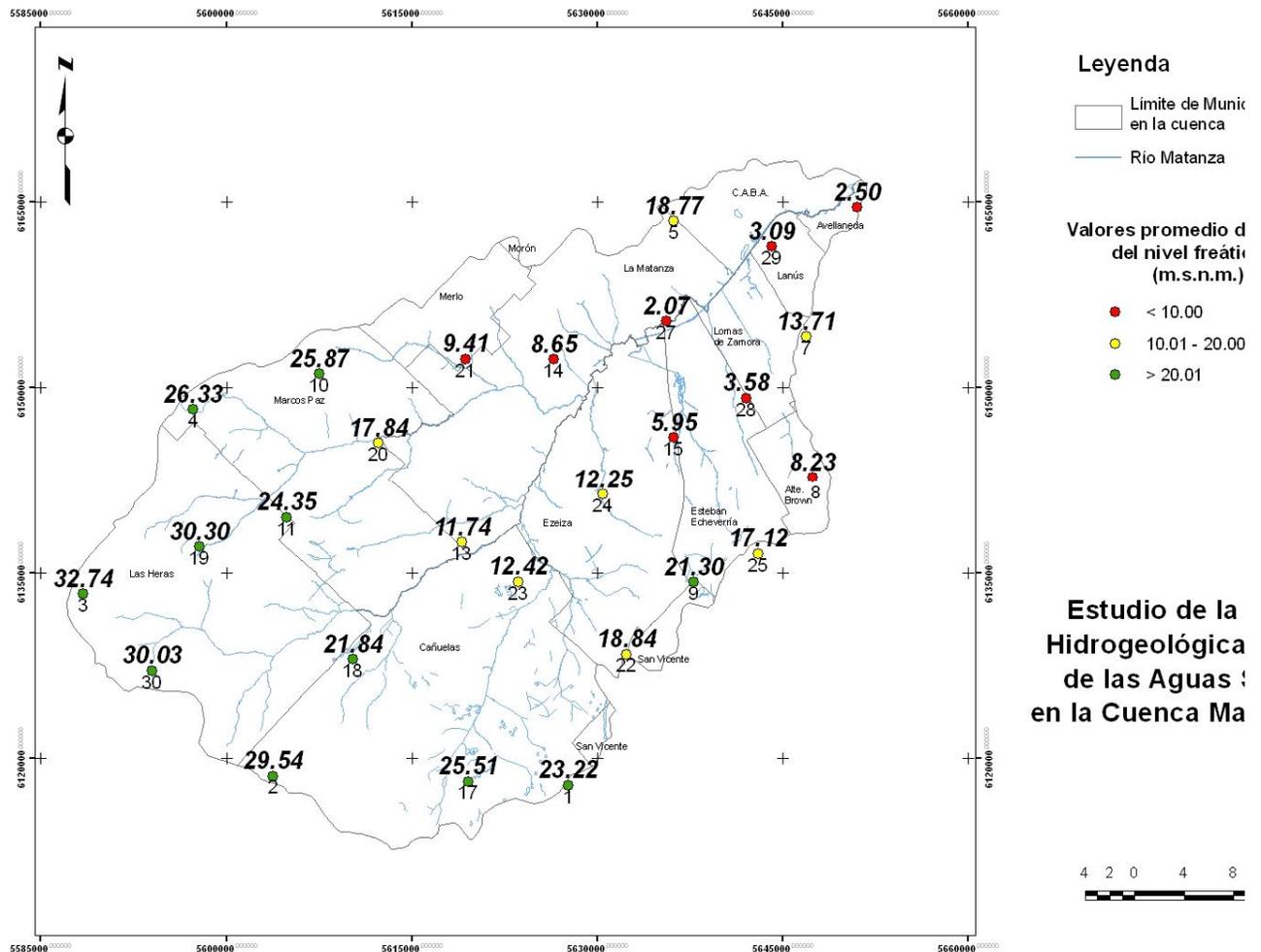
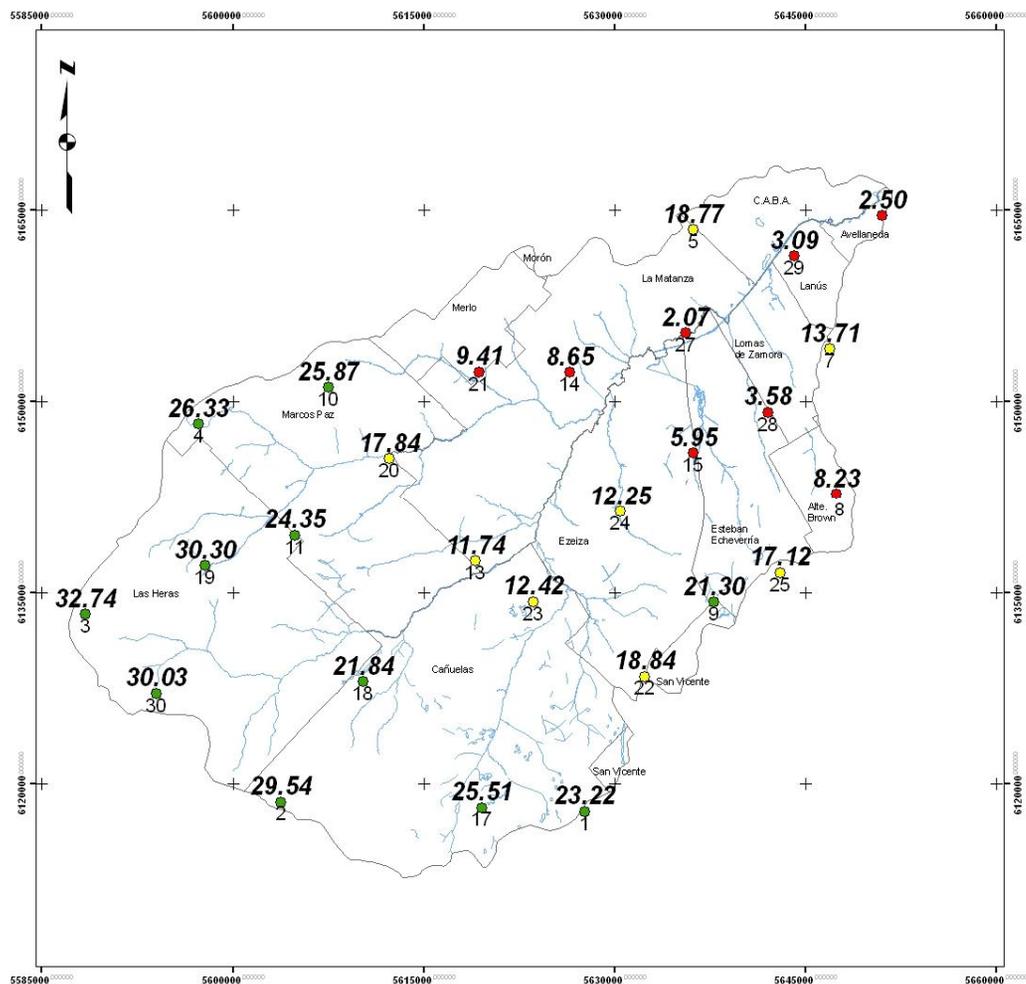


Figura 11, el sentido regional del escurrimiento freático es de sudoeste a noreste, respondiendo a la morfología de la superficie topográfica.



CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS EN LA CUENCA MATANZA – RIACHUELO
SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE –
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



Leyenda

- Limite de Municipios en la cuenca
- Rio Matanza

Valores promedio de cota del nivel freático (m.s.n.m.)

- < 10.00
- 10.01 - 20.00
- > 20.01

Estudio de la Condiciones Hidrogeológicas y de Calidad de las Aguas Subterráneas en la Cuenca Matanza Riachuelo



Figura 11



A nivel local es más dificultoso reconocer esta relación, especialmente en la cuenca media, debido a la escala de relevamiento que está en función de la densidad de pozos (30 pozos).

En la Figura 12 se indican las cotas de los niveles piezométricos correspondientes al acuífero freático



CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS EN LA CUENCA MATANZA – RIACHUELO
SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE –
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

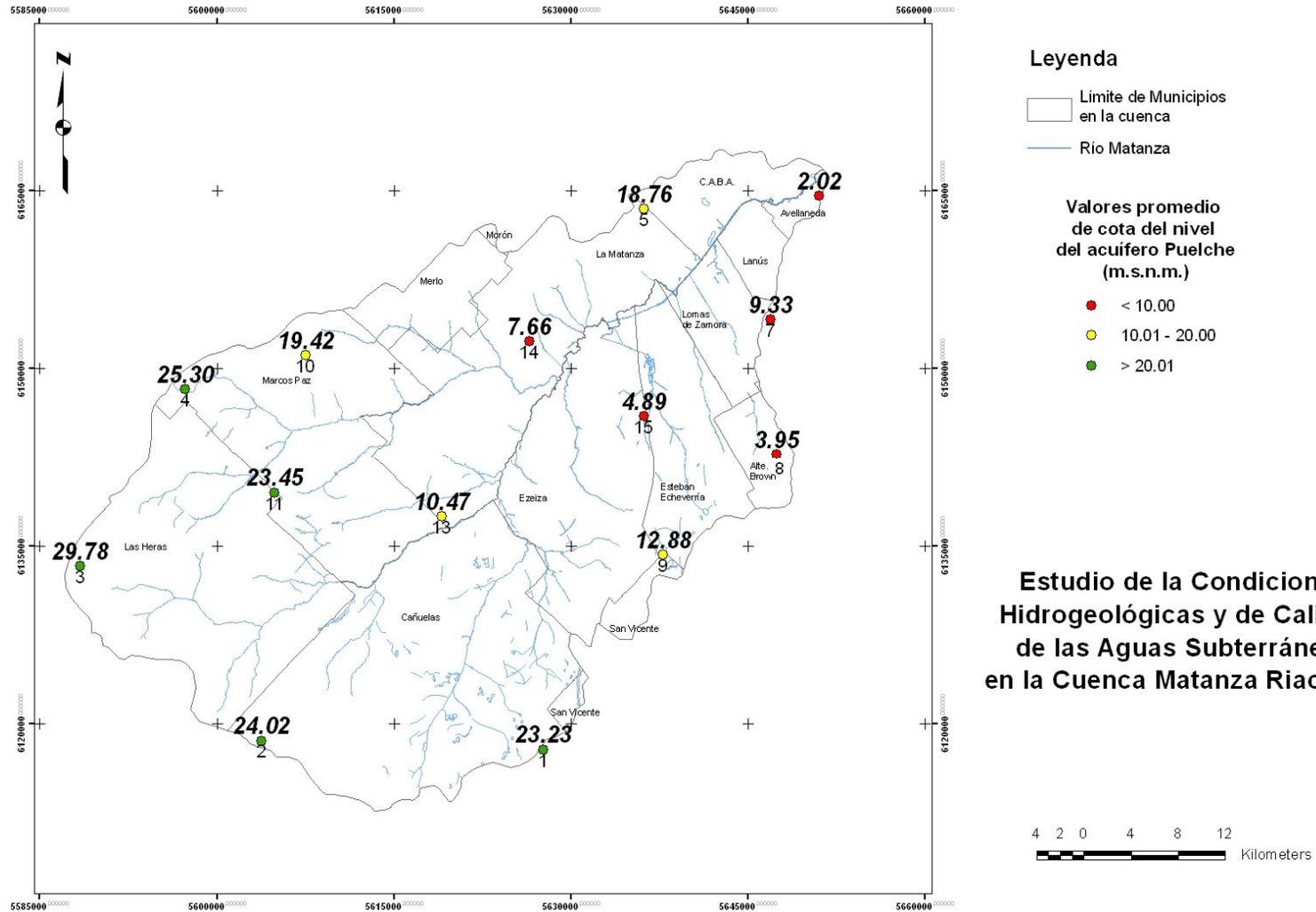


Figura 12



En este caso, la cantidad de pozos es menor (15) y si bien en forma general se mantiene el sentido regional de escurrimiento sudoeste a noreste, se pueden reconocer algunas particularidades destacables. En la cuenca media en los pozos 8F (Almte Brown), 15F (Esteban Echeverría), 13F y 14F (La Matanza) se insinúa la presencia de cotas relativamente bajas para el esquema regional de escurrimiento, probablemente relacionadas a conos de depresión.

En condiciones naturales, entre la freática y los acuíferos inferiores existen flujos verticales gobernados por la diferencia de carga existente entre la cota del nivel freático y las cotas de los niveles piezométricos correspondientes. Estos flujos pueden ser descendentes, nulos o ascendentes según si el nivel freático es positivo, neutro o negativo respectivamente en relación al nivel piezométrico.

En la Figura 13 se indican las diferencias medias de carga hidráulica reconocida en cada uno de los sitios donde existe un pozo freático y un pozo Puelche.



CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS EN LA CUENCA MATANZA – RIACHUELO
SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE –
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

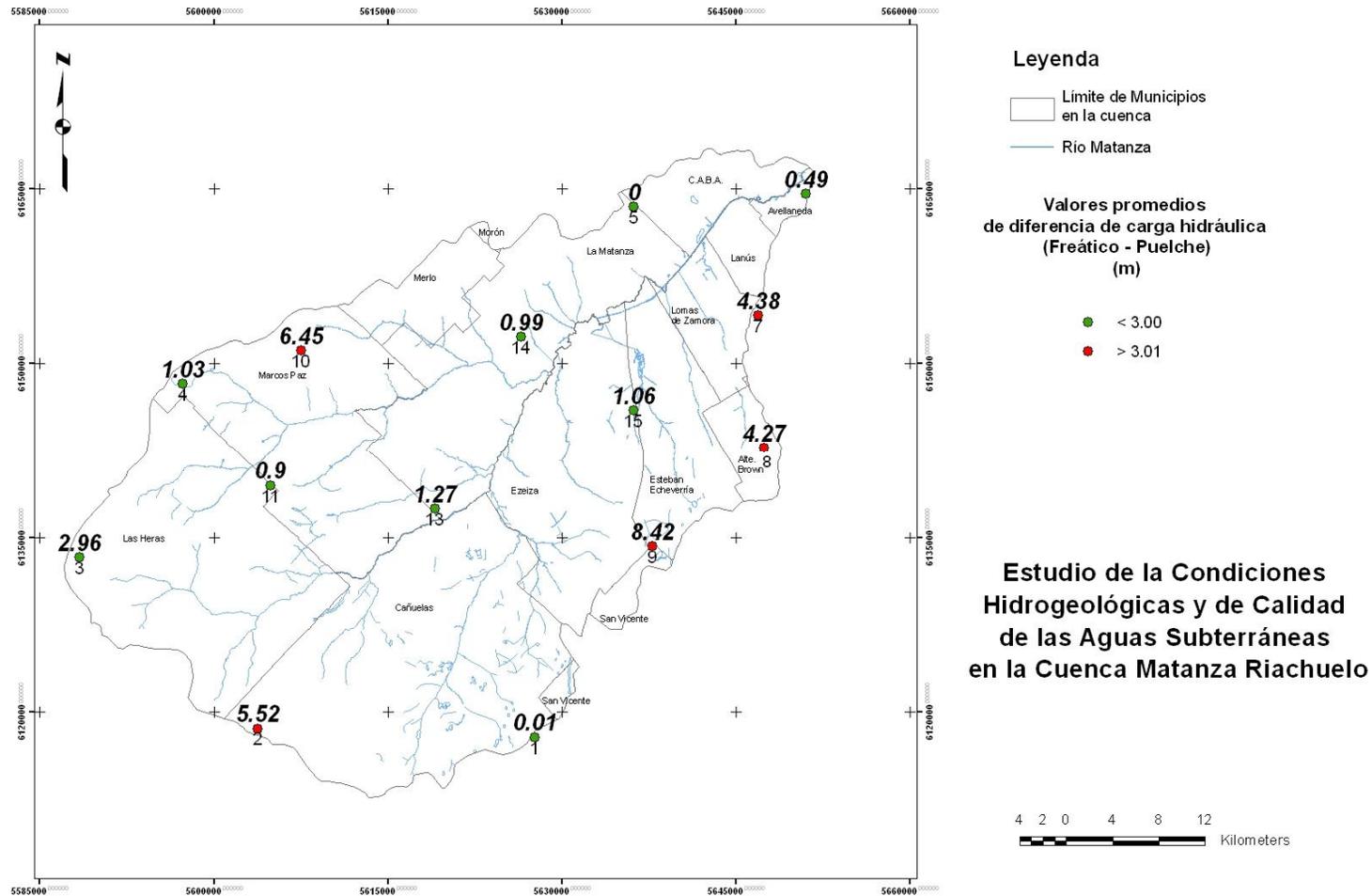


Figura 13



Se reconoce que en la mayoría de los pozos el nivel freático es positivo con respecto al nivel del acuífero Puelche, con la excepción de los sitios 1 y 5, en que los valores medios son relativamente similares. Es decir que existe un predominio de un flujo descendente hacia el Puelche.

En la Figura 14 se han ordenado de menor a mayor las diferencias medias de cargas hidráulicas reconocidas en los sitios donde existen pozos al acuífero Puelche.

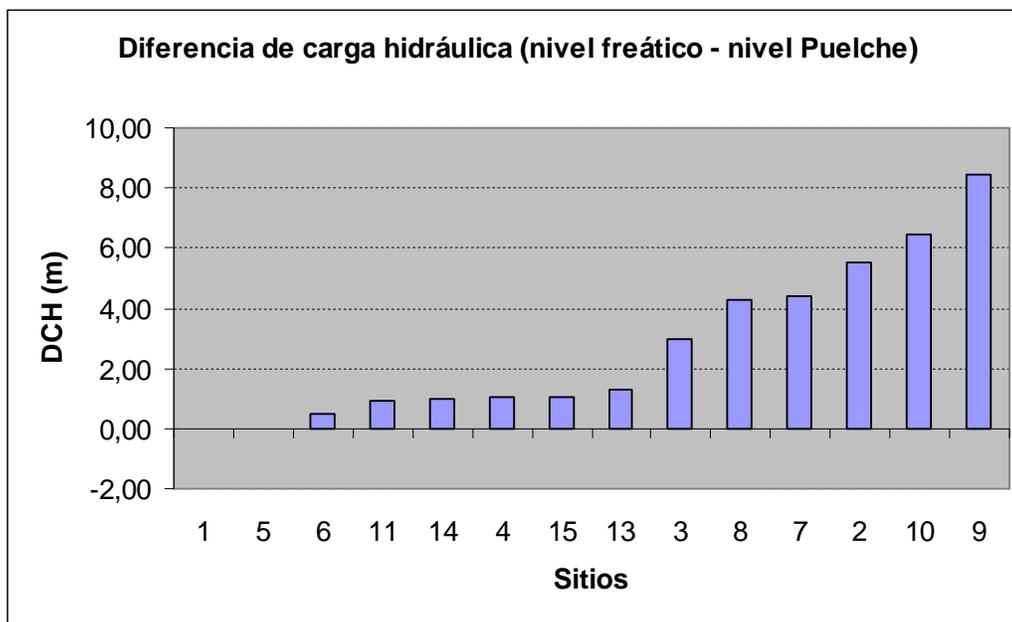


Figura 14

Las mayores diferencias de carga hidráulica medias son de 4,27 m en el sitio 8 (Almte Brown), 4,38 m en el sitio 7 (Lomas de Zamora), 5,52 m en el sitio 2 (Cañuelas), 6,45 m en el sitio 10 (Marcos Paz) y 8,42 m en el sitio 9 (Ezeiza).

Ello significa que en la mayoría de los casos el acuífero Puelche es recargado a través de la unidad superior.

5.1.3. Variaciones de los niveles de aguas subterráneas

En el Anexo IV se han graficado las variaciones de los niveles freáticos y piezométricos del acuífero Puelche en relación al tiempo para cada uno de los pozos construidos. En esos mismos gráficos se indica la relación con el valor medio de los niveles para el lapso en que se efectuaron las mediciones.

En general las variaciones son relativamente pequeñas entre cada medición mensual, ya que no superan el orden de decenas de cm.



La tendencia generalizada en los niveles freáticos y piezométricos hasta junio de 2009 es la profundización. A partir de julio se produjo una recuperación o un mantenimiento en dichos niveles hasta noviembre de 2009. Estas variaciones que suponen un cambio en el almacenamiento subterráneo son consecuencia de la sucesión de una época seca y una época húmeda.

Un análisis más detallado de las variaciones permite reconocer algunas particularidades en las respuestas de los niveles freáticos y Puelche.

En la cuenca baja, los niveles en los sitios 5 y 6, muestran variaciones de ascenso y descenso leves en forma irregular, sin detectarse el fuerte descenso registrado en el resto de la cuenca frente a la escasez de las precipitaciones. Una situación similar se visualiza al considerar sólo los niveles freáticos en los pozos 27F y 29F.

En la cuenca media y en forma aislada en la cuenca alta, existen algunos pozos en los cuales se reconoce una mayor profundización que en el resto de los pozos, especialmente en el verano 2008-2009, la cual si bien resulta leve puede vincularse a la proximidad de fuente de extracción del agua subterránea.

En los pozos 24F y 20F, situados en las proximidades de cursos de agua existen leves ascensos puntuales en algunos meses los cuales se relacionan con variaciones en los niveles de aguas superficiales, siendo más marcados en el pozo 20F, situado en las cercanías del arroyo Morales.

Si se analizan los valores extremos (mínimos y máximos) de las variaciones de niveles se determina una similitud general en los tiempos y amplitud en los pozos freáticos y Puelche.

En la Figura 15 se indican en el mapa las variaciones extremas (máximo y mínimo) y el valor medio en cada uno de los pozos freáticos. En la Figura 16 se han representado en un gráfico de barras dichas variaciones en todos los pozos freáticos.



CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS EN LA CUENCA MATANZA – RIACHUELO
SECRETARIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE –
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

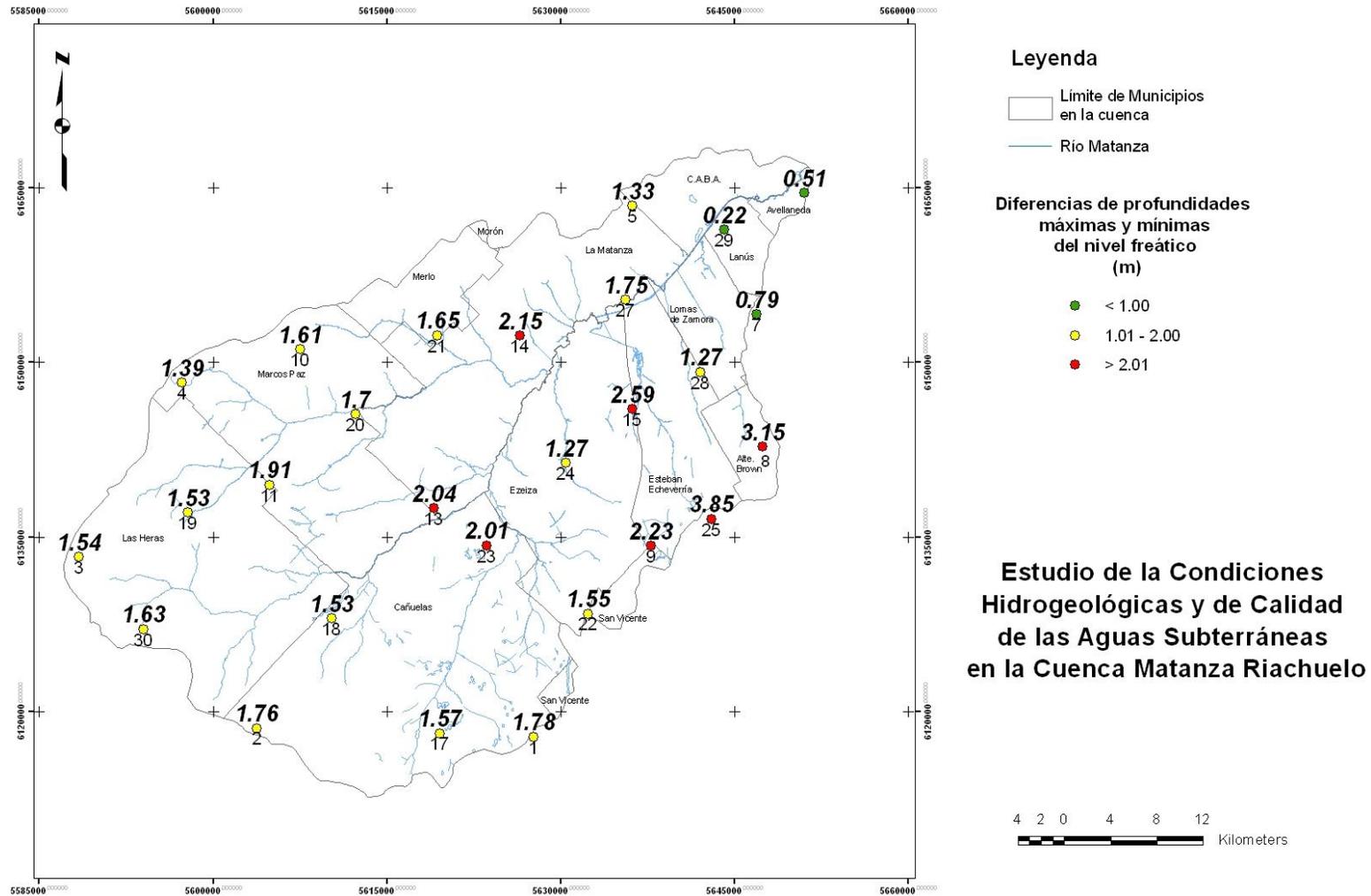


Figura 15

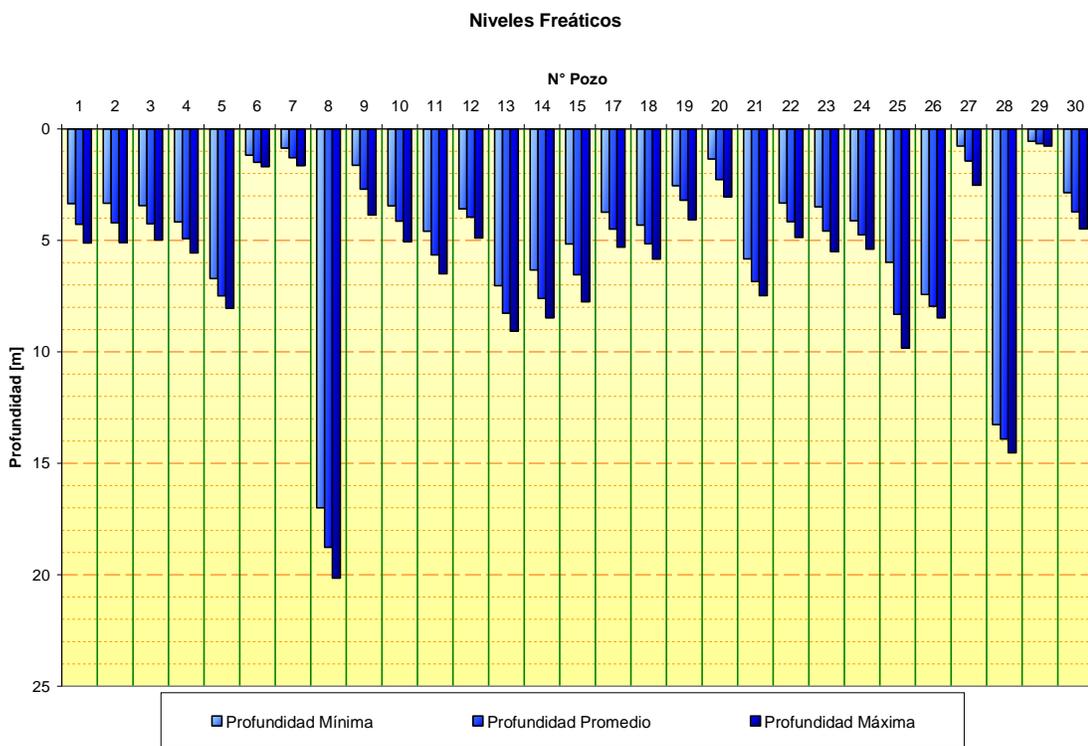
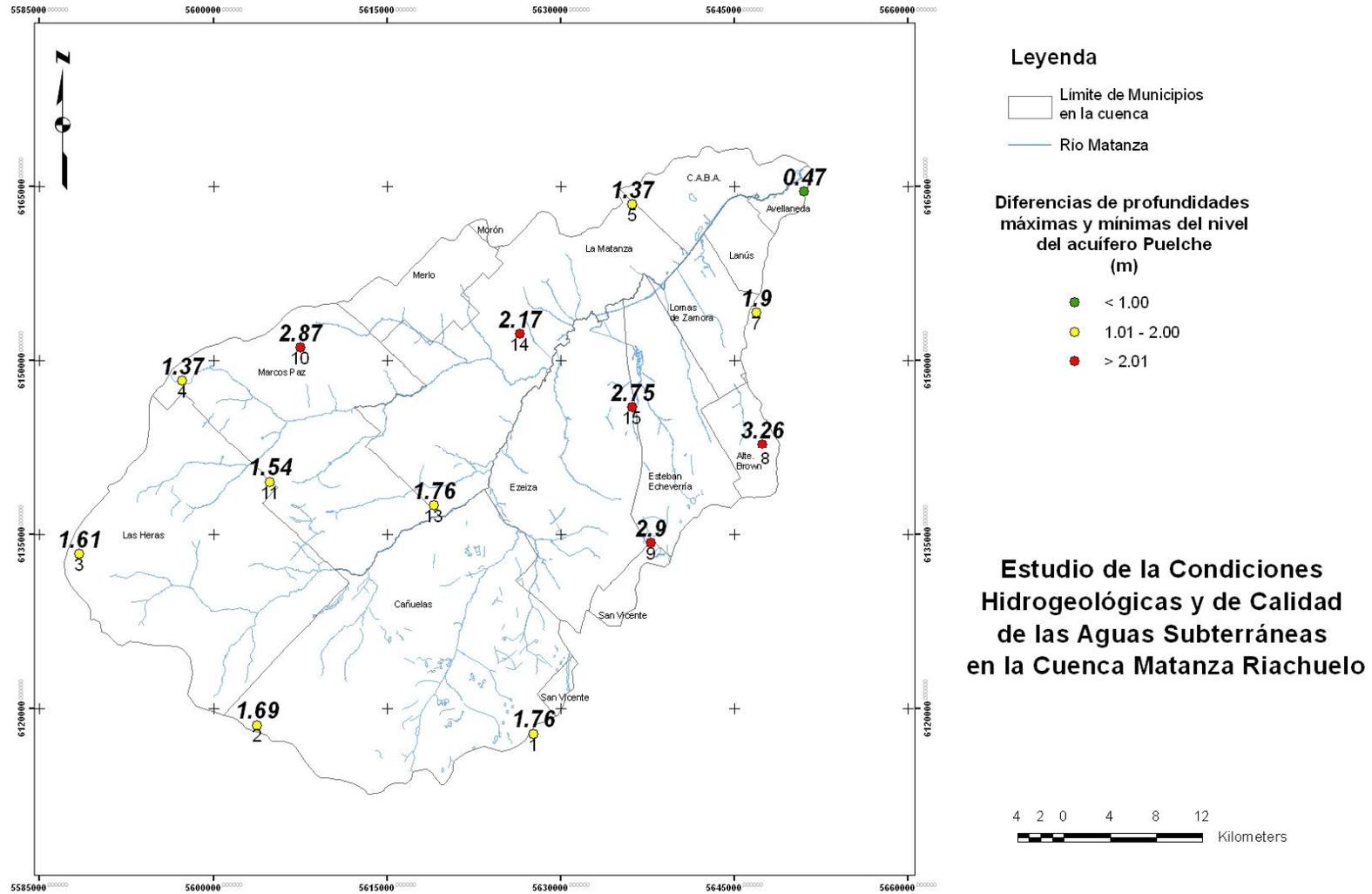


Figura 16

En la Figura 17.se representan en un mapa las diferencias entre los extremos de máxima y mínima profundidad para cada pozo del acuífero Puelche, mientras que en la Figura 18 están representadas en un gráfico.



CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS EN LA CUENCA MATANZA – RIACHUELO
SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE –
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



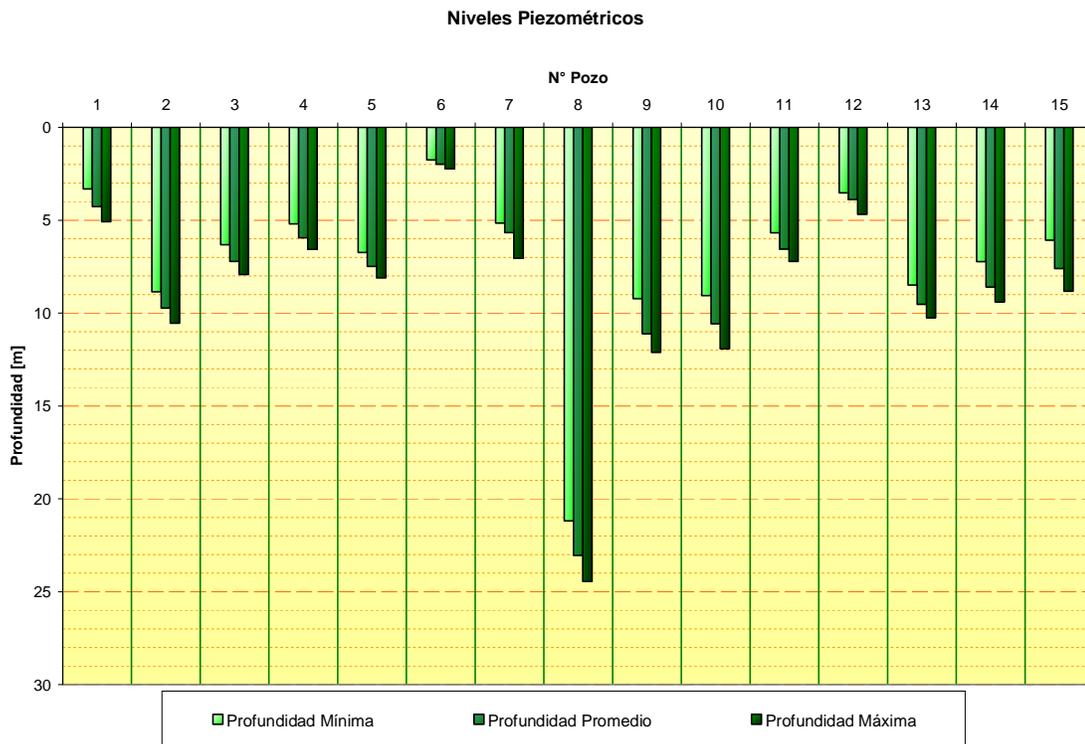


Figura 18

En general, estas diferencias entre máximos y mínimos, son concordantes en ambos acuíferos, siendo las más frecuentes en el freático entre 1 y 3 m, con un máximo de 3,28 m y en el Puelche entre 1 y 2,5 m, con un extremo de 2,78 m.

Las mayores diferencias se dan en algunos pozos en la cuenca media (8, 9, 13, 14, 15, 23 y 25), mientras que los valores inferiores a 1 m se localizan en pozos de la cuenca baja (6, 7 y 29).

Las variaciones en los niveles de las aguas subterráneas evidencian una relación directa con las variaciones en las precipitaciones y en los excesos de agua en el balance hídrico. La profundización registrada hasta la primera mitad de 2009 se puede vincular con una recarga mínima producto de escasas precipitaciones y menores excesos de agua. La recuperación de los niveles a partir de julio es una respuesta a las mayores precipitaciones y una consecuente mayor recarga de los acuíferos.

En la Figura 19 se compara el promedio de las precipitaciones medias históricas mensuales (1959 – 2009) con las precipitaciones mensuales del período 2008 – 2009.

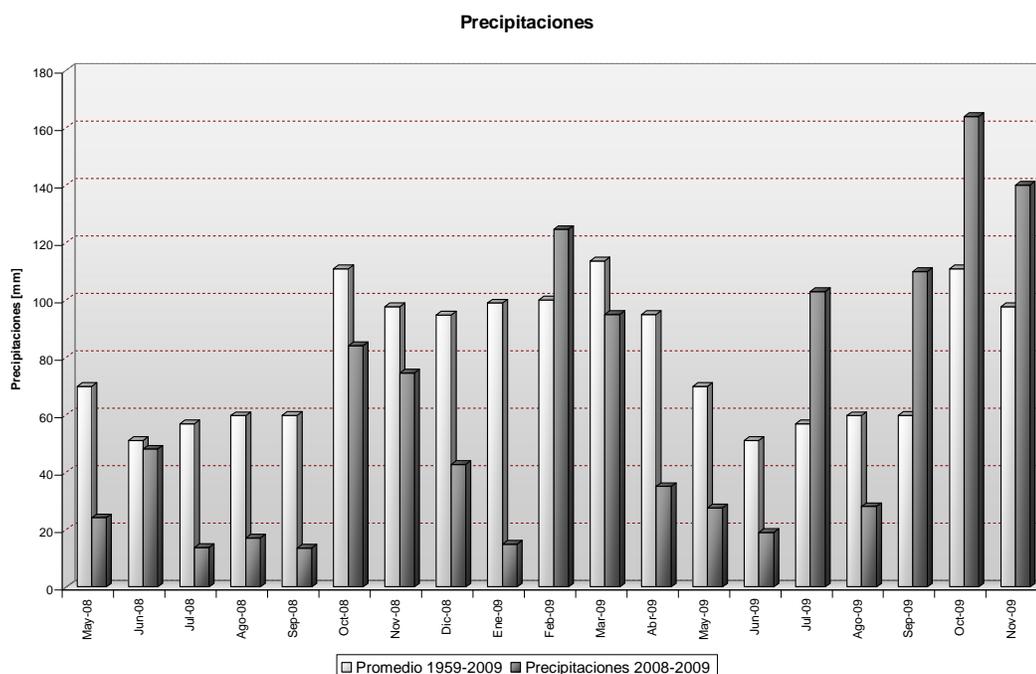


Figura 19

En el período mayo 2008 – junio de de 2009 las precipitaciones mensuales fueron inferiores al promedio histórico, con excepción de febrero de 2009. Incluso se dan situaciones como la ocurrida entre julio y septiembre de 2008 en que las lluvias no alcanzaron a un 20% del valor medio. Ello ocurre también en enero de 2009 en que se registraron 14,9 mm, siendo la media histórica de 102,3 mm. A partir de julio 2009 se registraron precipitaciones por encima de los promedios mensuales históricos.

La relación entre las variaciones de los niveles subterráneos, la época seca y la época húmeda es también reflejada por los excesos del balance hídrico para el mismo período, los cuales se muestran en la Figura 20

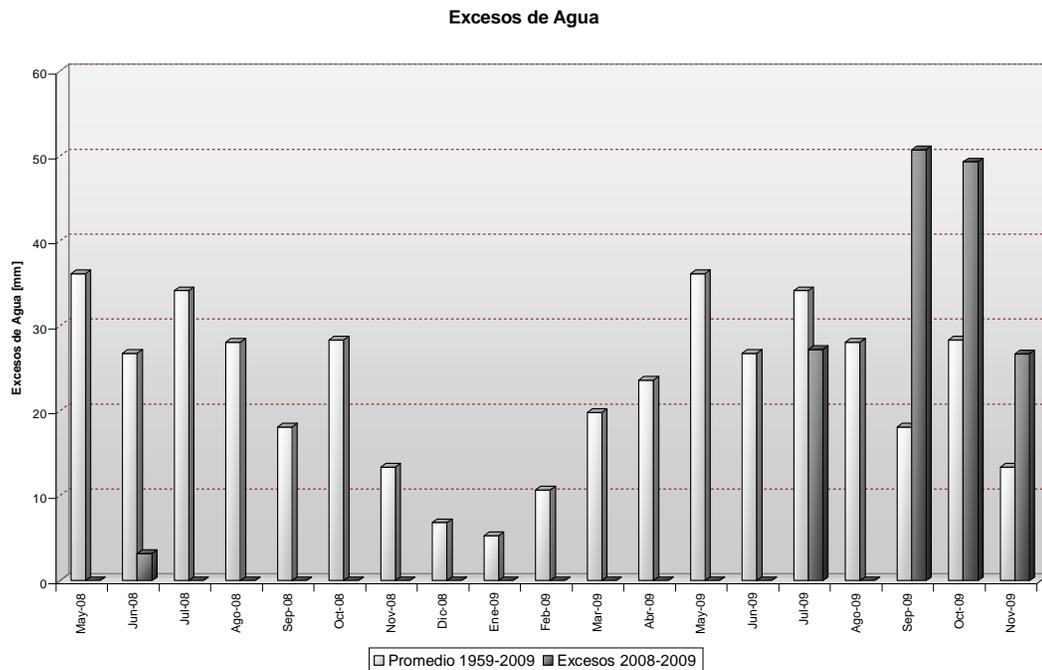


Figura 20

Entre Junio de 2008 y Junio de 2009 no existen excesos de agua a nivel mensual, los cuales comienzan a producirse en Julio de 2009, para superar manifiestamente los valores medios en los meses de septiembre, octubre y noviembre del mismo año. Estas condiciones permiten deducir hasta junio de 2009 una disminución significativa en las posibilidades de infiltración, y consecuente recarga, tanto de la capa freática como del acuífero Puelche. A partir de julio de 2009 la situación se revierte aumentando las posibilidades de recarga de ambos acuíferos.

Los casos puntuales que muestran algún apartamiento de la respuesta natural vinculada con las condiciones climáticas, podrían vincularse a efectos antrópicos, como pueden ser los aportes adicionales desde la superficie o las extracciones de aguas subterráneas.

En los pozos de la cuenca baja, predomina una escasa variación en los niveles freáticos y del acuífero Puelche. En estos casos se destaca una pequeña diferencia entre los registros máximos y mínimos de los niveles freáticos y piezométricos (pozos 29, 5 y 6), y una posición muy somera de los niveles (pozos 27, 29 y 6). Estos sitios se relacionan con sectores donde se ha detectado el fenómeno de ascenso de la capa freática y en los cuales puede existir un aporte adicional de agua desde la superficie. El pozo 5 presenta una situación particular ya que se encuentra muy próximo a la



Autopista General Paz y por lo tanto se considera que el comportamiento hidrodinámico de los acuíferos en este sitio es perturbado por las presencia de las obras viales profundas.

En la cuenca media, en forma aislada, en la cuenca alta, la existencia de una extracción del agua subterránea puede producir ciertas variaciones que pueden interpretarse que se apartan de las variaciones naturales de las profundidades freáticas y piezométricas.

En estos casos las variaciones en los niveles de agua subterránea muestran mayores diferencias entre los máximos y mínimos, y a su vez la diferencia de carga hidráulica entre los niveles freáticos y niveles piezométricos del Puelche es superior a 4 m. Se infiere que estos pozos están en zonas de influencia de una explotación y presentan como característica particular que las profundidades de los niveles desde el nivel del terreno superan los 6 m y, además, en los sitios donde existen perforaciones que alcanzan ambos acuíferos (sitios del 1 al 15), se observa una diferencia de carga hidráulica entre ambos superior a los 4 m.

5.1.4. Modificaciones hidrodinámicas

En las condiciones actuales la Cuenca Matanza - Riachuelo presenta distintas modificaciones con respecto a la situación planteada en algunos estudios anteriores, como el ya citado de EASNE (1972). En este estudio se planteó un criterio de división de la cuenca en dos áreas: una incluía a las cuencas media y alta, y la otra correspondía a la cuenca baja. Una motivación para esa división estaba vinculada a las condiciones hidrodinámicas subterráneas, dado que en la cuenca baja existían significativas modificaciones a las condiciones naturales del flujo.

En la década del 70 se reconocía la existencia de fenómenos de depresión de las aguas subterráneas como consecuencia de la intensa extracción de las aguas subterráneas. El cese parcial del bombeo, a partir de la década del 80, como consecuencia del cambio producido en la fuente de abastecimiento de agua potable (agua superficial en lugar de subterránea) ha dado lugar a la recuperación de los niveles de aguas subterráneas, registrándose en la actualidad su presencia en posiciones muy próximas a la superficie del terreno (escasa profundidad). Este fenómeno se registra principalmente en Lomas de Zamora, Lanús y Avellaneda, donde se ha disminuido la extracción de agua del acuífero Puelche pero se sigue aportando agua al sistema hídrico subterráneo mediante las descargas de pozos ciegos, debido a la cobertura parcial del servicio cloacal.



En este sector de la cuenca los registros de niveles relevados, además de confirmar la posición somera de los niveles freáticos y del acuífero Puelche muestran variaciones de ascenso y descenso de escasa magnitud y no necesariamente reflejan las condiciones climáticas en cuanto a la incidencia de períodos húmedos y secos. Ello sugiere, además de un deficiente drenaje subterráneo la posible existencia de una recarga no natural desde la superficie.

En forma general, en 1972 se planteaba una infiltración potencial en toda el área, pero su magnitud estaba condicionada por las características morfológicas superficiales. En la actualidad estas condiciones predominan en la cuenca alta, desarrollada en un área suburbana con una menor densidad poblacional, donde prevalecen actividades primarias y se asientan algunas industrias especialmente localizadas en las proximidades de Cañuelas y Marcos Paz.

En la cuenca media, actualmente hay un incremento del área urbanizada y consecuentemente de la densidad de población, además de un mayor número de industrias y actividades de servicios. Todo ello ha generado un incremento significativo en la extracción de las aguas subterráneas en la cuenca media.

Las variaciones de los niveles freáticos y del acuífero Puelche registradas en los pozos relevados situados en las proximidades de áreas de explotación (que predominan en la cuenca media) reflejan, con relación a la situación natural, una mayor profundización de los niveles y una mayor diferencia de carga hidráulica entre niveles freáticos y niveles Puelche. Las mayores profundidades se detectan en la cuenca media (Marcos Paz, La Matanza, Ezeiza, E. Echeverría y Alte Brown). A pesar de ello, los datos de los pozos muestran que el sistema se recupera frente a la recarga de los excesos hídricos. Las diferencias de carga hidráulica entre el Puelche y el Pampeano, asociadas a las particularidades hidrogeológicas y a un incremento en la profundización de los niveles freáticos, son elementos que deberían ser contemplados en la evaluación posterior de las áreas sometidas a explotación de sus recursos subterráneos.

5.2. Hidroquímica

5.2.1. Datos antecedentes

En condiciones naturales en la Cuenca Matanza – Riachuelo es de esperar un predominio de aguas de baja salinidad, tanto en la capa freática (Pampeano) como en



el acuífero Puelche, y un aumento progresivo del contenido salino hacia el valle del curso principal y en la cuenca baja (llanura baja).

De acuerdo a los estudios previos referidos a los relevamientos efectuados en la década del 70 (EASNE, 1972), la capa freática y el acuífero Puelche en la cuenca media y alta se caracterizaba por su baja salinidad (1000 a 2000 mS/cm). Los valores presentaban una escasa variación, aunque sufrían un aumento hacia la zona de descarga, siendo esta una condición natural de los sistemas de agua subterránea.

En la capa freática los valores predominantes de sulfatos y cloruros evidenciaban concentraciones bajas. Los máximos indicados eran para sulfato 140 mg/l y para cloruro 400 mg/l, aunque generalmente los valores medios eran menores de 70 mg/l. En relación a la cuenca baja, en dicho estudio se indica que son muy escasos los datos disponibles, ya que en ese momento la intensa explotación del acuífero Puelche había generado una fuerte distorsión y desaparición del agua freática contenida en el Pampeano.

El agua del acuífero Puelche presentaba en la cuenca media y alta, un bajo contenido de aniones y cationes y carecía de oligoelementos perjudiciales. Los sulfatos alcanzaban valores máximos de 480 mg/l, pero en general los valores eran inferiores a 200 mg/l. Los cloruros marcaban valores muy bajos (inferiores a 70 mg/l). Esta calidad natural disminuía hacia las proximidades de los cauces y en la cuenca baja, como consecuencia de su proximidad a la zona de descarga de agua subterránea y la presencia de sedimentos salinos. Asimismo, el estudio hace referencia al proceso de salinización derivado de las acciones antrópicas generadas por la explotación de agua subterránea y consecuente avance de un frente salino. Los efectos de una fuerte salinización se marcaban sobre ambos márgenes del Río Matanza, con valores máximos de salinidad superiores a 30.000 mg/l. Los valores más bajos de alcalinidad correspondían a 200 mg/l y en coincidencia, las concentraciones de cloruros y de sulfatos alcanzaban a 1600 mg/l y casi 6000 mg/l respectivamente.

En este estudio realizado por EASNE (1972) no se efectuaron determinaciones de nitrato, ni de otros compuestos químicos indicadores de afectación por actividades antrópicas que permitan relacionarlo con las condiciones actuales.

Carol (2003) sobre la base de datos hidroquímicos del INA para el período 1996 – 2002 en las cuencas media y baja de los ríos del conurbano bonaerense, incluyendo la cuenca del Matanza – Riachuelo, define que la capa freática (Pampeano) presenta un dominio de aguas de tipo bicarbonatadas. Menos del 10% de los pozos analizados al



freático presentaban aguas cloruradas y/o sulfatadas y en general, estos se localizaban en la cuenca baja. El autor relaciona esto a una condición natural dada la presencia de sedimentos de origen marino, o antrópica, debido a la extracción existente en ese período que inducía agua de mayor contenido salino en el área ribereña y valles inferiores de los ríos. En relación al agua del acuífero Puelche, en general presentaban bajo contenido salino (promedio de 828 mg/l de sólidos totales disueltos), predominando aguas bicarbonatadas sódicas cálcicas. En menor proporción, este estudio reporta aguas de tipo clorurado sódicas en la parte baja de la cuenca.

La situación descrita a nivel regional por Carol (2003) es similar a lo reportado por EASNE (1972) en relación a los constituyentes mayoritarios, predominando en la cuenca alta y media aguas de buena calidad tanto en el freático como en el acuífero Puelche, y el incremento del contenido salino hacia la cuenca baja y los sectores inferiores de los valles fluviales.

En relación al contenido de nitrato, Carol (2003) reporta para 1996 valores promedio de 74,1 mg/l, con máximos de 168 mg/l y mínimos de 0,9 mg/l. Mientras que para 2002 el valor promedio se había reducido a 48,2 mg/l, con valores máximos de 113 mg/l y mínimos de 7,7 mg/l. Se destaca que en 2002 disminuye notablemente la cantidad de pozos en explotación, abandonándose el 70% de los pozos con concentraciones de nitratos superiores a 50 mg/l. El autor relaciona las mayores concentraciones de nitratos reportadas con las áreas de intensa extracción de agua subterránea y la formación de conos de depresión.

5.2.2. Características generales (mayo 2008 – noviembre 2009)

En base a los datos obtenidos en los pozos de monitoreo para el período mayo 2008 a junio 2009) (Anexo V) se plantean las características químicas generales de la capa freática y del acuífero Puelche para la cuenca alta, media y baja. La caracterización química se realiza con base en los tipos de aguas y las concentraciones de cloruro, sulfato y nitrato. Los dos primeros resultan de utilidad para reconocer la evolución natural de las aguas, mientras que el nitrato representa un indicador de probable afectación por la actividad humana.

La diferenciación en cuenca alta, media y baja se basó en la descripción efectuada para las características morfológicas e hidrogeológicas de la cuenca y además adoptó la división por municipios propuesta por la ACUMAR. De la cuenca alta forman parte



los partidos de Gral Las Heras, Marcos Paz, Cañuelas, San Vicente y Pte. Perón, incluyendo a los pozos de monitoreo 3, 19, 11, 30, 4, 10, 20, 1, 2, 17, 12, 18, 23, 22, 25. La cuenca media comprende a los partidos de Merlo, Morón, La Matanza, Ezeiza, Esteban Echeverría y Alte. Brown, donde se sitúan los pozos 21,13, 14, 16, 26, 27, 24, 9, 15, 28 y 8. En la cuenca baja se consideran a los partidos de Lomas de Zamora, Lanús, Avellaneda y Ciudad Autónoma de Buenos Aires, abarcando a los pozos 7, 29, 6 y 5 (Figura 21).



CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS EN LA CUENCA MATANZA – RIACHUELO
SECRETARIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE –
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

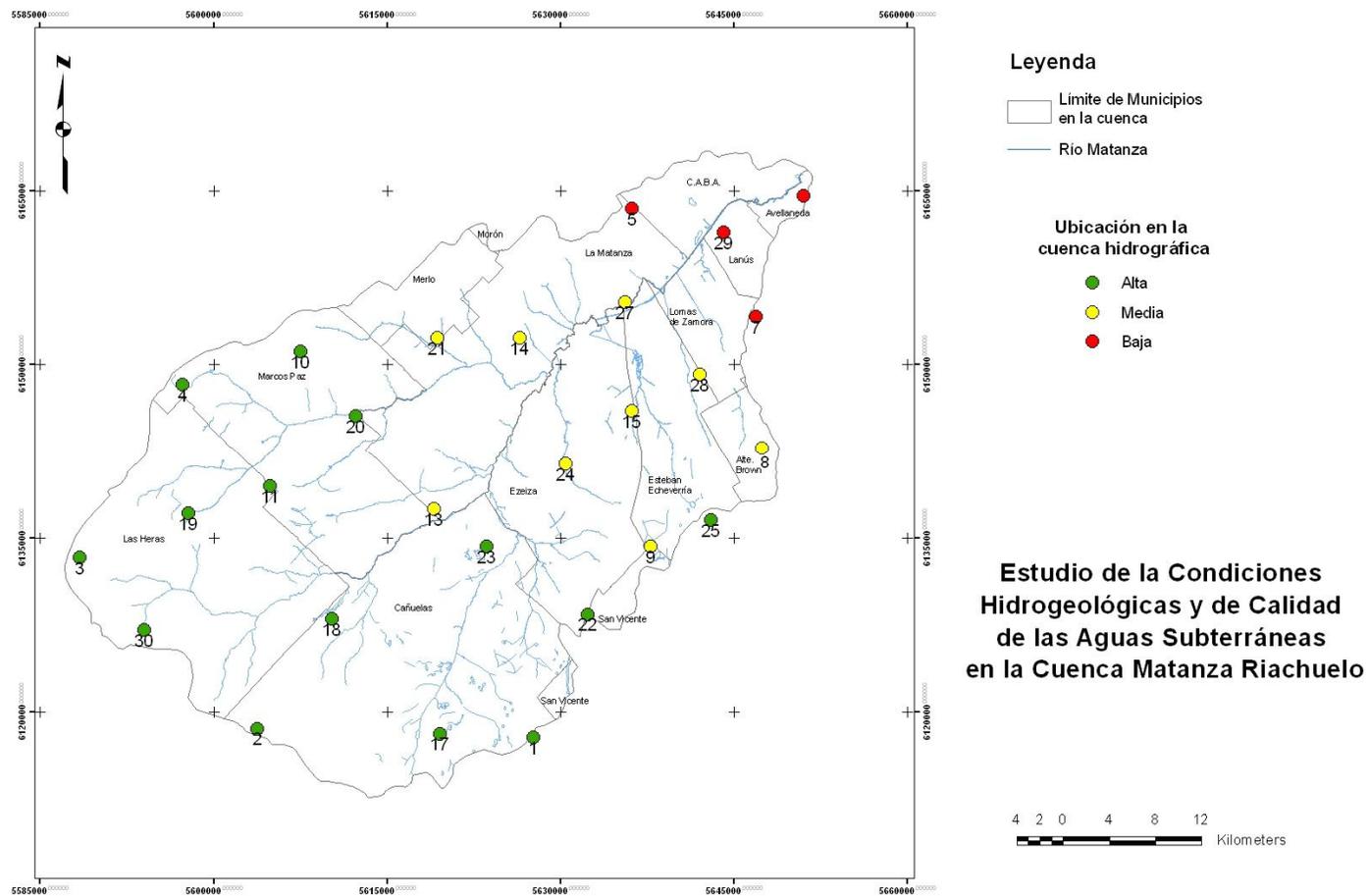


Figura 21



Se reconoce que la capa freática y el acuífero Puelche presentan un predominio de aguas de baja salinidad expresado por el valor de conductividad eléctrica. Valores del orden de 1.000 a 1500 $\mu\text{S/cm}$ son los más frecuentes, con excepción del fuerte incremento que se produce en algunos sectores situados esencialmente en la cuenca baja, donde se alcanzan extremos de 24400 $\mu\text{S/cm}$ en la capa freática (pozo 29 F en Lanús) y 10300 $\mu\text{S/cm}$ en el acuífero Puelche (pozo 6 P en Dock Sud). Este incremento se debe relacionar con la evolución natural del agua desde la zona de recarga hacia la de descarga, en la cual predominan sedimentos arcillosos de origen estuárico marino.

En la cuenca alta en la capa freática y en el acuífero Puelche predomina la presencia de aguas bicarbonatadas sódicas, típicas de zonas de recarga donde la infiltración es relativamente reciente. En algunos pozos (proximidades de los cauces) adquieren un carácter clorurado, mientras que en otros (zonas de divisoria) resultan bicarbonatadas cálcicas. En la freática son frecuentes valores de cloruros inferiores a 50 mg/l. Una excepción es el pozo 3F con tenores superiores que fluctúan entre 200 y 300 mg/l. Los sulfatos oscilan entre 10 mg/l (pozos 3F y 4F) y 60 mg/l (pozo 30F). Los contenidos de nitratos predominantes son inferiores a 10 mg/l, registrándose sólo un valor extremo de 50 mg/l en el pozo 10F. El contenido de arsénico varía entre valores inferiores a 0,01 mg/l hasta un máximo de 0,13 mg/l (pozo 2F). En el acuífero Puelche también son característicos valores de cloruro inferiores a 50 mg/l, con excepción del pozo 2P con valores entre 200 y 300 mg/l. Predominan contenidos de sulfato inferiores a 100 mg/l, con excepción del pozo 2P en que varía entre 200 y 300 mg/l y el pozo 11P con valores entre 100 y 150 mg/l. La concentración predominante de nitrato es inferior a 10 mg/l. Son reconocidos tenores de arsénico entre < 0,01 mg/l y 0,13 mg/l, éste último en el mismo sitio que en el caso de la capa freática (2P).

En la cuenca media predominan aguas bicarbonatadas, siendo más frecuentes en la capa freática las cálcicas y en el acuífero Puelche las sódicas. Esta diferencia podría explicarse por el intercambio iónico que se produce en el flujo vertical entre los dos niveles acuíferos, lo cual da lugar al reemplazo del calcio por el sodio presente en los niveles arcillosos del Pampeano. En el agua freática los valores de cloruro más altos son del orden de 100 mg/l (pozo 24F). Las concentraciones de sulfatos son de alrededor de 100 mg/l, superando esos valores sólo en los pozos 14F y 15F. El contenido de nitratos muestra variaciones de distinta significación, predominando valores de 30 mg/l, los cuales son superados por los pozos 8F, 13F y 24F con valores superiores a 45 mg/l. El valor máximo de arsénico es de 0,05 mg/l. En el acuífero Puelche los tenores de cloruro se encuentran entre 10 y 80 mg/l, mientras que los de sulfato entre <10 y 120 mg/l. Los contenidos de nitrato son del orden de 20 mg/l, a



excepción del pozo 14P en que se ha registrado un máximo de 193 mg/l. Las determinaciones de arsénico oscilan entre menos de 0,01 mg/l y 0,09 mg/l, este último valor detectado en una oportunidad en el 9P.

En la cuenca baja se reconocen dos tipos de agua, tanto en el freático como en el Puelche, las de mayor salinidad son cloruradas sódicas, mientras que las de menor contenido salino presentan un carácter bicarbonatado sódico. En la capa freática se registran máximos valores de cloruro en los pozos 6F y 29F, los cuales superan los 1000 mg/l y hasta 5600 mg/l (Dock Sud). Los pozos restantes presentan valores inferiores a 200 mg/l. Los nitratos en la capa freática muestran fuertes variaciones, con valores máximos en el pozo 5F, en el cual pueden superar los 200 mg/l. El rango de variación del contenido de arsénico va de <0,01 mg/l a 0,04 mg/l. En el acuífero Puelche se dan extremos de alta concentración de cloruro, tal es el caso del pozo 6P, que alcanza a 2300 mg/l, y también de bajo contenido como en el 5P (120 mg/l). Los nitratos en el acuífero Puelche alcanzan un máximo de 250 mg/l (pozo 5 P). El valor de arsénico varía entre 0,01 y 0,04 mg/l.

Con una frecuencia de muestreo semestral se han analizado metales pesados, hidrocarburos y plaguicidas.

En las determinaciones de cadmio, mercurio, níquel, hierro, manganeso, plomo, cromo y cinc en general los valores están por debajo del límite de detección.

En el acuífero Puelche en todos los muestreos el contenido de cadmio fue < 0,002 mg/l, cromo <0,003 mg/l, mercurio <0,001 mg/l, níquel <0,008 mg/l, plomo <0,02 mg/l. El cobre presenta un valor medio de 0,012 mg/l, con un mínimo de 0,002 mg/l y un máximo aislado de 0,039 mg/l. La concentración promedio del hierro es de 0,8 mg/l, con un máximo de 5,6 mg/l y un mínimo <0,03 mg/l, mientras que la de manganeso es de 0,14 mg/l, 1,13 mg/l y <0,03 mg/l. El mayor valor de zinc detectado fue de 0,05 mg/l, el menor <0,001 mg/l y el promedio de 0,01mg/l.

En el acuífero freático, el tenor de cadmio fue < 0,002 mg/l, mercurio <0,001 mg/l, plomo <0,02 mg/l. Los valores más frecuentes de níquel son los mínimos (<0,008 mg/l), existe un valor extremo de 0,015 mg/l, lo cual hace una media de 0,011 mg/l. El promedio del contenido de cromo es de 0,008 mg/l, con un mínimo frecuente <0,003 mg/l y un máximo de 0,016 mg/l. El cobre indica un valor medio de 0,014 mg/l, con un mínimo de 0,002 mg/l y un máximo aislado de 0,105 mg/l. El contenido promedio de hierro es de 0,95 mg/l, con un máximo puntual de 7,6 mg/l y un mínimo de <0,03 mg/l, mientras que la de manganeso es de 0,17 mg/l, 3,5 mg/l y <0,03 mg/l. El mayor valor de zinc detectado fue de 0,14 mg/l, el menor de <0,002 mg/l y el promedio de 0,02mg/l.



La frecuencia del muestreo de metales pesados es muy baja y los resultados necesariamente deben ser validados con nuevas determinaciones. Los máximos detectados han sido en forma aislada y corresponden a la cuenca baja, donde se concentra la actividad urbana e industrial. En la cuenca alta los valores se encuentran por debajo del límite de detección.

Las determinaciones de benceno, etilbenceno, tolueno y xileno fueron inferiores al límite de detección (<0,01 mg/l) en todos los muestreos del acuífero freático y Puelche.

Los contenidos de plaguicidas organofosforados en todos los casos (freático y Puelche) fueron menores a los límites de detección. También en su gran mayoría las determinaciones de los organoclorados indicaron valores por debajo de dicho límite. En el acuífero freático se han detectado en forma aislada un máximo de 0,05 µg/l de heptacloro, 0,85 µg/l de heptacloroepóxido, 0,21 µg/l de endosulfan y 1,58 µg/l de clorpirifos. Una situación similar se da en el acuífero Puelche, con máximos aislados de 0,03 µg/l de heptacloro, 0,76 µg/l de heptacloroepóxido, 0,05 µg/l de endosulfan y 0,41 µg/l de clorpirifos.

5.2.3. Variaciones temporales

De acuerdo a la descripción general realizada se definen como indicadores de posibles variaciones en las características químicas a los contenidos de cloruro y de nitrato. El primero por representar un trazador natural y el segundo por ser un potencial indicador de afectación de las aguas subterráneas como consecuencia de las actividades antrópicas.

Cuenca alta

Para caracterizar las variaciones en los contenidos de cloruro y nitrato se han considerado como representativo los pozos correspondientes al sitio 1 (pozos 1F y 1P).

En la Figura 22 se han graficado las variaciones reconocidas en el contenido de cloruro del Pozo 1F construido al freático.

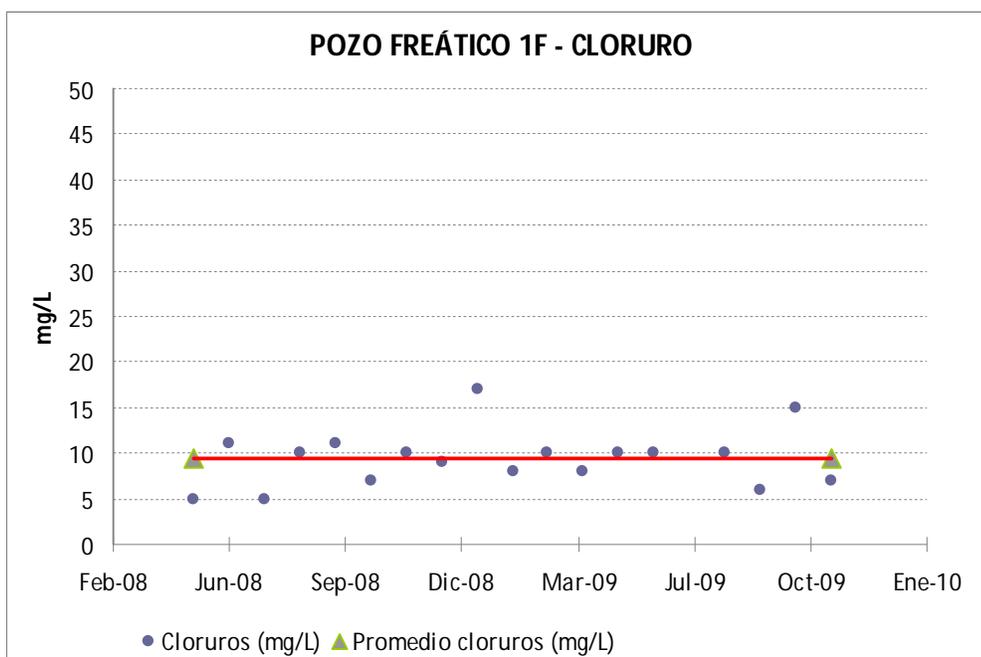


Figura 22

El valor medio es de 9 mg/l, registrándose un máximo de 17 mg/l y un mínimo de 5 mg/l, con una desviación estándar de 3 mg/l. Los tenores medios de cloruros inferiores a 20 mg/l que son frecuentes en los pozos de la cuenca alta, se caracterizan por presentar sólo leves variaciones estacionales.

En la Figura 23 se muestran las variaciones de cloruro correspondientes al pozo 1P que capta agua del acuífero Puelche.

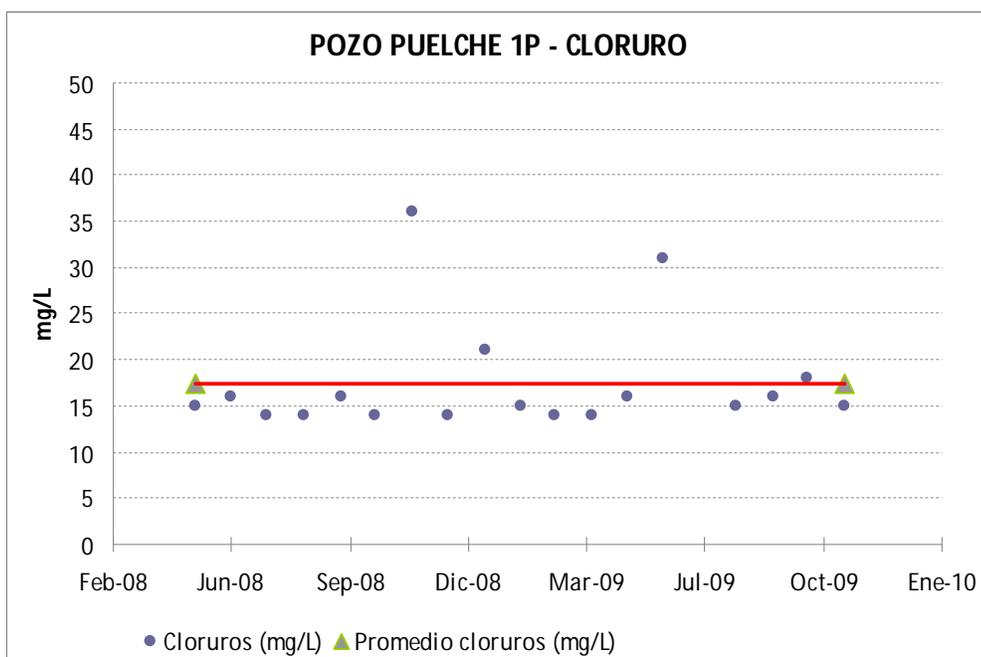


Figura 23

En este caso el contenido promedio es de 17 mg/l, registrándose escasas variaciones con un valor máximo de 36 mg/l y un mínimo de 14 mg/l, repitiéndose lo observado en el caso anterior para la capa freática.

Como ejemplo de las variaciones en la concentración de nitrato en la capa freática de la cuenca alta se ha tomado el pozo 1F (Figura 24).

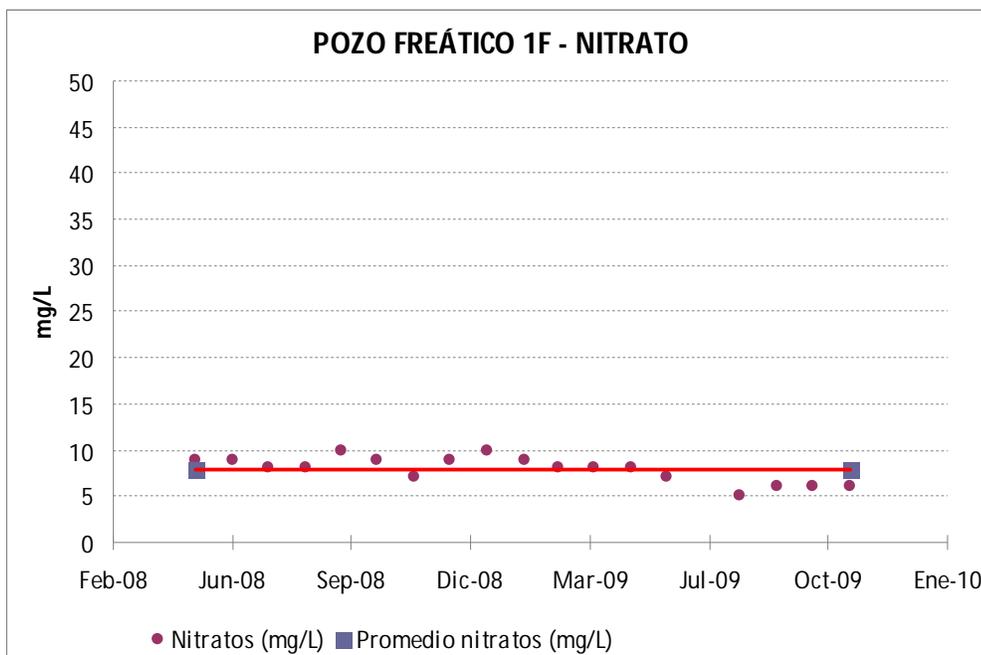


Figura 24

En este caso el contenido promedio es de 8 mg/l, existiendo escasas variaciones en el entorno de un máximo de 10 mg/l y un mínimo de 6 mg/l. Los pozos con valores medios de nitrato inferiores a 10 mg/l que son habituales en la cuenca alta presentan un comportamiento similar al descrito.

En la Figura 25 se muestran las variaciones de nitrato en el pozo 1 P del acuífero Puelche.

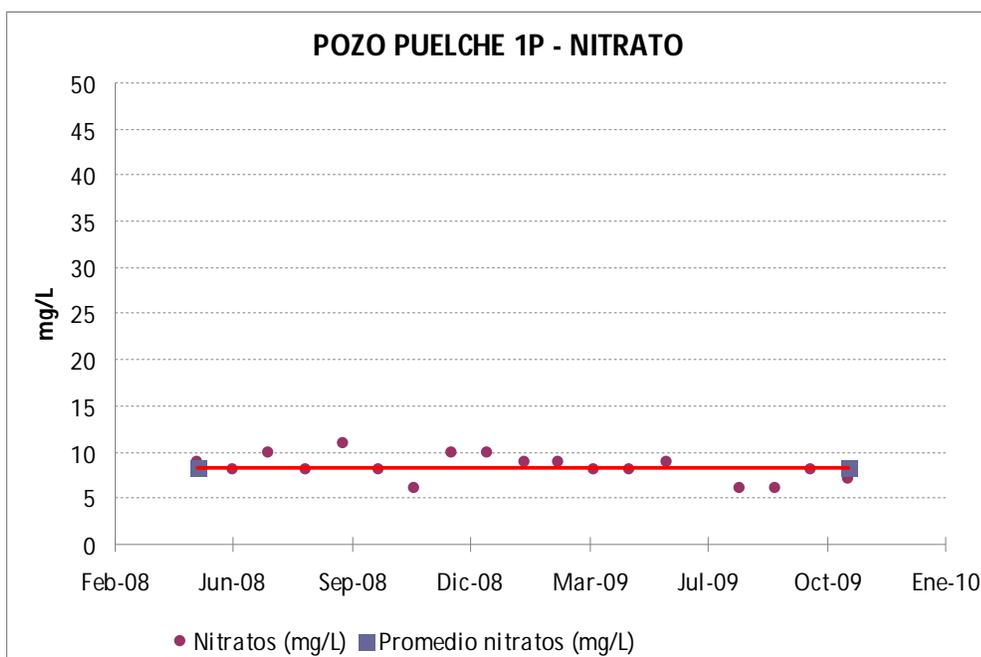


Figura 25

La situación es muy similar a la anterior, siendo el valor medio de nitrato de 8 mg/l, con un máximo de 11 mg/ y un mínimo de 5 mg/l. En la cuenca alta predominan valores inferiores a 10 mg/l de nitrato, con escasas variaciones temporales.

Cuenca media

En la capa freática y acuífero Puelche de la cuenca media se reconocen diferencias importantes en los contenidos de cloruro y nitrato. Se han seleccionado como representativos de las variaciones detectadas a los sitios 8 (con mayores concentraciones) y 15 (con menores concentraciones).

En la Figura 26 y Figura 27 se han representado las variaciones observadas en el contenido de cloruro en el pozo 8F y 15 F construidos al freático.

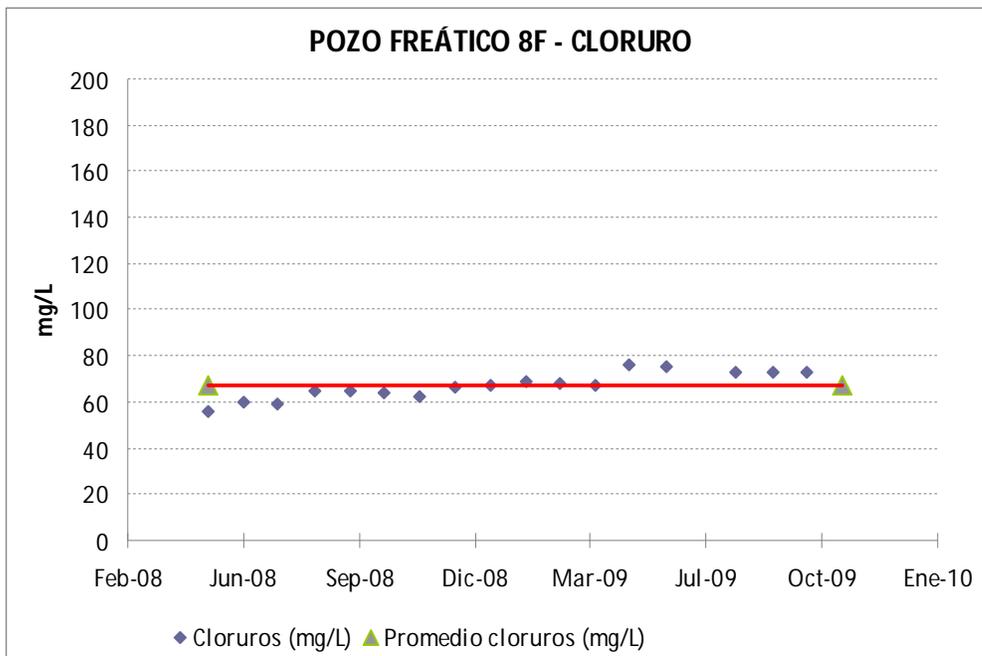


Figura 26

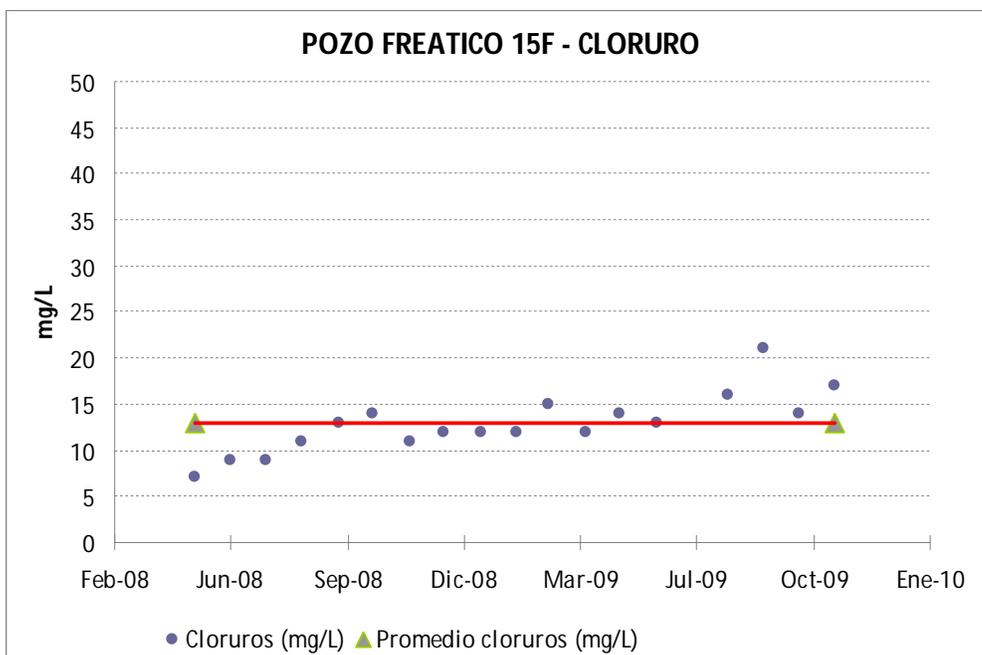


Figura 27

En el pozo 8 F el valor medio de cloruro es 67 mg/l, mientras que en el 15F es 12 mg/l. Para el primer caso los valores varían entre 56 y 75 mg/l y en el segundo entre 7 y 21 mg/l. Las



variaciones registradas si bien no son significativas, en ambos casos los contenidos superiores a los medios se producen en los últimos meses de 2009. Con los datos disponibles, se infiere que dicho incremento esta relacionado con una variación estacional.

En la Figura 28 y Figura 29 se han representado las series de contenidos de cloruro en los pozos correspondientes al acuífero Puelche (8 P y 15 P).

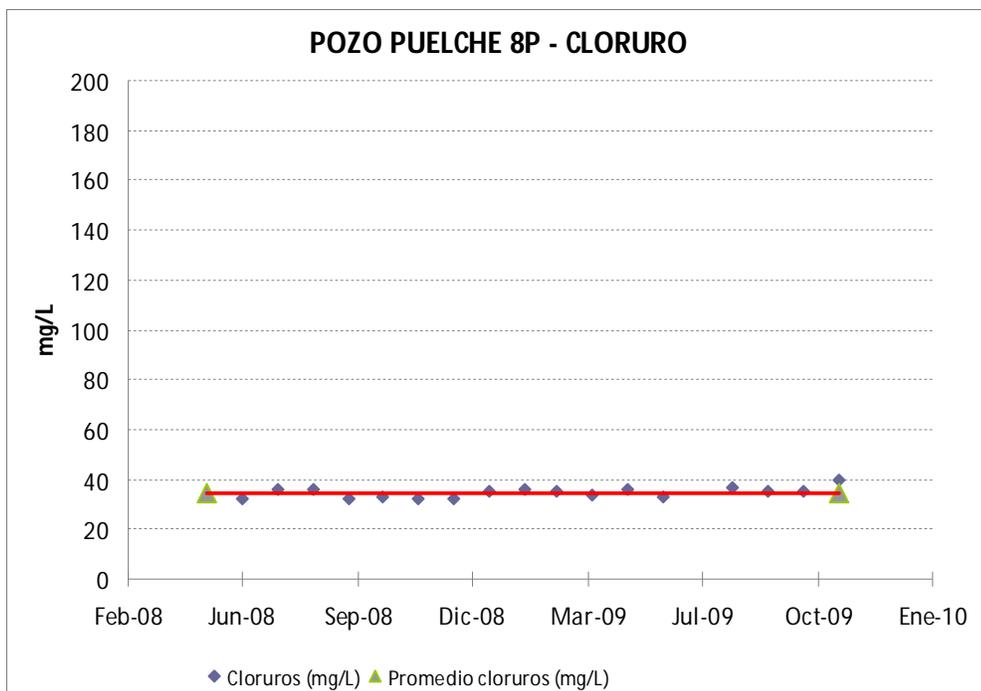


Figura 28

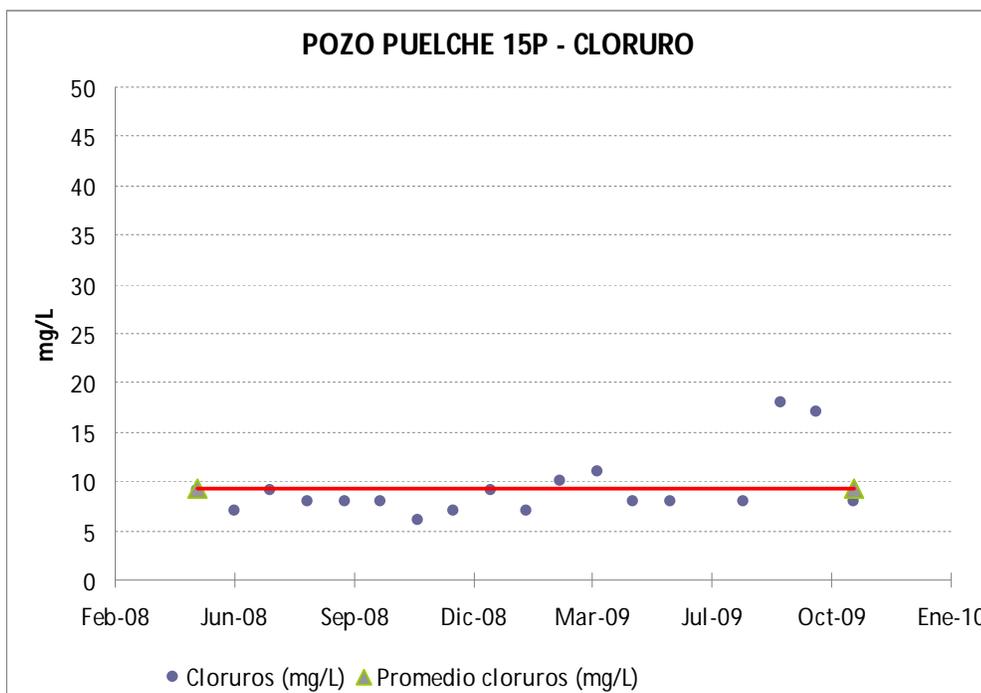


Figura 29

En el pozo 8 P el contenido máximo de cloruro es de 40 mg/l y el mínimo de 32 mg/l, siendo el promedio de 34 mg/l. En el pozo 15P los valores son 18 mg/l, 6 mg/l y 9 mg/l respectivamente. En ambos casos existen sólo leves variaciones en el período analizado.

Los contenidos de nitrato en la capa freática de la cuenca media son variables según la ubicación de los pozos. Se han representado las situaciones correspondientes a los pozos 8 F y 15F (Figura 30 y Figura 31)

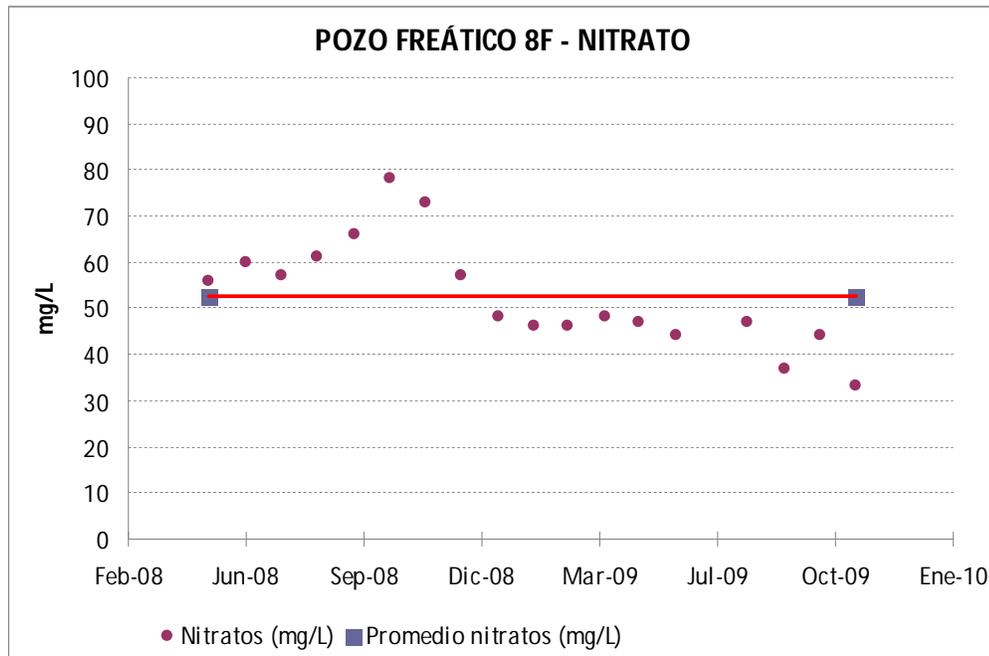


Figura 30

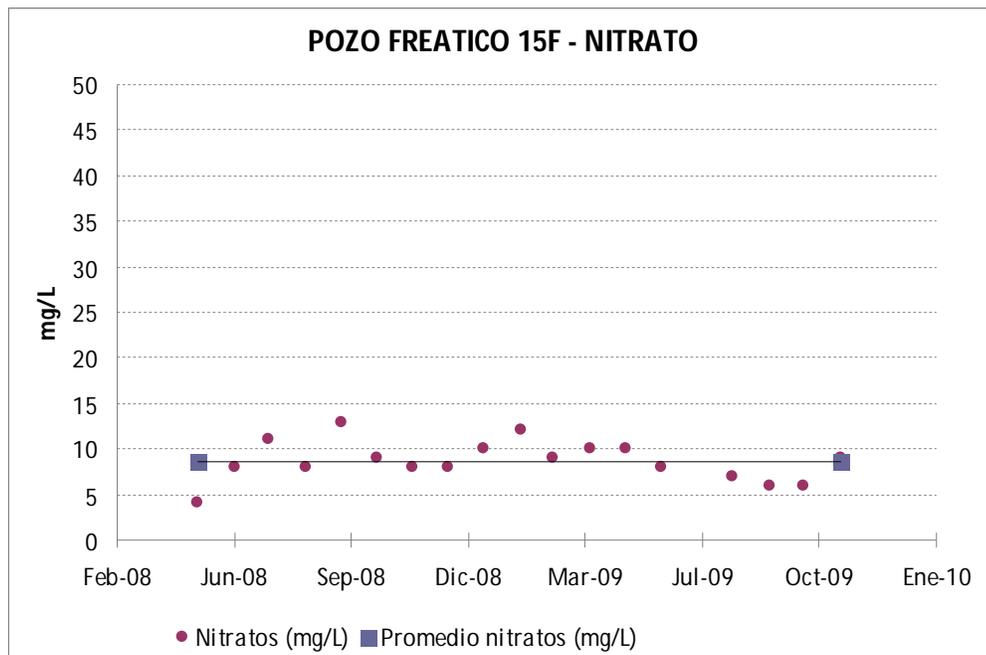


Figura 31

En el caso del pozo 8F el contenido medio de nitrato es de 53 mg/l, con un extremo superior de 78 mg/l y uno inferior de 33 mg/l, registrándose una tendencia a la disminución de los valores en los últimos meses de 2009. En este caso es posible relacionar esta disminución con una dilución producto del incremento en las precipitaciones que se



produjeron en dicho período. El pozo 15F a diferencia del anterior muestra un muy bajo contenido de nitrato, siendo 9 mg/l el promedio, 13 mg/l el máximo y 6 mg/l el mínimo. La respuesta temporal es similar a la mencionada en la cuenca alta para estas concentraciones de nitrato.

En la Figura 32 y Figura 33 se han representado las variaciones en el contenido de nitrato en el acuífero Puelche en los pozos 8P y 15P.

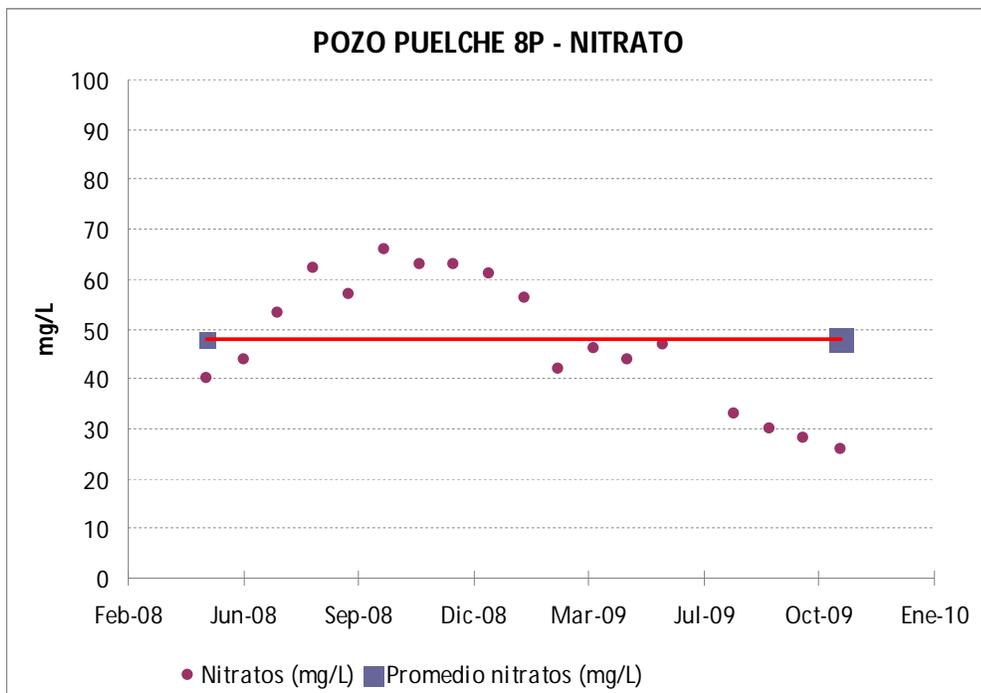


Figura 32

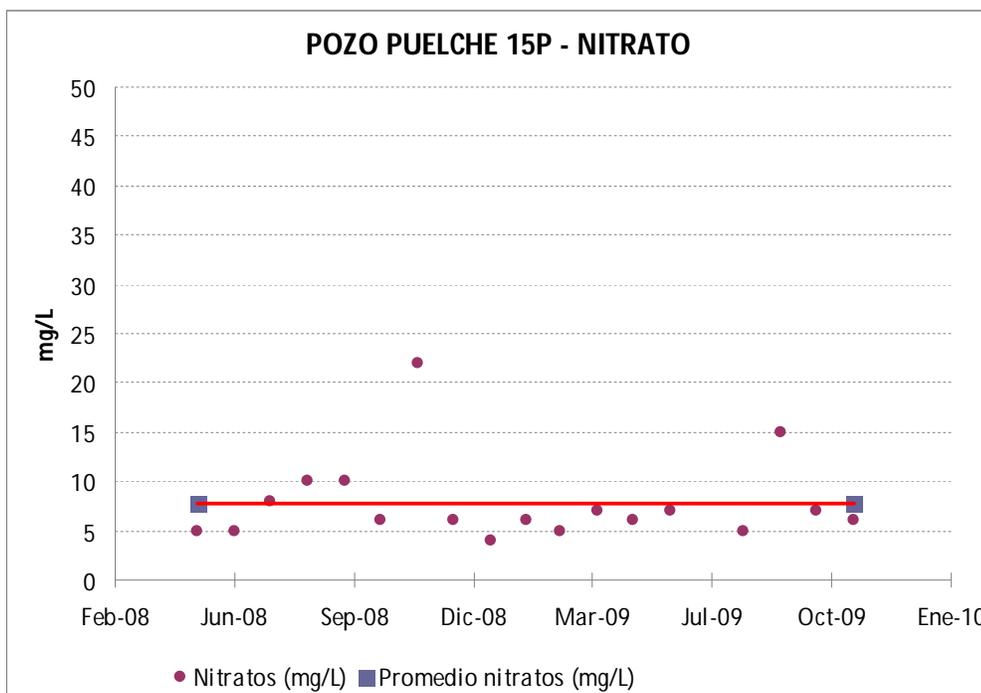


Figura 33

En el pozo 8P el valor medio de nitrato es de 47 mg/l, registrándose un máximo de 66 mg/l y un mínimo de 26 mg/l. Las variaciones resultan relativamente significativas ya que los valores disminuyen a menos de la mitad en los datos más recientes. Al igual que en el caso del pozo de la capa freática (8F) esta disminución tiene relación con el incremento en las precipitaciones. En el pozo 15P los valores de nitrato son bajos, el máximo registrado es de 22 mg/l, el mínimo de 5 mg/l y el valor medio de 8 mg/l, siendo escasas las variaciones reconocidas.

Cuenca baja

En la cuenca baja se ha considerado como representativa de las variaciones de cloruro y nitrato en la capa freática y Puelche al sitio 6 (6F y 6P).

En la Figura 34 se muestra el caso de las variaciones de cloruro en la capa freática.

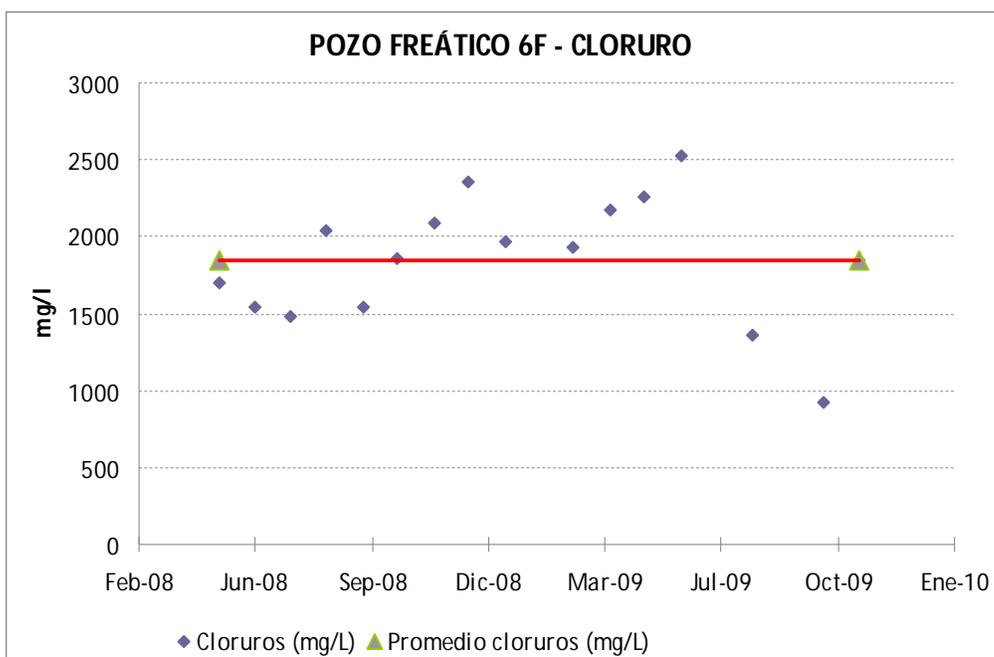


Figura 34

En general los contenidos de cloruro son extremadamente altos en la freática. En este pozo el tenor medio de cloruro es de 1850 mg/l, con extremos con varían entre 2519 y 919 mg/l. Una fuerte variación se registra entre los distintos valores.

En la Figura 35 se representa las oscilaciones de cloruro reconocidas en el acuífero Puelche de acuerdo a los datos correspondientes al pozo 6 P.

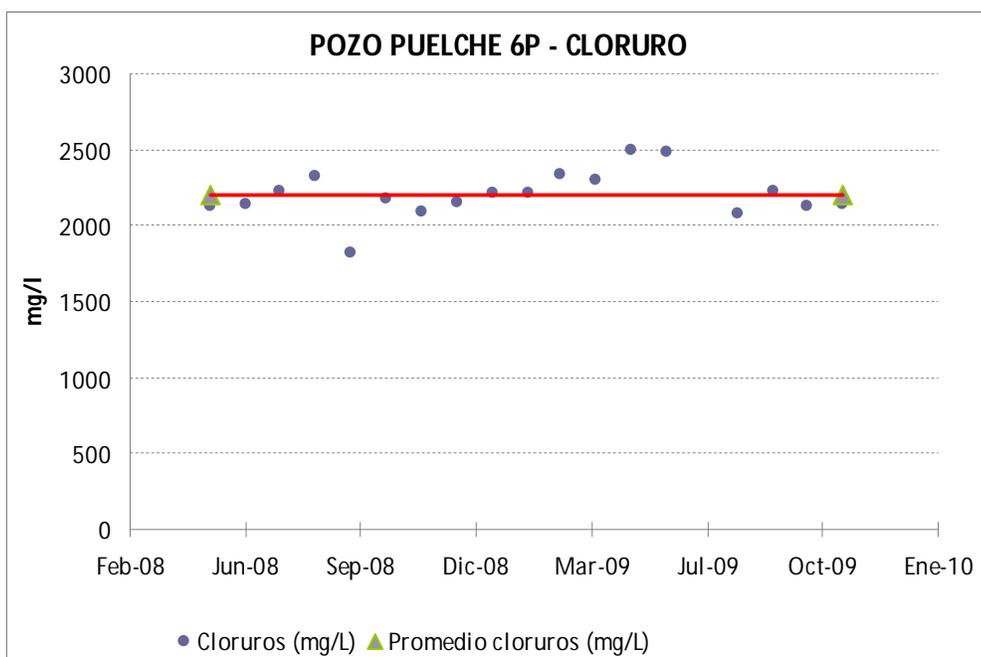


Figura 35

El valor medio es de 2204 mg/l, con un máximo de 2500 mg/l y un mínimo de 1818 mg/l. En este caso las variaciones no son altamente significativas.

En relación al contenido de nitrato en la capa freática de la cuenca baja se han graficado los datos del pozo 6F en la Figura 36.

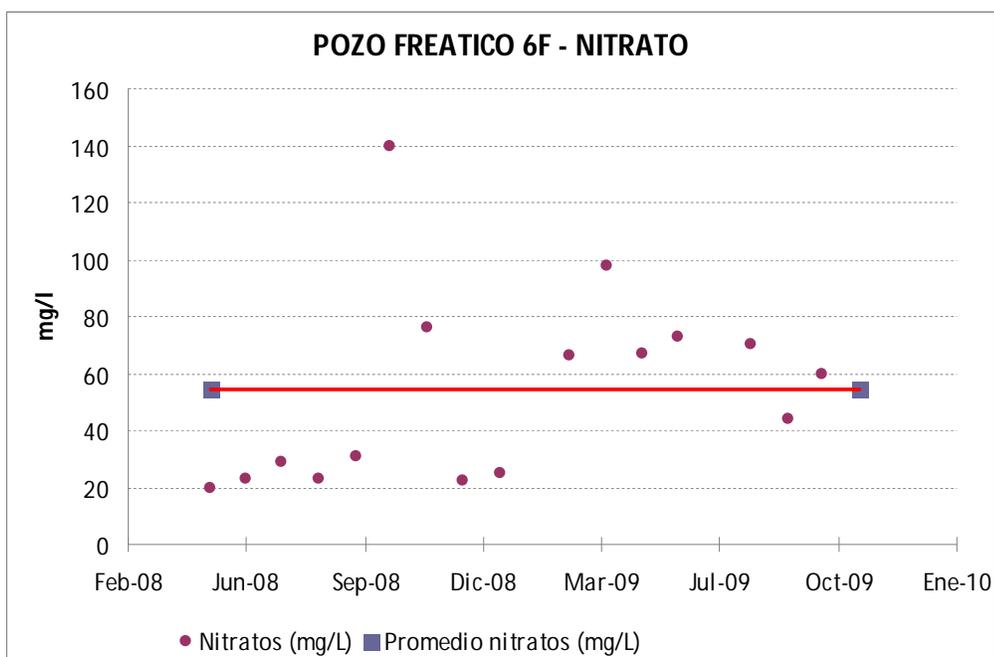


Figura 36

Para este caso el valor promedio es de 54 mg/l, existiendo una fuerte dispersión entre los tenores máximo y mínimos que son de 140 mg/l y 20 mg/l respectivamente.

En la Figura 37 se muestran las variaciones de nitrato en el acuífero Puelche considerando como representativo el pozo 6P.

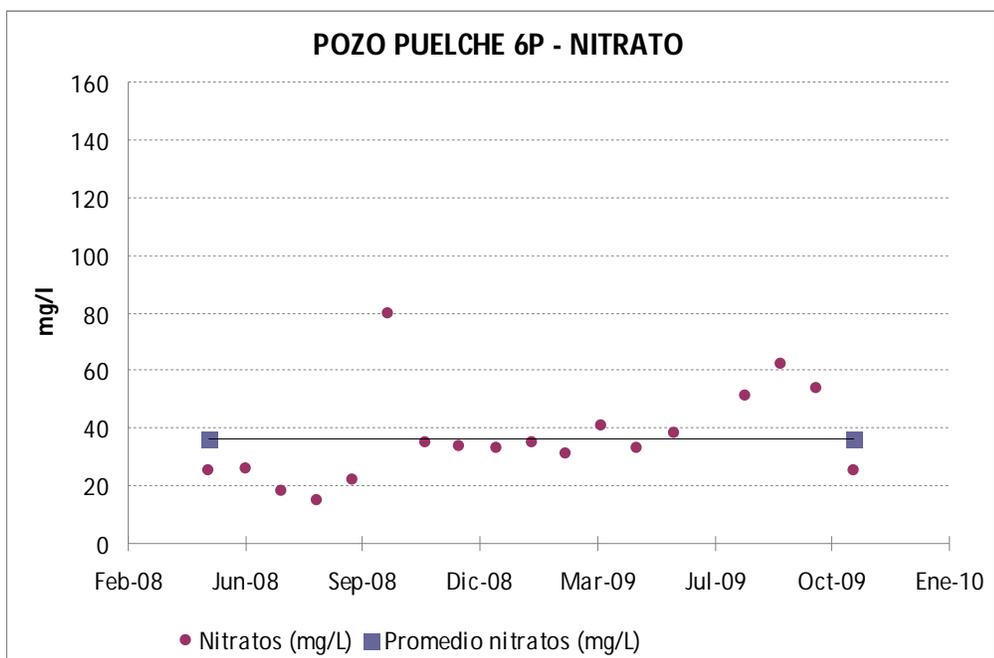




Figura 37

En este caso el valor medio es de 36 mg/l, registrándose un máximo de 80 mg/l y un mínimo de 15 mg/l.

De acuerdo a los datos obtenidos y a las descripciones realizadas es posible concluir que cuando los contenidos de cloruro y de nitrato son relativamente bajos (del orden de 20 mg/l) no se han registrado variaciones temporales significativas en el período analizado. Ello ocurre tanto en el acuífero freático como en el Puelche de la cuenca alta y media. Un comportamiento similar se da para valores intermedios de cloruro (aproximadamente 100mg/l) que son característicos en algunos pozos de la cuenca media.

En la capa freática de la cuenca media, cuando los contenidos de nitratos son más altos (45 mg/l) se han registrado variaciones estacionales que resultan importantes. Para el caso del acuífero Puelche se repite el comportamiento, aunque los valores son menores y las variaciones más atenuadas.

En la cuenca baja los extremadamente altos valores de cloruro (2000 mg/l) muestran variaciones significativas en la capa freática, pero son de menor importancia en el acuífero Puelche. En relación al nitrato se presenta una fuerte heterogeneidad en las variaciones; en general los contenidos y rangos de variación son más significativos en la freática.

De acuerdo a los datos obtenidos en el período analizado las variaciones observadas se pueden atribuir a variaciones estacionales, que en parte pueden vincularse con la relación recarga y oscilación natural de los niveles de las aguas subterráneas. No se han registrado casos con tendencias manifiestas de incremento o disminución derivados de algún aporte localizado.

Las variaciones temporales en otros aniones y cationes mayoritarios muestran un comportamiento similar al descrito, es decir no se registran tendencias que indiquen una modificación de la calidad del agua en el período analizado. Con respecto a las determinaciones de otros elementos y compuestos químicos como metales pesados, hidrocarburos totales, BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno, xileno), PAHs (hidrocarburos aromáticos polinucleares) y pesticidas, cuyos resultados indica en su gran mayoría valores por debajo de los límites de detección, no existen suficientes datos (sólo 4 muestreos) para evaluar su comportamiento.



5.2.4. Consideraciones hidroquímicas finales

Los resultados obtenidos en los relevamientos efectuados (2008 – 2009) han permitido contar con una caracterización regional de las condiciones hidroquímicas de las aguas subterráneas.

La composición química y los tipos de agua de la capa freática y acuífero Puelche en términos generales no han sufrido modificaciones significativas con respecto a los datos obtenidos en la década del 70 (EASNE, 1972). Además los resultados confirman la existencia de un sistema subterráneo que, desde el punto de vista hidráulico, se comporta como una unidad, dado que no se registran diferencias marcadas entre ambos niveles en un mismo sitio.

En las condiciones naturales tanto la capa freática como el acuífero Puelche, a nivel regional, presenta distintos grados de calidad, los cuales se mantienen en la situación actual. Aguas de baja salinidad y aptas para todo uso se localizan en la cuenca alta y media, mientras que en los sectores próximos a los valles y en la cuenca baja aumenta la salinidad y su uso es más restringido o requiere un tratamiento.

Los bajos contenidos de cationes y aniones mayoritarios en la cuenca alta y media son del mismo orden que los indicados por EASNE (1972). Además, en general, las variaciones temporales reconocidas en el período de registros son escasas.

La disminución natural de la calidad del agua en la cuenca baja ha llevado a reconocer en la capa freática valores máximos de cloruro superiores a 1.000 mg/l y en el Puelche a 2.000 mg/l, mientras que los sulfatos superan los 3.000 mg/l y 600 mg/l respectivamente. Este aumento de salinidad se vincula a procesos naturales, entre otros la evolución del agua subterránea por recorrido, el contacto con sedimentos salinos, la concentración de sales por evaporación. La salinidad y contenidos de cloruro y sulfato son los trazadores a tener en cuenta en estos procesos a escala regional. Cabe destacar que EASNE (1972) no hace mención a la calidad de la capa freática en la cuenca baja, dado que en esa época la freática había desaparecido como consecuencia de la intensa explotación del acuífero Puelche.

El contenido de arsénico, cuyo origen es natural derivado de una distribución irregular de vidrio volcánico en los sedimentos Pampeanos, varía entre <0,01 mg/l hasta 0,13 mg/l, con valores altos en la cuenca alta, tanto en la capa freática como en el acuífero Puelche. Valores similares en ambos niveles acuíferos en un mismo sitio refuerzan la relación con el origen natural del arsénico.



También se reconocen los efectos sobre la calidad del agua de otros compuestos químicos, mayormente relacionados con la actividad antrópica, con un carácter puntual ó más localizado, entre los cuales deben considerarse como un indicador el contenido de nitratos. La influencia en la calidad del agua derivada de la presencia de nitrato, es reconocida como una cuestión problemática en estudios previos y como un factor limitante para algunos usos.

En la capa freática de la cuenca alta predominan las concentraciones inferiores a 10 mg/l, que puede ser considerado como un valor natural de fondo. En este caso es baja la probabilidad de localizar aguas por encima de 50 mg/l. En cambio en la cuenca media se incrementa esta probabilidad, mientras que en la cuenca baja estos últimos valores son los predominantes y no existen valores inferiores a 10 mg/l.

En el acuífero Puelche se repite una situación similar a la descrita para la capa freática, es decir, en la cuenca alta es muy baja la probabilidad que el agua presente concentraciones de nitrato superiores a 50 mg/l, lo cual es más frecuente en la cuenca media y en la cuenca baja. En algunos puntos localizados de la cuenca baja se encuentran concentraciones que pueden superar los 100 mg/l en el agua freática. Tanto en el freático como en el Puelche, cuando existen valores medios de nitrato del orden de 50 mg/l, los contenidos han mostrado variaciones en el período 2008 – 2009. Se detectó una disminución en las concentraciones en coincidencia con el período en que se produjo un incremento en las precipitaciones.

En relación a situaciones previas debe señalarse que en el estudio realizado por EASNE (1972) no se efectuaron determinaciones de nitrato ni de otros compuestos químicos indicadores de afectación por actividades antrópicas, por lo que no se puede inferir cambios respecto a esa época.

Con respecto al contenido de nitrato en el acuífero Puelche de la cuenca media y baja, Carol (2003) reporta para 1996 valores promedio de 74,1 mg/l, con máximos de 168 mg/l y mínimos de 0,9 mg/l. Mientras que para 2002 el valor promedio se había reducido a 48,2 mg/l, con valores máximos de 113 mg/l y mínimos de 7,7 mg/l. Se destaca que en 2002 disminuye notablemente la cantidad de pozos en explotación, abandonándose el 70% de los pozos con concentraciones de nitratos superiores a 50 mg/l. El autor relaciona las mayores concentraciones de nitratos reportadas con las áreas de intensa extracción de agua subterránea y la formación de conos de depresión.

En la actualidad, de acuerdo a la información proporcionada por AySA a la ACUMAR, con referencia exclusiva a los pozos de abastecimiento para consumo humano del acuífero Puelche, el contenido promedio de nitratos en el período 2008 – 2009 es de 22,4 mg/l.



En relación a otros compuestos derivados de la acción antrópica, como pueden ser metales pesados, hidrocarburos, plaguicidas, existe un predominio de contenidos menores a los límites de detección y los resultados deben ser validados con una mayor extensión de los períodos de muestreo. Asimismo y si bien este tipo de evaluación resulta imprescindible a nivel regional, debe aclararse que estos compuestos presentan una distribución localizada en relación a posibles fuentes puntuales y requieren un análisis particular y detallado del área local en que se detecte el problema.

6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos han permitido avanzar en la caracterización y evolución hidrogeológica a escala regional de la Cuenca Matanza – Riachuelo.

Se reconoce la existencia de un único sistema subterráneo de carácter multi-unitario, en el cual la capa freática y el acuífero Puelche (semiconfinado) presentan una continuidad hidráulica con diferencias verticales de permeabilidad.

La capa freática es el elemento activo de este sistema ya que en ella se produce la recarga natural en forma autóctona directa. El Puelche, al no presentar afloramientos se alimenta en forma indirecta a través de las unidades suprayacentes.

En condiciones naturales, la recarga del agua subterránea se produce a través de la infiltración de los excesos de agua meteórica en todo el ámbito de la cuenca. El sentido regional de escurrimiento subterráneo (freático y Puelche) es de sudoeste a noreste.

Los datos obtenidos en los relevamientos indican que las variaciones regionales de los niveles freáticos y de niveles piezométricos del acuífero Puelche están supeditadas a las condiciones climáticas. La respuesta frente al período seco registrado desde mayo de 2008 hasta julio de 2009 refleja tal comportamiento. Durante este período de escasas precipitaciones y carente de excesos de agua en el balance hídrico, los niveles se profundizaron progresivamente. En el freático variaron entre 1 y 3 m, con un máximo de 3,28 m y en el Puelche oscilaron entre 1 y 2,5 m, con un extremo de 2,78 m. Los eventos de excesos de agua de las precipitaciones ocurridos en los últimos meses de 2009, si bien evidenciaron retardo como consecuencia de la amortiguación por espesor de la zona saturada, resultó evidente la recuperación registrada en los niveles.

Dentro del esquema regional expuesto, las profundidades de los niveles, las cotas de flujo y las diferencias de carga hidráulica entre la capa freática y el Puelche indican que existen sectores donde predominan las condiciones naturales (cuenca alta), otros en que localmente



se detectan efectos de la explotación de aguas subterráneas (cuenca media) y en otros se manifiesta una recarga adicional derivada de la urbanización (cuenca baja).

Los resultados hidroquímicos indican que la composición general y tipos de agua de la capa freática y acuífero Puelche guardan similitud con la información antecedente y confirman la continuidad hidráulica del sistema de aguas subterráneas.

Dado la escala regional de esta caracterización, los distintos grados de calidad natural de las aguas son definidos esencialmente por la salinidad, cloruro y sulfato. La influencia de la actividad antrópica, con un carácter más localizado, es indicada fundamentalmente por los tenores de nitrato.

En la cuenca alta, tanto en la capa freática como en el acuífero Puelche predominan las aguas de baja salinidad, con contenido de cloruro menor a 50 mg/l y de sulfato menor a 100mg/l, resultando una excepción los sitios en que localmente se superan estos valores. La concentración frecuente de nitrato es del orden de 10 mg/l, siendo baja la probabilidad de localizar aguas por encima de 45 mg/l (valor máximo permitido para agua potable por el Marco Regulatorio de la actividad de AySA, ley 26.221).

En la cuenca media también predominan aguas de bajo contenido salino, aunque algo superior a la cuenca alta con contenidos de cloruro y sulfato de aproximadamente 100 mg/l. En este caso se destaca el incremento que se produce hacia el valle del curso principal. En la cuenca media se incrementa la probabilidad de localizar contenidos de nitratos superiores a 45 mg/l, siendo mayores los valores registrados en la capa freática que en el Puelche.

En la cuenca baja, se registran naturalmente altos contenidos salinos, de cloruros, sulfatos, cationes y aniones asociados, que resulta una limitante para ciertos usos. En la capa freática existen máximos de cloruros superiores a 6000 mg/l y en el Puelche a 2000 mg/l, mientras que los sulfatos superan los 3000 mg/l y 600 mg/l respectivamente. Existe una alta probabilidad de encontrar valores de nitratos superiores a 45 mg/l. El área (pozos 6F, 6P y 29F) corresponde a la zona abastecida por el Río de La Plata.

Las variaciones temporales registradas en la composición química en el período de los relevamientos no resultaron significativas en la cuenca baja y media, resultando más irregulares en la cuenca baja donde el agua presenta altos contenidos salinos.

7. RECOMENDACIONES

Las tareas realizadas permitieron una actualización de las características relacionadas con la calidad y dinámica de las aguas subterráneas. Los datos obtenidos deben ser la base



para la planificación y ampliación de una red de monitoreo de las aguas subterráneas que, con una frecuencia periódica, permita realizar el seguimiento de la evolución hidrodinámica e hidroquímica del recurso hídrico subterráneo.

Los pozos ejecutados podrán ser utilizados como un esquema inicial para la distribución areal de los pozos de monitoreo, siendo necesaria una densificación de los puntos de medición de acuerdo a las características particulares de cada sector de la cuenca.

En la cuenca alta, donde las condiciones hidrodinámicas naturales no han sido alteradas en manera significativa, es necesario incrementar el número de pozos, con especial referencia en las zonas de divisorias superficiales con cuencas vecinas, dado que para un balance hidrológico es necesario verificar la afluencia o efluencia subterránea desde o hacia dichos sectores.

En la cuenca media donde se registran las mayores variaciones en los niveles freáticos y piezométricos, especialmente relacionados con sectores de explotación, es recomendable una densificación importante en el número de pozos de monitoreo que posibiliten detectar modificaciones dinámicas y químicas en las aguas subterráneas.

En la cuenca baja, donde los niveles freáticos están próximos a la superficie y la calidad del agua refleja el impacto de las actividades humanas, cualquier densificación debe estar relacionada con estudios específicos de detalle, dado que las fuertes variaciones existentes hacen muy dificultosa la regionalización de los resultados.

En relación a la frecuencia de monitoreo y dadas las variaciones detectadas se recomienda una periodicidad mensual para la medición de los niveles freáticos y piezométricos. Para las determinaciones químicas reducidas (pH, cloruro, conductividad, alcalinidad total, sulfatos, nitratos, calcio, magnesio, sodio, potasio, arsénico, flúor) se sugiere un muestreo trimestral, mientras que para las determinaciones químicas completas (adicionando a las anteriores determinaciones: nitrito, sólidos disueltos totales, cromo, cadmio, cinc, cobre, hierro, manganeso, níquel, plomo, mercurio, cianuros, sustancias fenólicas, pesticidas organoclorados y organofosforados) se sugiere una frecuencia semestral.

La identificación de posibles problemas de afectación del recurso subterráneo requerirá estudios particulares de mayor detalle para prevenir potenciales riesgos de contaminación, siendo necesaria la realización de muestreos de mayor detalle en espacio y tiempo para detectar el origen y definir las estrategias de recuperación.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARTAZA, E. (1943). Saneamiento urbano en la República Argentina. Provisión de agua. Fac. de Cs Físicomatemáticas. Cuaderno N° 6. La Plata.
- AUGE, M.P. (1982). Recarga y descarga del acuífero Puelche en la cuenca del Río Matanza, Provincia de Buenos Aires. IV Congreso Mundial de Recursos Hídricos. Buenos Aires.
- AUGE, M.P. Y J. MUGNI (1987). Factibilidad de drenaje en Marcos Paz, Provincia de Buenos Aires. X Congreso Geológico Argentino. Actas: 247-250. Tucumán.
- BARBERO, A.J. (1973). Estudio Hidrológico de la cuenca del Río Matanza. Dirección de Hidráulica. Ministerio de Obras Públicas. Provincia de Buenos Aires. 1973.
- BIANCHI, H., GIRAUT, M., BUCICH, N., JAIME, P., BARRIONUEVO, H. (1992). Estudio de prefactibilidad de desviación de la traza del Arroyo El Palo. INCYTH. Centro de Investigaciones Hidrológicas Ezeiza. Buenos Aires.
- BIANCHI, H., BUCICH, N., CORIALE, O. Y A. FERNANDEZ (1992). Cuenca del Río Matanza. Contaminación hídrica. Prediagnóstico. INCYTH. Centro de Investigaciones Hidrológicas Ezeiza. Buenos Aires.
- BITESNIK, H. (1987). Hidrología del área de deposición de residuos radiactivos del centro atómico Ezeiza. Centro de Investigaciones Hidrológicas Ezeiza. Buenos Aires.
- BUCICH, N. Y A. FERNANDEZ (1988). Sistema de abatimiento Corporación Mercado Central. INCYTH. Centro de Investigaciones Hidrológicas Ezeiza. Buenos Aires.
- CAPPANNINI, D.A. Y V.E. MAURIÑO (1966). Suelos de la zona litoral estuárica comprendida entre las ciudades de Buenos Aires al Norte y La Plata al sur (Provincia de Buenos Aires). INTA. Colección Suelos. Buenos Aires.
- CAROL, E. (2003). Aspectos hidroquímicos del agua subterránea en el Conurbano bonaerense, Argentina. Compendio de los trabajos presentados en la VII Escuela Latinoamericana de Física de Suelo. Chile, 2003. Documentos técnicos en Hidrología, No 71.
- CFI (1972). Contribución al estudio geohidrológico del Noreste de la Provincia de Buenos Aires. Consejo Federal de Inversiones. Serie Técnica N° 24. Vol. 1 y 2. Buenos Aires.
- DIAZ, F. (1987). Contaminación de las aguas subterráneas por nitratos en el conurbano bonaerense. Consejo Superior Profesional de Geología. Buenos Aires.
- GROEBER, P. (1945). Las aguas surgentes y semisurgentes del Norte de la Provincia de Buenos Aires. Rev. La Ingeniería. Año XLIX N° 6. Buenos Aires.
- HERNANDEZ, M.A. (1975). Efectos de la sobreexplotación de aguas subterráneas en el Gran Buenos Aires y alrededores, R. Argentina. II Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Tomo I: 432-450. Buenos Aires.



HERNANDEZ, M.A. (1978). Reconocimiento hidrodinámico e hidroquímico de la interfase agua dulce-agua salada en las aguas subterráneas del estuario del Plata. VII Congreso Geológico Argentino. Actas, II: 273-285. Neuquén.

HERNANDEZ, M.A., GONZALEZ, N., DE FELIPPI, R. Y A. RUIZ DE GALARRETA (1992). Reconocimiento geohidrológico ambiental en el Area de Santa Catalina, Lomas de Zamora. III Jornadas Geológicas Bonaerenses. Actas: 175-181. La Plata.

INA (2002), “Estudio cualicuantitativo del ascenso de la napa freática en Lomas de Zamora”

INA (2005) “Estudio para el diagnostico del ascenso de las aguas subterráneas en el Área Metropolitana de Buenos Aires” realizado por el Instituto Nacional del Agua,

HERRERO A. C. Y FERNÁNDEZ L. (2008). Capítulo 3: Acuíferos... ¿deteriorados o sobreexplotados? Planificación de la extensión de redes: análisis de las entradas y salidas artificiales del ciclo hídrico en las CUMEBA; En libro: De los ríos no me río. Editorial TEMAS.

INCYTH (1994). Convenio Municipalidad de Lomas de Zamora - Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas. Informe Final. Acta Complementaria N° 1. Buenos Aires.

KRUSE E., et al (2003). Agua subterránea en el área metropolitana de Buenos Aires. En “Las aguas bajan turbias en la región metropolitana del Gran Buenos Aires”. Ediciones Al Margen - Instituto del Conurbano. Universidad Nacional de General Sarmiento. ISBN: 987-1125-08-9.

SALA, J.M. Y M. AUGE (1969). Algunas características geohidrológicas del Noreste de la Provincia de Buenos Aires. Anales de las IV Jornadas Geológicas Argentinas. Tomo II. Mendoza.

SALA, J.M Y J.H. CECI (1968). Características físicas de la red de drenaje del Noreste de la Provincia de Buenos Aires. III Congreso Nacional del Agua. Vol. I. San Juan.

SALA, J.M., ROJO, A. Y E. KRUSE (1992). Los excesos hídricos y la infiltración en la provincia de Buenos Aires. III Jornadas Geológicas Bonaerenses. Actas: 171-174. La Plata.

SANTA CRUZ J.; AMATO, S.; SILVA BUSSO A.; GUARINO D.; CERNADAS M. (1997). Explotación y Deterioro del Acuífero Puelches en el Área Metropolitana de la Republica Argentina. Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 31, p 34 - 37.

SANTA CRUZ, J.; SILVA BUSSO, A. (2002). Evolución hidrodinámica del Agua Subterránea en el Conurbano de Buenos Aires, Argentina. Boletín Geológico Minero 113 (3):259 - 272.

SEOANE BORRACER, F; SILVA BUSSO, A; GATTI, D. (2005) Atributos estratigráficos para la protección ambiental del acuífero Puelches en la ciudad de Buenos Aires, Argentina y área metropolitana. REVISTA INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL N° 75. 2005

SIMEB (1977). Estudio de los recursos hídricos del sistema metropolitano bonaerense. Buenos Aires.

SUBSECRETARÍA DE URBANISMO Y VIVIENDA, Ministerio de Infraestructura de la Pcia. Bs. As. 2007. Lineamientos estratégicos de la RMBA.



STAPPENBECK, R. (1926). Geologie und Grundwasserkunde der Pampa. Stuttgart. (traducción).

TUJCHNEIDER, O.C. (1979). Aspectos geohidroquímicos de la porción inferior de la cuenca del Río Matanza (Buenos Aires). Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral, N° 10, p: 157-169. Santa Fe.

TUJCHNEIDER, O.C. Y E. DIAZ (1979). Aspectos geomorfológicos cuantitativos de la porción superior y media de la cuenca del Río Matanza (Provincia de Buenos Aires). Dep. de Hidrología General y Aplicada: N° 6. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe.