

Proyecto de Aguas Subterráneas en la Cuenca Matanza Riachuelo

Informe 5

El fondo químico natural del sistema acuífero de la
cuenca del Río Matanza – Riachuelo

Marisol Manzano Arellano
María Emilia Zabala

Junio de 2012

Unidad Ejecutora Técnica

Instituto de Hidrología de Llanuras
Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA)
Municipalidad de Azul (MA)

Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr. Eduardo Usunoff"
Sede Azul
Calle Rep. de Italia 780
Campus Universitario Azul
(B7300) Azul, Prov. de Buenos Aires, Argentina
Tel-Fax +54 2281 432666
<http://www.ihlla.org.ar>

Sede Tandil
Paraje Arroyo Seco
Campus Universitario Tandil
Tandil, Prov. de Buenos Aires, Argentina
Tel-Fax +54 2293 439520
ihlla@faa.unicen.edu.ar (Secretaría General)

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a las siguientes personas por sus contribuciones a la realización de este estudio en distintos aspectos y niveles: a Sandra Martínez, Irene Martín y Alberto Funés, de ACUMAR, por su amable disposición y colaboración en el suministro de datos e información, así como por la minuciosa revisión crítica de este informe desde la perspectiva del gestor y usuario, la cual ha contribuido a mejorar varios aspectos del mismo. A María Gabriela Burgos y Carlos Scioli de la Universidad Nacional del Litoral, a Christian Mancino, María José Paiz y Guadalupe Ares, del Instituto de Hidrología de Llanuras, por su colaboración en distintos momentos y aspectos de la realización del trabajo. A Lucía Ortega, investigadora doctoral de la Universidad Politécnica de Cartagena (España), por su ayuda con el uso del software de manejo de datos hidroquímicos, y al Dr. Daniel Martínez, del CONICET, por proporcionar antecedentes bibliográficos sobre aspectos hidrogeoquímicos de las formaciones estudiadas.

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
2 GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA.....	4
2.1 GEOLOGÍA.....	4
2.1.1 Estratigrafía.....	4
2.1.2 Geometría de las formaciones.....	6
2.1.3 Mineralogía.....	6
2.2 HIDROGEOLOGÍA.....	8
3 MATERIALES Y MÉTODOS USADOS.....	10
3.1 MATERIALES.....	10
3.1.1 Datos hidroquímicos y de profundidad del agua disponibles.....	10
3.1.2 Selección de datos analíticos en función de su calidad.....	12
3.1.3 Datos mineralógicos.....	14
3.1.4 Datos sobre actividades antrópicas potencialmente contaminantes.....	14
3.2 MÉTODOS.....	14
3.2.1 Cálculos estadísticos.....	14
3.2.2 Distribución espacial de componentes químicos.....	16
3.2.3 Evolución temporal de la composición química de los pozos de la red de ACUMAR.....	17
4 FUENTES POTENCIALES DE SOLUTOS PARA EL AGUA SUBTERRÁNEA DEL SISTEMA ACUÍFERO DE LA CUENCA MATANZA-RIACHUELO.....	20
4.1 FUENTES ATMOSFÉRICAS.....	21
4.1.1 Lluvia.....	21
4.1.2 Partículas en suspensión y vientos.....	21
4.2 FUENTES LITOLÓGICAS.....	22
4.3 ACTIVIDAD ANTRÓPICA Y FUENTES POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN.....	23

5 EL FONDO QUÍMICO NATURAL DEL SISTEMA ACUÍFERO DE LA CUENCA MATANZA-RIACHUELO Y SUS MODIFICACIONES	27
5.1 RANGOS DE VARIACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALORES CARACTERÍSTICOS	27
5.1.1 Rangos de concentración característicos y su distribución estadística.....	27
5.1.2 Distribución de frecuencias de concentraciones	31
5.1.3 Tipos químicos de aguas y su distribución espacial.....	40
5.2 DISTRIBUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA, CON LA PROFUNDIDAD Y CON LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS	49
5.2.1 Distribución espacial, con la profundidad y con la estacionalidad de la CE.....	49
5.2.2 Distribución espacial, con la profundidad y con la estacionalidad del Cl y el SO ₄	52
5.2.3 Distribución espacial, con la profundidad y con la estacionalidad del NO ₃	53
5.2.4 Distribución espacial, con la profundidad y con la estacionalidad del pH.....	59
5.2.5 Distribución espacial, con la profundidad y con la estacionalidad de la alcalinidad	61
5.2.6 Distribución espacial, con la profundidad y con la estacionalidad del Na, el Ca, el Mg y el K	63
5.2.7 Distribución espacial, con la profundidad y con la estacionalidad del As	66
5.3 EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LOS SONDEOS DE LA RED DE ACUMAR	73
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101
6.1 TIPOS QUÍMICOS DE AGUAS Y RANGOS DE CONCENTRACIÓN DE COMPONENTES .	101
6.1.1 Sobre los tipos químicos de aguas de las distintas formaciones, su distribución espacial y su variabilidad temporal	101
6.1.2 Sobre los rangos de concentración característicos del fondo químico natural en cada acuífero ...	102
6.2 POSIBLES FUENTES Y PROCESOS QUE ORIGINAN EL FONDO QUÍMICO NATURAL Y QUE CONTROLAN LOS VALORES CARACTERÍSTICOS DEL MISMO	106
6.2.1 Posibles procesos que controlan los tipos químicos de aguas de las distintas formaciones, su distribución espacial y su variabilidad temporal	106
6.2.2 Posibles procesos que controlan los rangos de concentración característicos del fondo natural para cada componente	107

6.3 RECOMENDACIONES	111
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114

ANEXOS

ANEXO I Evaluación de la calidad de los análisis y selección de análisis válidos	119
ANEXO II Inventario y distribución espacial de las fuentes potenciales de contaminación	179
ANEXO III Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en las aguas subterráneas de la red de observación de acumar	189

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1. Distintas morfologías de las curvas de frecuencias acumuladas que pueden originar los procesos naturales que ocurren en la mayoría de los acuíferos. Tomado de Edmunds et al. (2003).	16
Figura 3.2. Ubicación de las estaciones de lluvias cercanas a la CMR. Tomado de IHLLA (2012).	19
Figura 3.3. Lluvias acumuladas entre muestreos consecutivos de la red de ACUMAR medidas en las estaciones de Ezeiza, Aeroparque y El Palomar. Elaboración propia a partir de datos suministrados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) a través de ACUMAR.	19
Figura 5.1. Diagramas de cajas de las concentraciones de componentes mayoritarios, minoritarios y trazas en las aguas de los pozos de la red de ACUMAR en el acuífero Pampeano que se muestran en la imagen de arriba....	33
Figura 5.2. Diagramas de cajas de las concentraciones de componentes mayoritarios, minoritarios y traza en las aguas de los pozos de la red de ACUMAR en el techo del acuífero Puelches que se muestran en la imagen de arriba, y de las concentraciones de as en los pozos de AySA que se muestran en la figura 5.3.	34
Figura 5.3. Diagramas de cajas de las concentraciones de componentes mayoritarios y minoritarios en las aguas de los pozos de AySA en el acuífero Puelches que se muestran en la imagen de arriba.	35
Figura 5.4. Gráficos de frecuencias acumuladas de los valores de pH, CE y concentraciones de componentes mayoritarios, minoritarios (arriba) y trazas (abajo) en las aguas de la Fm Pampeano.....	41
Figura 5.5. Gráficos de frecuencias acumuladas de los valores de pH, CE y concentraciones de componentes mayoritarios, minoritarios (arriba) y trazas (abajo) en las aguas del techo de la Fm Puelches.....	42
Figura 5.6. Gráficos de frecuencias acumuladas de los valores de pH, CE y concentraciones de componentes mayoritarios y minoritarios en las aguas de los pozos de AySA en la Fm Puelches.	43
Figura 5.7. Evolución de la profundidad del agua en los sondeos ubicados en la Fm Pampeano y en el techo de la Fm Puelches del emplazamiento N° 13 de la red de control de ACUMAR. Se observa que los niveles de ambos sondeos evolucionan de forma paralela, produciéndose el momento de niveles más bajos entre mayo y junio de	

2009 y el de niveles más altos en septiembre de 2010. La letra F se refiere al sondeo ranurado en el acuífero freático, es decir el Pampeano; la letra P se refiere al sondeo ranurado en el techo del acuífero Puelches.	44
Figura 5.8. Diagramas de Stiff modificados de las aguas del acuífero Pampeano en la época de niveles más bajos (arriba) y más altos (abajo) de la serie disponible. La letra F indica que los sondeos están ranurados en el acuífero freático.....	46
Figura 5.9. Diagramas de Stiff modificados de las aguas del acuífero Puelches en la época de niveles más bajos (arriba) y más altos (abajo) de la serie disponible. La letra P indica que los sondeos están ranurados en el acuífero Puelches.....	47
Figura 5.10. Diagramas de Stiff modificados de las aguas del acuífero Puelches en los pozos de AySA en momentos de niveles descendentes (arriba, datos disponibles entre febrero y agosto de 2009) y en momentos de niveles ascendentes (abajo, datos disponibles entre noviembre de 2009 y marzo de 2010).	48
Figura 5.11. Distribución espacial de la conductividad eléctrica (en $\mu\text{s}/\text{cm}$) en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).....	54
Figura 5.12. Evolución de la CE (mS/cm) y la profundidad del agua en los pozos de la cuenca baja 29F, 6F y 6P.	55
Figura 5.13. Evolución de la CE (mS/cm) y la profundidad del agua en los pozos de la cuenca alta 2F, 2P, 12F y 12P.....	55
Figura 5.14. Distribución espacial de Cl (mg/l) en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).....	56
Figura 5.15. Distribución espacial de SO_4 (mg/l) en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).....	57
Figura 5.16. Distribución espacial de NO_3 (mg/l) en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).....	60

Figura 5.17. Evolución de la profundidad del agua y de las concentraciones de NO ₃ medidas en las aguas de los pozos 5F, 6F, 11F y 13F (Fm Pampeano) y 5P, 6P, 11P y 13P (techo de la Fm Puelches) durante el periodo de estudio.	61
Figura 5.18. Distribución espacial del pH en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).....	62
Figura 5.19. Distribución espacial de la alcalinidad (en mg/l de CaCO ₃) en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).	64
Figura 5.20. Distribución espacial de Na (mg/l) en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).....	68
Figura 5.21. Distribución espacial de Ca (mg/l) en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).....	69
Figura 5.22. Distribución espacial de Mg (mg/l) en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).....	70
Figura 5.23. Distribución espacial de K (mg/l) en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).....	71
Figura 5.24. Distribución espacial de As (mg/l) en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos	

de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).....	72
Figura 5.25. Evolución temporal de niveles y de parámetros químicos en los pozos 1F y 1P.	80
Figura 5.26. Evolución temporal de niveles y de parámetros químicos en los pozos 12F y 12P.	85
Figura 5.27. Evolución temporal de niveles y de parámetros químicos en los pozos 10F y 10P.	88
Figura 5.28. Evolución temporal de niveles y de parámetros químicos en el pozo 29F.....	91
Figura 5.29. Evolución temporal de niveles y de parámetros químicos en los pozos 5F y 5P.	97
Figura 5.30. Evolución temporal de niveles y de parámetros químicos en los pozos 6F y 6P.	100
Figura 6.1. Comparación mediante diagramas de Schöeller de los valores de los parámetros estadísticos más significativos de las aguas de los tres conjuntos de puntos de observación estudiados. Los valores del acuífero Pampeano y del techo del acuífero Puelches corresponden a cálculos que incluyen los datos de los sondeos 6F, 29F y 6P, que en realidad están en sedimentos marinos post-pampeanos (ver discusión en texto).....	105

LISTA DE TABLAS

TABLA 3.1. Ubicación de los filtros de las perforaciones de AySA utilizadas en este trabajo.....	11
TABLA 3.2. Número de análisis químicos disponibles para As y otros elementos minoritarios y trazas en las dos redes de pozos (ACUMAR y AySA).....	13
TABLA 4.1. Síntesis mineralógica de los Sedimentos Postpampeanos, Sedimentos Pampeanos, Fm Puelches y fuentes de información.	24
TABLA 4.1. (continuación). Síntesis mineralógica de los Sedimentos Postpampeanos, Sedimentos Pampeanos, Fm Puelches y fuentes de información.	25
TABLA 4.1. (continuación). Síntesis mineralógica de los Sedimentos Postpampeanos, Sedimentos Pampeanos, Fm Puelches y fuentes de información.	26
TABLA 5.1. Parámetros estadísticos de las muestras estudiadas de la red de observación de ACUMAR en la Fm Pampeano.	36
TABLA 5.2. Parámetros estadísticos de las muestras estudiadas de la red de observación de ACUMAR en el techo de la Fm Puelches.	37
TABLA 5.3. Parámetros estadísticos de las muestras estudiadas de la red de explotación de AySA en la Fm Puelches.....	37
TABLA. 6.1. Valores del percentil 90 % de la concentración de las especies químicas estudiadas en el fondo químico natural.....	104

Nota importante:

Para proporcionar agilidad a la lectura de este informe no se han escrito los signos de las especies iónicas en el texto.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS

El presente estudio se ha realizado a petición de la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR). El objetivo ha sido establecer los rangos de concentración del fondo químico natural de las aguas subterráneas del sistema acuífero subyacente a la cuenca Matanza-Riachuelo y sus posibles modificaciones.

1.2 ANTECEDENTES

Entre los trabajos de caracterización hidroquímica de los acuíferos Pampeano y Puelches que abarcan la totalidad de la cuenca del río Matanza-Riachuelo se encuentran los realizados por el EASNE (1973) y la UNLP (2010). Los demás trabajos, como son los realizados por Carol (2003), Auge (2004), Amato y Silva Busso (2006) e HIDROAR (2009), están acotados a sectores puntuales de la cuenca (sectores medio y bajo).

Un análisis de la evolución espacial y en profundidad de la conductividad eléctrica (CE), residuo seco (RS), alcalinidad, sulfato (SO_4) y cloruro (Cl) en la cuenca del río Matanza-Riachuelo fue realizado por el EASNE (1973). De este trabajo se desprende que en el Epipelches (acuífero Pampeano), la capa freática en los sectores superior y medio de la cuenca, posee valores de CE comprendidos entre 1000 y 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (en algunos puntos miden valores de 3000-4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). En este mismo sector de la cuenca, pero a mayor profundidad miden valores de CE entre 700 y 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que los valores de RS varían escasamente con respecto a los del nivel superior (las mayores concentraciones las miden en la cabecera de la cuenca). La alcalinidad varía entre 8 y 12 meq/L, el SO_4 en general se halla próximo a 1 meq/L encontrándose localmente valores de 2 o 3 meq/L. Con respecto al Cl⁻ dominan aguas con 2 meq/L (localmente miden 12 meq/L). Ya en el nivel más profundo del Epipelches observan en general una disminución del contenido de RS (próximos a 1000 mg/L), del SO_4 y Cl. La alcalinidad prácticamente no varía en profundidad y es muy similar a la medida en la capa freática. Indican que los contrastes en las concentraciones son tenues y atribuyen esas pequeñas variaciones a las condiciones hidrogeológicas locales, a características particulares de la red de flujo, a la dinámica del ciclo hidrogeológico o a obras de captación. En el Epipelches pero en el sector bajo de la cuenca, miden valores de CE entre 700 y 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y observan un aumento de estos valores en los sectores donde se explota al acuífero Puelches.

Respecto al acuífero Puelches, en los sectores superior y medio de la cuenca observan que el RS posee valores mayores a 2000 mg/L en la cabecera y que estos disminuyen progresivamente en dirección NE. Los valores dominantes de alcalinidad son menores a 10 meq/L de CaCO_3 (máximo valor medido 12 meq/L), los valores de SO_4 se hallan próximos a 4 meq/L (máximo valor medido 10 meq/L) y los de Cl⁻ son inferiores a 2 meq/L, aumentando su concentración hacia el SO de la cuenca hasta 10 meq/L.

En el sector bajo de la cuenca indican la presencia de un frente salino que forma una lengua que penetra y se extiende a ambos márgenes del Riachuelo. Hacia el interior ésta tiene valores de RS mayores a 2000 mg/L, los cuales ascienden en poca a distancia a 16000 mg/L y alcanzan valores de hasta 30000 mg/L. La alcalinidad en este sector aumenta hasta valores de 18 meq/L de CaCO_3 y el SO_4 y Cl alcanzan valores próximos a 40 y 215 meq/L

respectivamente. Con respecto a estos dos últimos componentes, hacia el N y S de la cuenca las concentraciones de ambos son menores a 1 meq/L.

En el trabajo realizado por la UNLP (2010) se establece que en la cuenca alta, tanto en la capa freática como en el acuífero Puelches, las aguas poseen un bajo contenido salino ($\text{Cl} < 50 \text{ mg/L}$ y $\text{SO}_4 < 100 \text{ mg/L}$), resultando una excepción los sitios en que localmente se superan estos valores, mientras que la concentración de NO_3 es del orden de 10 mg/L. Son aguas de tipo bicarbonatado sódico, adquiriendo un carácter clorurado en algunos sectores próximos a cauces, y de tipo bicarbonatado cálcico en pozos próximos a zonas de divisoria de agua.

En la cuenca media predominan aguas de bajo contenido salino, aunque tanto el Cl como el SO_4 alcanzan concentraciones de 100 mg/L y el contenido de NO_3 en algunos pozos supera los 45 mg/L. En este sector de la cuenca observan un predominio de aguas bicarbonatadas, siendo más frecuentes en la capa freática las cálcicas y en el acuífero Puelches las sódicas. Atribuyen esta diferencia al intercambio iónico que puede estar ocurriendo en el acuífero Puelches.

En la cuenca baja las aguas son más salinas, con contenidos de Cl en la capa freática superiores a 6000 mg/L y en el acuífero Puelches de 2000 mg/L. Mientras que los SO_4 superan los 3000 mg/L y 600 mg/L respectivamente. En cuenca baja reconocen dos tipos de agua en ambos acuíferos, aguas cloruradas sódicas y aguas de tipo bicarbonatado sódico.

A partir de los tipos de agua identificados concluyen que la salinidad del agua aumenta en ambos acuíferos en dirección NE y este aumento lo atribuyen a procesos naturales (evolución natural del agua) o inducidos (por extracción intensiva o contaminación).

Del análisis de la evolución temporal a partir de los contenidos de Cl y NO_3 para los pozos 1, 8 y 6, concluyen que no observan cambios significativos en estas variables en los sectores de cuenca alta y media, siendo más irregular su comportamiento en cuenca baja.

Con los resultados obtenidos a partir de este trabajo confirman la continuidad hidráulica del sistema acuífero.

Carol (2003) realiza una caracterización hidroquímica de ambos acuíferos en el Conurbano Bonaerense y en la Ciudad de Buenos Aires e indica que en el acuífero Pampeano dominan aguas de tipo bicarbonatado a excepción del sector más bajo donde las aguas son del tipo clorurado y/o sulfatado. Mientras que en el acuífero Puelches dominan aguas de tipo bicarbonatado sódico-cálcico y en menor medida de tipo clorurado sódico (E de la cuenca). Para el acuífero Puelches, Auge et al. (2002) y Auge (2004) llegan a las mismas conclusiones que Carol (2003) y agregan que al N y NE de la región prevalecen aguas con una concentración de sólidos disueltos totales (SDT) $< 2 \text{ g/L}$, mientras que en las zonas de descarga la salinidad aumenta hasta más de 20 g/L. Los resultados obtenidos por HIDROAR (2009) son similares a los descriptos anteriormente para los sectores del Conurbano Bonaerense y la ciudad de Buenos Aires.

En todos los casos el aumento de la salinidad del agua subterránea de ambos acuíferos la atribuyen a varios factores, entre ellos la presencia de sedimentos marinos (Postpampeano) al E de la cuenca, disminución de la velocidad de flujo, concentración química por evapotranspiración a partir del acuífero freático y la posible descarga de acuíferos más profundos.

Teniendo en cuenta la estratigrafía de la región, Amato y Silva Busso (2006) clasifican los distintos tipos de aguas presentes en ambos acuíferos e indican que las aguas son mayormente de tipo bicarbonatado sódico y, en menor proporción, de tipo clorurado sulfatado sódico. Los valores de SDT en el acuífero Puelches se hallan comprendidos entre 500 y 10000 mg/L, mientras que en el acuífero Pampeano están entre 500 y 5000 mg/L.

En los sectores donde están en contacto los acuíferos Puelches y Pampeano (áreas de terrazas altas o de divisorias de aguas), las aguas son de tipo bicarbonatado sódico-cálcico, con valores de SDT menores a 2000 mg/L. Según estos autores esta facies hidroquímica tipifica al agua de recarga.

En los sectores donde están en contacto los acuíferos Puelches y Postpampeano (delta del río Paraná, zona costera y áreas de desembocaduras de ríos) las aguas son del tipo clorurado sódico, con valores de SDT mayores a 5000 mg/L. Esta facies hidroquímica tipifica las áreas afectadas por la última ingesión marina. Este sector (planicie de mareas y ambiente deltaico) sería el área de descarga regional de los acuíferos Pampeano y Puelches, aunque las variaciones litológicas y la recarga local podrían estar afectando a la calidad química de las aguas. En la zona costera e inmediaciones de los cursos de los ríos Matanza-Riachuelo (cotas inferiores a 2,5 msnm) el acuífero Puelches posee las mayores concentraciones salinas, con valores que alcanzan los 10000 mg/L.

En las zonas donde están en contacto los acuíferos Puelches, Pampeano y Postpampeano (áreas de terrazas bajas, áreas de descarga y planicies de inundación de ríos y arroyos), las facies hidroquímicas son del tipo bicarbonatado sódico a clorurado sulfatado sódico, con valores de SDT entre 2000 y 5000 mg/L. Esta zona sería la representativa del área de descarga regional de ambos acuíferos.

Se cuenta además en la bibliografía con trabajos que específicamente hacen referencia a las elevadas concentraciones de NO_3 en el acuífero Puelches dentro del Conurbano Bonaerensere (Carol, 2003; INA, 2004) y al efecto de dilución que el proceso de recuperación de niveles piezométricos ha tenido sobre las concentraciones de este ión (Silva Busso y Rouiller, 2007).

2 GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

En este capítulo se resume la información geológica e hidrogeológica básica necesaria para entender y establecer el fondo químico natural del agua subterránea del sistema acuífero de la cuenca Matanza-Riachuelo.

2.1 GEOLOGÍA

2.1.1 Estratigrafía

Siguiendo el trabajo realizado por Pereyra (2004), en el área metropolitana bonaerense se reconocen diferentes unidades estratigráficas, entre las cuales se encuentran:

Unidades estratigráficas subaflorantes: basamento cristalino, formaciones Olivos (Irigoyen, 1975), Paraná (Bravard, 1858 y Frenguelli, 1920) y Puelches (Doering, 1882 y Santa Cruz, 1972):

- Suprayacen al basamento cristalino (Precámbrico) las formaciones Olivos y Paraná. La Formación Olivos (Oligoceno-Mioceno) está compuesta por una secuencia arcillosa (parte superior) y arenosa (parte inferior), rojiza y de origen continental (eólico-fluvial) con abundante presencia de yeso. Hidrogeológicamente las arcillas se comportan como un acuicludo, mientras que las arenas componen un acuífero de media a baja productividad (Auge et al., 2002). La Formación Paraná (Mioceno Medio-Superior) consiste en arcillas grises-azuladas, verdosas, plásticas (sección superior) y arenas con intercalaciones de gravas (sección inferior) de origen marino. La sección superior suele ser acuicluda y la inferior acuífera (Auge et al., 2002). Continúa en el perfil la Formación Puelches (Plioceno Superior), integrada por arenas cuarzosas, castañas amarillentas a blanquecinas de gran selección granulométrica con intercalaciones arcillosas y limosas hacia el techo. Conforman el acuífero principal de la región por su calidad y productividad (Auge et al., 2002).

Unidades estratigráficas aflorantes: suprayaciendo a la Formación Puelches se encuentran las Formaciones Ensenada (Riggi et al., 1986) y Buenos Aires (Riggi et al., 1986), correlacionables con los Sedimentos Pampeanos de Fidalgo et al. (1975), la Formación Pampeano de Gonzalez Bonorino (1965), el Ensenadense y el Bonaerense de Frenguelli (1957), la Formación Pampiano de Fidalgo et al. (1973a y b) y la Formación Pampeana de Ameghino (1881). En algunos sectores, continúan en el perfil las formaciones Luján (Fidalgo et al., 1973 a y b), La Plata (Frenguelli, 1957), La Postrera (Fidalgo et al., 1973 a. y b), Querandí (Frenguelli, 1957), depósitos fluviales recientes, palustres y deltaicos. Los depósitos de las formaciones Luján, Querandí, La Plata, La Postrera y depósitos fluviales recientes, palustres y deltaicos se agrupan bajo la denominación de Sedimentos Postpampeanos (Fidalgo et al., 1991).

- El pasaje entre la Formación Puelches y los Sedimentos Pampeanos es en general transicional (González Bonorino, 1965; Tófaló et al., 2005, Amato y Silva Busso, 2006), fruto de un pasaje gradual de un ambiente de sedimentación límnic a uno eólico, donde el cambio en la mineralogía se debe a un cambio en la procedencia de los sedimentos.

- La Formación Ensenada (Pleistoceno Medio) se compone por limos arcillosos pardos rojizos ricos en carbonatos de calcio (ambiente fluvial y lacustre). Por encima de esta unidad se encuentra la Formación Buenos Aires (Pleistoceno Superior), compuesta por loess (limos eólicos) pardos claros con abundante carbonato de calcio. Esta unidad se caracteriza por poseer una estructura migajosa fina la cual le otorga una porosidad efectiva más elevada que la correspondiente a su tamaño de grano (EASNE, 1973). Hidrogeológicamente se comportan como un acuífero de baja a media productividad, libre en la sección superior y semilibre en la inferior, por debajo de 30-50 m de profundidad (Auge et al., 2002).
- Suprayaciendo a los Sedimentos Pampeanos se encuentra la Formación Luján (Pleistoceno Superior-Holoceno Inferior), de origen fluvial correspondiente a facies de canales, planicies aluviales y albardones. Esta unidad se compone por limos arcillosos grises verdosos y limos arenosos grises parduzcos ricos en carbonatos, cloruros y sulfatos (EASNE, 1973).
- Cubriendo parcialmente a este depósito, en algunos valles se encuentran los sedimentos del Platense fluvial (Holoceno Medio a Superior), compuestos por fangos arenosos y limosos bioclásticos (ambiente fluvial, lacustre y palustre).
- Bajo condiciones áridas, la deflación de los sedimentos dio como resultado la acumulación de sedimentos eólicos esencialmente arenosos. Estos materiales se incluyen dentro de la Formación La Postrera (Pleistoceno Superior- Holoceno Superior).
- En el Holoceno las fluctuaciones del nivel del mar generaron una fase ingresiva representada por depósitos de planicies mareales y albufera, llamados Querandinense, los cuales se extendieron aguas arriba por los valles de los cursos fluviales. Este evento transgresivo del Holoceno contuvo más de un pulso de avance y retroceso (Amato y Silva Busso, 2009). El mar ingreso y anegó la mayor parte de la zona deltáica y los tramos inferiores de los ríos, entre ellos el del río Matanza-Riachuelo. Los sedimentos originados por estas ingresiones son depósitos arcillo-limosos, de coloraciones grisáceas azuladas, con intercalaciones bioclásticas.
- Cubriendo parcialmente a todas las unidades precedentes, se encuentran sedimentos aluviales arenosos y limosos, denominados depósitos fluviales recientes, depósitos eólicos arenosos y depósitos deltáicos, que incluyen facies finas (limo-arcillosas) y depósitos gruesos arenosos.
- Los Sedimentos Postpampeanos (formaciones Luján, Querandí, La Plata, La Postrera y depósitos fluviales recientes, palustres y deltaicos) son de edad Pleistoceno Superior-Holoceno Inferior. Los materiales que componen a esta unidad poseen granometría fina, son de de origen fluvio-lacustre y marino y suelen asociarse a aguas de elevada salinidad y a comportamientos hidráulicos del tipo acuitardo (Auge et al., 2002).

Una descripción detallada de las formaciones geológicas que componen la columna estratigráfica del Cenozoico Superior en la llanura costera puede encontrarse en Cavallotto (1995). La base de la columna la conforman sedimentos Plio-Pleistocenos continentales y marinos y continúan unidades Holocenas compuestas por depósitos transgresivos-regresivos. La secuencia del Holoceno está compuesta por depósitos de diferentes ambientes sedimentarios: estuarios, llanura de mareas, marismas, cordones de playa, deltas y playas.

2.1.2 Geometría de las formaciones

De acuerdo al trabajo realizado por IHLLA (2011), el espesor de los Sedimentos Postpampeanos y de los Sedimentos Pampeanos (que conforman la llamada Capa 1 de dicho trabajo) dentro de la cuenca del río Matanza-Riachuelo varía entre 13 y 70 m. Los máximos espesores se encuentran en el SO de la cuenca, en los partidos de General Las Heras y Cañuelas, y disminuyen hacia el NE hasta alcanzar 13 m en el partido de Avellaneda.

Le sigue en profundidad una capa de arcillas limosas grises-verdosas que constituyen el techo de la Formación Puelches (Tófaló et al., 2005). Tienen un espesor variable entre 0,5 y 12,50 m y constituyen la Capa 2 de IHLLA (2011). Estos materiales se comportan hidráulicamente como un acuitardo. Las zonas con mayor discontinuidad se ubican principalmente en Avellaneda y en la unión de los partidos de Lanús, Lomas de Zamora y Quilmes. En los partidos de Cañuelas y General Las Heras, ambos con poca densidad de perforaciones, esta capa no se ha observado. La cota del techo se halla entre -10 y -25 m, con las mayores cotas en los sectores SE (Partido de Cañuelas) y SO (Partido de General Las Heras) de la cuenca. La profundidad del techo medida desde la superficie varía entre los 14 y los 63 m.

La Formación Puelches (la Capa 3 del trabajo IHLLA, 2011) presenta espesores entre 8 y 38 m en el conjunto de la cuenca. Las zonas con mayor espesor se encuentran al SE de la ciudad Autónoma de Buenos Aires y en el partido de General Las Heras (SO de la cuenca). La cota del techo se halla entre -15 y -35 m. Las mayores cotas se encuentran también en los sectores SE (Partido de Cañuelas y San Vicente) y SO (Partido de General Las Heras y Marcos Paz) de la cuenca. La profundidad del techo medida desde la superficie varía entre los 15 y los 77 m.

La Formación Paraná buza en dirección NE-SO. La cota del techo se halla entre -30 y -65 m y las mayores cotas se encuentran en los sectores SE (Partido de Cañuelas) y SO (Partido de General Las Heras) de la cuenca. La profundidad del techo medida desde la superficie varía entre los 40 y los 89 m.

2.1.3 Mineralogía

Son abundantes los trabajos que hacen referencia a la mineralogía de los Sedimentos Postpampeanos y Pampeanos dentro de la región Pampeana. Entre ellos se encuentran los realizados por Zárate (2003), Etchichury y Tófaló (2004) y Quintana Crespo (2005).

Una caracterización mineralógica muy completa de los Sedimentos Postpampeanos en la provincia de Buenos Aires puede encontrarse en Dangavs et al. (1998), Dangavs (2001), Dangavs y Blasi (2002), Dangavs y Reynaldi (2008) y Dangavs (2009). Estos trabajos hacen referencia a la presencia de yeso, calcita y dolomita intrasedimentarios e indican que la presencia de yeso es producto de la interacción de las aguas superficiales y subterráneas durante las oscilaciones climáticas del Cuaternario.

A continuación se extrae información relevante para el presente estudio de algunos de los trabajos que describen la mineralogía de los Sedimentos Pampeanos y de la Formación Puelches dentro de la provincia de Buenos Aires:

- Teruggi (1957), para muestras obtenidas en Mar del Plata y La Plata, establece que las plagioclasas son los minerales más abundantes (20-65%) en la fracción arena, siendo la labradorita la especie más común, seguida por andesina, oligoclasa y albita. El cuarzo oscila entre un 2 y 30 % y los feldespatos potásicos son escasos, aparecen en clastos redondeados y usualmente están alterados. El vidrio volcánico oscila entre 1 y 25 %, el ópalo orgánico entre 1 y 5% y los minerales pesados llegan al 6% de las muestras. En la fracción limo domina el vidrio volcánico. En la fracción arcilla domina la montmorillonita, pero también hay illita. El contenido medio de calcita en las arenas del 8 % mientras que en los limos es menor a 1 %.
- González Bonorino (1965), en su estudio de la mineralogía de las fracciones limo y arcilla en los alrededores de Buenos Aires, indica que la mineralogía permite dividir a estos sedimentos en dos zonas con un límite definido: una zona superior con illita y plagioclasa (sedimentos loésicos) y una inferior con montmorillonita (con abundante caolinita) y cuarzo (sedimentos límnicos, fluviales y palustres). Establece que el límite entre ambas zonas es neto y se halla a un nivel entre 0 y 10 mbnm al N del Riachuelo, y entre 10 y 20 mbnm al S. Siguiendo a este autor, la división estratigráfica según la mineralogía es la siguiente:

Zona I. Illita y plagioclasa abundantes. Subzonas: a) vidrio volcánico escaso, b) vidrio volcánico abundante, c) vidrio volcánico escaso.

Zona II: montmorillonita, caolinita, cuarzo y vidrio escaso o ausente.

Con respecto al loess pampeano, en el área de Buenos Aires este autor determinó la existencia de una zona superior con predominio de illita, cuyo origen sería la meteorización de las rocas antiguas de las Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis incorporadas eólicamente, y una serie inferior montmorillonítica, proveniente de la alteración de los vidrios volcánicos.

- Martínez y Osterrieth (1999) estudian muestras pertenecientes a la cabecera de la cuenca del Arroyo Lobería (Partido de General Pueyrredón) y determinan que el mineral más abundante en la fracción arena muy fina (fracción modal) es el cuarzo. Le siguen en orden de abundancia: plagioclasas, fragmentos líticos, feldespatos potásicos, micas, vidrios volcánicos, piroxenos, anfíboles, óxidos de hierro y de hierro/manganeso, calcita, dolomita, sílice amorfa, olivinas y sillimanitas. Observan que los minerales más alterados son los menos abundantes (silicofitolitos, fragmentos líticos, olivinas, piroxenos, micas, feldespatos de potasio y plagioclasas). Respecto a la fracción arcilla, en la parte superior de la secuencia predominan las illitas y esmectitas y en la parte inferior dominan las esmectitas. En esta misma fracción detectaron la presencia de cuarzo, feldespatos potásicos y calcosódicos.
- Bonorino et al. (2008) indican que en la fracción arena de la vertiente occidental de las Sierras Australes dominan las plagioclasas (andesina-oligoclasa), el cuarzo, los anfíboles (hornblenda) y la calcita autógena, habiendo también feldespatos, litoclastos de vulcanitas y micas (muscovita y biotita); el contenido de carbonato de calcio alcanza un 10 %. En menor cantidad se encuentran magnetita, titanita, ilmenita, turmalina, epidoto, sericita y circón. En la fracción limo domina el vidrio volcánico y en la fracción arcilla hay illita, montmorillonita (más abundante y producto de neoformación por la alteración del vidrio volcánico), illita-montmorillonita y caolín (escaso). De los resultados obtenidos de los análisis químicos del vidrio volcánico, estos autores sugieren que estos vidrios serían la fuente de aporte más importante de elementos trazas al agua subterránea.

- Gentile y Ribot (2001) realizan análisis mineralógicos a niveles de tefras en tres localidades de la provincia de Buenos Aires (Olavarría, Tandil y Camet Norte) e indican que el componente más abundante es el vidrio volcánico (riolíticos hasta dacíticos). El vidrio en general aparece como trizas incoloras y frescas, aunque se halla acompañado por clastos de variedades de vidrio más alterado. En menor proporción observaron la presencia de vitroclastos de composición más básica y cristaloclastos (cuarzo, feldespato alcalino, plagioclasa zonal y minerales pesados).
- Tófalo et al. (2005) describen la mineralogía de los Sedimentos Pampeanos y de la Formación Puelches para el sector de Bancalari (NE de la provincia de Buenos Aires). Para los Sedimentos Pampeanos indican que se componen principalmente de feldespatos y cuarzo, aunque también hay minerales pesados de origen ígneo y metamórfico; en la fracción arcilla domina la esmectita sobre la illita. En la Formación Puelches dominan las plagioclasas, el cuarzo es <14%, y hay una importante contribución de litoclastos volcánicos y vitroclastos, minerales pesados y hornblenda (> 40%). En la fracción arcilla domina la illita sobre la esmectita.
- Una descripción detallada de la mineralogía de la Formación Puelches se encuentra en Santa Cruz (1972). Los minerales livianos que componen a esta unidad son: cuarzo (87-93%), feldespatos potásicos (ortosa y microclino), plagioclasas (oligoclasa y andesina) (3-6%), litoclastos, alteritas, vidrio (solo en las secciones superiores de algunas localidades, de carácter ácido, fresco o alterado en montmorillonita) y calcita. Minerales pesados: opacos (75%), pistacita, zoisita y clinozoisita, turmalina, granate, estaurilita, cianita, rutilo, anfíboles (hornblenda).

2.2 HIDROGEOLOGÍA

Las unidades hidrogeológicas que componen la cuenca del río Matanza-Riachuelo (UNLP, 2010) son: el basamento hidrogeológico y las secciones Hipoparaniana (Formación Olivos), Paranaiana (Formación Paraná) y Epiparaniana (Formación Puelches y Sedimentos Pampeanos).

En los trabajos realizados por EASNE (1973), Santa Cruz y Silva Busso (2002), Auge (2004) y la UNLP (2010) entre otros, reconocen la presencia en el sector NE de la provincia de Buenos Aires de un único sistema subterráneo de carácter multiunitario, en el cual la capa freática y el acuífero Puelches están conectados hidráulicamente (ambas unidades están separadas por estratos relativamente menos permeables). El EASNE (1973) destaca, además, la homogeneidad regional pero la fuerte anisotropía local que posee este sistema acuífero.

El sentido general del escurrimiento subterráneo en ambos acuíferos, Pampeano y Puelches, es de SO a NE.

La capa freática es el elemento activo del sistema ya que en ella se produce la recarga natural en forma autóctona directa: las unidades más profundas lo hacen en forma indirecta a través de las unidades suprayacentes (Auge et al., 2002; UNLP, 2010).

En condiciones naturales la recarga se produce a través de la infiltración de los excesos de agua meteórica en todo el ámbito de la cuenca (UNLP, 2010), predominando en los interfluvios (llanura alta). Su magnitud real está condicionada por las características morfológicas superficiales y las propiedades de los sedimentos (EASNE, 1973). La zona de descarga se localiza a lo largo de los cursos de agua, ubicándose su línea principal en

coincidencia con los cursos permanentes más importantes y cauce natural del Río Matanza – Riachuelo.

En EASNE (1973) presentan resultados de ensayos de infiltración realizados en la cuenca del río Matanza, de los cuales obtienen valores entre 0,5 y 50 m/d. Los mínimos corresponden a la llanura baja (sectores más anegados), los intermedios a la llanura alta y los máximos valores a la cuenca media, donde la erosión denudó la capa de material menos permeable.

Con respecto a las variaciones regionales de los niveles freáticos y piezométricos, éstas estarían supeditadas a las condiciones climáticas (períodos húmedos y secos) salvo en aquellos sectores donde la actividad humana es muy intensa (UNLP, 2010).

Las mediciones de profundidad de los niveles freáticos en el acuífero Pampeano oscilan entre un valor máximo de 17 m en Almirante Brown y un mínimo de 0,6 m en Lanús, con un promedio de 4,6 m. La profundidad de los niveles piezométricos del Acuífero Puelches varía entre 2 m en Dock Sud y 21 m en Almirante Brown, siendo el valor medio de 7,4 m.

Con respecto a los gradientes hidráulicos de los acuíferos Pampeano y Puelches, en general en toda la cuenca domina un flujo vertical descendente hacia el Puelches a excepción de los sitios donde se ubican los pozos de la red de ACUMAR 1 y 5, en donde los valores medios son relativamente similares. Los sectores de mayor diferencia de carga hidráulica coinciden con el sector de cuenca donde se explota con mayor intensidad al acuífero Puelches.

En lo que respecta al balance de agua subterránea realizado en la cuenca del río Matanza-Riachuelo, el INA (2010) establece que el efecto de la urbanización (impermeabilización de la superficie, bombeos desde el acuífero freático y confinado, desbordes de pozos negros, pérdidas en conducciones de agua importada desde el Río de la Plata) provocó una depresión general de los niveles freáticos y piezométricos en la cuenca respecto a la situación natural. Esta depresión alcanza más de 10 m en el acuífero Puelches en los sectores próximos donde se explota este acuífero. En el Conurbano Sur observan lo contrario, esto es una disminución de la profundidad freática, y sostienen que si bien este sector ya naturalmente mostraba profundidades bajas de la capa freática, la antropización las ha disminuido más.

En INA (2010) también se hace referencia a la recarga/descarga de los acuíferos. En condiciones naturales el acuífero Puelches se recarga desde el acuífero Pampeano en las zonas adyacentes a las divisorias de aguas, y descarga hacia el mismo en las adyacencias de los cursos de agua. Pero con el grado de antropización de la cuenca la zona de recarga del acuífero Puelches se ha expandido, dejando la descarga hacia el acuífero Pampeano limitada sólo a la inmediata vecindad de los cursos de agua.

Con respecto a la calidad del agua del acuífero Puelches, los mismos autores señalan que en la zona urbanizada se ve amenazada por su recarga a partir del acuífero Pampeano, el cual posee un alto grado de contaminación.

3 MATERIALES Y MÉTODOS USADOS

3.1 MATERIALES

3.1.1 Datos hidroquímicos y de profundidad del agua disponibles

Se han manejado análisis químicos de aguas subterráneas procedentes de 24 campañas de muestreo y medición de profundidad del agua, las cuales cubren el período que va de mayo de 2008 a agosto de 2011.

Las muestras de agua y los datos de nivel proceden de la red doble de monitoreo que posee ACUMAR en la cuenca del río Matanza-Riachuelo (CMR). Los datos proceden de 45 sondeos de control distribuidos en 30 emplazamientos. En 15 de esos emplazamientos (nº 1 a nº 15) hay sondeos dobles, uno de ellos perforado en los primeros 20 m del acuífero Pampeano (libre) y ranurado, en teoría, desde aproximadamente 1 m de la superficie del terreno hasta la profundidad final que, según lo informado, está en el orden de los 20 m (UNLP, 2010); el otro sondeo está perforado hasta los materiales del acuífero Puelches (semiconfinado a confinado) y ranurado, también en teoría, en los primeros 3 m del mismo (UNLP, 2010). Los 15 pozos restantes (nº 17 a nº 30; el sondeo nº 16 fue destruido) alcanzan solo al acuífero Pampeano y, en teoría, deberían estar ranurados desde 1 m de la superficie del terreno hasta aproximadamente 20 m.

Los muestreos y análisis químicos de agua subterránea y las mediciones de las profundidades de los niveles freáticos (en los sondeos perforados en el acuífero Pampeano) y piezométricos (en los sondeos perforados en el acuífero Puelches) estuvieron a cargo de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) entre mayo de 2008 y noviembre de 2009, y del Instituto Nacional de Agua (INA) entre septiembre de 2010 y agosto de 2011. La UNLP realizó muestreos y medición de niveles mensualmente; el INA realizó muestreos trimestralmente y medición de niveles mensualmente.

La UNLP realizó dos tipos de análisis, uno con frecuencia mensual y otro con frecuencia semestral. Los análisis químicos mensuales consisten en datos de pH, cloruro (Cl), dureza total, calcio (Ca), magnesio (Mg), alcalinidad, conductividad eléctrica (CE), sulfato (SO₄), nitrógeno total Kjeldahl, nitrógeno amoniacal (N-NH₃), nitratos (NO₃), nitritos (NO₂), arsénico total (As), sodio (Na), potasio (K), fósforo total (P), color, turbiedad y demanda química del oxígeno (DQO). Con una frecuencia semestral se realizaron análisis químicos completos de agua que incluyeron, además de las determinaciones indicadas anteriormente, elementos minoritarios (cianuro, hierro, manganeso, plomo), trazas (fenoles, cromo, cadmio, cobre, cinc, níquel y mercurio) y compuestos orgánicos (hidrocarburos totales, BTEX -benceno, tolueno, etilbenceno, xileno-, PAHs -hidrocarburos aromáticos polinucleares) y pesticidas organoclorados y organofosforados (naftaleno, acenaftileno, fluoreno, acenafteno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, criseno, benzo(a) antraceno, benzo(b) fluoranteno, benzo(k), fluoranteno, benzo(a) pireno + dibenzo (a,h) antraceno, benzo(gh) perileno, indeno, alpha HCH, hexa - cloro B, beta HCH, lindano, diazinon, metil paration, hepta - cloro, aldrin, clorpirifos, heptacloro epoxi, endosulfan I, dieldrin, endosulfan II, OP'DDT y PP'DDT). Todos los datos químicos informados son de laboratorio, durante estos muestreos no se realizaron determinaciones en campo.

El INA realizó dos tipos de análisis, uno con frecuencia trimestral y otro anual. En los análisis químicos trimestrales determinan pH, Cl, dureza total, Ca, Mg, alcalinidad, CE, SO₄, N total, N-NH₃, N-NO₃, NO₃, N-NO₂, NO₂, nitrógeno total Kjeldahl, As total, Na, K, color, turbiedad y temperatura (T°). Los análisis anuales consisten, además de los parámetros anteriores, en datos de hierro total (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb), mercurio (Hg), sustancias fenólicas, benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos (m+p-Xilenos y o-Xileno), tricloroetileno, tetracloruro de carbono, naftaleno, acenaftileno, fluoreno, acenafteno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno criseno, benzo(a) antraceno, benzo(b) fluoranteno, benzo(k) fluoranteno, benzo(a) pireno, dibenzo (a,h) antraceno, benzo(g,h,i) perileno, indeno(1,2,3-cd) pireno, hexacloro B, lindano, diazinon, clorpirifos, heptacloro epoxi, endosulfan I, endosulfan II, DDT (isómeros totales) y 2,4 – D. T. Los datos de pH, CE y T° informados corresponden a los medidos en campo.

Además se han utilizado análisis químicos pertenecientes a los pozos de explotación de AySA (información suministrada por ACUMAR). Los análisis usados corresponden al periodo 2003-2010 y poseen datos de pH, Ca, Mg, Na, K, Cl, SO₄, NO₃, NO₂, F, alcalinidad, dureza total, As total, CE, sílice (Si), aluminio (Al), amonio (NH₄), antimonio (Sb), bario (Ba), bromuro (Br), Cd, cianuro (CN), cinc (Zn), Cu, Cr, fosfatos (PO₄), hidrocarburos totales, Fe, Mn, Hg, níquel (Ni), plata (Ag), Pb, selenio (Se), sustancias fenólicas, turbiedad in situ, T° in situ, 1,1,1-tricloroetano, 1,1-dicloroetano, 1,2-diclorobenceno, 1,2-dicloroetano, 1,3-diclorobenceno, 1,4-diclorobenceno, 2,4-D, Aldrin, alfa-HCH, Benceno, Benzo(a)pireno, Bromodichlorometano, Bromoformo, Clordano, Cloroformo, Cloro residual libre in situ, Cloro residual total in situ, Cloruro de Vinilo, DDT (total isómeros), Dibromoclorometano, Dieldrin, Estireno, Etilbenceno, Heptacloro, Heptacloroepóxido, Hexaclorobenceno, Hidrocarburos totales, Índice de Langelier, Lindano (gamma-HCH), Malatión, M,B,A,S, Monoclorobenceno, m-Xileno + p-Xileno, Oxidabilidad al KMnO₄ (O₂), o-Xileno, Tetracloroetano, Tetracloruro de Carbono, Tolueno, Tricloroetileno, Trihalometanos totales, Pseudomonas aeruginosa y Escherichia coli.

De la red de AySA se han seleccionado todas aquellas perforaciones que se ubican próximas a la red de monitoreo de ACUMAR y que poseen, además de análisis químicos con errores aceptables, información acerca de la ubicación del filtro. En el caso de no contar con la profundidad del filtro, se tuvo en cuenta el diseño de los pozos ubicados en la zona. El objetivo ha sido conocer la composición química del agua a dos profundidades dentro del acuífero Puelches. En la Tabla 3.1 se presentan las profundidades de los filtros de las perforaciones de AySA utilizadas.

Tabla 3.1. Ubicación de los filtros de las perforaciones de AySA utilizadas en este trabajo.

Pozo	Ubicación filtros (m)
EE038	47-53
LMO054	52-62
LMO095	47-59
MN002	51-63
SA028	47-53 y 63-66
EE033	58-70
SU026	51-54 y 60-66
SU021	71-80
SU018	66-75
SE003	55-61
SE006	64-73
SE008	61-70
SE014	55-64
SE016	60-69
LMO076	51-60

3.1.2 Selección de datos analíticos en función de su calidad

Para el conjunto de análisis químicos disponibles pertenecientes a la red de ACUMAR se ha calculado el error de balance iónico (\mathcal{E}) con la siguiente expresión:

$$\mathcal{E} (\%) = 200 * (\sum \text{Cationes} - \sum \text{Aniones}) / (\sum \text{Cationes} + \sum \text{Aniones})$$

Posteriormente se han calculado las relaciones entre la conductividad eléctrica (CE) y la suma de cargas positivas y negativas (CE/\sum Cationes y CE/\sum Aniones) para cada análisis. En un análisis aceptable el valor de esas relaciones debe estar dentro del rango 80-100. Se han seleccionado los análisis químicos válidos y se han desechado los análisis con un error de balance superior al 20%.

En la Tabla AI.1 (Anexo I) se presentan los errores de balance iónico obtenidos en cada uno de los análisis químicos de la red de ACUMAR ordenados por fecha de muestreo para cada una de las perforaciones y el comentario correspondiente en cada caso. En la Figura AI.1 (Anexo I) se presentan además los gráficos realizados para comprobar la validez de los análisis químicos. Para cada pozo se presentan dos gráficos, en el primero de ellos se ha graficado el error de balance en función de la CE y en el segundo se han graficado las relaciones CE/\sum Cationes y CE/\sum Aniones respecto a la CE.

A los análisis químicos de los pozos de AySA se les ha calculado el error de balance iónico con la misma expresión utilizada para los pozos de ACUMAR y se han seleccionado los análisis con error aceptable. En la Tabla A.I 2 (Anexo I) se presentan los errores de balance iónico correspondientes a los análisis químicos seleccionados como válidos.

Como resultado de este proceso de evaluación de la calidad, finalmente se han utilizado 570 análisis químicos con elementos mayoritarios para estudiar al acuífero Pampeano (pozos de la red de ACUMAR), 322 análisis para el techo del acuífero Puelches (pozos de la red de ACUMAR) y 115 análisis para el acuífero Puelches (pozos de la red de AySA). El número de análisis utilizados está condicionado por el número de perforaciones que posee cada red y por la cantidad de análisis con un error analítico aceptable que se tiene para cada pozo en particular.

La selección de los elementos trazas se ha realizado de la siguiente manera: en primer lugar se tuvieron en cuenta qué elementos medidos en la red de ACUMAR superaban el límite de detección. Los elementos que superan dicho límite en algún muestreo y en varios pozos son: Fe, Mn, Cu, Zn, NH_3 , NO_2 y N total (la UNLP no midió N total, los valores utilizados fueron calculados a partir de los datos de N- NO_3 , N- NO_2 y N total Kjeldahl). Posteriormente se realizó el mismo control con los pozos de AySA, pero se encontró que, para los elementos mencionados, la gran mayoría de los valores informados por el laboratorio se correspondían con el límite de detección. Por ello, los datos analíticos de estos elementos traza en los pozos de AySA no fueron incluidos en el estudio. Luego se comprobó que los elementos que se encuentran por debajo del límite de detección en los pozos de la red de

ACUMAR (CN, hidrocarburos totales, Cd, Cr, Pb, Ni, Hg y sustancias fenólicas) también se encuentran por debajo de este límite en los pozos de la red de AySA. Estos elementos no han sido objeto de estudio.

Una vez seleccionados los elementos trazas a estudiar, se encontró que en el conjunto de todos los datos había algunos valores que se informaban como inferior a un valor (<) y en general este valor coincidía con el límite de detección reportado por cada una de las fuentes. Para poder incluir estos datos en los análisis realizados se decidió quitar el signo “<” y usar la cifra correspondiente al límite de detección. Esta operación se ha tenido en cuenta en las interpretaciones realizadas.

En la Tabla AI.3 (Anexo I) se recogen las técnicas analíticas que utilizaron los distintos laboratorios (UNLP e INA), los límites de detección teóricos reportados por esas fuentes y también las cifras reportadas con un “<” delante en los análisis manejados. Estas últimas cifras se ha considerado que son los límites de detección reales de esos laboratorios, los cuales no siempre coinciden con los valores de los límites teóricos que los mismos laboratorios indican.

En las tablas AI.4, AI.5 y AI.6 (Anexo I) se presentan los datos analíticos de la red de ACUMAR y de los pozos de AySA utilizados en este trabajo. En estas tablas se ha conservado el formato original de reporte de cada laboratorio, por lo que en ellas se puede observar cuáles son los parámetros y fechas cuyo valor corresponde al límite de detección.

Para el caso del As y los otros elementos minoritarios y trazas, se presenta una tabla que resume la cantidad de análisis químicos que se han utilizado para cada uno de ellos (Tabla 3.2). Esta aclaración se hace debido a que la frecuencia con que se realizan estas determinaciones es diferente a la de los elementos mayoritarios, por lo que el número de análisis con que se cuenta es variable. Esta información es importante tenerla en cuenta al momento de realizar un análisis estadístico. Aunque el As se muestrea con la misma frecuencia que los elementos mayoritarios (esto se deduce del número de análisis químico que se tiene), ha sido incluido en esta tabla porque en el análisis estadístico realizado se ha incluido junto con los otros elementos minoritarios y trazas.

Tabla 3.2. Número de análisis químicos disponibles para As y otros elementos minoritarios y trazas en las dos redes de pozos (ACUMAR y AySA).

	Acuífero Pampeano (red ACUMAR)	Techo del acuífero Puelches (red ACUMAR)	Acuífero Puelches (red AySA)
As	548	304	112
Fe	130	70	
Mn	130	70	
Cu	130	70	
Zn	106	55	
NH₃	562	307	
NO₂	494	278	
N total	554	314	

3.1.3 Datos mineralógicos

Se ha realizado una intensiva búsqueda bibliográfica de artículos que poseen análisis mineralógicos de los distintos materiales que conforman los acuíferos Pampeano y Puelches. En el Apartado 4.2 se presenta una síntesis de la mineralogía de estos materiales con sus correspondientes citas bibliográficas.

3.1.4 Datos sobre actividades antrópicas potencialmente contaminantes

Se ha trabajado con la información provista por ACUMAR. Esta consta de un listado de empresas, fábricas e industrias con sus respectivos CIUU (código industrial internacional uniforme), coordenadas, fecha de inicio de la actividad, información acerca del origen del agua que consumen (pozo propio o agua de red) y si utilizan agua para sus procesos. Se ha tenido en cuenta además el trabajo realizado por Menéndez et al. (2009).

A partir de esta información se han seleccionado todas las actividades que pueden ser una fuente potencial de solutos al agua subterránea. Se han descrito los efluentes que generan y que solutos pueden aportar al recurso hídrico. En la Tabla AII.1 (Anexo II) se presenta un resumen de cuales son las principales actividades en la cuenca del río Matanza-Riachuelo.

Finalmente se han realizado mapas con la ubicación de los lugares donde se realizan actividades potencialmente contaminantes, así como la ubicación de los pozos de monitoreo de ACUMAR. De esta forma se puede observar rápidamente si estas actividades se ubican próximas a alguna de las perforaciones de ACUMAR y en que sectores se concentran las mismas. Estos mapas se presentan en las figuras AII.1 a AII.12 (Anexo II).

3.2 MÉTODOS

El estudio del fondo químico natural del sistema acuífero se ha realizado a partir del estudio de los parámetros pH y conductividad eléctrica, así como de los componentes inorgánicos mayoritarios Cl, SO₄, NO₃, alcalinidad (en mg/L de CaCO₃), Na, K, Ca y Mg, y los componentes trazas As, Zn, Cu, NH₃, NO₂, N total, Fe y Mn de los acuíferos Pampeano y Puelches.

3.2.1 Cálculos estadísticos

Para conocer el rango de variación de las concentraciones de cada componente que constituye el fondo químico natural, con los análisis de calidad aceptable de la red de ACUMAR y de los pozos de AySA, se han calculado los parámetros estadísticos descriptivos media, mediana, mínimo, máximo, cuartiles 25 y 75 y percentiles 5 y 95, varianza y desvío

estándar de los datos químicos de las aguas de los tres niveles y profundidades estudiadas (acuífero Pampeano, techo del acuífero Puelches y capas profundas del acuífero Puelches).

Con los valores de la mediana y de los percentiles se han realizado e interpretado diagramas de caja y diagramas de Schöeller-Berkaloff. Los diagramas de cajas o bigotes de los valores estadísticos representativos de cada variable son una forma habitual de representar los rangos de variación de valores y concentraciones del fondo químico natural. Aquí se han confeccionado los diagramas de cajas de las variables pH, CE (mS/cm), alcalinidad (mg/L de CaCO₃), Cl (mg/L), SO₄ (mg/L), NO₃ (mg/L), Na (mg/L), K (mg/L), Ca (mg/L), Mg (mg/L), As (mg/L), Zn (mg/L), Cu (mg/L), Mn (mg/L), Fe (mg/L), NO₂ (mg/L), NH₃ (mg/L) y N total (mg/L). El punto central de cada diagrama corresponde al valor de la mediana de los valores de dicha variable; los valores que limitan las cajas corresponden a los cuartiles 25 y 75 y los valores que indican la extensión de los “bigotes” corresponden a los percentiles 5 y 95 de los valores de cada variable. Los valores ubicados más abajo o más arriba de los límites de los bigotes corresponden a valores anómalos de la variable en cuestión.

Los criterios básicos de interpretación de estos diagramas son los siguientes:

- Cuanto mayor es el rango de oscilación de los valores, más diversas suelen ser las fuentes de solutos y/o los procesos que controlan dichos valores.
- Cuanto menor es el rango de oscilación de los valores, menos variadas son las fuentes y/o procesos que controlan dichos valores.
- La existencia de valores anómalos indica que hay fuentes y/o procesos de ocurrencia muy localizada espacialmente.
- La inexistencia de valores anómalos indica que las fuentes y/o procesos que controlan los valores de una variable tienen una distribución espacial bastante homogénea.

Con esto se ha podido establecer el límite superior de las concentraciones que constituyen el fondo natural.

Para conocer los rangos de valores de concentración más abundantes de cada componente, así como la posible existencia de varias fuentes para algunos componentes, también se han realizado e interpretado gráficos de frecuencia acumulada para cada uno de los tres niveles y profundidades estudiadas. Los gráficos de frecuencias acumuladas permiten mostrar simultáneamente el rango de variación de valores de una variable y la posible existencia de más de una población de valores para dicha variable. La existencia de distintas poblaciones se manifiesta mediante cambios en la pendiente de la curva, los cuales pueden indicar la existencia de más de una fuente, por ejemplo la litología (fuente natural) y contaminación. No obstante, las distribuciones causadas por procesos naturales pueden ser complejas y ocasionar también curvas con formas no sencillas. En la Figura 3.1 se muestran las distintas morfologías de las curvas de frecuencias acumuladas que pueden originar procesos naturales que ocurren en la mayoría de los acuíferos, especialmente cuando las dimensiones espaciales son relevantes (Edmunds et al., 2003).

En el caso de los elementos minoritarios y trazas correspondientes a los pozos de AySA (acuífero Puelches) sólo se ha graficado el As, ya que los demás elementos no presentaban mediciones distintas del límite de detección. Además, la curva de frecuencias del As de los pozos de AySA se ha graficado conjuntamente con las curvas de los componentes minoritarios y trazas del techo del acuífero Puelches (red de ACUMAR).

Tanto los gráficos de caja como los de frecuencias acumuladas se han realizado utilizando el programa Statistica 7.

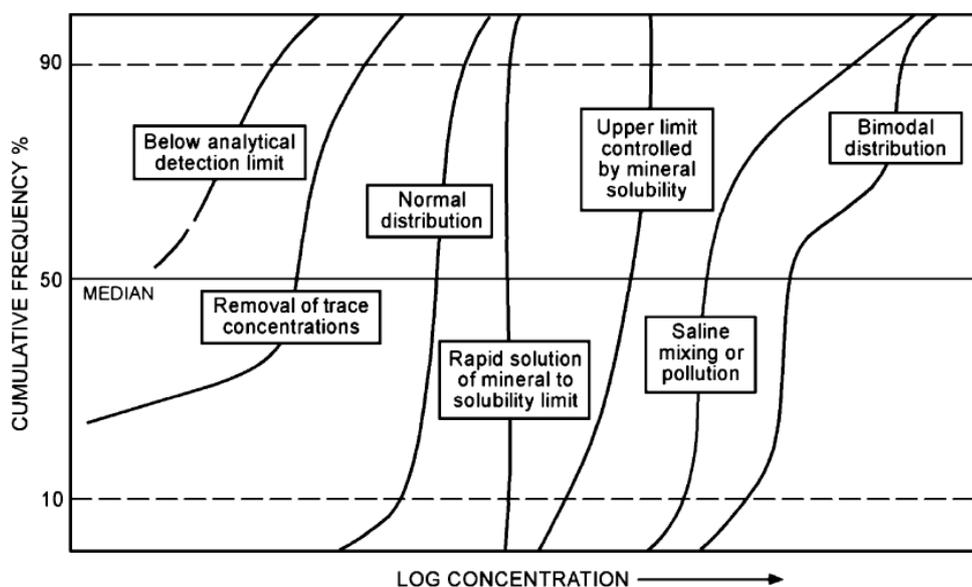


Figura 3.1. Distintas morfologías de las curvas de frecuencias acumuladas que pueden originar los procesos naturales que ocurren en la mayoría de los acuíferos. Tomado de Edmunds et al. (2003).

3.2.2 Distribución espacial de componentes químicos

Para establecer los tipos químicos de aguas y su distribución espacial en cada uno de los tres niveles/profundidades estudiadas se han confeccionado mapas de diagramas de Stiff modificados para cada acuífero.

Además, con el fin de estudiar la posible influencia climática sobre los tipos químicos de aguas, se han confeccionado dos mapas de diagramas de Stiff para cada acuífero: uno corresponde a la composición química de las aguas al final de una larga época seca que va de mayo de 2009 a junio de 2009, cuando los niveles piezométricos estaban en el punto más bajo del periodo estudiado; el otro corresponde a la composición química de las aguas en septiembre de 2010, al final de un largo periodo de recarga y en una situación de niveles piezométricos altos. Los análisis usados para cada acuífero han sido estos:

- Para el acuífero Pampeano (red ACUMAR), como representativos de nivel bajo se han utilizado los análisis de mayo o junio de 2009. En el caso del pozo 28F se ha

usado el de julio de 2009. No se han incluido los pozos 12F y 26F por no contarse con análisis químicos próximos a esta fecha. Como representativo de nivel alto se han utilizado los análisis de septiembre de 2010, a excepción del pozo 11F, para el que se ha utilizado el de noviembre de 2010. No se han tenido en cuenta los pozos 8F, 21F, 26F y 27F por no contarse con análisis químicos próximos a esta fecha.

- Para el techo del acuífero Puelches (red ACUMAR), como representativos de la época de nivel bajo se han utilizado los análisis de mayo o junio de 2009. No se utilizó el pozo 12P por no contarse con un análisis químico próximo a esta fecha. Para los mapas representativos de la composición química en época de nivel alto se han utilizado los análisis de septiembre de 2010.
- En el caso de los pozos de AySA (acuífero Puelches), el periodo de datos con que se cuenta y la frecuencia de los análisis son diferentes a la de los pozos de ACUMAR, por lo que se han seleccionado los análisis más próximos a las fechas seleccionadas para los análisis de ACUMAR. Como representativos de la época de nivel bajo se han seleccionado los análisis realizados entre febrero y septiembre de 2009, y como representativos de la época de nivel alto se han usado los realizados entre noviembre de 2009 y marzo de 2010.

Para estudiar la distribución espacial de los componentes mayoritarios se han realizado mapas de isocontenidos para cada nivel acuífero y también para las dos épocas climáticas indicadas.

No se han realizado mapas de isocontenidos de los elementos trazas porque si bien uno de los periodos seleccionados (mayo-junio 2009) coincide con uno de los muestreos realizados por la UNLP en la red de ACUMAR, no se cuenta con datos químicos para el periodo representativo de niveles altos.

Tanto los diagramas de Schöeller-Berkaloff como los de Stiff modificado fueron realizados con el código EASY_QUIM.4 (Vázquez Suñé, 1999).

Los mapas de isocontenido han sido realizados con el programa Surfer 9 y el método de interpolación utilizado ha sido krigeado.

3.2.3 Evolución temporal de la composición química de los pozos de la red de ACUMAR

Con el fin de estudiar posibles tendencias en la evolución de la composición química del agua de cada nivel estudiado, se han dibujado gráficos de evolución temporal para cada pozo de la red de ACUMAR para el periodo mayo de 2008 a agosto de 2011. Solo se han utilizado los análisis que tiene error de balance aceptable.

En cada gráfico se ha dibujado la evolución temporal de un componente químico, la evolución temporal de la profundidad del nivel en el pozo en cuestión y también la lluvia

acumulada entre cada par de muestreos consecutivos, con el fin de observar la influencia de la recarga en las variaciones temporales de composición.

Para el cálculo de las lluvias entre muestreos se han analizado los registros diarios de lluvias de varias estaciones, entre ellas: San Fernando, El Palomar, Aeroparque, Buenos Aires y La Plata (Figura 3.2). Las estaciones de San Fernando y La Plata fueron descartadas por hallarse alejadas de la zona de estudio. Para las estaciones restantes (Ezeiza, Aeroparque y El Palomar) se realizó una comparación de las lluvias ocurridas en el periodo bajo estudio. En la Figura 3.3 se observa que existen diferencias entre las lluvias en las distintas estaciones. A pesar de esto, se decidió usar la serie de datos diarios que el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) posee en Ezeiza por su ubicación dentro de la CMR, aunque el gráfico pone de manifiesto la posible no representatividad de estas lluvias para toda la cuenca. Los intervalos para el cálculo de lluvia acumulada tienen como referencia las fechas de muestreo del pozo 2.

En cada gráfico de evolución temporal de concentraciones se ha colocado también la profundidad a la cual se halla el filtro y la longitud del mismo, aclarando si esas perforaciones han sido reacondicionadas o reconstruidas y, si lo han sido, en qué fecha se realizaron esos cambios. Esta información se ha obtenido a partir de los informes realizados por AySA (2010), por la UNLP (2010) y de información verbal provista por ACUMAR.

Una vez finalizados estos gráficos, que reúnen toda la información necesaria para evaluar la evolución temporal de la composición química del agua subterránea, se procedió a la interpretación de los mismos. Para ello se ha tenido en cuenta la posible existencia, en el entorno cercano a cada pozo, de elementos hídricos que puedan estar influyendo en la evolución de los niveles. Como elementos hídricos se consideraron: drenes, acequias, arroyos, lagunas y bombeos de magnitud relevante (industrias, abastecimientos a poblaciones). Para realizar esta tarea se utilizó información provista por ACUMAR (observaciones hechas durante los muestreos de los pozos) y el programa informático Google Earth, que permitió observar cada lugar con detalle. Por último, también se han considerado las actividades humanas que se desarrollan en los distintos sectores de la cuenca y que pueden ser fuentes potenciales de contaminación.

Los gráficos de evolución hidroquímica temporal se presentan en las figuras AIII.1 a AIII.24 (Anexo III).

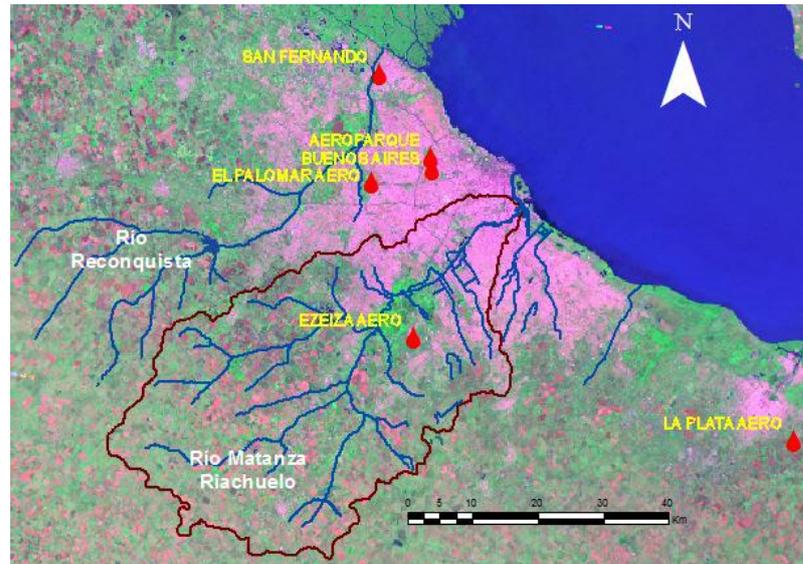


Figura 3.2. Ubicación de las estaciones de lluvias cercanas a la CMR. Tomado de IHLA (2012).

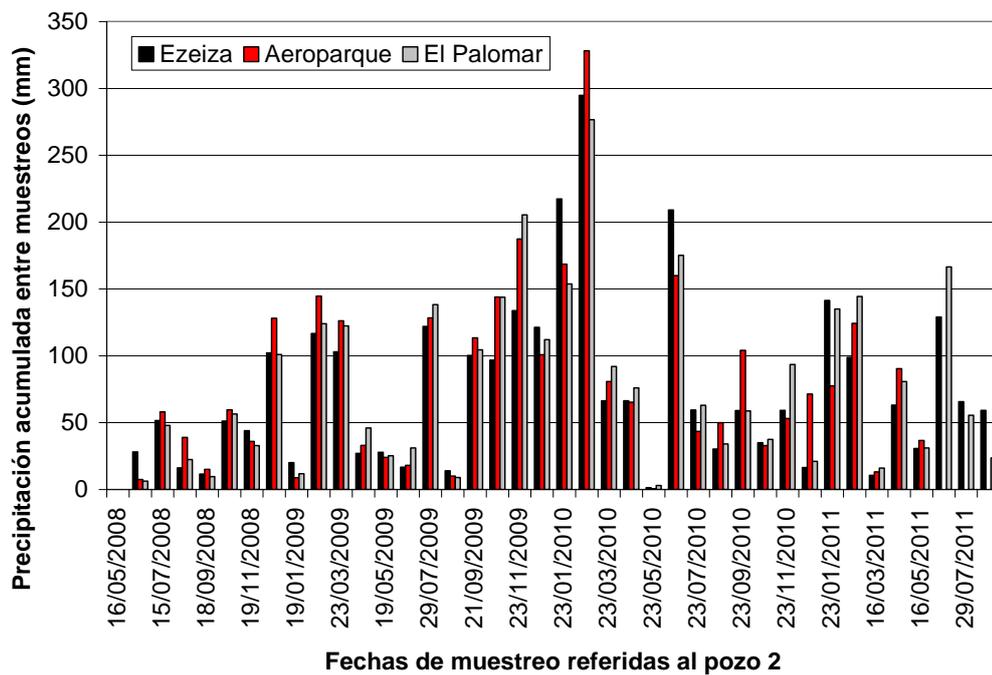


Figura 3.3. Lluvias acumuladas entre muestreos consecutivos de la red de ACUMAR medidas en las estaciones de Ezeiza, Aeroparque y El Palomar. Elaboración propia a partir de datos suministrados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) a través de ACUMAR.

4 FUENTES POTENCIALES DE SOLUTOS PARA EL AGUA SUBTERRÁNEA DEL SISTEMA ACUÍFERO DE LA CUENCA MATANZA-RIACHUELO

Las fuentes de solutos pueden ser de origen natural o antrópico. Las primeras constituyen el origen del fondo químico natural del agua subterránea, mientras que las segundas modifican el fondo natural. Si las modificaciones del fondo natural son de tal magnitud que la calidad del agua subterránea se deteriora para los distintos usos (o para alguno de los usos) a los que está destinada esa agua, entonces la modificación del fondo químico natural deriva en contaminación.

Las principales fuentes del fondo químico natural son los aportes atmosféricos (lluvia y deposición seca), que se incorporan al agua subterránea a través de la recarga, y los minerales que constituyen el material acuífero. Hoy en día los aportes atmosféricos suelen incluir solutos procedentes de diferentes actividades humanas, por lo que, con frecuencia, esta fuente también es causa de modificación del fondo natural y, eventualmente, de contaminación.

Las principales fuentes de modificación del fondo químico natural son las actividades humanas que se desarrollan en los distintos sectores de la cuenca, las cuales pueden aportar solutos al agua subterránea por vía atmosférica (son incorporados al acuífero por la recarga de la lluvia), a través de la infiltración de efluentes líquidos y a través de la lixiviación de efluentes sólidos (dispuestos sobre la superficie del terreno o enterrados) por parte del agua de recarga.

Hay que tener en cuenta que las actividades que se desarrollan fuera de la cuenca también pueden aportar solutos al agua subterránea de la cuenca, por ejemplo a través del aporte atmosférico y por la escorrentía superficial. También es necesario conocer los distintos procesos por los cuales los solutos resultantes de la actividad humana se incorporan al agua subterránea del acuífero que se esté estudiando.

Para establecer el fondo químico natural del agua subterránea de un acuífero, así como su posible situación de modificación y eventualmente, de contaminación, es imprescindible realizar un inventario de todas las posibles fuentes de solutos, tanto naturales como antrópicas, para el agua subterránea de dicho acuífero, y también de los procesos - directos e indirectos- que pueden incorporar solutos a dicha agua subterránea.

Tanto para las fuentes como para los procesos se debe establecer su distribución espacial y su posición respecto a la red de flujo superficial y subterráneo, así como su ubicación respecto al régimen de vientos, para el caso de solutos que se aportan por vía atmosférica.

4.1 FUENTES ATMOSFÉRICAS

4.1.1 Lluvia

No se dispone de información sobre la composición química del agua de lluvia ni de la deposición seca dentro de la cuenca. Hasta donde se ha podido averiguar, no existe control por parte de ningún organismo oficial, ni tampoco se ha realizado ninguna caracterización en el marco de proyectos de investigación.

Dado que en la cuenca se realizan varios tipos de actividades que generan partículas sólidas y gases susceptibles de ser distribuidas por el viento y de ser incorporadas al agua subterránea por la recarga de la lluvia, sería muy conveniente establecer algunas estaciones de control hidroquímico de la lluvia. En una primera aproximación se podría crear una pequeña red de control de 3 estaciones distribuidas según la dirección de los vientos dominantes en la cuenca (NE): una estación podría estar en Avellaneda, otra en Ezeiza (bastaría incorporar el muestreo mensual integrado en la estación hidrometeorológica de Ezeiza) y otra en algún lugar intermedio entre Cañuelas y General Las Heras.

Los resultados de esta red se deberían observar durante 1 o 2 años para decidir entonces si sería necesario mantenerla o se podría reducir. Los análisis de agua de lluvia se deberían realizar sobre lluvia mensual integrada en cada estación.

4.1.2 Partículas en suspensión y vientos

Respecto a la composición de las partículas en suspensión, se dispone de la información generada en las cuatro estaciones de control de la calidad del aire instrumentadas por ACUMAR en los siguientes lugares: parque industrial Almirante Brown, polo petroquímico Dock Sud (Avellaneda), parque industrial Virrey del Pino (La Matanza) y parque industrial de Lanús (sitio web de ACUMAR y JMB Ingeniería Ambiental, 2010).

Estas estaciones están orientadas hacia la calidad del aire desde el punto de vista de la afección que puede causar a la salud humana por inhalación, pero la información que generan resulta muy útil para conocer los principales solutos que son aportados al agua subterránea a través de su incorporación por medio del agua de recarga.

Sin pretender realizar una compilación exhaustiva, entre los solutos más relevantes cuantitativamente (por formar parte de los componentes mayoritarios de cualquier agua) que la deposición seca aporta al agua subterránea están:

- El carbono (C), que en la atmósfera está en forma de CO_2 . Una vez disuelto en el agua de recarga este C genera ácido carbónico (H_2CO_3), bicarbonato (HCO_3) y carbonato (CO_3).

- El azufre (S), que puede estar en la atmósfera tanto en forma de óxidos (generalmente en forma de partículas sólidas pero también de moléculas en solución en la humedad ambiente) como de hidróxidos (tanto en forma de gas como de líquido -como el ácido sulfúrico presente en la humedad del aire-). En el agua de recarga todas estas especies se oxidan generando sulfato (SO_4).
- El nitrógeno (N), suele estar en forma de gas nitrógeno, de óxidos (tanto en forma de partículas sólidas como en forma disuelta en el agua de la humedad ambiente) y de hidróxidos (generalmente en forma de gas, pero también en forma líquida). Todas estas especies se oxidan a nitrato (NO_3) en el agua de recarga.

También es importante conocer el aporte por vía atmosférica de otras sustancias, tanto inorgánicas como orgánicas (por ejemplo hidrocarburos y fertilizantes), que pueden modificar más o menos significativamente la composición del fondo natural. Algunas de estas sustancias no suelen ocasionar grandes cambios en la composición mayoritaria del agua, pero sí cambios suficientemente relevantes como para modificar los ciclos bioquímicos de los ecosistemas de los microorganismos del terreno (tanto en la zona no saturada como en la zona saturada) y provocar que el resultado de la actividad vital de estos microorganismos se modifique y de como resultado un deterioro de la calidad del agua. Aunque algunas de estas sustancias se analizan en la red de control de aguas subterráneas de ACUMAR, su presencia en el agua subterránea no se ha estudiado en este informe.

Otras sustancias minoritarias y trazas distribuidas por el viento e incorporadas al agua subterránea a través de la recarga de la lluvia pueden ocasionar la contaminación del agua subterránea con los llamados contaminantes emergentes. Hasta donde se sabe, la posible presencia de contaminantes emergentes en el agua subterránea de la CMR no se mide.

Además de conocer la composición química de las partículas en suspensión y gases atmosféricos, es necesario conocer el patrón dominante de circulación de vientos en la cuenca, ya que de ellos depende la distribución espacial de dichas partículas y gases. En la CMR la dirección dominante del viento medida en la estación del Servicio Meteorológico Nacional en Ezeiza para el periodo de registro 1991-2010 es NE (datos suministrados por ACUMAR). Esta información es suficiente como para prever que las partículas y gases que se generan en los polígonos industriales de Avellaneda, Lanús, Almirante Brown, La Matanza, etc. se van a distribuir por toda la cuenca o buena parte de ella.

4.2 FUENTES LITOLÓGICAS

Las reacciones con los minerales de los materiales que forman el sistema acuífero son, con frecuencia, la principal fuente de solutos (desde el punto de vista cuantitativo) para el agua subterránea. En el Capítulo 2 se ha realizado una síntesis de la geología y la mineralogía de las formaciones que constituyen el sistema acuífero de la CMR. En este apartado se presenta una tabla resumen (Tabla 4.1) de la mineralogía de los materiales que componen las formaciones Postpampeano, Pampeano y Puelches.

4.3 ACTIVIDAD ANTRÓPICA Y FUENTES POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN

En el Apartado 3.1.4 se ha descrito la información disponible acerca de la actividad antrópica que se desarrolla dentro de la cuenca, y también la elaboración que se ha realizado de esa información. En en Anexo II se puede ver el inventario realizado de los principales solutos que genera cada tipo de actividad, así como varios mapas de distribución espacial de dichas actividades.

Tabla 4.1. Síntesis mineralógica de los Sedimentos Postpampeanos, Sedimentos Pampeanos, Fm Puelches y fuentes de información.

Fuente bibliográfica	Sedimentos Postpampeanos	Sedimentos Pampeanos	Fm Puelches
Dangavs y Reynaldi (2008)	<p>Fracción arena muy gruesa y gruesa: yeso, tosquillas, cementos de CO₃ y hierro/manganeso, concreciones de hierro/manganeso.</p> <p>Fracción arena mediana: Concreciones de hierro, yeso y cuarzo.</p> <p>Fracción arena fina: Yeso y calcretas o vidrio volcánico y calcretas. Vidrio volcánico límpido o alterado en masa arcillosa (alterita), acompañado de plagioclasas, feldespatos potásicos, cuarzo y líticos volcánicos.</p> <p>Fracción arena muy fina: Plagioclasas, cuarzo, vidrio volcánico, feldespatos potásicos, líticos volcánicos y minerales pesados (magnetita), muscovita, biotita y anfíboles (hornblenda).</p> <p>Fracción limo grueso: Magnetita.</p>		
Gentile y Ribot (2001) Descripción de tefras en Camet Norte (Mar del Plata)	Vidrio volcánico (92,83%), cuarzo (1,59%), feldespatos (2,30%), líticos (0,97%), alteritas (1,42%), piroxenos (augita, hipersteno), anfíboles (hornblenda, lamprobolita), micas (biotita) y minerales opacos.		

Tabla 4.1. (continuación). Síntesis mineralógica de los Sedimentos Postpampeanos, Sedimentos Pampeanos, Fm Puelches y fuentes de información.

Fuente bibliográfica	Sedimentos Postpampeanos	Sedimentos Pampeanos	Fm Puelches
Teruggi (1957)		<p>Fracción arena: Plagioclasas (20-65%), labradorita especie más común, seguida por andesina, oligoclasa y albita. Cuarzo (2 y 30%), feldespatos potásicos (escasos y a veces alterados), vidrio volcánico (1 y 25 %), ópalo orgánico (1 y 5%), minerales pesados (6%) y calcita (8%).</p> <p>Fracción limo: Vidrio volcánico y calcita (< 1%).</p> <p>Fracción arcilla: Domina montmorillonita, también hay illita.</p>	
González Bonorino (1965)		<p>Fracción limo arenosa: cuarzo, plagioclasas (An 43-57%), feldespatos alcalinos, hornblenda, piroxenos (augita, hipersteno), micas, zircón, apatita, granate, minerales opacos, clastos líticos de rocas volcánicas básicas y trizas de vidrio volcánico.</p> <p>Parte superior: dominan illita, plagioclasas y vidrio volcánico. Parte inferior: aumenta la montmorillonita, caolinita y cuarzo.</p>	
Martínez y Osterrieth (1999)		<p>Fracción arena muy fina (fracción modal): Cuarzo, plagioclasas, fragmentos líticos, feldespatos potásicos, micas, vidrios volcánicos, piroxenos, anfíboles, óxidos de hierro y hierro/manganeso, calcita, dolomita, sílice amorfa, olivinos y sillimanitas.</p> <p>Fracción arcilla: Parte superior: dominan illitas y esmectitas. Parte inferior: dominan esmectitas. También hay: cuarzo, feldespatos potásicos y calcosódicos.</p>	

Tabla 4.1. (continuación). Síntesis mineralógica de los Sedimentos Postpampeanos, Sedimentos Pampeanos, Fm Puelches y fuentes de información.

Fuente bibliográfica	Sedimentos Postpampeanos	Sedimentos Pampeanos	Fm Puelches
Tófalo et al. (2005)		<p>Dominan feldespatos y cuarzo. Hay minerales pesados de origen ígneo y metamórfico. Fracción arcilla: domina esmectita sobre illita.</p>	<p>Plagioclasas, cuarzo (<14%), litoclastos volcánicos, vitroclastos, minerales pesados, hornblenda (> 40%). Fracción arcilla: illita (domina), esmectita.</p>
Santa Cruz (1972)			<p>Minerales livianos: cuarzo (87-93%), feldespatos potásicos (ortosa, microclino) y plagioclasas (oligoclasas y andesinas) entre 3 y 6%, litoclastos, alteritas, vidrio y calcita. Minerales pesados: minerales opacos (dominan magnetita, hematita, ilmenita y leucóxeno) constituyen el 75%. Pistacita, zoisita, clinozoisita, turmalina, granate, estaurolita, cianita, rutilo y anfíboles (domina hornblenda).</p>

5 EL FONDO QUÍMICO NATURAL DEL SISTEMA ACUÍFERO DE LA CUENCA MATANZA-RIACHUELO Y SUS MODIFICACIONES

5.1 RANGOS DE VARIACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALORES CARACTERÍSTICOS

A continuación se describen los rangos de variación y la distribución estadística de los valores de las variables físico-químicas y de las concentraciones de componentes químicos mayoritarios, algunos minoritarios y alguna traza, para cada una de las tres redes y niveles de observación estudiados (red de ACUMAR en la Fm Pampeano, red de ACUMAR en el techo de la Fm Puelches y red de pozos de explotación de AySA en la Fm Puelches). Para el estudio se ha usado el conjunto de análisis químicos considerados válidos en cada formación/nivel. En paralelo a las descripciones que se realizan se avanzan algunas hipótesis sobre fuentes y procesos que podrían explicar los patrones de distribución observados.

La composición química de las aguas subterráneas manejadas ha resultado ser relativamente homogénea a escala regional, y no muestra grandes variaciones espaciales ni temporales para cada una de las tres redes y niveles de observación estudiados, con excepción de unos pocos pozos concretos de las redes de ACUMAR (Fm Pampeano y techo de la Fm Puelches), la mayoría de ellos ubicados en la cuenca baja.

5.1.1 Rangos de concentración característicos y su distribución estadística

Aguas de la Fm Pampeano

- La Figura 5.1 muestra los diagramas de cajas o bigotes de las aguas de la Fm Pampeano muestreadas en la red de ACUMAR. Se ha confeccionado con los 570 análisis o muestras que fueron seleccionadas como válidas desde el punto de vista de su calidad.
- Se observa que las variables con un mayor rango de variación de valores son el Cl y el Na. Las concentraciones de Cl oscilan cuatro órdenes de magnitud, entre valores del orden de 10^0 –unidades- a valores del orden de 10^3 –millares-, si bien la mayoría de los valores son del orden de 10^1 . Las concentraciones de Na oscilan tres órdenes de magnitud, entre valores del orden de 10^1 a valores del orden de 10^3 , aunque la mayoría de los valores son del orden de 10^2 . Ambos componentes presentan algunas concentraciones atípicas de orden de magnitud 10^3 .
- Los parámetros con menor rango de variación son el pH (valores entre 7 y 8,5), la alcalinidad (valores del orden de 10^2 , aunque la mayoría están en una franja muy estrecha entre 400 y 600 mg/L) y el K (valores del orden de 10^1 , con la mayoría de los valores en una franja estrecha entre 10 y 20 mg/L). Ninguno de estos parámetros tiene valores atípicos.

- Las concentraciones de SO_4 oscilan tres órdenes de magnitud, entre 10^0 y 10^2 , y la mayoría de los valores oscilan entre 100 y 300 mg/L. Tiene algunos valores atípicos que son de orden de magnitud 10^3 .
- Las concentraciones de NO_3 oscilan tres órdenes de magnitud, entre 10^0 y 10^2 . La mayoría son del orden de 10^1 (entre 8 y 30 mg/L) y no presenta valores atípicos.
- Las concentraciones de Ca y de Mg oscilan dos órdenes de magnitud, entre 10^1 y 10^2 . La mayoría de los valores del Ca oscilan entre 20 y 80 mg/L, y los del Mg entre 10 y 30 mg/L. Ninguno de los dos componentes presenta valores atípicos.

Aguas del techo de la Fm Puelches

- La Figura 5.2 muestra los diagramas de cajas de las aguas del techo de la Fm Puelches muestreadas en la red de ACUMAR. Se ha confeccionado con los 322 análisis o muestras que fueron seleccionadas como válidas desde el punto de vista de su calidad.
- Si se compara con la Figura 5.1 se observa una gran similitud entre ambas, tanto en los valores de las medianas como en los rangos de variación de todos los componentes, con pequeñas diferencias para las cuales se proponen hipótesis más abajo. Esta similitud entre aguas que proceden de distintas formaciones geológicas y de niveles ubicados a muy distinta profundidad sugiere que o bien en el sistema acuífero no hay cambios significativos de composición química con la profundidad, o bien ambas redes de observación proporcionan aguas que en realidad son mezclas de líneas de flujo/niveles muy cercanos entre sí.
- Las medianas de las concentraciones de Cl, SO_4 y Na son ligeramente mayores en las aguas del techo de la Fm Puelches que en las aguas de la Fm Pampeano (aunque son del mismo orden de magnitud en ambas).

Aguas de la Fm Puelches (pozos de AySA)

- La Figura 5.3 muestra los diagramas de cajas de las aguas de la Fm Puelches muestreadas en el conjunto de pozos de AySA que se indica en la figura. Se ha confeccionado con los 115 análisis o muestras que fueron seleccionadas como válidas desde el punto de vista de su calidad.
- Si se compara esta figura con las figuras 5.1 y 5.2 se observa que, aunque los órdenes de magnitud de los valores de las medianas (y de la mayor parte de las muestras) de cada componente son similares a los de las aguas de la Fm Pampeano y del techo de la Fm Puelches, en realidad hay diferencias: los rangos de variación de los valores de cada componente son significativamente menores en las aguas de los pozos de AySA que en las aguas de los sondeos de ambas redes de ACUMAR, y los valores de las medianas de los componentes Cl, SO_4 , Ca, Mg, Na y K también son menores.
- El NO_3 , sin embargo, tiene aproximadamente el mismo valor de mediana y de cuartiles en estos pozos que en los de la red de ACUMAR en la Fm Pampeano y en el techo de la Fm Puelches.
- La menor variabilidad de las concentraciones de todas las variables en los pozos de AySA puede deberse a varias causas (no excluyentes entre sí): 1) los pozos de AySA

están más concentrados espacialmente que los de las redes de ACUMAR; 2) al ser pozos de abastecimiento, se bombean más y con más frecuencia que los pozos de observación de ACUMAR (que sólo se bombean cuando se van a muestrear), por lo que la red de flujo en alrededor de estos pozos debe ser bastante estable, proporcionando siempre agua de los mismos niveles y en igual proporción. El valor más pequeño de las medianas posiblemente se deba a que estos pozos exploten niveles de la Fm Puelches más profundos que los sondeos de la red de ACUMAR y por ello no mezclen aguas de la propia formación con aguas más salinas de otras formaciones.

La interpretación conjunta de los diagramas de cajas proporciona la siguiente información:

- **pH y alcalinidad:** una primera interpretación de las figuras 5.1, 5.2 y 5.3 sugiere que el pH y la alcalinidad de todas las aguas muestreadas (en las dos formaciones y en los tres grupos de puntos de observación) están controlados por muy pocos procesos, y que la ocurrencia de dichos procesos es bastante homogénea para el conjunto de la cuenca, como indica el hecho de no haber valores anómalos. A la vista de la información aportada en el capítulo 4 sobre las fuentes potenciales de solutos en la cuenca, todo apunta a que las principales fuentes de alcalinidad son la disolución de CO₂ edáfico (para las aguas de la Fm Pampeano) y de carbonatos minerales (para todas las aguas muestreadas). Los principales procesos de control del pH posiblemente sean esos dos mismos.

La alcalinidad y el pH de las aguas del techo de la Fm Puelches presentan los mismos valores estadísticos que las aguas de la Fm Pampeano (Tablas 5.1 y 5.2). En las agua de los pozos de AySA ambas variables presentan valores ligeramente más pequeños que en los niveles superiores, si bien siguen siendo del mismo orden de magnitud (Tabla 5.3). La uniformidad de valores en estas dos variables a las tres profundidades de estudio sugiere que en todas ellas las aguas están saturadas en minerales carbonatados (esta hipótesis se debe verificar).

- **Cl:** es el componente cuya concentración varía más en el conjunto de la cuenca, sugiriendo la existencia de fuentes variadas y su incorporación al agua mediante procesos también diversos. Además, estas fuentes y procesos no parecen estar distribuidos homogéneamente en la cuenca, ya que las concentraciones de Cl presentan cierto número de valores anómalos en las aguas de la Fm Pampeano y del techo de la Fm Puelches, los cuales están localizados en áreas singulares. A la vista de las fuentes y procesos potenciales de solutos que existen en la cuenca, lo más probable es que en la Fm Pampeano las concentraciones de Cl estén controladas por el aporte atmosférico, la concentración por evapotranspiración, la mezcla del agua de recarga local con aguas más salinas de distinta procedencia en distintos lugares de la cuenca (aguas del acuitardo que separa las formaciones Pampeano y Puelches en buena parte de la cuenca; aguas de niveles profundos de la Fm Puelches, o incluso de sedimentos infrayacentes a la misma, en lugares concretos donde el acuitardo no está bien desarrollado y el espesor de la Fm Puelches es reducido; aguas de los sedimentos marinos que recubren la Fm Pampeano en sectores litorales de la cuenca baja, etc).

La mediana del Cl en las aguas del techo de la Fm Puelches es algo mayor que en la Fm Pampeano, y también lo es el percentil 90. En cambio las aguas de los pozos de AySA, correspondientes a capas más profundas de la Fm Puelches, tienen concentraciones de Cl algo más reducidas que las del techo de la misma formación (Tablas 5.1, 5.2 y 5.3). Esto sugiere que la fuente de Cl para las aguas del techo de la formación está cerca y por encima de dicho techo. La hipótesis más plausible para esta

fuentes apunta a los sedimentos del acuitardo que separa las formaciones Pampeano y Puelches.

- **SO₄:** Las fuentes y procesos potenciales naturales para el SO₄ son, en principio, similares a los del Cl. Para las aguas de la Fm Pampeano, tal como se ha visto en los apartados 4.1 y 4.3 además de las fuentes naturales en la CMR hay varias fuentes antrópicas de SO₄: efluentes líquidos consistentes en aguas residuales domésticas, agrarias e industriales y efluentes gaseosos y sólidos.

Los valores estadísticos de las concentraciones de SO₄ en el techo de la Fm Puelches son mayores que en la Fm Pampeano, mientras que en niveles más profundos de la misma formación son significativamente menores (Tablas 5.1 y 5.2). Esto apunta a la existencia de una fuente de SO₄ cercana al techo de la formación. En principio se propone para ese SO₄ la misma fuente que para el Cl.

- **Na:** las fuentes y procesos potenciales son, además de los mismos que para el Cl, el intercambio iónico con otros cationes y la disolución de la plagioclasa albita, presente en los sedimentos de las dos formaciones. En las aguas de la Fm Pampeano el rango de variación de las concentraciones de Na es grande, aunque algo menor que el del Cl. Esto sugiere que las fuentes y procesos responsables de los contenidos de Na en la Fm Pampeano son variados y algunos de ellos son locales, como indica la existencia de valores atípicos.

En las aguas del techo de la Fm Puelches el rango de variación del Na es mucho menor que en la Fm Pampeano, y en las aguas de niveles más profundos de la Fm Puelches el rango de variación es muy pequeño (Tabla 5.3). Esto sugiere que los contenidos de Na de las aguas de esta formación están muy bien controlados por pocos procesos. En el techo de la Fm hay una fuente que aporta Na en concentraciones del orden de 10³, lo que sugiere un origen común para este Na, el Cl y el SO₄, que posiblemente sea el acuitardo. Para los niveles más profundos de la formación los procesos de control son menos y parecen estar en equilibrio, lo cual apunta a procesos hidrogeoquímicos (intercambio iónico y disolución de albita).

- **Ca y Mg:** los valores de la mediana y de los cuartiles de ambos componentes son mayores en las aguas de la Fm Pampeano que en las del techo de la Fm Puelches, y mayores en éstas que en las de niveles más profundos de la misma formación (pozos AySA, tablas 5.1, 5.2 y 5.3). Esto sugiere una disminución de la variabilidad en las fuentes y procesos que controlan los contenidos de ambos de arriba a abajo.

En la mayoría de las aguas de los tres conjuntos estudiados los contenidos de Ca son mayores que los de Mg, y la relación entre ambos es aproximadamente la misma en el acuífero Pampeano y el techo del acuífero Puelches y un poco menor en las aguas profundas del acuífero Puelches (pozos de AySA; Figura 5.3). Esto sugiere que los principales procesos de control deben ser los mismos en los tres conjuntos de aguas, posiblemente la disolución y/o precipitación de minerales carbonatados y el intercambio iónico. No obstante, las aguas más salinas del acuífero Pampeano y del techo del acuífero Puelches tienen una mayor proporción de Mg respecto a Ca, y en el techo de la Fm Puelches hay incluso más Mg que Ca. Esto indica que hay una fuente de salinidad, posiblemente local ya que afecta a una pequeña parte de las aguas, en la cual el Mg es más abundante que el Ca. La única fuente natural de solutos donde se produce esta situación es el agua de mar.

- **NO₃**: el valor de la mediana es prácticamente el mismo en los tres conjuntos de muestras y tres profundidades estudiadas (13, 15 y 17 mg/L; Tablas 5.1, 5.2 y 5.3). Se trata de valores elevados para proceder únicamente de fuentes naturales: la producción atmosférica de NO₃ por oxidación de nitrógeno gas puede generar concentraciones de nitrato en lluvia de hasta unos pocos mg/L, pero no se conoce ningún caso donde se superen los 5-7 mg/L. La otra fuente natural, la materia orgánica del suelo, tampoco es una fuente cuantitativamente importante de nitrógeno para el agua de recarga.

Los valores del NO₃ sugieren la existencia de varias fuentes, algunas no naturales, para los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiadas. Además, solo una minoría de aguas tiene concentraciones menores a 10 mg/L, lo que indica que el NO₃ presente en la mayoría de las aguas de los tres niveles no es ya fondo natural sino contaminación.

Como se ha dicho en los apartados 4.1 y 4.3, en la cuenca hay varias fuentes de contaminación por NO₃. Posiblemente el NO₃ del agua de recarga al acuífero Pampeano esté ya modificada por contaminación debido al transporte atmosférico por los vientos dominantes (de NE a SO) de óxidos de N generados en la áreas industriales del norte de la cuenca y en las zonas urbanas.

Las concentraciones de NO₃ mayores a 5 mg/L posiblemente tengan una o dos fuentes de N adicionales al aporte atmosférico, generalmente las aguas residuales y los fertilizantes agrícolas. Esta contaminación es esperable para las aguas de la Fm Pampeano, pero sorprende que tanto las aguas de los pozos del techo de la Fm Puelches, captadas a varias decenas de m de profundidad, como las aguas de los pozos de AySA, cuyas zonas de admisión están también a más de 50 m, tengan contenidos de NO₃ muy elevados, con valores máximos de 271 y 119 mg/L respectivamente (Tablas 5.1, 5.2 y 5.3). Esto sugiere contaminación por aguas residuales, así como la existencia de un transporte (descendente) de las mismas acelerado por la existencia de gradientes hidráulicos verticales aumentados por los bombeos. Tampoco se puede descartar que existan flujos de aguas residuales preferentes a través del espacio anular de los pozos en áreas afectadas por fuertes descensos de nivel a causa de bombeos que se realizan con varios objetivos.

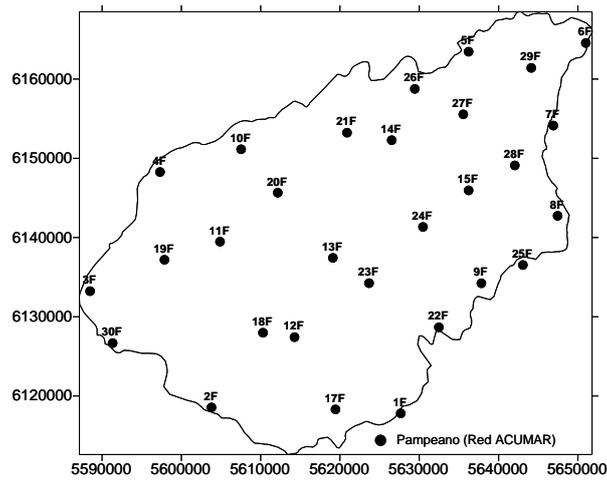
5.1.2 Distribución de frecuencias de concentraciones

Aguas de la Fm Pampeano

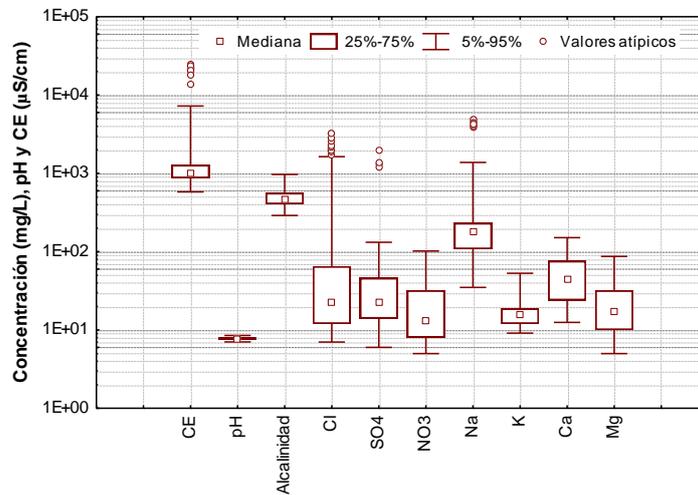
- En la Figura 5.4 se muestran las curvas de frecuencias acumuladas de las concentraciones de los componentes mayoritarios, algunos minoritarios y trazas de las aguas estudiadas de la Fm Pampeano.
- Los valores del pH oscilan entre 6 y 9,5, y la forma de la curva indica que dichos valores están relativamente bien controlados por pocos procesos.
- Los valores de CE oscilan entre 300 $\mu\text{S/cm}$ y 22400 $\mu\text{S/cm}$. Aproximadamente el 50% de las mediciones están por debajo de 1000 $\mu\text{S/cm}$, un 46% está entre 1000 y 10000 $\mu\text{S/cm}$ y el 4% está por encima de 10000 $\mu\text{S/cm}$. La forma escalonada de la parte superior de la curva de CE parece mostrar tres modas, una para valores en torno a 2000-3000 $\mu\text{S/cm}$, otra para valores en torno a 8000-9000 $\mu\text{S/cm}$ y otra para valores

algo mayores a 20000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esto sugiere la existencia de tres fuentes o procesos aportadores de salinidad. Una primera hipótesis sobre esas fuentes sería ésta: la mineralización de las aguas menos salinas se debe a la disolución de minerales y gases por el agua de recarga y a la concentración de dicha agua por evapotranspiración; la mineralización de las aguas de salinidad intermedia se debe a la mezcla del agua de recarga local con aguas salinas de origen marino o de niveles inferiores (acuitardo?); la mineralización de las aguas más salinas se debe a la mezcla con agua de mar.

- Los componentes K, NO_3 , Mg, Cl y SO_4 presentan algunas concentraciones menores a 10 mg/L, pero la mayoría de los valores están entre 10 y 100 mg/L y algunos valores son mayores a 100 mg/L. Las mayores concentraciones medidas de K están alrededor de 130 mg/L, las de NO_3 están alrededor de 220 mg/L, las de Mg están alrededor de 550 mg/L, las de Cl están alrededor de 7000 mg/L y las de SO_4 están alrededor de 3500 mg/L.
- Los componentes más abundantes son el Na y la alcalinidad. A la vista de los valores de pH casi toda la alcalinidad será bicarbonato, pero no se ha medido bicarbonato y carbonato por separado. La mayoría de los valores de concentración de Na y alcalinidad están entre 100 y 1000 mg/L, pero ambos componentes presentan valores mayores a esta última cifra. Las mayores concentraciones medidas de Na están en torno a 5000 mg/L y las de alcalinidad están en torno a 1200 mg/L.
- La forma asintótica de las curvas de K, Mg, Ca, SO_4 , Cl, Na, CE y, en menor medida la de NO_3 , para los valores de concentración más elevados de cada uno de esos componentes, sugiere la mezcla con aguas salinas o bien contaminación (para el NO_3).
- La curva de la alcalinidad es la única que presenta una distribución normal, lo que sugiere una sola fuente para este parámetro.
- En cuanto a los componentes trazas, en una buena parte de las aguas analizadas las concentraciones están por debajo de los límites de detección informados por los laboratorios de la UNLP y el INA (ver Tabla AI.3 en Anexo I). En la gráfica inferior de la Figura 5.4 se muestran los componentes que tienen concentraciones superiores al límite de detección. Las curvas de cada componente empiezan en el valor del límite de detección real reportado.
- Solamente el As, el Zn y el Cu tienen curvas representativas de fuentes y procesos de incorporación al agua natural, aunque la forma asintótica de la parte superior de las curvas de Zn y Cu sugiere que para estos dos componentes hay también aporte desde fuentes de contaminación. El As tiene una fuente litológica bien conocida, y la forma escalonada de la curva es resultado de la uniformidad de los valores reportados en campañas concretas de muestreo y análisis (Tabla AI.4 en Anexo I). Las máximas concentraciones medidas de As son de 0,16 mg/L, las de Cu de 0,112 mg/L y las de Zn de 0,14 mg/L.
- En el caso del NO_2 , el NH_3 , el Mn, el Fe total y el N total la forma de las curvas indica que, cuando están presentes en concentraciones medibles, no son fondo natural sino contaminación. Las máximas concentraciones de NO_2 medidas son de 0,62 mg/L, las de NH_3 son de 12 mg/L, las de N total son de 130 mg/L, las de Mn son de 3,5 mg/L y las de Fe son de 7,8 mg/L.



Acuífero Pampeano, red ACUMAR. 570 análisis (2008-2011)



Acuífero Pampeano, red ACUMAR (2008-2011)

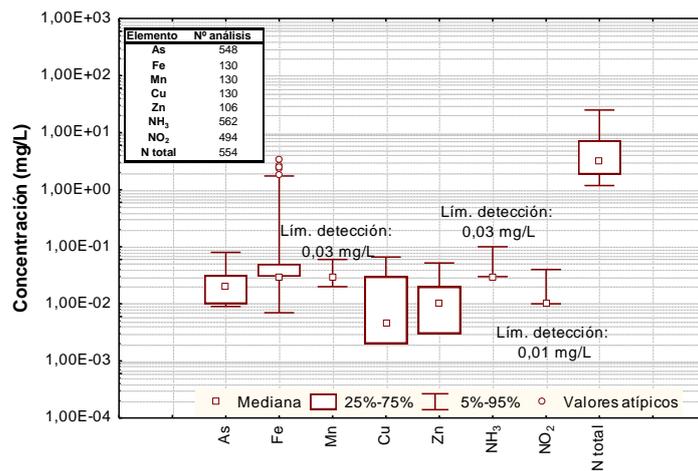


Figura 5.1. Diagramas de cajas de las concentraciones de componentes mayoritarios, minoritarios y trazas en las aguas de los pozos de la red de ACUMAR en el acuífero Pampeano que se muestran en la imagen de arriba.

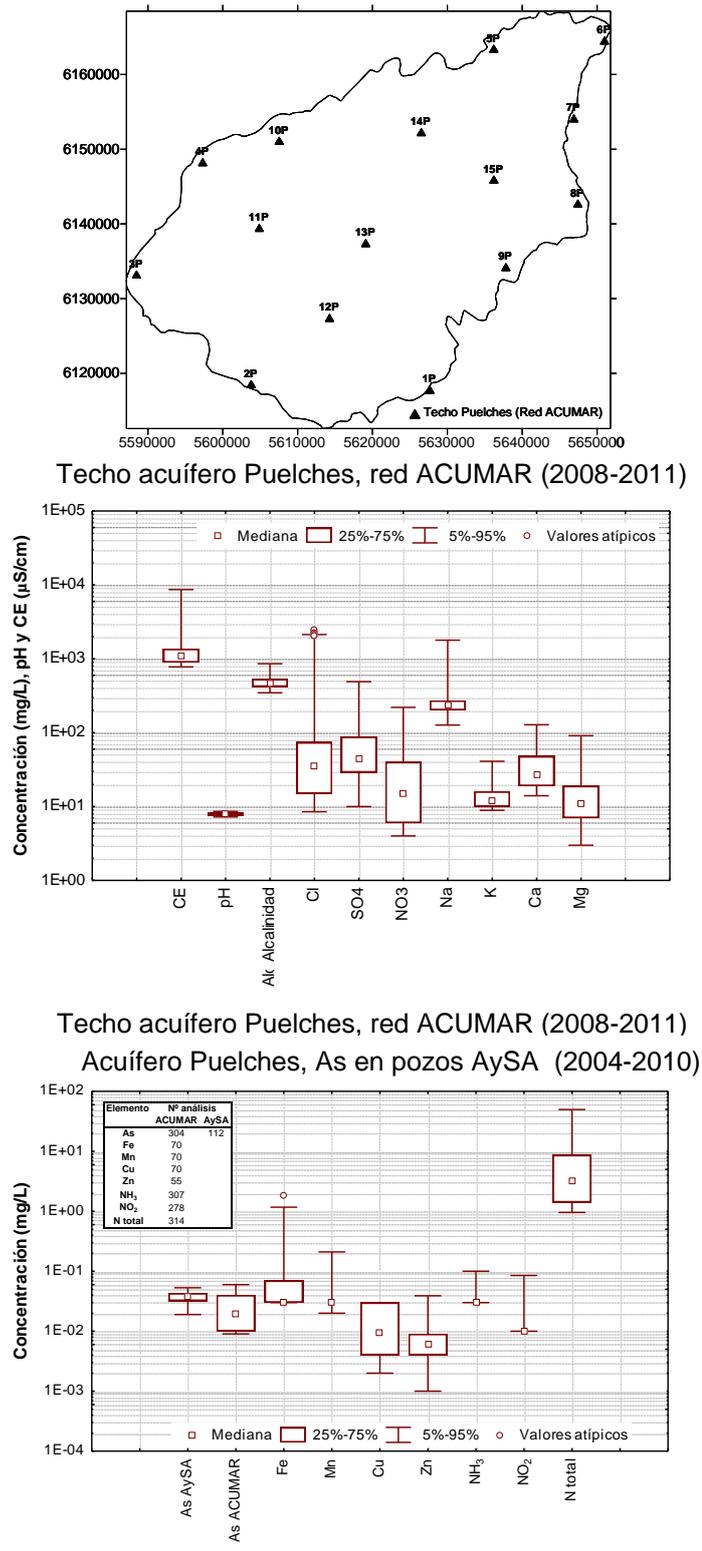
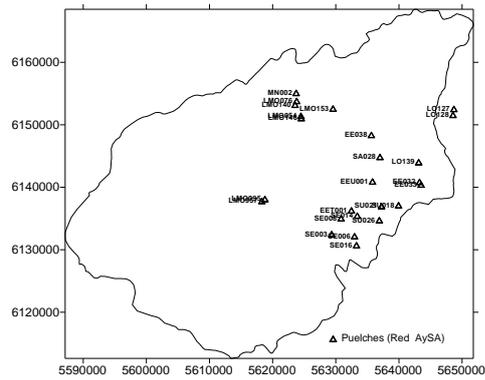


Figura 5.2. Diagramas de cajas de las concentraciones de componentes mayoritarios, minoritarios y traza en las aguas de los pozos de la red de ACUMAR en el techo del acuífero Puelches que se muestran en la imagen de arriba, y de las concentraciones de As en los pozos de AySA que se muestran en la Figura 5.3.



Acuífero Puelches, pozos AySA. 117 análisis (2004 a 2010)

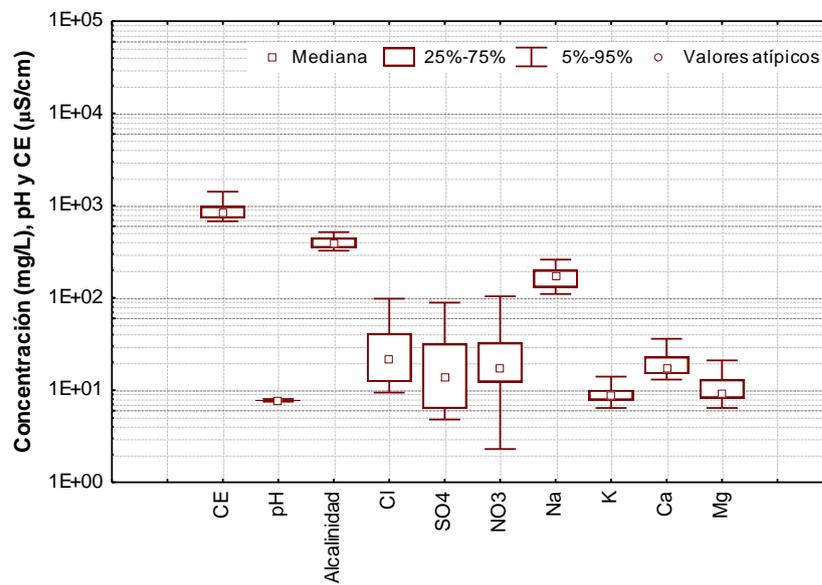


Figura 5.3. Diagramas de cajas de las concentraciones de componentes mayoritarios y minoritarios en las aguas de los pozos de AySA en el acuífero Puelches que se muestran en la imagen de arriba.

Tabla 5.1. Parámetros estadísticos de las muestras estudiadas de la red de observación de ACUMAR en la Fm Pampeano.

	Nº muestras	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 5	Percentil 95	Varianza	Desvío Estándar
Acuífero Pampeano, red ACUMAR (2008-2011)											
CE (µS/cm)	570	1871,76	1007,50	262,00	24400,00	873,000	1277,000	580,000	7250,000	12703524,284	3564,200
pH	568	7,77	7,80	6,48	9,40	7,50	8,00	7,04	8,50	0,19	0,44
Alcalinidad (mg/L CO3Ca)	570	510,12	475,00	106,00	1190,00	406,00	562,00	290,00	970,00	33602,81	183,31
Cl (mg/L)	570	268,05	23,00	4,00	6540,00	12,00	65,00	7,00	1633,00	968235,28	983,99
SO ₄ (mg/L)	567	115,56	23,00	2,00	3295,00	14,00	46,00	6,00	132,00	207461,00	455,48
NO ₃ (mg/L)	545	28,50	13,00	1,60	230,00	8,00	32,00	5,00	101,90	1229,30	35,06
Na (mg/L)	570	329,89	183,00	12,00	4970,00	108,00	232,00	35,00	1380,00	502839,23	709,11
K (mg/L)	570	20,13	16,00	7,00	130,00	12,00	18,80	9,10	53,00	279,27	16,71
Ca (mg/L)	570	65,40	44,00	6,00	929,00	24,00	76,00	12,50	151,00	7399,05	86,02
Mg (mg/L)	570	31,96	17,00	1,00	546,00	10,00	32,00	5,00	87,10	3255,66	57,06
As (mg/L)	548	0,03	0,02	0,01	0,16	0,01	0,03	0,01	0,08	0,00	0,03
Fe (mg/L)	130	0,31	0,03	0,01	7,80	0,03	0,05	0,01	1,74	0,79	0,89
Mn (mg/L)	130	0,08	0,03	0,02	3,50	0,03	0,03	0,02	0,06	0,12	0,35
Cu (mg/L)	130	0,02	0,00	0,00	0,11	0,00	0,03	0,00	0,07	0,00	0,02
Zn (mg/L)	106	0,02	0,01	0,00	0,14	0,00	0,02	0,00	0,05	0,00	0,02
NH ₃ (mg/L)	561	0,11	0,03	0,03	12,00	0,03	0,03	0,03	0,10	0,57	0,76
NO ₂ (mg/L)	494	0,02	0,01	0,01	0,61	0,01	0,01	0,01	0,04	0,00	0,04
N total (mg/L)	554	6,88	3,21	0,01	143,60	1,86	7,28	1,18	24,91	101,85	10,09

Tabla 5.2. Parámetros estadísticos de las muestras estudiadas de la red de observación de ACUMAR en el techo de la Fm Puelches.

	Nº muestras	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 5	Percentil 95	Varianza	Desvío Estándar
Techo acuífero Puelches, red ACUMAR (2008-2011)											
CE (µS/cm)	322	1756,36	1093,50	256,00	10300,00	895,00	1360,00	775,00	8640,00	4163018,02	2040,35
pH	320	7,92	7,90	6,86	9,00	7,60	8,20	7,24	8,60	0,17	0,42
Alcalinidad (mg/L CO3Ca)	322	492,71	466,00	105,00	1000,00	420,00	530,00	347,00	859,00	19815,63	140,77
Cl (mg/L)	322	215,95	35,00	6,00	2500,00	15,00	74,00	8,50	2127,00	305620,95	552,83
SO ₄ (mg/L)	322	107,99	45,00	6,00	666,00	29,00	88,00	10,00	490,00	22852,10	151,17
NO ₃ (mg/L)	293	40,07	15,00	2,00	271,00	6,00	40,00	4,00	220,00	3732,56	61,09
Na (mg/L)	322	352,65	232,50	43,00	2060,00	202,00	273,00	127,00	1787,00	176583,77	420,22
K (mg/L)	322	15,05	12,00	7,20	60,00	10,00	16,00	8,90	41,00	96,67	9,83
Ca (mg/L)	322	43,41	27,00	9,00	240,00	19,00	48,00	14,00	128,00	1540,38	39,25
Mg (mg/L)	322	20,39	11,00	1,00	273,00	7,00	19,00	3,00	91,00	919,88	30,33
As (mg/L)	304	0,03	0,02	0,01	0,13	0,01	0,04	0,01	0,06	0,00	0,02
Fe (mg/L)	70	0,25	0,03	0,03	5,60	0,03	0,07	0,03	1,17	0,62	0,78
Mn (mg/L)	70	0,06	0,03	0,02	1,13	0,03	0,03	0,02	0,21	0,02	0,14
Cu (mg/L)	70	0,01	0,01	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,01
Zn (mg/L)	55	0,01	0,01	0,00	0,05	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,01
NH ₃ (mg/L)	307	0,10	0,03	0,03	4,50	0,03	0,03	0,03	0,10	0,21	0,46
NO ₂ (mg/L)	278	0,04	0,01	0,01	1,53	0,01	0,01	0,01	0,09	0,02	0,15
N total (mg/L)	314	8,94	3,21	0,01	61,24	1,41	8,70	0,96	49,73	188,97	13,75

Tabla 5.3. Parámetros estadísticos de las muestras estudiadas de la red de explotación de AySA en la Fm Puelches.

	Nº muestras	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 5	Percentil 95	Varianza	Desvío Estándar
Acuífero Puelches, pozos AySA (2003-2010)											
CE (µS/cm)	115	921,91	849,00	417,00	1550,00	734,00	982,00	678,00	1416,00	62861,41	250,72
pH	115	7,76	7,80	7,30	8,20	7,70	7,80	7,50	8,00	0,02	0,15
Alcalinidad (mg/L CO3Ca)	115	398,36	389,00	96,10	530,00	350,00	447,00	325,00	517,00	5392,12	73,43
Cl (mg/L)	115	32,53	22,00	8,60	124,00	12,30	41,10	9,40	98,20	765,28	27,66
SO ₄ (mg/L)	115	25,48	13,50	4,10	116,00	6,30	31,90	4,80	88,90	639,54	25,29
NO ₃ (mg/L)	115	26,19	17,30	2,00	119,00	12,20	32,70	2,30	104,00	701,02	26,48
Na (mg/L)	115	174,97	170,00	45,00	310,00	130,00	200,00	110,00	260,00	2555,64	50,55
K (mg/L)	115	9,24	8,60	4,10	17,00	7,80	10,00	6,40	14,00	5,08	2,25
Ca (mg/L)	115	19,65	17,00	11,00	46,00	15,00	23,00	13,00	36,00	48,47	6,96
Mg (mg/L)	115	11,01	9,30	6,00	45,00	8,20	13,00	6,40	21,00	26,17	5,12
As (mg/L)	112	0,04	0,04	0,01	0,09	0,03	0,04	0,02	0,05	0,00	0,01

Aguas del techo de la Fm Puelches

- En la Figura 5.5 se muestran las curvas de frecuencias acumuladas de las concentraciones de los componentes mayoritarios, algunos minoritarios y trazas de las aguas estudiadas del techo de la Fm Puelches.
- Los valores del pH oscilan entre 7 y 9, y la forma más vertical de la curva indica que dichos valores están bien controlados por muy pocos procesos, seguramente la solubilidad de algún mineral.
- Los valores de CE oscilan entre 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 10300 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Aproximadamente el 40% de las mediciones están por debajo de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el resto está entre 1000 y 10300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (sólo un 1% está por encima de 10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). La forma escalonada de la parte superior de la curva de CE indica la presencia de varias modas, lo que sugiere la existencia de más de una fuente de salinidad para las aguas más salinas.
- Los componentes K, Ca, Cl y SO_4 presentan algunas concentraciones menores a 10 mg/L, pero la mayoría de los valores de concentración de esos componentes están entre 10 y 100 mg/L y todos ellos presentan concentraciones por encima de 100 mg/L. Las mayores concentraciones medidas de K están alrededor de 60 mg/L, las de Ca están en torno a 240 mg/L, las de Cl están en torno a 2500 mg/L y las de SO_4 en torno a 670 mg/L.
- El NO_3 presenta bastantes concentraciones menores a 10 mg/L, pero muchas concentraciones están entre 10 y 100 mg/L y también las hay por encima, hasta un máximo de 280 mg/L.
- Alrededor del 45% de las concentraciones de Mg están por debajo de 10 mg/L, otras tantas están entre 10 y 100 mg/L y un 5% están por encima de esta cifra, con valores máximos alrededor de 550 mg/L.
- Los componentes más abundantes de las aguas del techo de la Fm Puelches son el Na y la alcalinidad (fundamentalmente bicarbonato). Las concentraciones más pequeñas de Na son ya del orden de 50 mg/L y la mayoría están entre 100 y 1000 mg/L, alcanzando valores máximos algo mayores a 2000 mg/L. Las concentraciones más pequeñas de alcalinidad son del orden de 120 mg/L de CaCO_3 , pero la mayoría están entre 100 y 1000 mg/L de CaCO_3 . El hecho de que las curvas de Na y alcalinidad estén muy separadas de las del resto de componentes mayoritarios indica que se trata de aguas muy evolucionadas hidrogeoquímicamente, y que su composición está dominada por muy pocos procesos, que son los que controlan las concentraciones de bicarbonato y de Na.
- Las curvas de Mg, NO_3 , SO_4 y Cl muestran claramente más de una moda, lo que sugiere varias fuentes para cada uno de esos solutos. Aunque no tan claramente, también parecen tener más de una moda el K, el Ca, el Na y la alcalinidad. Las distintas fuentes de solutos podrían ser: el agua de recarga local, que se transfiere a la Fm Puelches a través del Pampeano y del acuitardo que separa a ambas formaciones de manera más o menos efectiva; agua más salina que la recarga local, procedente del acuitardo y/o de sedimentos infrayacentes a la Fm Puelches; agua de mar.

- La forma asintótica que adquieren las curvas de prácticamente todos los componentes mayoritarios en el tramo de concentraciones mayores sugiere la mezcla con aguas salinas para esas aguas.
- En cuanto a los componentes trazas, en una buena parte de las aguas analizadas las concentraciones están por debajo de los límites de detección informados por los laboratorios de la UNLP y el INA (ver Tabla AI.3 en Anexo I). En la gráfica inferior de la Figura 5.5 se muestran los componentes que tienen concentraciones superiores al límite de detección. Las curvas de cada componente empiezan en el valor del límite de detección real reportado.
- Igual que en las aguas de la Fm Pampeano, solamente el As, el Zn y el Cu tienen curvas típicamente representativas de fuentes y procesos de incorporación naturales (la forma escalonada de la curva de As se debe a la uniformidad de los valores reportados en campañas concretas de muestreo y análisis; ver Tabla AI.5 en Anexo I). Las máximas concentraciones medidas de As (0,13 mg/L) son del mismo orden de magnitud que las medidas en las aguas de la Fm Pampeano, pero las de Cu y Zn son un orden de magnitud inferiores (0,04 mg/L para el Cu y 0,054 mg/l para el Zn). Esto sugiere que la fuente de estos dos metales está por encima de la profundidad muestreada y posiblemente sean resultado de contaminación, a pesar de que las curvas no son claramente asintóticas en su parte superior.
- También como en las aguas de la Fm Pampeano, en el caso del NO₂, el NH₃, el Mn, el Fe total y el N total la forma asintótica de las curvas indica que, cuando están presentes en concentraciones medibles, no son fondo natural sino contaminación.
- Las máximas concentraciones de NO₂ medidas son de 1,54 mg/L, las de NH₃ son de 4,6 mg/L, las de N total son de 56 mg/L, las de Mn son de 1,15 mg/L y las de Fe son de 5,6 mg/L. Todas ellas, salvo la del NO₂, son menores que las máximas concentraciones medidas en el Pampeano, lo cual es coherente con la hipótesis de que su presencia en las aguas es debida a contaminación. El NO₂ es mayor debido a que se genera por reducción del NO₃.

Aguas de la Fm Puelches en los pozos de AySA

- En la Figura 5.6 se muestran las curvas de frecuencias acumuladas de las concentraciones de los componentes mayoritarios y algunos minoritarios de las aguas estudiadas de los pozos de AySA en la Fm Puelches.
- Los valores del pH oscilan entre 7 y 8,2. La forma de la curva, más vertical aún que la de las aguas de las otras dos profundidades, indica que dichos valores están muy bien controlados por muy pocos procesos, posiblemente solo uno o dos.
- Los valores de CE oscilan entre 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1550 $\mu\text{S}/\text{cm}$, un intervalo mucho más acotado que el que presentan las aguas de niveles superiores a éste. Aproximadamente el 75% de las mediciones están por debajo de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el resto está entre 1000 y 1550 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La forma escalonada de la parte superior de la curva de CE (y también el escalón de la parte inferior) sugiere la existencia de más de una fuente de salinidad.

- Los componentes K, Mg, NO₃ y SO₄ presentan algunos valores de concentración menores a 10 mg/L, pero la mayoría de las concentraciones medidas de estos componentes, así como del Ca y el Cl, están entre 10 y 100 mg/L. El K presenta un máximo de 17 mg/L, el Mg de 45 mg/L, el NO₃ de 120 mg/L, el SO₄ de 120 mg/L, el Ca de 46 mg/l y el Cl de 125 mg/L.
- La forma asintótica que adquieren las curvas de Mg y NO₃ para las concentraciones mayores encontradas de cada uno de ellos sugiere procesos de contaminación como fuente de esas mayores concentraciones.
- Las curvas de SO₄, Cl y CE muestran claramente más de una moda, lo que sugiere varias fuentes. También los otros componentes mayoritarios parecen tener más de una moda, pero no tan claramente como estos dos.
- Como en los dos niveles superiores descritos, las mayores concentraciones medidas corresponden a la alcalinidad (540 mg/L de CaCO₃) y el Na (310 mg/L). La forma de las curvas de estos dos componentes es muy similar a las de los mismos en las aguas del techo de la Fm Puelches, pero aquí no presentan una forma asintótica en su parte superior, lo que sugiere que no existe contaminación por agua de mar.
- En cuanto a los componentes trazas, solamente el As presenta mediciones significativas. El resto de componentes medidos presentan prácticamente siempre valores iguales al límite de detección, por lo que se ha decidido representar únicamente el As. Por motivos prácticos, éste se ha dibujado en la gráfica inferior de la Figura 5.5, junto con los datos de las aguas del techo de la Fm Puelches.
- Igual que en las aguas de los dos niveles ya descritos, el As presenta una curva típica de fuentes y procesos de incorporación naturales. Las máximas concentraciones de As medidas son de 0,092 mg/L, menores que las medidas en las aguas de la Fm Pampeano y en las aguas del techo de la Fm Puelches. Esto sugiere que el As procede de niveles más someros a los captados por los pozos.

5.1.3 Tipos químicos de aguas y su distribución espacial

Con el fin de estudiar el posible papel de la recarga en la composición de las aguas y observar posibles cambios estacionales del tipo químico, se han confeccionado figuras de diagramas de Stiff modificados y mapas de isoconcentraciones con los análisis químicos de los pozos de la red de observación de ACUMAR correspondientes a dos situaciones hidráulicas extremas dentro del periodo de información disponible:

- 1) La época de niveles más bajos de los últimos cuatro años, correspondiente a los meses de mayo de 2009 y junio de 2009.
- 2) La época de niveles más altos registrada, correspondiente a septiembre de 2010.

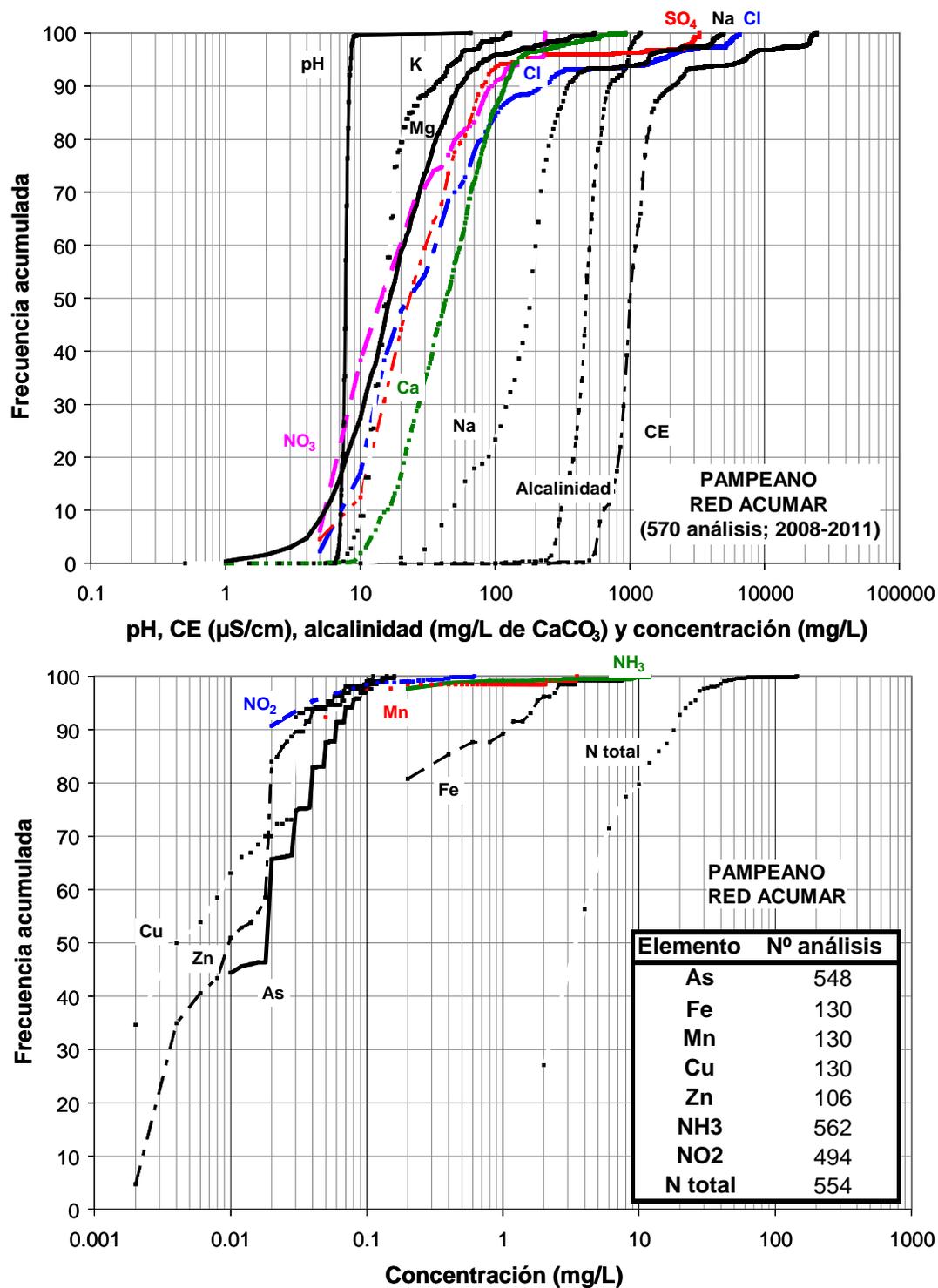


Figura 5.4. Gráficos de frecuencias acumuladas de los valores de pH, CE y concentraciones de componentes mayoritarios, minoritarios (arriba) y trazas (abajo) en las aguas de la Fm Pampeano.

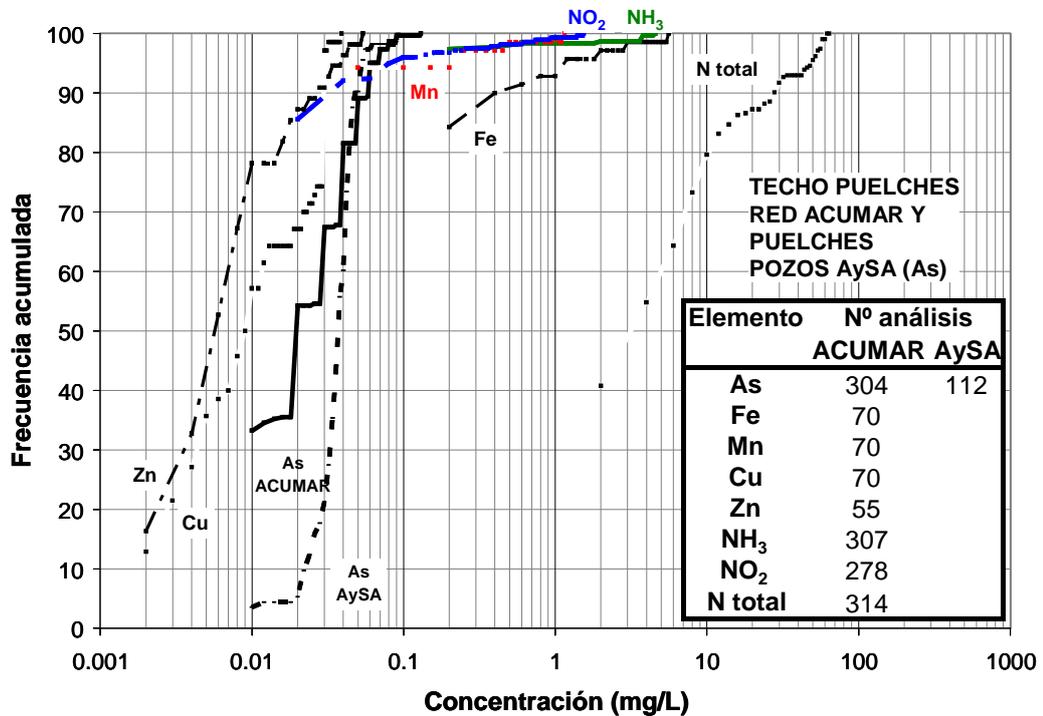
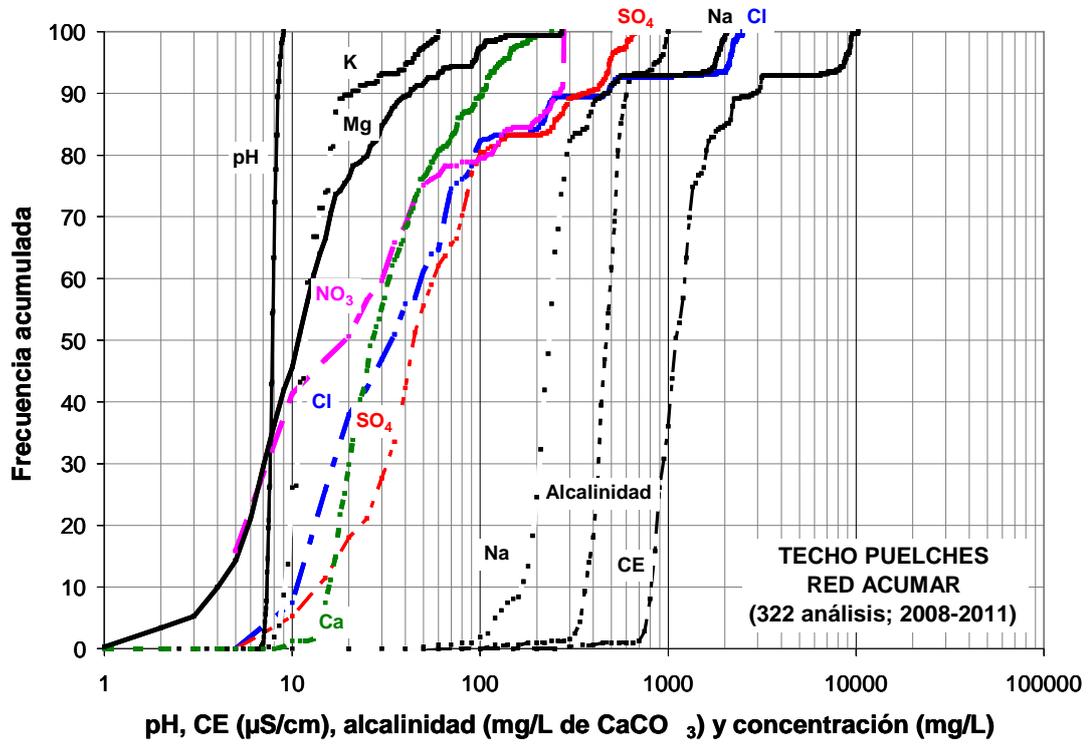


Figura 5.5. Gráficos de frecuencias acumuladas de los valores de pH, CE y concentraciones de componentes mayoritarios, minoritarios (arriba) y trazas (abajo) en las aguas del techo de la Fm Puelches.

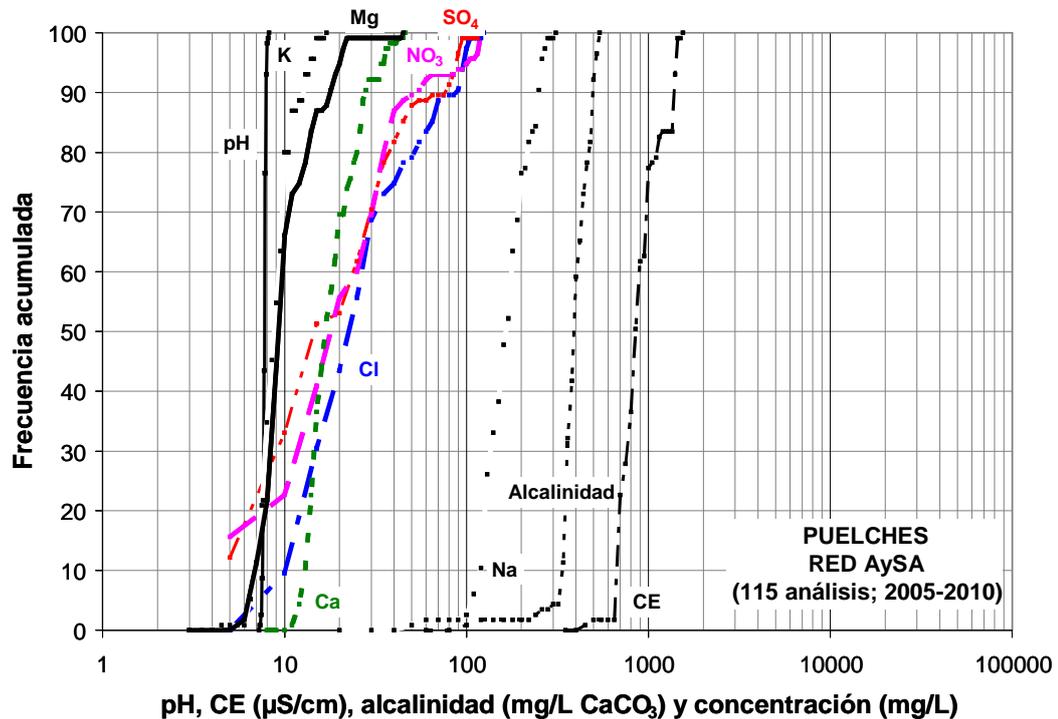


Figura 5.6. Gráficos de frecuencias acumuladas de los valores de pH, CE y concentraciones de componentes mayoritarios y minoritarios en las aguas de los pozos de AySA en la Fm Puelches.

La primera fue resultado de una larga secuencia de meses sin recarga efectiva al acuífero Pampeano, y tanto los niveles freáticos de esta formación como los niveles piezométricos del techo de la Fm Puelches descendieron de forma paralela. La segunda fue resultado de una secuencia de varios meses de recarga notable. Para ilustrar estas dos situaciones, en la Figura 5.7 se muestra la evolución de la profundidad del agua en los dos sondeos del emplazamiento 13 de la red de ACUMAR.

Para comparar la composición química de las aguas del techo de la Fm Puelches con las de niveles más profundos de la misma formación en dos situaciones razonablemente equivalentes desde el punto de vista hidrodinámico, también se han dibujado dos mapas de diagramas de Stiff para las aguas de un conjunto de pozos de AySA. El mapa aproximadamente correspondiente a la época de niveles bajos se ha confeccionado con los datos disponibles de muestras de meses diferentes entre febrero y agosto de 2009; el mapa aproximadamente correspondiente a la época de niveles altos se ha dibujado con muestras de meses diferentes del periodo más húmedo que va de noviembre de 2009 a marzo de 2010.

En la Figura 5.8 se muestran los diagramas de Stiff modificados de las aguas de la Fm Pampeano en la época de niveles más bajos y en la de niveles más altos. Se observan los siguientes detalles:

- Las diferencias entre ambas situaciones hidrodinámicas son nulas o muy pequeñas en la mayor parte de la cuenca, salvo en la zona costera.
- La mayor parte de las aguas es de tipo bicarbonatado-sódico (HCO₃-Na) en ambos momentos y no cambian de tipo químico entre una y otra situación hidrodinámica.

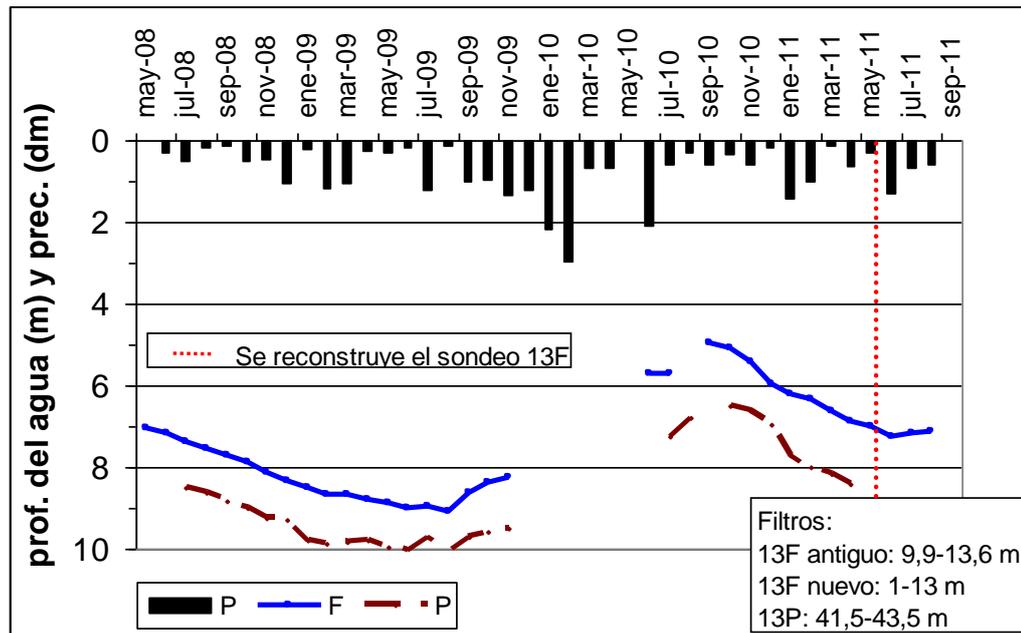


Figura 5.7. Evolución de la profundidad del agua en los sondeos ubicados en la Fm Pampeano y en el techo de la Fm Puelches del emplazamiento n° 13 de la red de control de ACUMAR. Se observa que los niveles de ambos sondeos evolucionan de forma paralela, produciéndose el momento de niveles más bajos entre mayo y junio de 2009 y el de niveles más altos en septiembre de 2010. La letra F se refiere al sondeo ranurado en el acuífero freático, es decir el Pampeano; la letra P se refiere al sondeo ranurado en el techo del acuífero Puelches.

- A lo largo de los límites S-SE y O-NO de la cuenca, y también en la parte central de la misma pero cerca del río, hay algunas aguas cuyo tipo químico oscila entre bicarbonatado-cálcico ($\text{HCO}_3\text{-Ca}$; sondeos 1F, 8F, 14F) y bicarbonatado-magnésico ($\text{HCO}_3\text{-Mg}$; sondeos 9F, 4F y 10F). En algunos de ellos se produce un cambio en el catión dominante entre ambas fechas, haciéndose mayor la proporción de Ca o de Mg en unos u otros. En principio estos cambios se pueden atribuir principalmente al efecto del intercambio iónico, posiblemente ocasionado por la incorporación de agua fresca de recarga a la zona saturada. Pero no se pueden descartar mezclas con agua marina atrapada en sedimentos (cuenca baja y entorno del cauce del río), lo cual aumentaría la proporción de Mg en el agua.
- En la cuenca baja hay aguas de tipo clorurado-sódico (Cl-Na), localizadas en los emplazamientos de la red de control n° 29 y 6. Aunque el tipo químico no cambia, las aguas de ambos sondeos se encuentran bastante más diluidas en septiembre de 2010 que en mayo-junio de 2009: la CE del agua del sondeo 29F desciende desde unos 22 mS/cm en julio de 2009 a unos 3,6 mS/cm en septiembre de 2010, mientras que la CE del agua del sondeo 6F pasa de unos 7,3 mS/cm en julio de 2009 a 3,1 mS/cm en septiembre de 2010. Esto podría estar ocasionado por la dilución producida por la recarga de los meses anteriores. No obstante, en el caso de estos dos sondeos también puede contribuir otra causa: la recarga al acuífero freático desde el cauce por parte del agua del Río de la Plata que cada año entra por el cauce del Riachuelo entre los meses de agosto y septiembre, y que puede llegar varios km tierra adentro. Según ACUMAR (2010) esta agua es bastante menos salina que la propia agua del Riachuelo en la cuenca baja, y también es mucho menos salina que el agua

subterránea en los sondeos 29F y 6F. Este aspecto se discute con más detalle en el Apartado 5.2.

En la Figura 5.9 se muestran los diagramas de Stiff modificados de las aguas del techo de la Fm Puelches en la época de niveles más bajos y en la de niveles más altos. Se observan los siguientes detalles:

- Las diferencias entre ambas situaciones hidrodinámicas son nulas o muy pequeñas en toda la cuenca.
- Con excepción de dos sondeos, las aguas de todos los demás son de tipo $\text{HCO}_3\text{-Na}$ y no cambian ni de tipo ni de salinidad total (al menos significativamente) entre ambas situaciones hidrodinámicas.
- Las aguas del sondeo 2P, situado justo en el límite suroccidental de la cuenca, son de tipo bicarbonatado-clorurado-sódico ($\text{HCO}_3\text{Cl-Na}$). Esta agua mantiene su carácter entre los dos momentos dibujados en la figura, lo que sugiere que la fuente de Cl no es atmosférica ni superficial sino que está en profundidad.
- El agua del sondeo 12P es de tipo Cl-Na en septiembre de 2010. Aunque no se dispone de muestras de ese sondeo entre los meses de mayo a julio de 2009, es probable que las aguas fuesen del mismo tipo químico en esa fecha. En este caso la fuente de Cl tampoco es probable que sea atmosférica ni superficial sino más profunda.
- En la costa, el agua del sondeo 6P es de tipo Cl-Na en los dos momentos estudiados y no cambia significativamente de salinidad total, si bien la CE disminuye de unos 9,4 mS/cm a unos 7 mS/cm.

En la Figura 5.10 se muestran los diagramas de Stiff modificados de las aguas de los pozos de AySA que explotan la Fm Puelches en las dos épocas más cercanas a las mostradas en las dos figuras anteriores. Se observa que las aguas de todos los pozos son de tipo $\text{HCO}_3\text{-Na}$ y las diferencias hidroquímicas entre ambas situaciones hidrodinámicas son nulas.

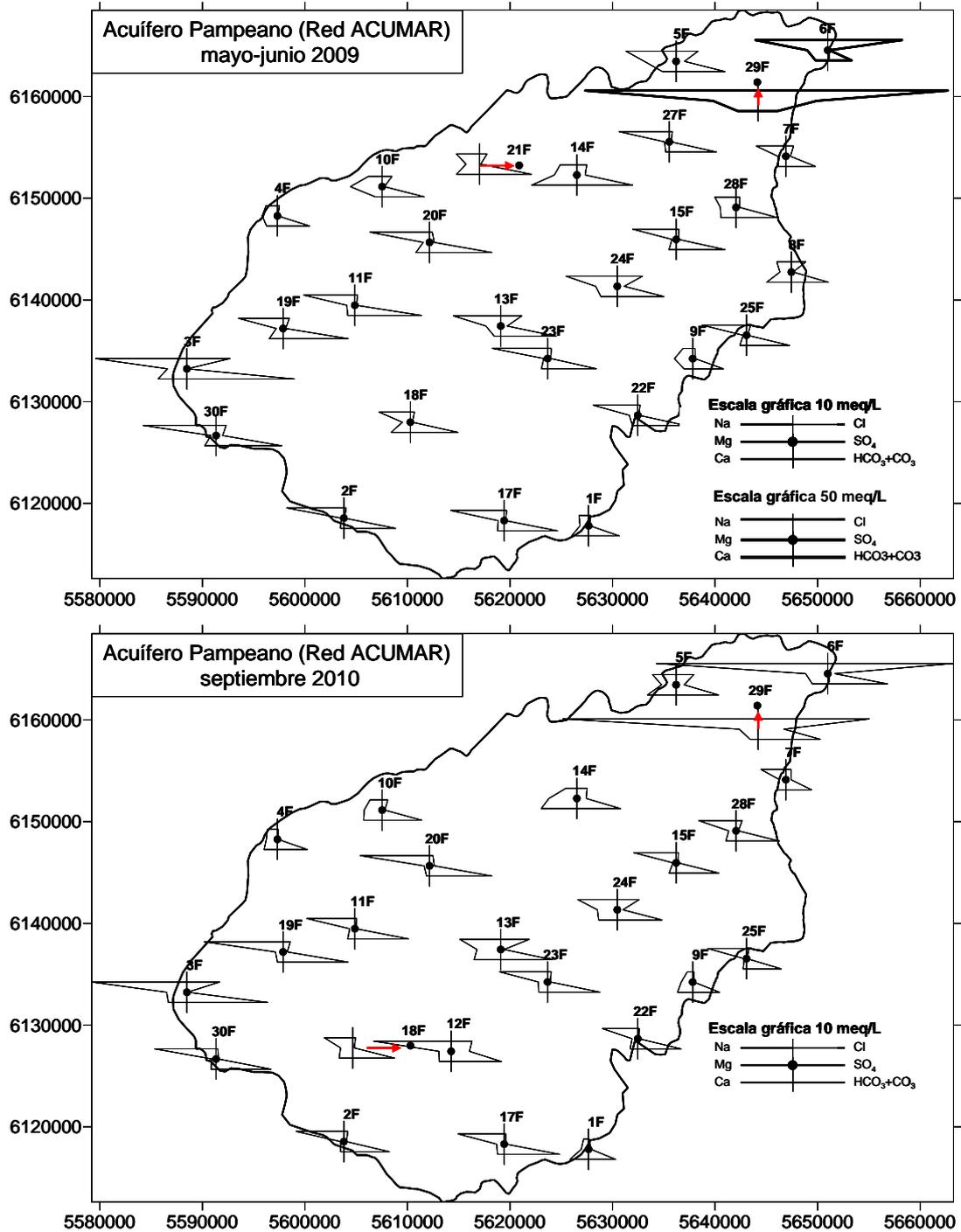


Figura 5.8. Diagramas de Stiff modificados de las aguas del acuífero Pampeano en la época de niveles más bajos (arriba) y más altos (abajo) de la serie disponible. La letra F indica que los sondeos están ranurados en el acuífero freático.

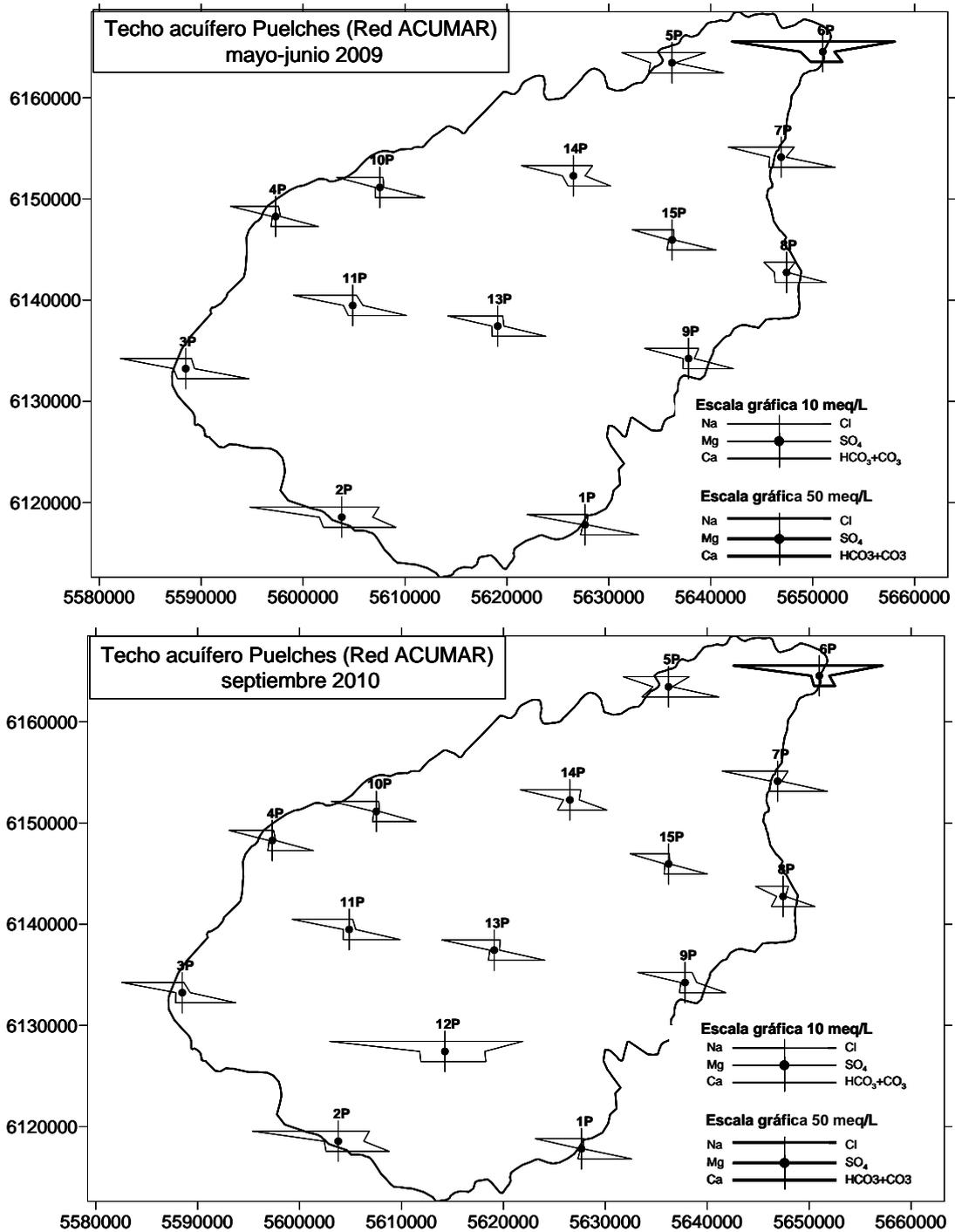


Figura 5.9. Diagramas de Stiff modificados de las aguas del acuífero Puelches en la época de niveles más bajos (arriba) y más altos (abajo) de la serie disponible. La letra P indica que los sondeos están ranurados en el acuífero Puelches.

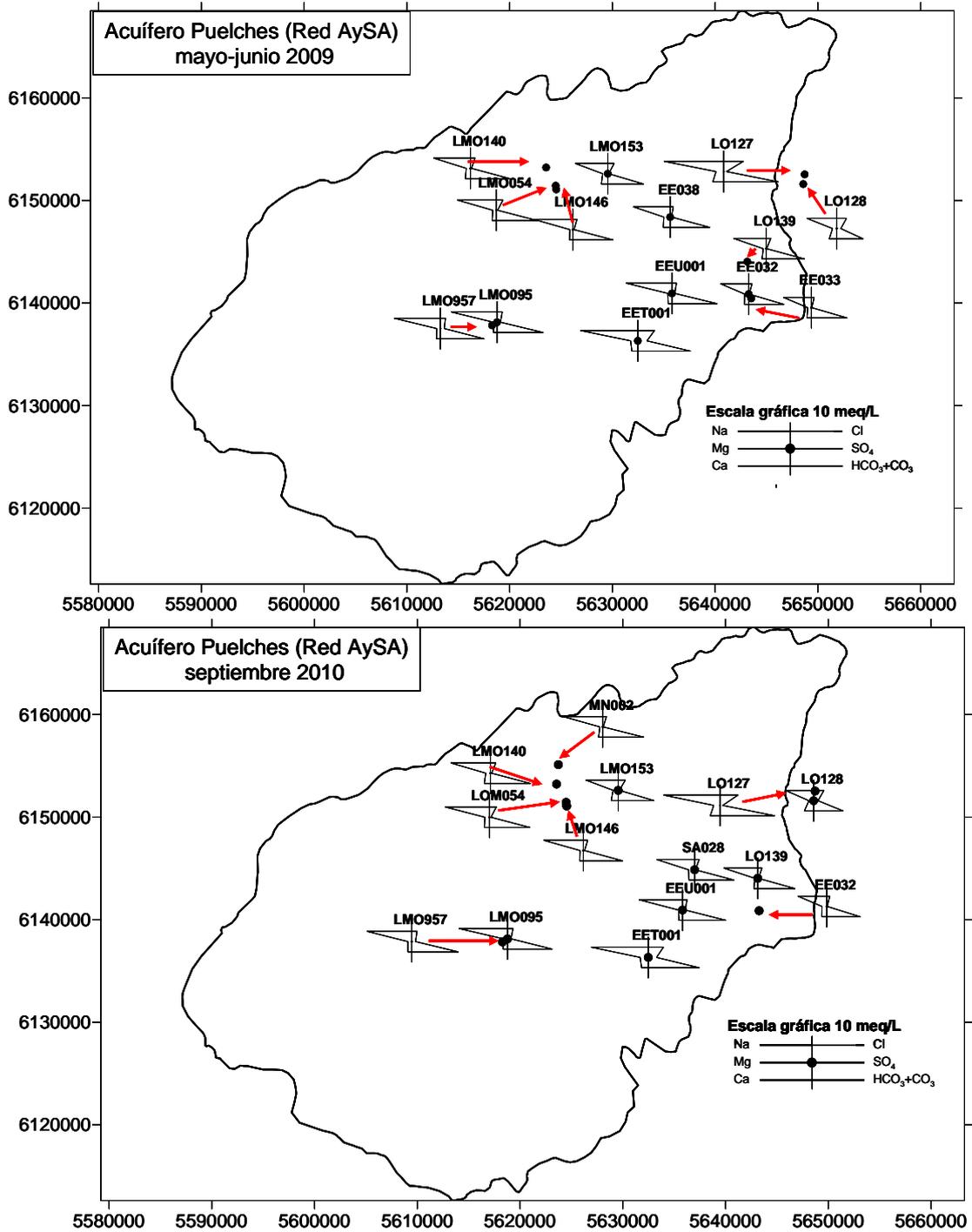


Figura 5.10. Diagramas de Stiff modificados de las aguas del acuífero Puelches en los pozos de AySA en momentos de niveles descendentes (arriba, datos disponibles entre febrero y agosto de 2009) y en momentos de niveles ascendentes (abajo, datos disponibles entre noviembre de 2009 y marzo de 2010).

5.2 DISTRIBUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA, CON LA PROFUNDIDAD Y CON LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS

En las figuras 5.11 a 5.24 se muestra la distribución espacial de los parámetros CE, pH, alcalinidad (mg/L de CaCO₃) y de las concentraciones de los componentes Cl, SO₄, NO₃, Na, K, Ca, Mg y As (todas en mg/L) en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados: Fm Pampeano y techo de la Fm Puelches en los sondeos de la red de ACUMAR; niveles inferiores de la Fm Puelches en los pozos de AySA. Además, para cada profundidad/nivel acuífero se han confeccionado dos mapas, uno para cada una de las dos épocas hidrodinámicas que se ha considerado, a priori, que podían producir cambios hidroquímicos en la distribución del fondo químico natural a escala de la cuenca: las situaciones de niveles más bajos y más altos registradas, la primera mayo y junio de 2009 y la segunda en septiembre de 2010.

Los objetivos de estas figuras son múltiples:

- 1) Observar la distribución espacial, en cada nivel o formación muestreada, de los componentes cartografiados.
- 2) Conocer posibles cambios de la distribución espacial de concentraciones por causas climáticas y/o estacionales (vinculadas a la existencia de periodos húmedos –con predominio de la recarga- y secos –con predominio de la evaporación-).
- 3) Conocer los posibles cambios de composición del agua del sistema acuífero con la profundidad, para lo cual las figuras se han organizado de forma que se pueda comparar la distribución espacial de cada componente/variable en una misma época y en los tres niveles estudiados.

A continuación se describen las características más notables de la distribución espacial y de los cambios estacionales de los distintos componentes estudiados.

5.2.1 Distribución espacial, con la profundidad y con la estacionalidad de la CE

En las figuras 5.11, 5.12 y 5.13 se observa lo siguiente:

- **Fm Pampeano:** en la época de niveles más bajos estudiada, tras un largo periodo de meses sin recarga, la mayoría de las aguas de la cuenca alta y media tienen valores de CE entre 1000 y 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Unos pocos pozos ubicados en los contornos de la cuenca tienen valores fuera de ese rango, tal es el caso del pozo 3F (límite SO, partido General Las Heras), con CE = 2770 $\mu\text{S}/\text{cm}$; los pozos 4F, con CE = 628 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 10F, con CE = 768 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (límite NO, partido Marco Paz), y el pozo 2F (límite SE, partido Presidente Perón), con CE = 505 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En la época de niveles altos, en las partes alta y media de la cuenca se observa que la superficie del acuífero Pampeano con valores de CE > 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se reduce, lo cual se atribuye al efecto de dilución ocasionado por la recarga.

Solamente en la cuenca baja hay diferencias tanto en época de niveles bajos como de niveles altos. En época de niveles bajos (mayo-junio de 2009) los pozos 29F y 6F alcanzan valores de CE = 23300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y CE = 9050 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente. Ambos

pozos están cerca del cauce del Riachuelo, en un área donde hay sedimentos marinos sobre los del Pampeano; el 6 está, además, en la zona portuaria.

En época de niveles altos (septiembre de 2010) la CE del agua de los pozos 29F, 6F y 6P también disminuye, pero la posible causa de esto requiere un análisis más detallado. En la Figura 5.12 se observa que el pozo 29F tiene el filtro muy somero, entre 4 y 11 m de profundidad. Además, el nivel freático no experimenta cambios notables a lo largo de la época seca que va de mayo de 2008 a junio de 2009, y entre julio y noviembre de 2009 asciende unos 10 cm, lo que sugiere que el pozo está conectado al aluvial del Riachuelo y que el río es influente en esa zona. La CE del agua en los meses previos a julio de 2009 es algo mayor a 20000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pero en julio desciende bruscamente a 6450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y, aunque entre agosto y noviembre de 2009 aumenta un poco, no recupera los valores anteriores a julio. Posiblemente, el brusco descenso de salinidad acompañado de ascenso del nivel observado a partir de julio de 2009 se pueda atribuir no sólo a la recarga ocasionada por la lluvia caída entre julio y noviembre de ese año, sino también al fenómeno de la sudestada, que cada año introduce agua del río de la Plata, más dulce que la del Riachuelo, por el cauce de éste hasta varios km tierra adentro.

En septiembre de 2010, y al contrario de lo que ocurre en la mayor parte de la cuenca, el nivel del agua en el pozo 29F está 3 m más bajo que al final de la época seca de mayo de 2008-junio de 2009, y la CE = 3570 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mucho menor que un año antes. El descenso del nivel del agua sugiere un efecto de bombeos para rebajar la cota de la capa freática, y la disminución de la salinidad se puede explicar por el efecto combinado de la recarga por la lluvia de los meses precedentes, que son muy húmedos, y de la sudestada de los meses de julio-agosto de 2010.

El pozo 6F, ubicado en la zona portuaria, muestra el mismo comportamiento que el 29F (Figura 5.12). El filtro está entre 2 y 8 m de profundidad y la posición del nivel es muy estable entre mayo de 2008 y junio de 2009, pero entre julio y noviembre de 2009 asciende unos 46 cm. La CE del agua en los meses previos a julio de 2009 es algo mayor a 9000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pero en julio desciende bruscamente a 1245 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en los meses posteriores oscila pero sigue muy por debajo de la magnitud de los meses del periodo seco. En este caso, en septiembre de 2010 el nivel no indica que se haya bombeado para rebajar la cota de la superficie freática, pero el valor de la CE es del mismo orden que entre julio y noviembre de 2009 y muy inferior al de los meses del largo periodo seco de mayo de 2008 a junio de 2009. Las variaciones de nivel y de salinidad observadas en este pozo se atribuyen a las causas propuestas para explicar el comportamiento del pozo 29F.

El pozo 6P, ubicado junto al 6F, tiene su filtro entre 25 y 28 m de profundidad (Figura 5.12). El nivel del agua está algo por debajo que en el pozo 6F, pero también muestra un ligero ascenso entre julio y noviembre de 2009. Entre mayo de 2008 y junio de 2009 la CE del pozo 6P es unos 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mayor a la del pozo 6F, pero en julio de 2009 también disminuye –aunque en menor magnitud que en el pozo 6F– y en los meses posteriores no se recupera.

- Techo de la Fm Puelches: la distribución espacial de los valores de CE reproduce la de la Fm Pampeano en líneas generales. En los sectores alto y medio de la cuenca son similares a los de la Fm Pampeano, con valores de CE entre 1000 y 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y con cierta disminución de la extensión espacial del área con CE > 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en época de niveles altos (septiembre de 2010).

En el borde NO de la cuenca, en el partido de Marcos Paz, los registros de los pozos 4P y 10P indican que a esta profundidad también existe, como en el Pampeano, una zona con salinidad algo menor de 1000 $\mu\text{S/cm}$ tanto en época de niveles bajos (CE del 4P = 420 $\mu\text{S/cm}$; CE del 10P = 963 $\mu\text{S/cm}$) como de niveles altos (CE del 4P = 404 $\mu\text{S/cm}$; CE del 10P = 758 $\mu\text{S/cm}$).

En el sector S, partido de Cañuelas, hay una zona cuyas aguas tienen CE algo más elevada que el conjunto. Se trata de los pozos 2P (CE = 2410 $\mu\text{S/cm}$ en junio de 2009 y CE = 1763 $\mu\text{S/cm}$ en septiembre de 2010) y 12P (no medido en junio de 2009, pero interpolando se deduce que era CE > 2000 $\mu\text{S/cm}$; CE = 2718 $\mu\text{S/cm}$ en septiembre de 2010). Como se ve en la Figura 5.13 (y se explica con más detalle en el apartado de evolución temporal de la composición del agua en cada pozo, Anexo 3), tanto en el caso de los pozos 2F y 2P como en el de los pozos 12F y 12P se observa que las aguas del techo del Puelches son más salinas que las del Pampeano, lo que sugiere que la fuente de salinidad para las primeras no son las segundas sino, probablemente, las aguas del acuitardo que separa ambas formaciones o bien capas más profundas.

En la cuenca baja hay menos puntos de información en el techo del Puelches que en el Pampeano, no obstante el pozo 6P tiene CE = 8710 $\mu\text{S/cm}$ en julio de 2009 y CE = 7080 $\mu\text{S/cm}$ en septiembre de 2010, lo cual sugiere una dilución notable aunque no muy relevante cuantitativamente, y que posiblemente sea el efecto conjunto de la sudestada y de la recarga por lluvia en los meses precedentes.

- Fm Puelches, pozos de AySA: como se ha dicho en el Capítulo 4, los pozos están espacialmente concentrados en el NE de la parte media de la cuenca, por lo que solo se tiene información de los cambios de composición química del agua con la profundidad en ese sector. Además, la época mostrada en la figura no es exactamente la misma que en las figuras de los dos niveles superiores a éste, aunque el hecho de reflejar distintas épocas no es un inconveniente ya que, según se ha visto en los apartados 5.1.1 y 5.1.3, la composición química de las aguas de los pozos de AySA es muy estable en el tiempo.

Las aguas de los niveles de la Fm Puelches explotados por los pozos de AySA tienen valores de CE < 1000 $\mu\text{S/cm}$ en las dos épocas cartografiadas, sin que la estacionalidad produzca cambios en la salinidad o la mineralización de esas aguas.

En cuanto a la distribución vertical, en esa misma zona del sistema acuífero tanto las aguas del techo de la Fm Puelches como las de la Fm Pampeano también tienen CE < 1000 $\mu\text{S/cm}$, es decir que no se observan cambios significativos en vertical. Además, el hecho de que las aguas de los pozos de AySA tengan concentraciones notables de NO_3 (ver Figura 5.6) indica que estos están drenando aguas de líneas de flujo suficientemente someras como para estar afectadas por las pérdidas de redes de saneamiento y pozos negros. Este proceso posiblemente esté facilitado por la heterogeneidad litológica e hidráulica del acuitardo que separa las formaciones Pampeano y Puelches y por las discontinuidades en el espesor del mismo, el cual llega a desaparecer en muchas zonas (IHLLA, 2011).

- Conclusiones: en los sectores alto y medio de la cuenca no se observan cambios significativos de CE del agua con la profundidad entre la parte alta de la Fm Pampeano y la alta de la Fm Puelches. En la parte baja del sector central (partidos de Ezeiza, La Matanza, Esteban Echeverría, Lomas de Zamora), donde hay información de la distribución vertical de la CE desde el acuífero Pampeano hasta la base de la

Fm Puelches, tampoco se observan cambios significativos de CE. Los únicos cambios significativos ocurren en la cuenca baja y cerca del cauce del Riachuelo, donde hay agua marina congénita en los sedimentos marinos holocenos que recubren parte del acuífero Pampeano en esa zona: entre mayo y junio de 2009, tras un largo periodo sin recarga, los pozos 29F y 6F tienen aguas bastante salinas, singularmente el primero; en septiembre de 2010 la salinidad de ambos pozos disminuyó significativamente, lo que se atribuye a la dilución que produjo la coincidencia de dos eventos, la entrada de agua del Río de la Plata por el cauce del Riachuelo por el fenómeno de la sudestada y la importante recarga ocurrida en los meses precedentes.

5.2.2 Distribución espacial, con la profundidad y con la estacionalidad del Cl y el SO₄

En las figuras 5.14 y 5.15 se observa lo siguiente:

- La distribución espacial del Cl y el SO₄ en los tres niveles y en las dos épocas estudiadas refleja fielmente la distribución de la CE. No se van a describir aquí de forma detallada las variaciones espaciales, con la profundidad y con la climatología/estacionalidad ni sus posibles causas, ya que son las mismas que para la CE. No obstante, sí se describen los rangos de concentraciones encontrados para cada nivel:
- Fm Pampeano: en la Figura 5.14 se ve que tanto en época de niveles bajos como de niveles altos, en la mayor parte de la cuenca las concentraciones de Cl son menores a 50 mg/L, con excepción de unos pocos pozos concretos ubicados en el límite de la cuenca y del pozo 12F. Del pozo 12F no hay análisis en junio de 2009, pero en septiembre de 2010 tiene 136 mg/L, bastante más que los pozos del entorno, incluyendo el pozo 2F, que tiene Cl < 50 mg/L. En la cuenca baja los pozos 29F y 6F tienen concentraciones mayores a 6000 mg/l y 2000 mg/L, respectivamente en junio de 2009, y se diluyen significativamente en septiembre de 2010.

En cuanto al SO₄, en la mayor parte de la cuenca las concentraciones son menores a 70 mg/L tanto en época de niveles bajos como de niveles altos la (Figura 5.15). El pozo 12F vuelve a ser una anomalía positiva en su entorno, con 171 mg/L de SO₄ en septiembre de 2010. En la cuenca baja, el pozo 29F tiene 2749 mg/L de SO₄ en junio de 2009 y 242 mg/L de SO₄ en septiembre de 2010, mientras que el pozo 6F apenas cambia entre ambas fechas (78 mg/L en junio de 2009 y 65 mg/L en septiembre de 2010).

- Techo de la Fm Puelches: las distribuciones espaciales de Cl y de SO₄ también reproducen fielmente las de la CE. Los pozos 2P y 12P suponen anomalías positivas en toda la cuenca alta y media, mientras que el pozo 6P supone una anomalía positiva en la cuenca baja. Las hipótesis para explicar dichas anomalías son las ya descritas para la distribución de la CE.
- Fm Puelches en pozos de AySA: en las figuras 5.14 y 5.15 se observa que las aguas de los pozos de AySA tienen concentraciones de Cl y de SO₄ similares a los de las aguas del techo de la Fm Puelches en la misma zona, sin que haya cambios entre las dos situaciones cartografiadas.
- Conclusiones: en los sectores alto y medio de la cuenca no se observan cambios significativos en las concentraciones de Cl y de SO₄ del agua con la profundidad entre la parte alta de la Fm Pampeano y la alta de la Fm Puelches. Tampoco se observan

cambios notables con la climatología (época seca frente a época húmeda) a escala regional, aunque el estudio de la evolución temporal de concentraciones en cada pozo particular muestra que la estacionalidad/climatología sí produce algunos cambios (ver Apartado 5.3).

En la parte baja del sector central (partidos de Ezeiza, La Matanza, Esteban Echeverría, Lomas de Zamora), donde hay información de la distribución vertical de estos componentes desde el acuífero Pampeano hasta la base de la Fm Puelches (pozos de AySA), tampoco se observan cambios significativos en los contenidos de ambos elementos con la profundidad ni con la climatología.

En la cuenca baja sí ocurren cambios notables tanto con la climatología y con la profundidad. Cambios atribuibles a la climatología: entre mayo y junio de 2009, tras un largo periodo sin recarga, los pozos 29F y 6F tienen aguas con contenidos de Cl bastante más elevados que en septiembre de 2010. Este cambio se atribuye a la dilución que produjo la coincidencia de dos eventos, la entrada de agua del Río de la Plata por el cauce del Riachuelo por el fenómeno de la sudestada y la importante recarga ocurrida en los meses precedentes. Las concentraciones de SO₄, en cambio, no muestran cambios significativos entre época seca y época húmeda. En los otros dos niveles estudiados (techo de la Fm Puelches y niveles basales de esta misma formación) no se observan cambios con la climatología.

Cambios con la profundidad: en el entorno de los emplazamientos 5 y 6 las concentraciones de Cl, Na, K y Mg son mayores (a veces bastante mayores) en los pozos más profundos (5P y 6P) que en los más someros (5F y 6F). El contenido de SO₄ es también mayor en el pozo más profundo 6P que en el 6F, pero menor en el pozo más profundo 5P que en el 5F. El contenido de NO₃ es mayor en el pozo 6F que en el 6P pero mayor en el pozo 5P que en el 5F. Todo ello sugiere que en esta zona de la cuenca baja la fuente de salinidad de las aguas es profunda, quizás una cuña salina o bien aguas marinas congénitas. Además, existe un importante proceso de modificación del fondo natural del NO₃ por contaminación. Las fuentes de NO₃ podrían ser varias, pero las redes de saneamiento parecen tener un papel dominante. La contaminación afecta también a las aguas que explotan los pozos de AySA, pero se desconoce si el acuífero está ya contaminado por NO₃ a esa profundidad o bien se trata de un efecto del bombeo, que deprime los niveles piezométricos más someros y hace que el agua de estos sea captada por los pozos más profundos.

5.2.3 Distribución espacial, con la profundidad y con la estacionalidad del NO₃

En las figuras 5.16 y 5.17 se observa lo siguiente:

- Fm Pampeano: en la mayor parte de la cuenca las concentraciones de NO₃ son mayores a 10 mg/L tanto en época de niveles bajos como de niveles altos. En ambos momentos se observa un gradiente de aumento de concentraciones desde las zonas más rurales del límite S y SE de la cuenca, donde están los únicos pozos con menos de 10 mg/L de NO₃ (el pozo 11F es representativo; ver Figura 5.16), hacia la zona más densamente urbanizada del NO de la cuenca, donde se superan los 100 mg/L en el pozo 5F, y del NE, donde se superan los 70 mg/L en el pozo 6F (Figura 5.16).

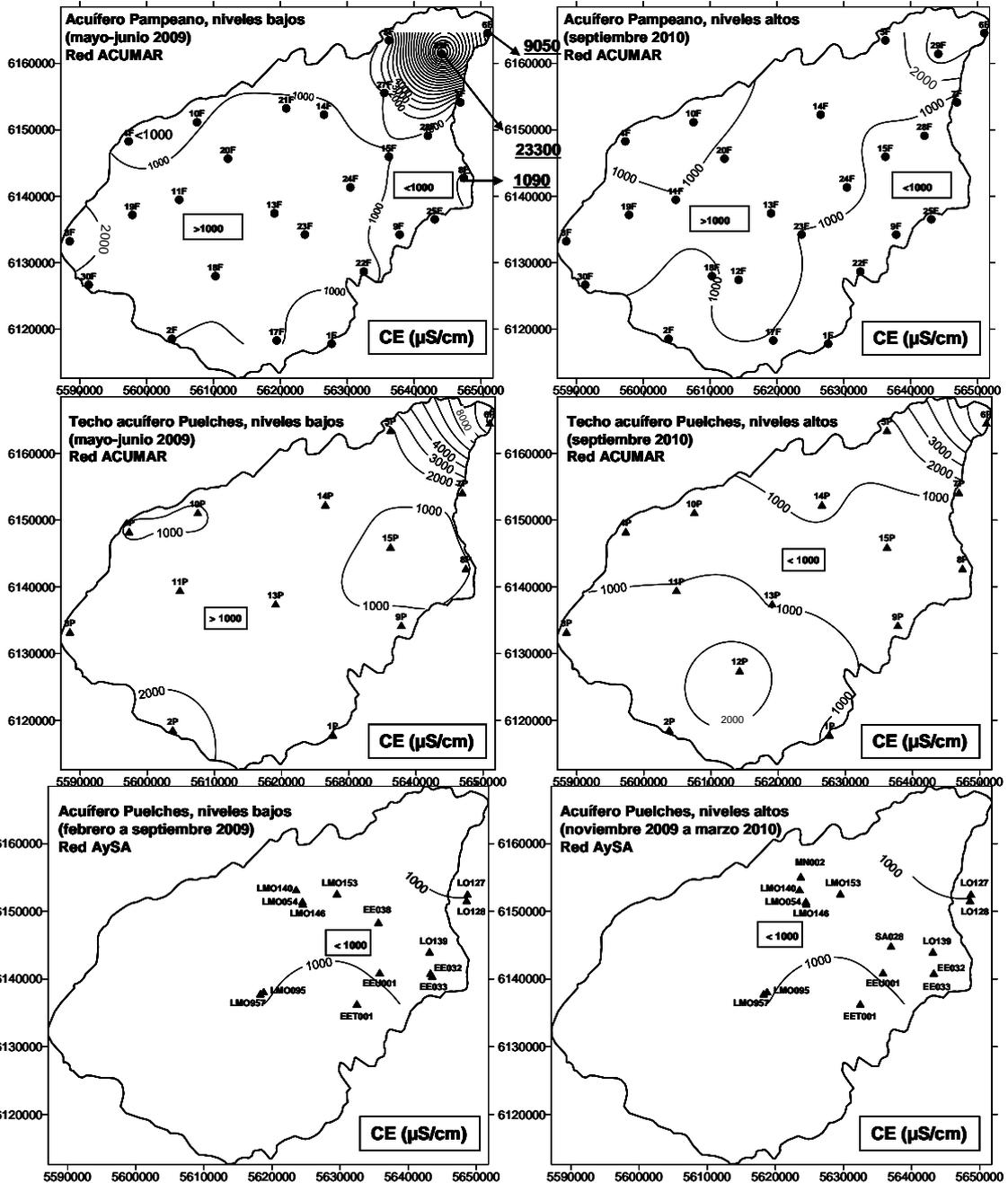


Figura 5.11. Distribución espacial de la conductividad eléctrica (en $\mu\text{S}/\text{cm}$) en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).

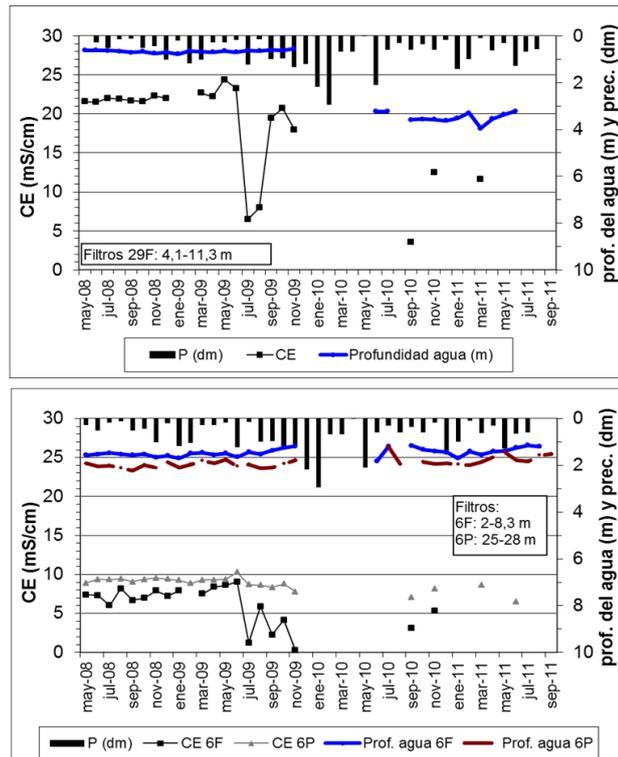


Figura 5.12. Evolución de la CE (mS/cm) y la profundidad del agua en los pozos de la cuenca baja 29F, 6F y 6P.

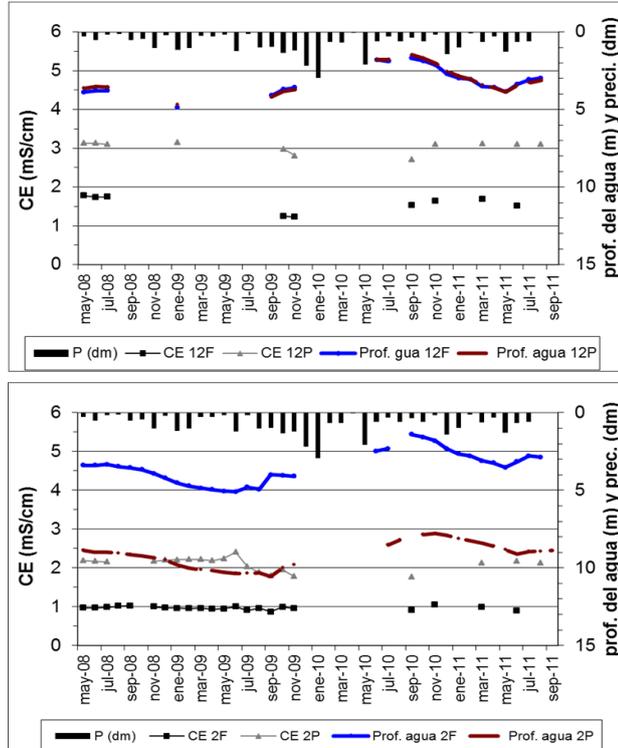


Figura 5.13. Evolución de la CE (mS/cm) y la profundidad del agua en los pozos de la cuenca alta 2F, 2P, 12F y 12P.

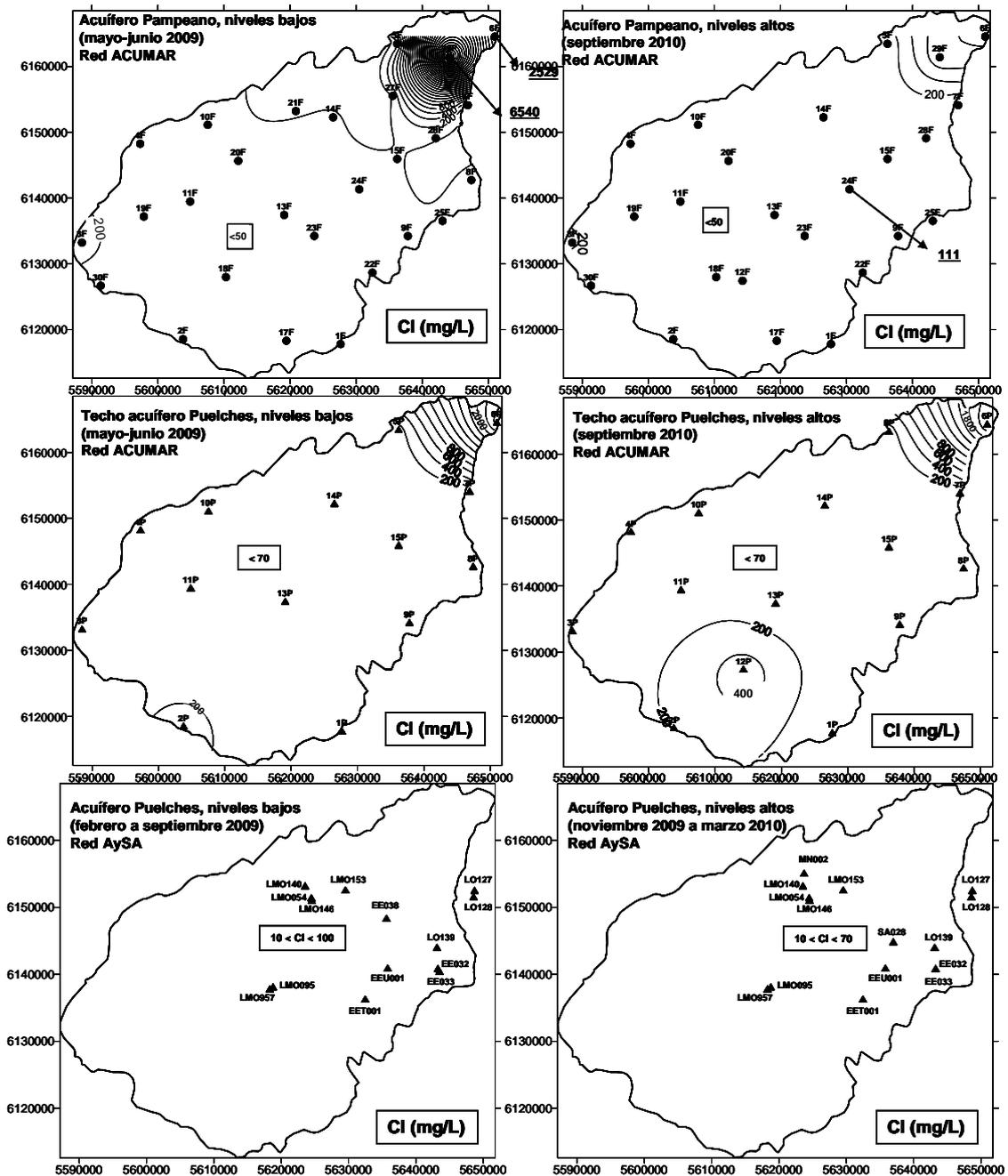


Figura 5.14. Distribución espacial de Cl (mg/L) en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).

También hay un pozo en el centro de la cuenca, el 13F, que tiene concentraciones mayores a 60 mg/L en cualquier época (Figura 5.17).

Aunque se desconoce la magnitud del aporte atmosférico de NO_3 , en principio no cabe esperar que, una vez concentrado por evapotranspiración, las aguas subterráneas someras tengan concentraciones mayores a unos 5 mg/L. Ante la ausencia de datos locales sobre el aporte atmosférico, como hipótesis de partida se va a considerar que las aguas con más de 5 mg/L de NO_3 tienen una o más fuentes de aporte de nitrógeno distintas al atmosférico (alguna o varias de las muchas actividades potencialmente contaminantes que se realizan en la cuenca). La ubicación de las fuentes potenciales de nitrógeno se pueden ver en las siguientes figuras del Anexo II: Figura All.2 (industria agrícola), Figura All.3 (industria ganadera), Figura All.8 (fábricas de abonos y compuestos de N) y Figura All.12 (almacenamiento de residuos sólidos y áreas servidas por redes de saneamiento). Además, hay que tener en cuenta la posible existencia de pozos negros distribuidos por toda la cuenca, especialmente fuera de las áreas servidas por la red de saneamiento (que están limitadas a la cuenca baja).

Mirando las figuras mencionadas se observa que muchas de las actividades industriales generadoras de nitrógeno se concentran en la cuenca baja, sin embargo las actividades ganadera y agrícola tienen una distribución difusa por toda la cuenca. Estas últimas pueden ser las fuentes de nitrógeno para las aguas con concentraciones de $\text{NO}_3 > 5$ mg/L.

Llama la atención el pozo 13F, con $\text{NO}_3 = 116$ mg/L en julio de 2009 y $\text{NO}_3 = 80$ mg/L en septiembre de 2010. El pozo está cerca del cauce del río Matanza. Mirando las figuras antes mencionadas acerca de la ubicación de las fuentes potenciales de contaminación, en la Figura All.1 se observa que en el entorno cercano al pozo hay zonas de extracción de áridos. Una hipótesis plausible para explicar la notable contaminación por NO_3 de este pozo, que habría que comprobar con una visita al sitio, sería la infiltración de agua del río en los hoyos de las graveras.

- Techo de la Fm Puelches: la distribución espacial del NO_3 en las aguas del techo de la Fm Puelches (Figura 5.16) reproduce en líneas generales la distribución en el agua de la Fm Pampeano. Las menores concentraciones medidas son del orden de 4 mg/L y están en el sector S y SO de la cuenca; el pozo 11P es representativo de la zona (Figura 5.16). Las concentraciones aumentan desde ahí hacia el NO con un gradiente que ilustra el incremento de la magnitud de los aportes desde fuentes de contaminación en ese sentido. Los pozos 5P y 6P orientan sobre la magnitud de la concentración de NO_3 en la zona más contaminada (Figura 5.16).

Es destacable que, en el emplazamiento 5, el pozo que tiene el filtro a mayor profundidad (5P) tiene, de forma sostenida en el tiempo, contenidos de NO_3 notablemente mayores que el pozo que tiene el filtro más somero (5F).

Por otro lado, el pozo 13P, ubicado en el centro de la cuenca y cuyo par ubicado en el Pampeado (13F) está contaminado, también lo está. Tiene 26 mg/L de NO_3 en junio de 2009 y 47 mg/L en septiembre de 2010 (Figura 5.17). Los hidrogramas de niveles indican que existe un gradiente hidráulico favorable al flujo descendente, por lo que ésta puede ser la causa de que el agua en el techo del Puelches esté también contaminada por NO_3 (Figura 5.17).

- Fm Puelches en pozos de AySA: sorprendentemente, en la zona de la cuenca donde están los pozos de AySA estudiados las aguas tienen entre 10 y 50 mg/L de NO_3 , es

decir contenidos del mismo orden de magnitud que los encontrados en niveles menos profundos de la misma formación. La única explicación posible es que existe una transferencia de agua desde niveles relativamente poco profundos y contaminados hasta los niveles donde se encuentran los filtros de los pozos de explotación. La existencia de gradientes verticales incrementados por la propia explotación puede explicar esta situación.

- **Conclusiones:** la Fm Pampeano parece estar contaminada por NO_3 en prácticamente toda su extensión, y no se observa un efecto de dilución entre la situación de niveles bajos (junio de 2009) y la de niveles altos (septiembre de 2010).

Las aguas del techo del Fm Puelches también están contaminadas en casi toda su extensión, con excepción quizás del extremo SO de la misma, y también lo están las aguas explotadas por los pozos de AySA. Esto sugiere la existencia de un proceso de contaminación (seguramente tanto difusa como concentrada) desde los niveles más someros hacia los más profundos. En la Fm Puelches no se observa la existencia de dilución en septiembre de 2010.

5.2.4 Distribución espacial, con la profundidad y con la estacionalidad del pH

En la Figura 5.18 se observa lo siguiente:

- **Fm Pampeano:** en época de niveles bajos (junio de 2009) la mayoría de los valores de pH oscilan entre 7,5 y 8. Parece haber una cierta distribución espacialmente localizada de los pocos pozos con valores algo mayores a 8 (pozos 2F y 19F), que se encuentran en el S de la cuenca, y los que tienen valores algo menores a 7,5 (8F, 28F y 29F), que se encuentran en el inicio de la cuenca baja. Sin embargo, debido a la pequeña diferencia de valores y a que los mismos fueron medidos en laboratorio, no parece razonable atribuirles una causa hidrogeoquímica. Teniendo en cuenta esto, se puede decir que en época de niveles altos (septiembre de 2010) la distribución de valores de pH es prácticamente la misma.
- **Techo de la Fm Puelches:** tanto en época de niveles bajos como de niveles altos la mayoría de los valores del pH oscila también entre 7,5 y 8. En época de niveles bajos parece haber valores algo mayores a 8 en los límites SE y NO de la cuenca, pero, por las causas ya descritas, no merece la pena indagar aquí posibles causas de ello.
- **Fm Puelches en pozos de AySA:** los valores del pH de ambas épocas son muy estables y oscilan también entre 7,5 y 8.
- **Conclusiones:** la uniformidad del rango de variación del pH en los tres niveles y las dos épocas estudiadas y lo reducido de dicho rango sugiere que los procesos que controlan el pH son muy activos, y que la mayoría de las aguas deben estar en equilibrio o cerca del equilibrio con ellos.

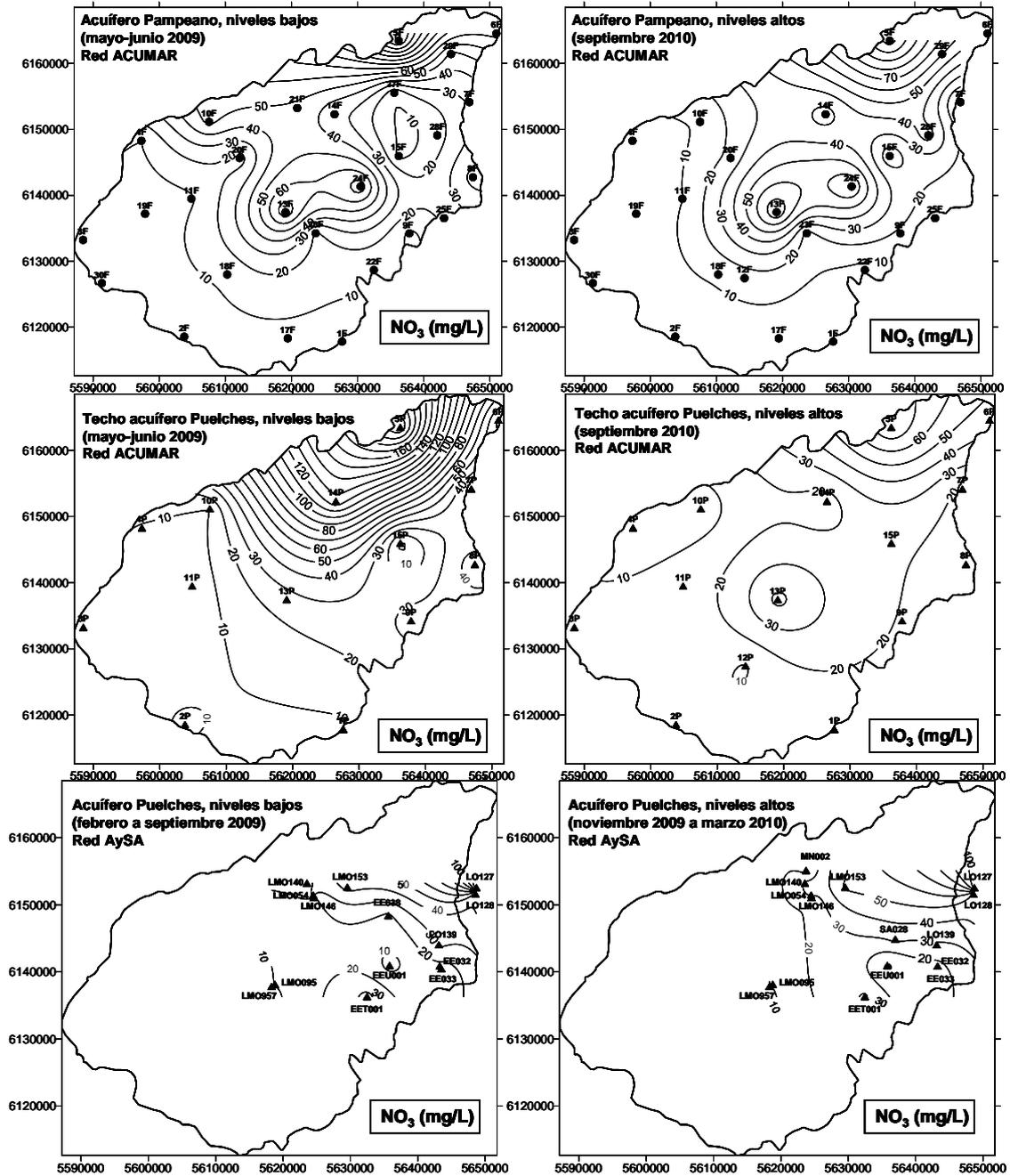


Figura 5.16. Distribución espacial de NO₃ (mg/L) en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).

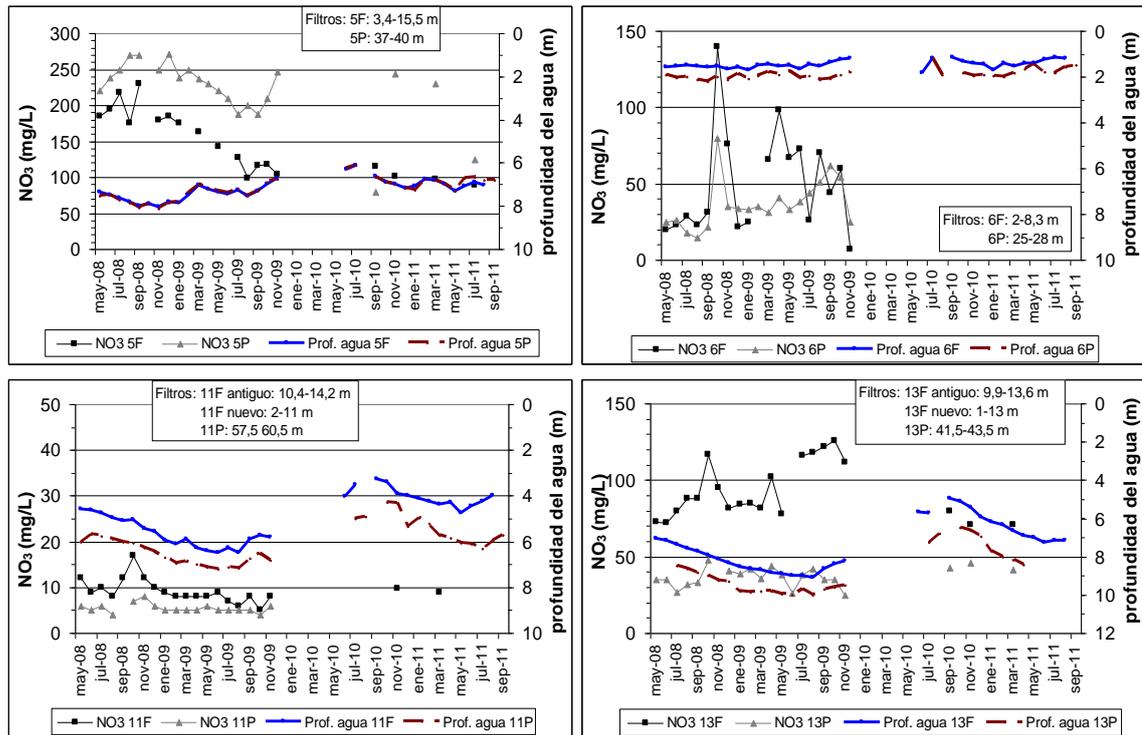


Figura 5.17. Evolución de la profundidad del agua y de las concentraciones de NO₃ medidas en las aguas de los pozos 5F, 6F, 11F y 13F (Fm Pampeano) y 5P, 6P, 11P y 13P (techo de la Fm Puelches) durante el periodo de estudio.

5.2.5 Distribución espacial, con la profundidad y con la estacionalidad de la alcalinidad

En la Figura 5.19 se observa lo siguiente:

- **Fm Pampeano:** en época de niveles bajos la alcalinidad oscila entre algo menos de 400 mg/L de CaCO₃ y algo más de 1100 mg/L de CaCO₃. Las concentraciones más bajas (400-600 mg/L de CaCO₃) se encuentran en la parte central de la cuenca, incluyendo los límites NO y SE. Los valores más altos se encuentran en el extremo SO (pozo 3F, con 1050 mg/L de CaCO₃ en junio de 2009) y en la cuenca baja (pozo 6F, con 1170 mg/L de CaCO₃).

En época de niveles altos (septiembre de 2010) el rango de variación de los valores se reduce un poco y estos oscilan entre algo menos de 300 mg/L de CaCO₃ y algo más de 700 mg/L de CaCO₃. Los menores cambios respecto a la época seca tienen lugar en el centro de la cuenca, y los mayores ocurren en el límite SO y, especialmente, en el límite NE (cuenca baja).

La disminución de alcalinidad observada en época de niveles altos podría atribuirse, a priori, a la entrada de agua fresca de recarga, quizás aún no equilibrada con minerales carbonatados, en la zona saturada. El gradiente de variación espacial se mantiene similar al de la época de niveles bajos, lo que sugiere que quizá el patrón de flujo ejerza cierto control sobre dicha distribución (esto debe ser comprobado).

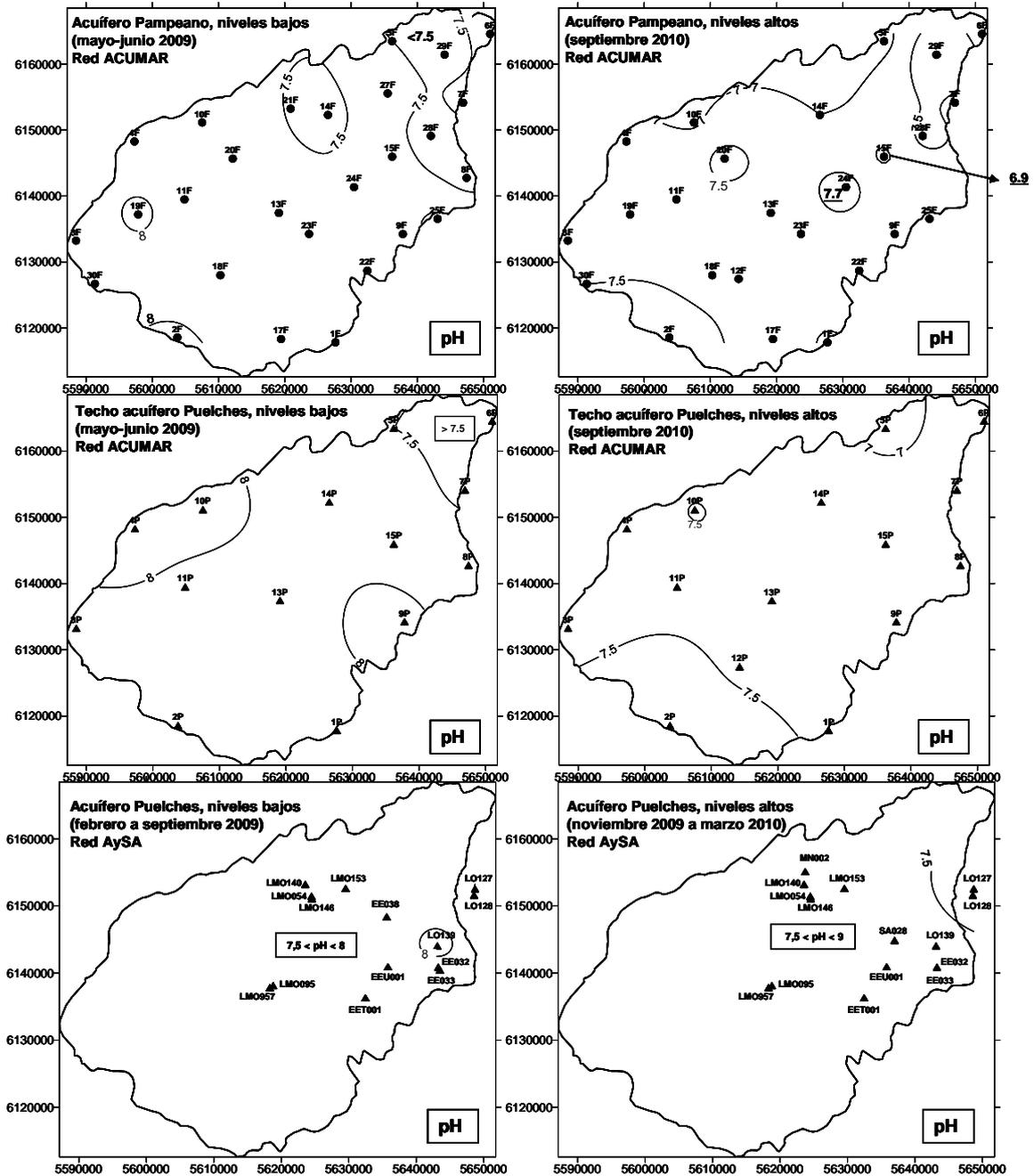


Figura 5.18. Distribución espacial del pH en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).

- **Techo de la Fm Puelches:** en época de niveles bajos la alcalinidad oscila entre algo menos de 400 mg/L de CaCO₃ y algo más de 900 mg/L de CaCO₃. Las concentraciones más bajas (400-600 mg/L de CaCO₃) están también en la parte central de la cuenca, incluyendo los límites NO y SE. Los valores más altos se encuentran en el extremo SO (pozo 3P, con 620 mg/L de CaCO₃ en junio de 2009) y en la cuenca baja (pozo 6P, con 960 mg/L de CaCO₃).

En época de niveles altos (septiembre de 2010) el rango de variación de los valores de alcalinidad no cambia en la mayor parte de la cuenca, aunque en los pozos 3P y 6P la alcalinidad disminuye un poco (526 mg/L de CaCO₃ y 776 mg/L de CaCO₃ respectivamente). Esta disminución se atribuye principalmente al efecto de la recarga.

- **Fm Puelches en pozos de AySA:** el rango de valores de la alcalinidad no cambia entre la época de niveles bajos y la de niveles altos, y oscila en un intervalo muy estrecho, entre algo menos de 400 mg/L de CaCO₃ y algo más de 500 mg/L de CaCO₃. Esto se debe a que las aguas que explotan los pozos tiene una composición química muy estable en el tiempo.
- **Conclusiones:** el efecto climático de dilución a consecuencia de la recarga se produce principalmente en el acuífero Pampeano. En el techo del acuífero Puelches parece notarse también cierto efecto de dilución únicamente en los extremos SO y NE de la cuenca. En las capas más profundas del acuífero Puelches no se percibe influencia climática.

En cuanto a las variaciones verticales de distribución de la alcalinidad, en el sector central de la cuenca las aguas tienen valores que oscilan entre 400 y 500 mg/L de CaCO₃ en los tres niveles estudiados, sin que se observen variaciones significativas. Las variaciones más notables están en los extremos SO y NE, y en ambas zonas la alcalinidad es mayor en el agua de la Fm Pampeano que en la del techo de la Fm Puelches.

5.2.6 Distribución espacial, con la profundidad y con la estacionalidad del Na, el Ca, el Mg y el K

Los mapas de distribución espacial de estos cuatro componentes son muy similares, razón por la cual se describen al mismo tiempo en las figuras 5.20 a 5.23 se observa lo siguiente:

- **Fm Pampeano:** en época de niveles bajos, en la mayoría de las aguas las concentraciones de los cuatro componentes oscilan dentro de rangos de valores estrechos: el Ca oscila entre algo menos de 40 mg/L y algo más de 80 mg/L; el Mg oscila entre algo menos de 25 mg/L y algo más de 50 mg/L, el K oscila entre algo menos de 10 mg/L y algo más de 20 mg/L y el Na oscila entre algo menos de 200 mg/L y algo más de 300 mg/L.

El pozo 14F, en el centro-norte de la cuenca, presenta concentraciones de Ca y Mg algo mayores a las de los rangos descritos. Y el pozo 3F, en el extremo SO de la cuenca, presenta concentraciones de K algo mayores a 30 mg/L.

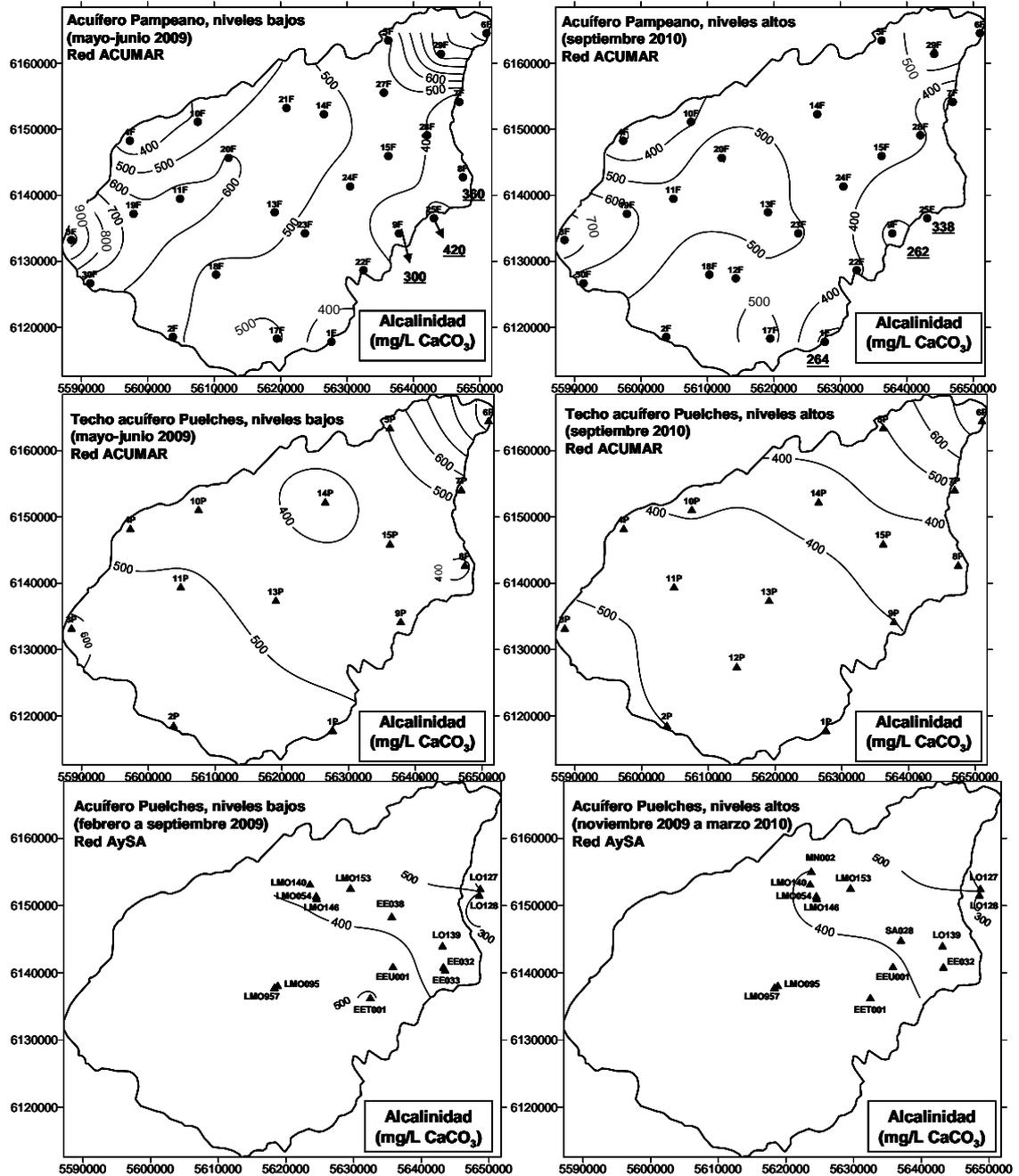


Figura 5.19. Distribución espacial de la alcalinidad (en mg/L de CaCO₃) en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).

No obstante, hay una zona muy localizada, en el extremo NE de la cuenca, donde las concentraciones de todos los componentes son significativamente mayores: el pozo 29F tiene 400 mg/L de Ca, 534 mg/L de Mg, 115 mg/L de K y 3810 mg/L de Na; el pozo 6F tiene 240 mg/L de Ca, 243 mg/L de Mg, 48 mg/L de K y 1598 mg/L de Na.

En época de niveles altos (septiembre de 2010) el rango de variación de los valores de los cuatro componentes es el mismo que en la época de niveles bajos (junio de 2009) para la mayor parte de la cuenca, con excepción del sector de cuenca baja. También se observa un ligero aumento del contenido en K en los pozos 10F y 14F, cerca del límite NO de la cuenca. No obstante, el análisis detallado de la evolución temporal de las concentraciones en cada pozo (Apartado 5.3) puede mostrar algunos cambios con significado cualitativo, aunque cuantitativamente no sean relevantes.

En el límite NE (cuenca baja) se produce una disminución muy significativa de las concentraciones de Ca, Mg, K y Na, la cual se atribuye al efecto combinado de la recarga por lluvia en los meses anteriores y a la infiltración del agua del Río de la Plata que penetra por el cauce entre los meses de julio y septiembre.

- Techo de la Fm Puelches: tanto en época de niveles bajos como en época de niveles altos, la mayoría de las aguas no muestra cambios relevantes de concentración con respecto a la Fm Pampeano ni con la climatología, y se mantienen los rangos de variación de los cuatro componentes descritos para el Pampeano. Algunos cambios aparentes no tienen sentido físico y son efectos de la interpolación numérica debido al hecho de no disponer de valores para un componente y fechas concretas.

Con respecto al posible efecto de la climatología en las aguas del techo de la Fm Puelches, éste se nota de forma clara únicamente en la cuenca baja: en el pozo 29F el Ca disminuye de 240 mg/L (niveles bajos) a 104 mg/L (niveles altos), el Mg disminuye de 267 mg/L (niveles bajos) a 97 mg/L (niveles altos), el K disminuye de 48 mg/L (niveles bajos) a 30 mg/L (niveles altos) y el Na disminuye de 2020 mg/L (niveles bajos) a 1917 mg/L (niveles altos).

Como en el caso de otros componentes ya descritos, esta disminución se atribuye principalmente al efecto de la recarga.

- Fm Puelches en pozos de AySA: los rangos de variación de las concentraciones de cada uno de los cuatro componentes no cambian entre la época de niveles bajos y la de niveles altos, por tanto no hay un efecto climático. Dichos rangos de concentración son muy estrechos: el Ca oscila entre 10 mg/L y 45 mg/L, el Mg oscila entre 5 mg/L y 20 mg/L, el K oscila entre 5 y 10 mg/L y el Na oscila entre algo menos y algo más de 200 mg/L. Como ya se ha dicho antes, las aguas que explotan los pozos tienen una composición química muy estable en el tiempo.
- Conclusiones: el efecto climático de dilución a consecuencia de la recarga se produce principalmente en el acuífero Pampeano. En el techo del acuífero Puelches parece notarse también cierto efecto de dilución únicamente en extremo NE de la cuenca. En las capas más profundas del acuífero Puelches no se percibe influencia climática.

En cuanto a las variaciones verticales de distribución, a escala regional en la mayor parte de la cuenca las aguas de los tres niveles/profundidades estudiadas tienen rangos de concentraciones muy similares en el acuífero Pampeano y en el techo del acuífero Puelches. No obstante, esto no significa que localmente, en cada emplazamiento, no haya diferencias significativas de concentración entre las aguas de dichos niveles (ver Apartado 5.3).

También a escala regional, las variaciones más notables de concentración con la profundidad se observan en el extremo NE de la cuenca entre las aguas del acuífero Pampeano y las aguas del techo del acuífero Puelches: los contenidos de Na y de K son mayores en las aguas del techo del acuífero Puelches que en el acuífero Pampeano; los contenidos de Mg también tienden a ser mayores en las aguas más profundas, mientras que los de Ca son muy similares en ambos niveles/profundidades.

No se observan cambios significativos de composición entre las aguas del techo de la Fm Puelches y las aguas de capas más profundas de la misma formación.

5.2.7 Distribución espacial, con la profundidad y con la estacionalidad del As

En la Figura 5.24 se observa lo siguiente:

- Fm Pampeano: en época de niveles bajos las concentraciones de As oscilan entre 0,01 mg/L y (límite real de detección) y 0,13 mg/L. Las concentraciones más bajas se encuentran en el límite E (pozos 8F y 28F) y el sector NE de la cuenca (toda la cuenca baja), mientras que las mayores concentraciones medidas se encuentran en los extremos S y SO de la cuenca (pozos 2F y 3F). Así, el mapa de distribución espacial muestra un claro aumento del gradiente de concentración desde el NE y centro de la cuenca hacia el S y SO.

En época de niveles altos (septiembre de 2010) el rango de variación de las concentraciones se reduce al disminuir significativamente las concentraciones en el sector S y SO de la cuenca hasta 0,02 mg/L. El pozo 20F, ubicado en la parte N del centro de la cuenca, es el único que muestra un aumento de concentración entre 0,03 mg/L en época seca (junio de 2009) y 0,082 mg/L en época húmeda (septiembre de 2010).

La disminución de concentraciones en los pozos 2F y 3F entre época seca y época húmeda se atribuye, en principio, al efecto de dilución de la recarga, que es más notable en las aguas con mayores concentraciones que en aquellas cuyo contenido está cercano al límite de cuantificación (ver Tabla A1.3 en Anexo I).

- Techo de la Fm Puelches: en época de niveles bajos (junio de 2009) el As oscila entre algo menos de 0,02 mg/L y algo más de 0,05 mg/L. Las concentraciones más bajas están en la parte central de la cuenca, incluyendo los extremos SO y NE. Los valores más altos se encuentran en el extremo SE (pozos 1P y 9P).

En época de niveles altos (septiembre de 2010) el rango de variación de las concentraciones de As disminuye en buena parte en el sector central y NO de la cuenca, dando como resultado que una gran extensión de acuífero tenga contenidos que están en torno al límite de detección (0,01 mg/L). Esta disminución se atribuye principalmente al efecto de la recarga.

- Fm Puelches en pozos de AySA: igual que ocurre con los otros componentes químicos descritos, el rango de variación de las concentraciones de As no cambia entre la época de niveles bajos y la de niveles altos, y oscila entre algo menos de 0,02 y algo más de 0,05 mg/L.

- **Conclusiones:** el efecto climático de dilución a consecuencia de la recarga se produce principalmente en el acuífero Pampeano. En el techo del acuífero Puelches parece notarse también cierto efecto de dilución en la franja central y NO de la cuenca. En las capas más profundas del acuífero Puelches no se percibe influencia climática.

En cuanto a las variaciones verticales de distribución del As, a escala regional solo se observan variaciones significativas en el extremo S y SO de la cuenca: las aguas del acuífero Pampeano tienen mayores contenidos de As que las aguas del techo del acuífero Puelches. En el resto de la cuenca, y aunque a escala regional no aparezcan variaciones significativas, el estudio detallado de cada pozo (Apartado 5.3) indica que en la mayor parte de los pozos que tienen el filtro en la Fm Pampeano las concentraciones de As son mayores que en los pozos cuyo filtro está en el techo de la Fm Puelches.

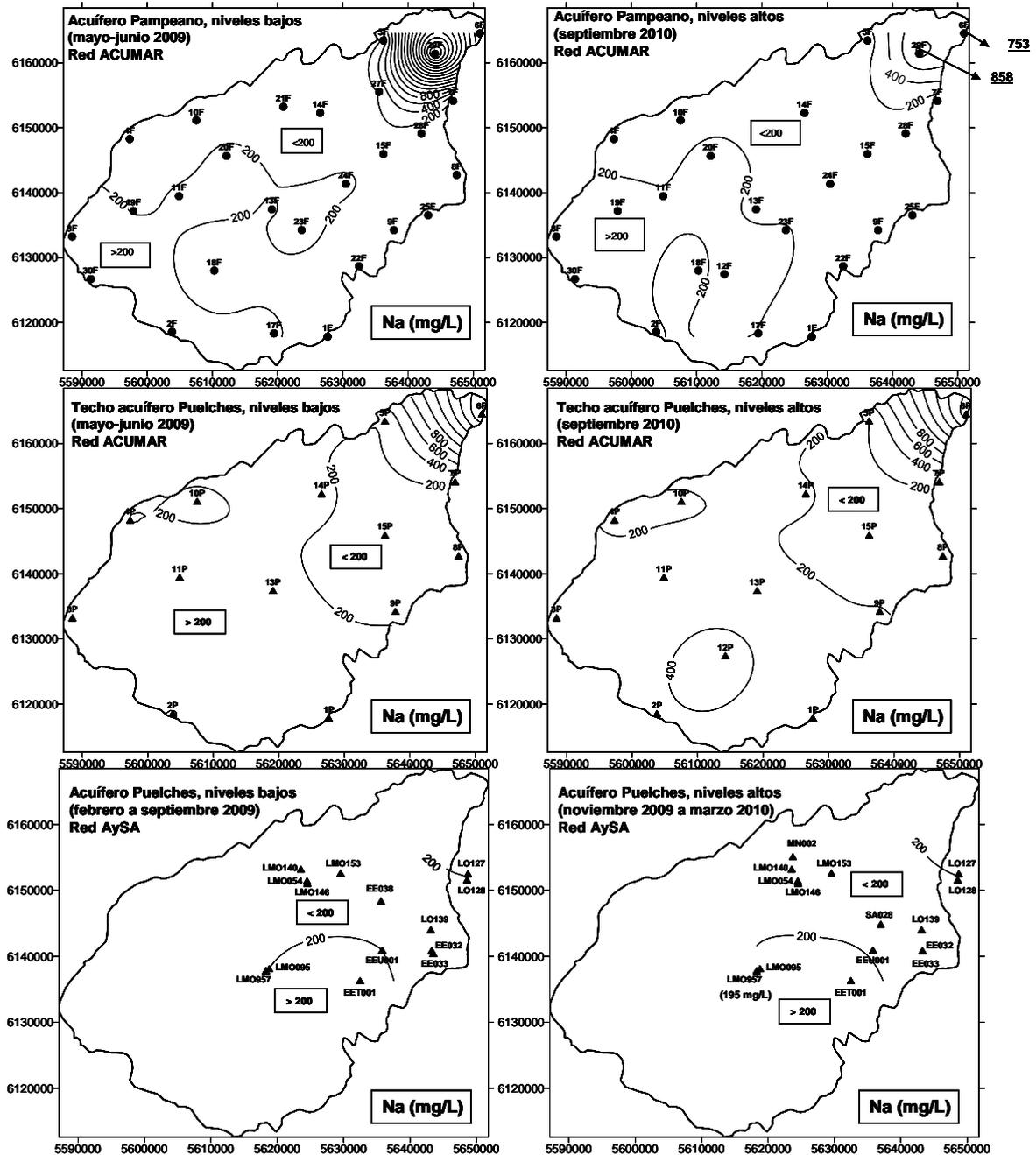


Figura 5.20. Distribución espacial de Na (mg/L) en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).

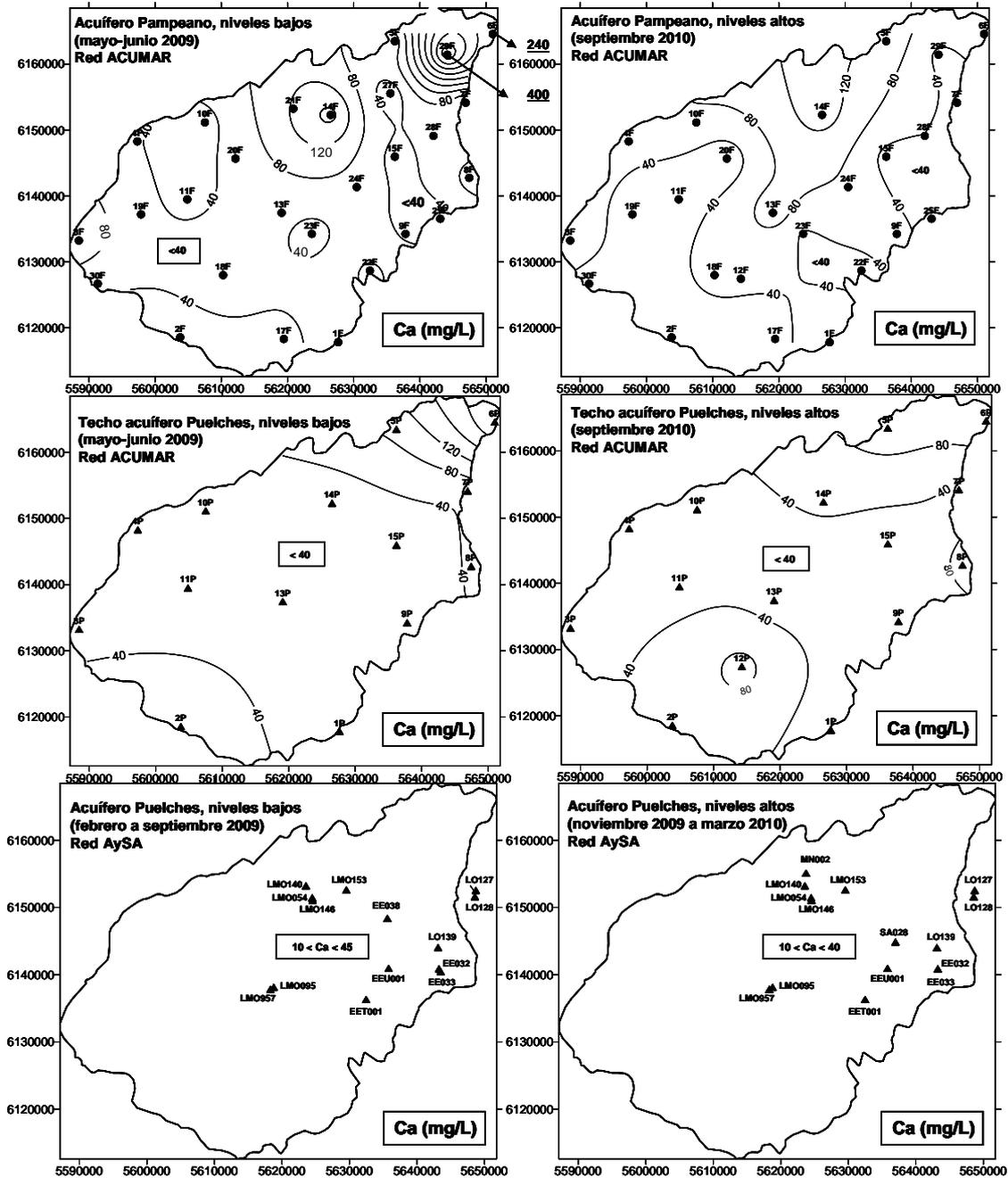


Figura 5.21. Distribución espacial de Ca (mg/L) en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).

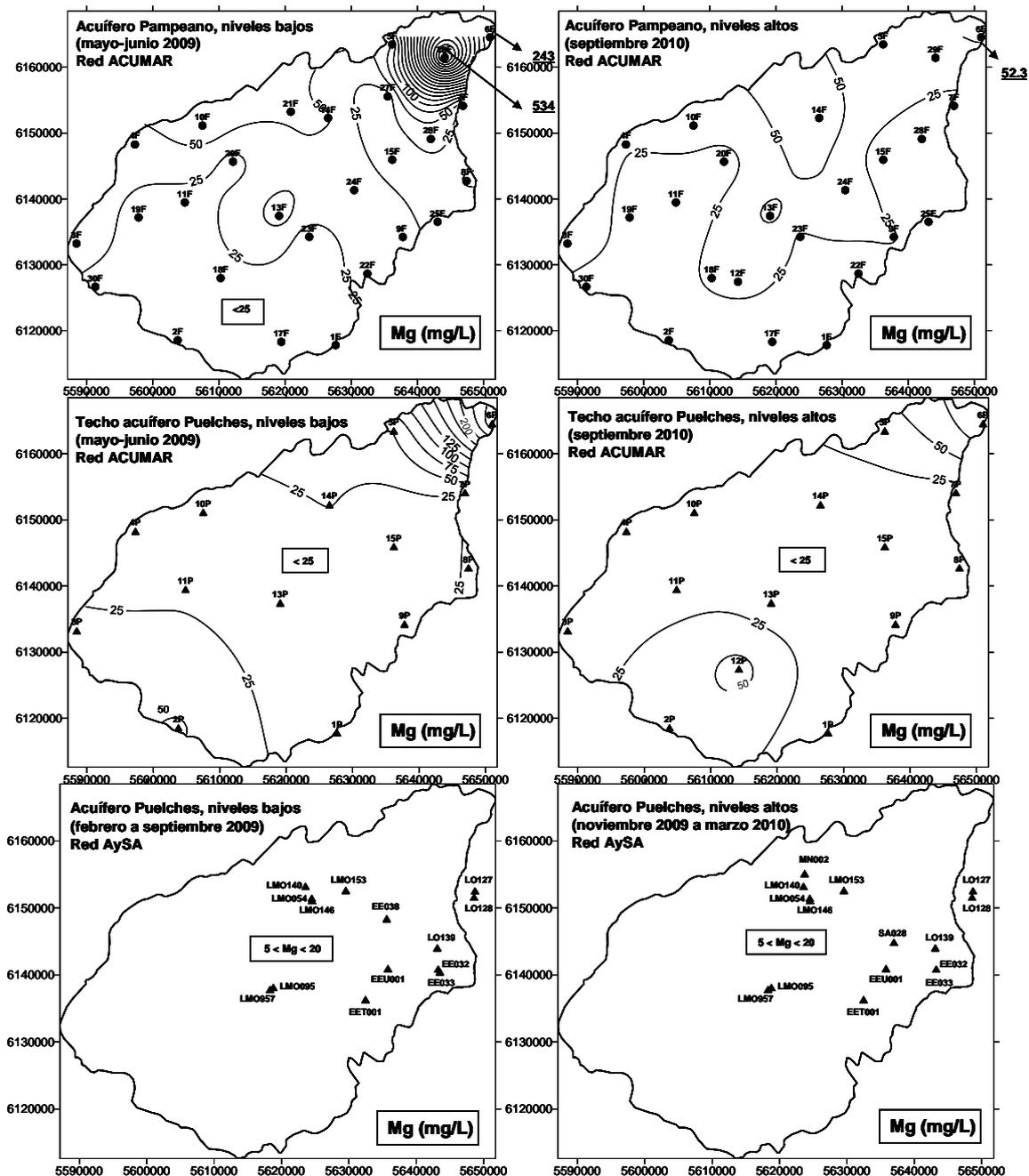


Figura 5.22. Distribución espacial de Mg (mg/L) en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).

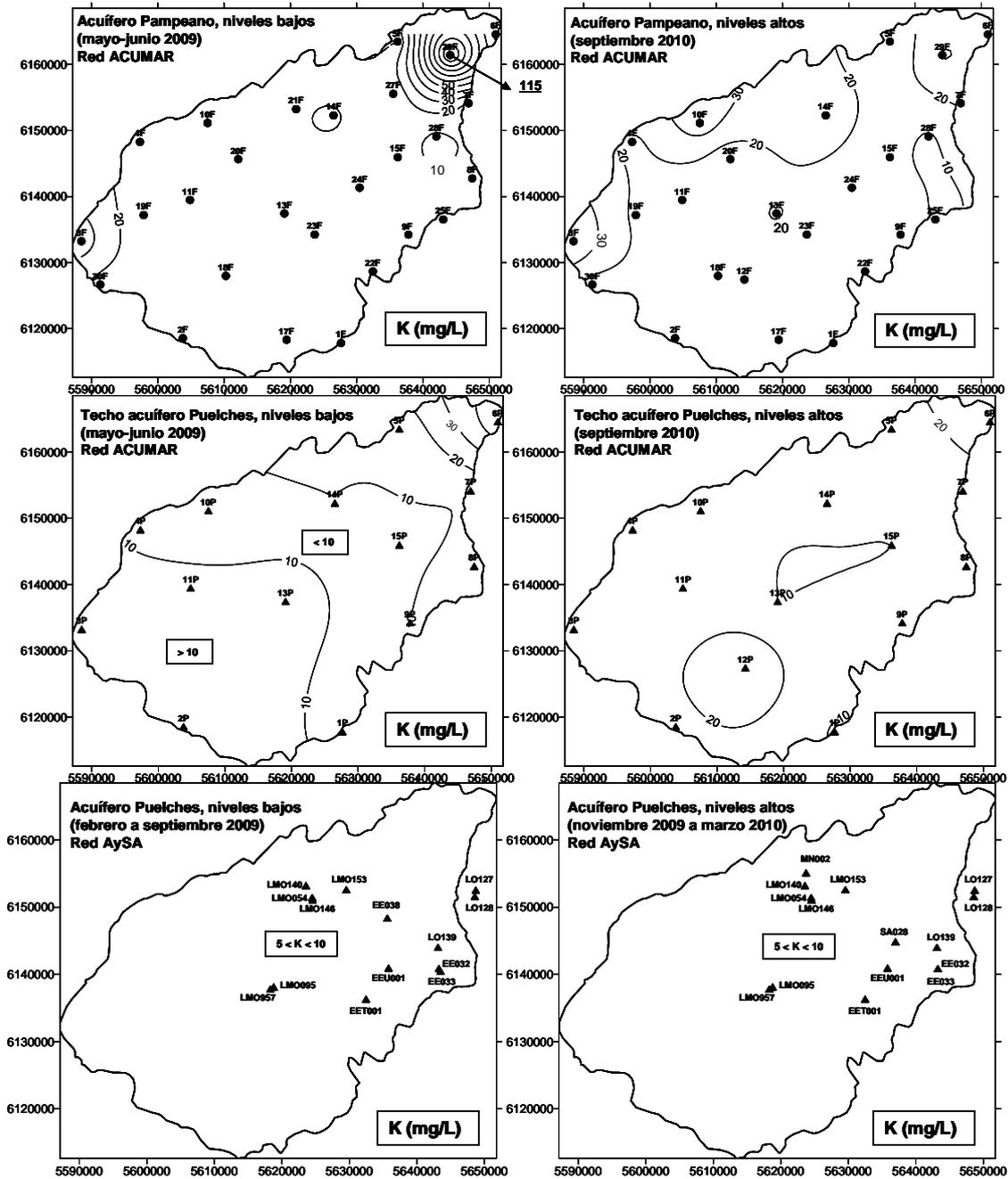


Figura 5.23. Distribución espacial de K (mg/L) en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).

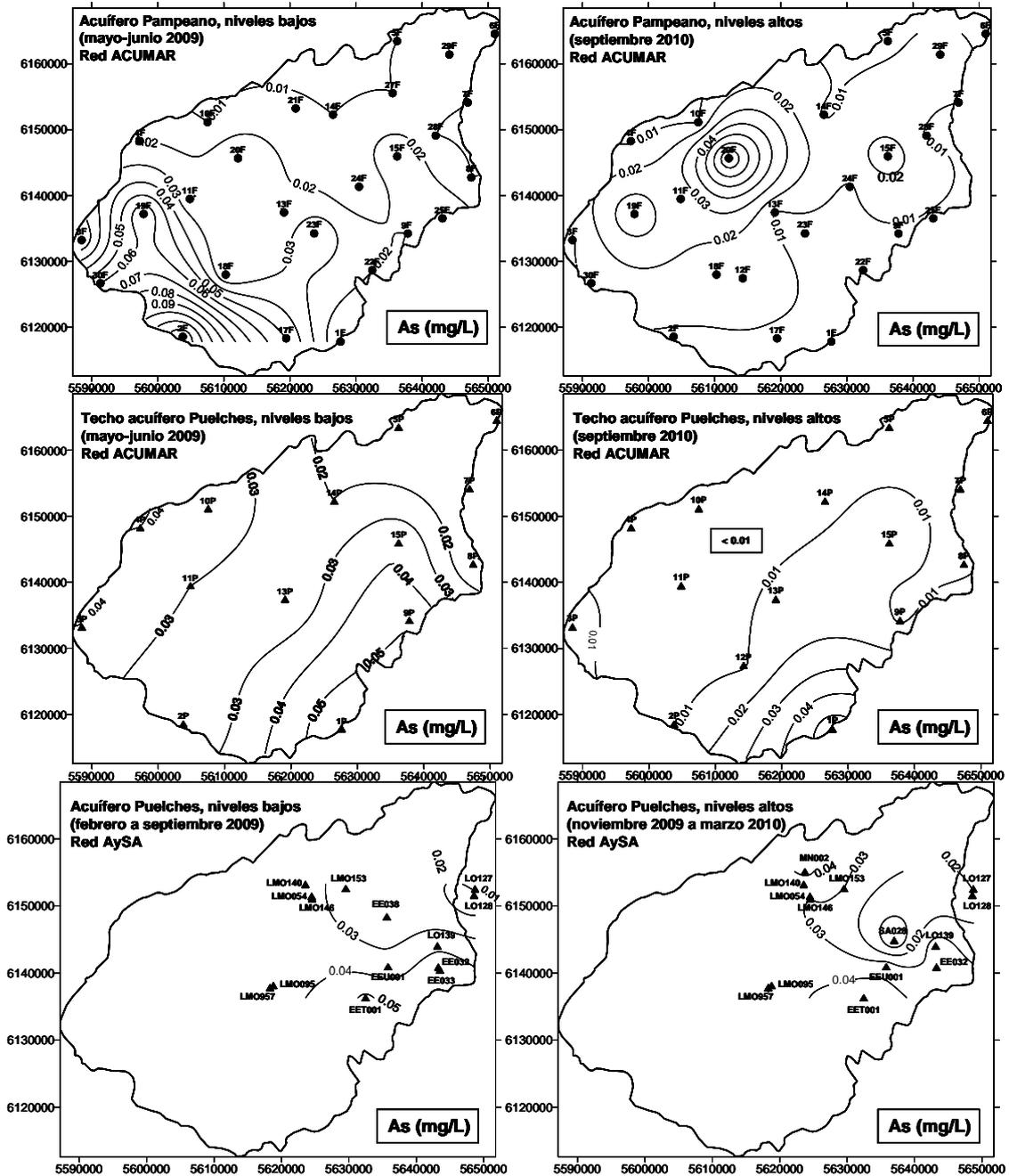


Figura 5.24. Distribución espacial de As (mg/L) en los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiados (Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches) y en las dos épocas hidrodinámicas consideradas (niveles bajos: mayo-junio de 2009 para los datos de la red de ACUMAR y febrero a septiembre de 2009 para los datos de los pozos de AySA; niveles altos: septiembre de 2010 para la red de ACUMAR y noviembre de 2009 a marzo de 2010 para los pozos de AySA).

5.3 EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LOS SONDEOS DE LA RED DE ACUMAR

A continuación se describe la evolución temporal de la composición química del agua subterránea a las dos profundidades de estudio de la red de monitoreo de ACUMAR (pozos F y P) entre mayo de 2008 y septiembre de 2011. Se compara la evolución de ambos niveles entre sí y con los cambios temporales de la profundidad del agua, y se realizan algunas hipótesis preliminares sobre las posibles causas de dichas evoluciones, señalando cuáles pueden ser de origen natural (fondo natural) y cuáles pueden ser resultado de afecciones antrópicas al fondo natural.

Antes de describir la evolución hidroquímica en cada pozo se resumen las características constructivas y se indica la posible existencia cercana de elementos ajenos al acuífero que puedan influir sobre la evolución de los niveles o de las concentraciones de solutos, tales como drenes, arroyos, lagunas, cultivos de regadío o industrias, hasta donde ha sido posible conocer esta información. Además, como apoyo a la interpretación de la evolución temporal de los parámetros químicos, se realiza un análisis de la evolución temporal de los hidrogramas de niveles de cada pozo.

En cuanto a los parámetros hidroquímicos estudiados, como ya se ha dicho en el Capítulo 3 tras seleccionar los análisis válidos en función de la calidad analítica se observó que todos los componentes trazas, excepto el As, estaban en concentraciones inferiores o similares al límite de detección, razón por la cual se decidió no graficarlos ni analizar su evolución.

Se ha representado gráficamente la evolución de los parámetros pH, CE, Na, Cl, SO₄, NO₃, Ca, Mg, K, As y alcalinidad medida en laboratorio. Se decidió representar alcalinidad y no HCO₃ debido a que en laboratorio se midió la alcalinidad total, sin discriminar la carbonatada de la bicarbonatada, pero dado que bastante de las muestras tienen valores de pH \geq 8, la contribución del CO₃ en esas muestras puede ser notable.

Los datos de pH y CE correspondientes al periodo que va de mayo de 2008 a noviembre de 2009 se midieron en laboratorio, mientras que los del periodo que va de septiembre de 2010 a septiembre de 2011 se midieron en campo.

Dado que la mayoría de los pozos presenta evoluciones similares entre sí, en este capítulo se describe la evolución temporal de pozos representativos de la evolución de muchos otros (pozos 1F y 1P; 10F y 10P) o bien que presentan comportamientos singulares (pozos 12F y 12P; 5F y 5P; 6F y 6P; 29F). La evolución temporal del resto de pozos se puede ver en el Anexo III.

POZOS 1F y 1P

Ubicación y elementos relevantes del entorno

Los pozos se encuentran en el Partido de Cañuelas, en el Ex Obrador Decavial, a 60 m de la Ruta 6. Están en la cabecera de la cuenca y en el límite SE de la misma. Se trata de una zona rural y en su entorno cercano no hay ningún elemento hídrico (dren, laguna, arroyo, etc.) que pueda influir en la evolución de los niveles piezométricos o en los contenidos de los solutos en ambos pozos.

Las actividades antrópicas que se desarrollan en cercanías a estos pozos y que pueden generar solutos que se incorporen al agua subterránea son: la cría de ganado bovino, la cría de aves de corral, la producción de huevos y leche y la elaboración industrial de lácteos y helados.

Características de los pozos relevantes para la interpretación hidroquímica

Ambos pozos fueron perforados en el año 2008. El pozo 1F ha sido substituido por otro en marzo de 2011. Los datos temporales de nivel e hidroquímica disponibles de este pozo pertenecen a dos pozos distintos: los datos que van de mayo de 2008 a mayo de 2011 pertenecen al pozo 1F antiguo y los datos posteriores a mayo de 2011 pertenecen al pozo 1F nuevo.

La información reportada por ACUMAR indica el siguiente diseño para el pozo construido en el año 2008, una profundidad de 20 m, filtro de 11 a 14,9 m y carece de tapón de fondo.

El pozo 1F construido en mayo de 2011 en reemplazo del anterior tiene una profundidad de 11,5 m y el filtro dispuesto entre 0,5 a 9.0 m.

Para el pozo 1P, se reporta una profundidad de 62 m y el filtro ubicado entre los 58 y 61 m. No se ha podido comprobar la existencia de tapón.

Análisis de la evolución de niveles piezométricos

De acuerdo a la información suministrada por ACUMAR sobre la camisa y el filtro, el pozo 1F antiguo no informaba sobre el nivel freático sino sobre niveles más profundos.

En la Figura 5.25a se ve que los hidrogramas de los pozos 1F y 1P son idénticos entre mayo de 2008 y septiembre de 2009, encontrándose el agua en ambos pozos entre 3,5 y 5 m de profundidad. A partir de esta última fecha hay una pequeña diferencia entre ambos, estando el nivel del pozo 1P por encima del nivel del pozo 1F hasta mayo de 2011, y por debajo entre julio y septiembre de 2011. De esta observación se deduce que existe un gradiente hidráulico ascendente entre el acuífero Puelche y el Pampeano, si bien el gradiente parece pequeño y se ve más claramente en el segundo de los dos periodos mencionados.

El periodo entre mayo de 2008 y julio de 2009 es poco lluvioso, a pesar de incluir dos inviernos. Los niveles de ambos pozos están bajos (>3 m de profundidad) y no responden a las lluvias, con excepción de la lluvia de julio de 2009. Entre julio de 2008 y julio de 2009 los niveles de ambos pozos descienden de forma continuada y no parecen responder a las lluvias de diciembre de 2008, febrero y marzo de 2009, al menos significativamente. Sí responden a las de junio-julio de 2009, aunque son de la misma magnitud que las de febrero y marzo.

El periodo primavera-verano de 2009 fue más lluvioso que el otoño-invierno antecedente, y los niveles ascienden de forma continua entre agosto y el final de los registros en diciembre de 2009, recuperándose aproximadamente un metro. Al inicio del nuevo programa de monitoreo, en julio de 2010, los niveles están muy altos y aún siguen ascendiendo hasta alcanzar una profundidad mínima de alrededor de 1 m en septiembre de ese año, a pesar de que las precipitaciones de julio, agosto y septiembre son menos significativas.

En el periodo que va de octubre de 2010 a septiembre de 2011 las lluvias disminuyen significativamente y los niveles descienden de forma continuada hasta junio de 2011, momento en que se recuperan un poco, aparentemente en respuesta a la lluvia de ese mes.

Es sorprendente que el gradiente entre ambos acuíferos no sea mayor, y también que los niveles en el acuífero Puelches, que está confinado, muestren un patrón de oscilación estacional, respondiendo a la recarga -en época húmeda- y al aumento de la evapotranspiración -en época seca- con igual rapidez y casi idéntica magnitud que los niveles del acuífero freático. A pesar de la diferencia de profundidades entre el pozo 1F antiguo y el pozo 1P, da la impresión de que al pozo profundo (1P) esté entrando agua desde niveles menos profundos que los correspondientes al tramo ranurado, y que los niveles medidos corresponden a una mezcla ponderada de potenciales de distintas profundidades, incluyendo zonas muy someras. Además, parece que la evolución temporal de los niveles en ambos pozos obedece únicamente a la estacionalidad climática, sin que -aparentemente- esté afectada por bombeos.

Análisis de la evolución hidroquímica

- **Conductividad eléctrica (CE):** tanto las aguas del pozo 1F como las del pozo 1P tienen valores de CE poco variables en el tiempo que oscilan en torno a dos magnitudes significativamente distintas, siendo el agua del sondeo perforado en la formación Puelches algo más salina: para el pozo 1F oscilan en torno a 0,6 mS/cm y para el pozo 1P en torno a 1 mS/cm (Figura 5.25b).

Una interpretación preliminar del hecho de que el agua del acuífero Puelches sea más salina que la del acuífero Pampeano sugiere que el origen principal de los solutos en el primero es la litología de la propia formación, sin que se puedan descartar otras fuentes de solutos, mientras que el origen principal de los solutos del acuífero Pampeano debe ser el agua de recarga local (lluvia) concentrada por evapotranspiración y modificada por reacciones con la litología.

A pesar de las escasas variaciones temporales, observando con detalle la evolución de la CE respecto a la de los niveles piezométricos se ven dos periodos con comportamiento opuesto pero consistente:

1. Entre julio y noviembre de 2009 los valores de CE de ambos pozos disminuyen de forma continua mientras los niveles de agua suben en respuesta a la recarga de la lluvia. Esto sugiere un efecto de dilución del agua muestreada en ambos pozos por mezcla con el agua de recarga reciente.
2. Entre septiembre 2010 y junio de 2011 los valores de CE de ambos pozos aumentan ligeramente pero de forma continua mientras los niveles del agua en ambos van descendiendo. Esto podría sugerir un aumento de concentración salina por efecto de la evapotranspiración, pero parece poco probable que dicho efecto alcance a los niveles profundos que en teoría capta el pozo 1P. Otra hipótesis, que parece más probable desde el punto de vista hidráulico pero que aún hay que comprobar, es que la evolución observada es resultado del aumento de gradiente vertical ascendente en ese periodo: al disminuir la carga hidráulica en el acuífero Pampeano por efecto combinado de la disminución de la recarga y el aumento de la evapotranspiración, el flujo vertical ascendente desde las formaciones inferiores incrementa, aportando solutos.

Estas hipótesis deben ser contrastadas mediante estudios hidrogeoquímicos.

- **Na:** los contenidos de sodio en el acuífero Puelches son significativamente mayores (cinco veces más) que en el acuífero Pampeano en todo el periodo de estudio (Figura 5.25c).

Las concentraciones de Na oscilan temporalmente en ambos pozos, y aunque en términos relativos se podría decir que el rango de variación es pequeño, comparando estos cambios con la variación de los niveles de agua se pueden proponer algunas hipótesis:

Tanto en el pozo 1F como en el 1P las concentraciones de Na aumentan ligeramente al descender los niveles (tanto en el periodo mayo de 2008-junio de 2009 como en el periodo septiembre de 2010-junio de 2011). La causa podría ser la misma propuesta para los cambios observados en la CE.

Al ascender los niveles de ambos pozos entre julio y noviembre de 2009 como consecuencia, en principio, de la recarga, la concentración de Na en el pozo 1F disminuye al principio pero luego continúa aumentando, mientras que en el pozo 1P disminuye de forma continua. La evolución observada en el pozo 1F podría deberse a la contribución a la zona saturada de agua procedente de la zona no saturada y que está concentrada por evapotranspiración. La evolución observada en el pozo 1P podría deberse al efecto de dilución que produce esa misma recarga en las aguas del acuífero Puelches, las cuales de forma natural están más concentradas en Na que las de recarga local.

Todas estas hipótesis deben aún ser contrastadas.

- **Cl:** los contenidos de Cl en el agua de ambos pozos son muy similares en magnitud, entre 5 y 15 mg/L, aunque las concentraciones son siempre ligeramente mayores en el agua del pozo 1P que en la del pozo 1F (Figura 5.25d).

Los cambios temporales del Cl en ambos pozos son muy pequeños y ocurren al mismo tiempo y en el mismo sentido: se observa un muy ligero aumento de las concentraciones en época seca, conforme los niveles van descendiendo. Esto podría deberse a un aumento de la concentración por efecto de la evapotranspiración, no obstante, y con independencia de que es difícil proponer esta hipótesis para las aguas (teóricamente profundas) del pozo 1P, la pequeñísima magnitud de los cambios (del orden de unos pocos mg/L, menos de 5) aconseja no buscar hipótesis para explicar cambios que son del mismo orden de magnitud que la incertidumbre analítica.

En definitiva se podría decir que en el agua de estos dos pozos la fuente principal de Cl es la misma y que el aporte de Cl al agua es bastante constante, al menos durante el periodo estudiado.

- **SO₄:** las concentraciones de sulfato en las aguas de los pozos 1F y 1P son moderadas y del mismo orden de magnitud, en torno a 20-30 mg/L (Figura 5.25e).

En el periodo estudiado no se observan situaciones consistentes de predominio de concentraciones mayores en uno u otro pozo, aunque podría ser que en momentos en los cuales hay recarga las concentraciones aumenten en el pozo 1F, como parece suceder en marzo y agosto de 2009.

Lo observado sugiere que para estos dos pozos el SO₄ tiene el mismo origen principal, sea cual sea éste. No obstante, en momentos de recarga parece que se observa cierta

incorporación de SO_4 a las zonas más someras del acuífero Pampeano, posiblemente procedente del agua que estaba en la zona no saturada sometida a concentración por efecto de la evapotranspiración en periodos entre lluvias.

- **NO_3^-** : las concentraciones de nitrato son también moderadas y del mismo orden de magnitud en ambos pozos (5 a 10 mg/L) (Figura 5.25f).

Como en el caso del SO_4 , no se observan mayores contenidos en un pozo que en el otro, pero a diferencia de aquél el NO_3^- sí muestra una tendencia de evolución temporal: las concentraciones disminuyen ligeramente pero consistentemente entre mayo de 2008 y julio de 2009, de forma paralela al descenso de niveles en ambos pozos, y la tendencia decreciente parece detenerse en julio de 2009, momento en el cual los niveles de agua parece que empiezan a subir en respuesta a la recarga por lluvia (en julio de 2010 están 2 m más altos).

En el segundo periodo de monitoreo, entre septiembre de 2010 y septiembre de 2011, sólo hay cuatro muestreos y de ellos solo un análisis químico es válido (con calidad razonable) del pozo 1F. Para el pozo 1P hay cuatro análisis válidos los cuales parecen sugerir que la recarga de finales de 2009 y principios de 2010 incorpora agua con NO_3^- a dicho pozo, ya que las concentraciones de este soluto son algo más altas (casi 14 mg/L) en época de niveles altos y disminuyen conforme descienden los niveles. No obstante, quedaría pendiente de explicación porqué el pozo 1P, con la zona ranurada ubicada en un acuífero confinado y entre 58 y 61 m de profundidad (en teoría), reacciona a la recarga por lluvia de forma casi inmediata.

Por similitud con lo que ocurre en otras zonas del planeta, la pequeña magnitud de las concentraciones de NO_3^- se podría justificar solamente con el aporte atmosférico, aunque se desconoce el valor de dicho aporte en la zona y habría que evaluarlo. No obstante, no se puede descartar una pequeña contribución de fuentes ganaderas o agrícolas que, en cualquier caso, no parece muy relevante desde el punto de vista cuantitativo.

- **Ca**: las concentraciones de calcio en los pozos 1F y 1P son bastante diferentes, siendo entre 3 y 4 veces mayores en el pozo del acuífero Pampeano (Figura 5.25g).

En el pozo 1P, que en teoría capta el acuífero Puelches, las concentraciones oscilan poco temporalmente y están en torno a 20 mg/L. No se observa ninguna tendencia consistente de evolución de las concentraciones de Ca en este pozo respecto a la evolución de los niveles que permita relacionar ambos.

En el pozo 1F las concentraciones oscilan bastante, entre 20 y casi 90 mg/L, y a pesar de que existe mucha dispersión (que parece de origen analítico), también se observa una clara correlación entre los niveles y el contenido de Ca en el sentido de aumentar la concentración al ascender los niveles como consecuencia de la recarga. Esto sugiere que al incorporarse agua fresca de recarga a la zona saturada hay un aporte de Ca. Este aporte debe ser consecuencia, principalmente (aunque haya otros procesos), de la disolución de carbonatos sólidos por parte de un agua aún no equilibrada con calcita. Estas hipótesis se deben contrastar con el estudio de las relaciones iónicas y los índices de saturación mineral en marcha, que no se incluye aquí.

- **Mg**: las concentraciones de Mg en ambos pozos son también diferentes, aunque no tanto como las de Ca, y el agua del pozo ubicado en el acuífero Pampeano tiene mayores contenidos (entre 10 y 30 mg/L; el valor de casi 50 mg/L en mayo de 2009

parece poco confiable y puede deberse a causas analíticas) que el agua del pozo ubicado en el acuífero Puelches (entre 5 y 12 mg/L) (Figura 5.25h).

Como en el caso del Ca, los contenidos de Mg en el agua del pozo 1P varían muy poco temporalmente y no se observa ninguna correlación clara con la variación del nivel del agua.

En el pozo 1F hay una mayor dispersión en las concentraciones, la cual no parece tener justificación hidrogeoquímica y se atribuye, a priori, a imprecisiones analíticas.

La ausencia aparente de correlación entre la evolución de los contenidos de Mg y la de los niveles impide hacer hipótesis en este momento acerca de las causas de dicha evolución.

- **Alcalinidad:** la alcalinidad de los pozos 1F y 1P son elevadas pero distintas. Las del pozo 1P están en torno a 550 mg/L de CaCO_3 y las del pozo 1F están en torno a 300 mg/L de CaCO_3 (Figura 5.25i).

Las variaciones temporales de alcalinidad son pequeñas en ambos pozos, en general inferiores a 60 mg/L (el valor del pozo 1F en octubre de 2009 no parece ser un cambio real sino un error en la medición). Aparentemente no hay una relación clara entre la evolución de los niveles y la de la alcalinidad en ninguno de los dos pozos, aunque parece observarse cierta correlación positiva para el pozo 1P, en el sentido de disminuir ligeramente la alcalinidad al descender el nivel de agua y aumentar al ascender éste, pero siempre en una magnitud muy pequeña (< 60 mg/L) comparada con las concentraciones de fondo del agua. Esto sugiere dos cosas: 1) que los procesos que incorporan alcalinidad al agua y las reacciones correspondientes están en equilibrio o cerca del equilibrio la mayor parte del tiempo; 2) que con ocasión de eventos de recarga puede producirse un pequeño desequilibrio el cual induce pequeños aportes de alcalinidad al agua.

Los procesos que pueden aportar alcalinidad a las aguas del pozo 1F son la disolución de CO_2 edáfico en el agua de recarga, la disolución de carbonatos sólidos y la disolución de silicatos sódico-cálcicos en presencia de CO_2 edáfico. En el caso del pozo 1P no es razonable pensar que quede aún CO_2 edáfico sin consumir en el agua a la profundidad de las ranuras, pero sí disolución de carbonatos, quizás inducida por procesos de intercambio iónico.

- **pH:** los valores de pH de las aguas de ambos pozos son muy cercanos, oscilan entre 7,5 y casi 9 y lo hacen de forma paralela en los dos pozos (Figura 5.25j), aunque el pH del pozo 1P es unas décimas de unidad mayor que el del pozo 1F.

Los valores de pH de ambos pozos en el segundo periodo de monitoreo (2010-11), que fueron medidos en campo, son casi una unidad inferior a los valores del primer periodo (2008-09), que fueron medidos en laboratorio. Dado que las aguas tienen alcalinidades elevadas, la diferencia de magnitudes del pH en ambos periodos se podría explicar por el hecho de haber sido medidos unos in situ y otros de laboratorio.

No obstante, llama la atención la gran amplitud de oscilación de los valores de pH en ambos pozos, para la cual no parece haber una causa hidrodinámica ni hidrogeoquímica, ya que la oscilación tanto de los niveles como de la alcalinidad es de muy menor amplitud. Da la impresión de que buena parte de la variabilidad del pH entre campañas consecutivas se debe a causas empíricas relacionadas con la propia medición, no con los cambios hidroquímicos del agua.

A pesar de esta dispersión de valores, a grandes rasgos parece que se observa una ligera tendencia a disminuir los valores de pH en ambos pozos (más claramente en el 1P) desde el inicio de los muestreos mayo de 2008 hasta los últimos datos disponibles. A priori es difícil proponer hipótesis plausibles para explicar la evolución del pH observada en ambos pozos. Sería conveniente medir esta variable en campo (con celda de flujo continuo) y también en laboratorio.

- **K:** los contenidos de K en las aguas de ambos pozos son distintos, mostrando el agua del pozo 1F concentraciones del orden del doble (en torno a 15-20 mg/L) que el agua del pozo 1P (en torno a 10 mg/L) (Figura 5.25k).

El contenido de K en el agua del pozo 1P varía muy poco temporalmente, y fuera de algunas oscilaciones temporales muy acusadas cuya explicación no parece hidrogeoquímica sino analítica, quizá haya una ligerísima disminución de las concentraciones entre abril y noviembre de 2009 que parece paralelo al ascenso del nivel del agua.

Las oscilaciones son mayores en el agua del pozo 1F, aunque, como ya se ha dicho, se observa bastante dispersión entre campañas consecutivas la cual es difícil atribuir a causas hidrogeoquímicas y podría ser analítica. A pesar de la dispersión parece que las concentraciones de K disminuyen al descender los niveles y aumentan al ascender estos. Esta correlación indicaría que la fuente principal de K está en el agua de recarga o bien vinculada a los episodios de recarga, como se ha propuesto para el Ca o el SO₄.

Las fuentes K serían la litología el Pampeano (feldespatos potásicos) y las actividades antrópicas que puedan incorporar este soluto al agua de recarga.

- **As:** los contenidos de As en el agua del 1F están por debajo del límite de detección (10 µg/L). Las aguas del pozo 1P tienen entre 40 y 140 µg/L, si bien el único valor >100 µg/L parece poco confiable (Figura 5.25l).

El contenido de As en el agua del pozo 1P varía en el tiempo. Para la mayor parte del periodo de estudio parece observarse una cierta correlación positiva con los niveles, disminuyendo las concentraciones al descender los niveles y aumentando al ascender estos. Dado que la evolución de los niveles se ha atribuido a la dinámica estacional de la recarga, esto indicaría que la fuente de As (al menos la fuente principal) está en los sedimentos del Pampeano.

Este comportamiento muestra una excepción en agosto de 2008, momento en el que se produjo un aumento de concentración de un orden de magnitud respecto a lo observado en las tres primeras campañas de control (mayo, junio y julio de 2008) que es difícil de justificar, sobre todo porque dicha situación no parece un hecho aislado y atribuible a error o imprecisión analítica (en las siguientes campañas el pozo tiene concentraciones progresivamente decrecientes pero coherentes con la de agosto) ni se repite en ningún otro componente del mismo pozo. Dicho comportamiento sí se repite,

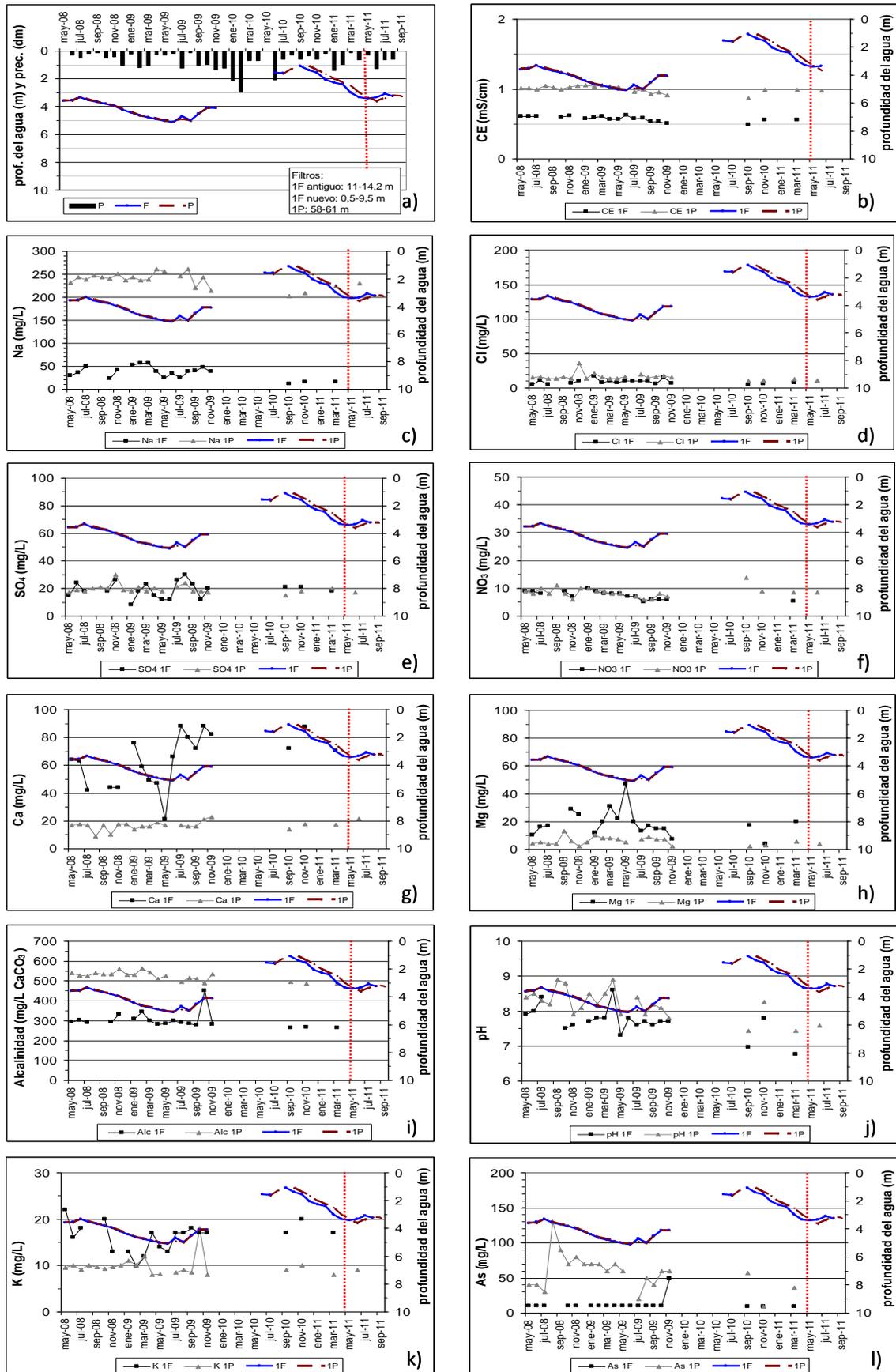


Figura 5.25. Evolución temporal de niveles y de parámetros químicos en los pozos 1F y 1P.

solamente para el As, en la mayoría de los otros pozos, lo cual hace pensar en una posible causa analítica, por ejemplo una modificación del método a partir de agosto de 2008.

POZOS 12F y 12P

Ubicación y elementos relevantes del entorno

Estos pozos se ubican en el Partido de Cañuelas, a pocos metros de la Ruta 3. Están en la cabecera de la cuenca (parte media) y en zona rural.

El elemento hídrico relevante en este sector es la presencia de un canal de drenaje paralelo a la ruta y cercano a los pozos. A unos 300 m aguas arriba de los pozos se observa, además, la presencia de un canal con dirección sureste-noroeste que desagua en un curso de agua superficial (posible desagüe pluvial).

Las actividades antrópicas que se desarrollan en cercanías a estos pozos son: cría de ganado bovino y de aves de corral, producción de leche, elaboración de aceites y grasas vegetales y elaboración de productos lácteos.

Características del pozo relevantes para la interpretación hidroquímica

Estos pozos fueron perforados en el año 2008. La información reportada por ACUMAR indica que el pozo 12F tiene una profundidad total de 20 m, el filtro dispuesto entre los 10,5 y 14,2 m y carece de tapón de fondo, mientras que el pozo 12P tiene los filtros ubicados entre los 50 y 53 m y posee tapón de fondo.

Durante agosto de 2008 y agosto de 2009 se interrumpió el muestreo por realizarse obras de ensanchamiento en la Ruta 3.

Análisis de la evolución de niveles piezométricos

Los hidrogramas de estos pozos (Figura 5.26a) son idénticos a los de los pozos 1F y 1P tanto en su morfología como en la magnitud de la profundidad del agua (oscilan entre 1,5 y 5 m). La única diferencia observada es que para el periodo mayo-julio de 2008 el nivel del pozo 12P está levemente por encima del nivel del pozo 12F. Al igual que los pozos anteriores, parece que la evolución temporal obedece únicamente a la estacionalidad climática.

Análisis de la evolución hidroquímica

- **Conductividad eléctrica (CE):** tanto las aguas del pozo 12F como las del pozo 12P tienen valores de CE poco variables en el tiempo que oscilan en el entorno cercano a dos magnitudes significativamente distintas, siendo el agua del sondeo perforado en la formación Puelches bastante más salina que la del perforado en el Pampeano. Para el pozo 12F los valores de CE oscilan en torno a 1,7 mS/cm y para el pozo 1P en torno a 3 mS/cm (Figura 5.26b). Se trata de aguas bastante más salinas que las observadas en los pozos 1F y 1P.

Como en el caso de las aguas de los pozos ya descritos, una interpretación preliminar sugiere que el origen principal de los solutos en el pozo 12P es la litología de la propia formación, sin que se puedan descartar otras fuentes de solutos, mientras que el origen

principal de los solutos del pozo 12F debe ser el agua de recarga local (lluvia) concentrada por evapotranspiración y modificada por reacciones con la litología.

Entre mayo de 2008 y noviembre de 2009 hay muy pocos datos como para intentar ver tendencias.

Entre septiembre de 2010 y marzo de 2011 los valores de CE de ambos pozos aumentan ligeramente mientras los niveles del agua en ambos van descendiendo. En el caso del pozo 12F la hipótesis más plausible es un aumento de concentración salina por efecto de la evapotranspiración, hipótesis apoyada por el hecho de que la muestra de junio de 2011 es menos salina y los niveles son más altos por un evento de recarga. De hecho, en mayo de 2011 se invierte el gradiente hidráulico ya que el nivel del pozo 12F es mayor al del pozo 12P.

En el caso del pozo 12P, las muestras de junio y de agosto de 2011 no muestran cambios de CE. Aunque el nivel asciende también, se mantiene por debajo del nivel del pozo 12F.

- **Na:** los contenidos de sodio en el acuífero Puelches son mayores (casi el doble) que en el acuífero Pampeano en todo el periodo de estudio (Figura 5.26c).

Se observan dos comportamientos diferentes, en los últimos muestreos realizados en el año 2009, las concentraciones de este ión en ambos acuíferos se comportan de manera similar y de forma inversa al comportamiento del nivel. Cuando el nivel asciende como respuesta a las lluvias, las concentraciones disminuyen. La causa podría ser la misma propuesta para los cambios observados en la CE, efecto de dilución.

En cambio en los muestreos realizados entre 2010 y 2011 el Na en el acuífero Pampeano varía como el nivel mientras que en el Puelches se comporta de manera inversa. En el pozo 12F esta evolución podría explicarse por la contribución a la zona saturada de agua procedente de la zona no saturada que está concentrada por evapotranspiración. Mientras que en el pozo 12P la evolución observada durante este periodo, podría deberse al efecto de dilución que produce esa misma recarga en las aguas del acuífero Puelches, las cuales de forma natural están más concentradas en Na que las de recarga local.

Estas hipótesis deben ser contrastadas con el estudio de las relaciones iónicas.

- **Cl:** los contenidos de Cl son muy diferentes en ambos acuíferos. En el acuífero Pampeano oscilan entre 50 y 150 mg/L mientras que en el Puelches entre 450 y 550 mg/L (Figura 5.26d).

Pareciera que los cambios temporales del Cl en ambos pozos son pequeños (se cuenta con pocos datos). Se observa una disminución de las concentraciones en ambos acuíferos conforme los niveles van ascendiendo (meses de septiembre a noviembre de 2009). Esta disminución de la concentración podría deberse a un efecto de dilución, aunque es difícil proponer esta hipótesis para las aguas del pozo 12P. En los muestreos de 2010 y 2011 pareciera que las concentraciones varían de igual forma que los niveles.

- **SO₄:** la concentración de SO₄ en el acuífero Pampeano oscila en torno a 50 y 250 mg/L mientras que en el Puelches entre 400 y 500 mg/L (Figura 5.26e).

En el pozo 12F pareciera que en momentos de niveles altos como consecuencia de recarga reciente, las concentraciones fueran ligeramente mayores. Mientras que en el pozo 12P pareciera que las concentraciones se comportan de manera inversa al nivel, esto es aumentan a medida que el nivel desciende.

- **NO₃**: las concentraciones de NO₃ en ambos acuíferos oscilan en torno a 5 y 30 mg/L (Figura 5.26f).

En los muestreos de mayo, junio y julio de 2008, los valores de este ión en el acuífero Puelches superaron los 100 mg/L. Estas concentraciones tan elevadas podrían deberse al contenido de NO₃ que debió haber tenido el agua que se utilizó durante la perforación.

En los muestreos realizados en los años 2010 y 2011 pareciera que en el Pampeano la concentración de este ión aumenta conforme desciende el nivel, mientras que en el acuífero Puelches se observa un incremento continuo de la concentración desde septiembre de 2010 a agosto de 2011.

- **Ca**: tanto en el pozo 12F como en el 12P las concentraciones de Ca varían considerablemente en el tiempo (mucha dispersión de los datos). Pero en ambos acuíferos estas concentraciones varían de igual manera frente a la evolución de los niveles. La única diferencia entre los contenidos de Ca de ambos acuíferos radica en la magnitud. En el Pampeano oscila en torno a 30 y 120 mg/L mientras que en el Puelches entre 90 y 150 mg/L (Figura 5.26g).

Pareciera que tanto en el acuífero Pampeano como en el Puelches, y a pesar de que existe mucha dispersión (que parece de origen analítico), también se observa una clara correlación entre los niveles y el contenido de Ca en el sentido de aumentar la concentración al ascender los niveles como consecuencia de la recarga. Esto sugiere que al incorporarse agua fresca de recarga a la zona saturada hay un aporte de Ca. Este aporte debe ser consecuencia, principalmente (aunque haya otros procesos), de la disolución de carbonatos sólidos por parte de un agua aún no equilibrada con calcita. Estas hipótesis se deben contrastar con el estudio de las relaciones iónicas y los índices de saturación mineral en marcha, que no se incluye aquí.

- **Mg**: existe mucha dispersión en las medidas de Mg en ambos acuíferos. Las concentraciones mayores de este catión se midieron en el acuífero Puelches, en donde oscilan en torno a 10 y 100 mg/L mientras que en el Pampeano lo hacen entre 5 y 40 mg/L (Figura 5.26h).

En ambos acuíferos los contenidos de Mg varían temporalmente, siendo algo menor esta variación en el pozo 12F. No se observa ninguna correlación clara con la variación del nivel del agua.

- **pH**: los valores de pH de las aguas de ambos pozos son muy similares, oscilan entre 7 y casi 8.5 (Figura 5.26j). Los valores de pH medidos en ambos pozos en el segundo periodo de monitoreo (2010-11), que corresponden a mediciones realizadas en campo, son casi una unidad inferior a los medidos en el primer periodo (2008-09), que corresponden a mediciones realizadas en laboratorio. La diferencia de magnitudes se podría explicar por el momento en que se midieron.

- **K:** los contenidos de K en las aguas de ambos pozos son distintos, mostrando el agua del pozo 12P concentraciones del orden del doble (en torno a 20-30 mg/L) que el agua del pozo 12F (en torno a 15 mg/L) (Figura 5.26k).

Si bien se cuenta con pocos datos parece que el contenido de K en ambos pozos varía temporalmente. La mayor dispersión de los datos se observa en el pozo 12P. Pero, a pesar de la dispersión, parece que las concentraciones de K disminuyen al descender los niveles y aumentan al ascender estos. Esta correlación indicaría que la fuente principal de K está en el agua de recarga o vinculada a los episodios de recarga. No obstante queda pendiente identificar si la única fuente de K es la litología o hay actividades antrópicas que puedan incorporar también este soluto al agua de recarga.

- **As:** los contenidos de As en el agua del 12F están por debajo del límite de detección (10 µg/L) a excepción de dos muestreos (septiembre y noviembre de 2010) en los cuales las concentraciones están cercanas a este límite. Las concentraciones de As del agua del pozo 12P están por debajo del límite de detección, con excepción de las 3 primeras muestras medidas al inicio de muestreo, las cuales responderían a la composición química del agua que se utilizó durante la perforación de este pozo (Figura 5.26l).

POZOS 10F y 10P

Ubicación y elementos relevantes del entorno

Estos pozos se ubican en el Partido de Marcos Paz, en el sector medio de la cuenca (parte norte) y en la planta urbana de Marcos Paz. No se observa ningún elemento hídrico relevante.

Las principales actividades que se desarrollan son: la cría de ganado y producción de leche y la cría de aves de corral y producción de huevos más las actividades propias de una ciudad.

Características del pozo relevantes para la interpretación hidroquímica

La información proporcionada por ACUMAR indica que el pozo 10F antiguo, instalado en 2008 y utilizado hasta mayo de 2011, tenía el filtro ubicado entre los 10,3 y los 14,2 m y no poseía tapón de fondo. Este pozo fue cegado y en mayo de 2011 se construyó uno nuevo con una profundidad total de 10 m y con el filtro dispuesto entre 1 m y 9 m.

Los datos temporales de nivel e hidroquímica disponibles de este pozo pertenecen pues a dos pozos distintos: los datos que van de mayo de 2008 a mayo de 2011 pertenecen al pozo 10F antiguo y los datos posteriores a mayo de 2011 pertenecen al pozo 10F nuevo.

En el caso del pozo 10P, la información de ACUMAR indica que el filtro se ubica entre los 52 y 55 m y posee tapón de fondo.

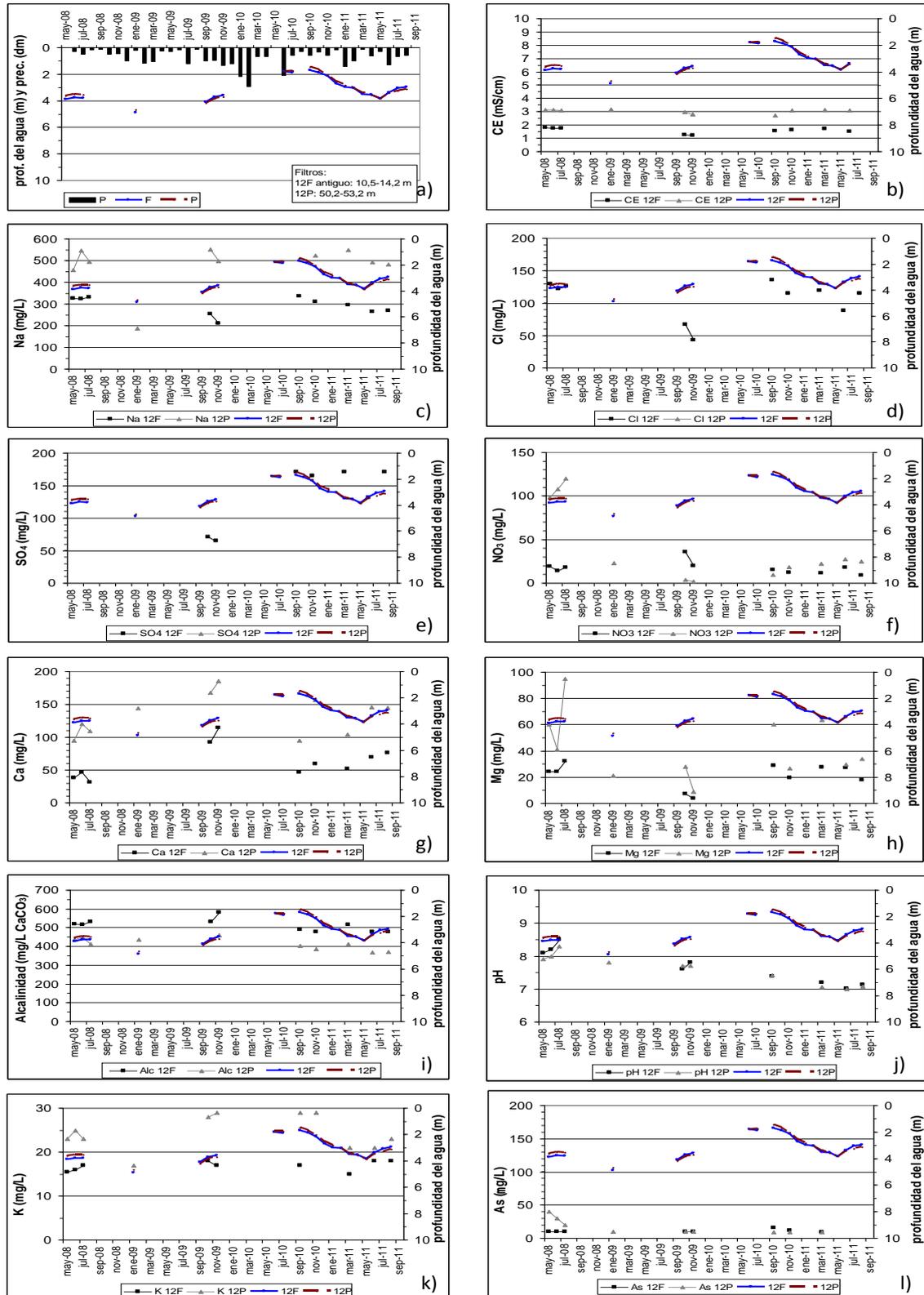


Figura 5.26. Evolución temporal de niveles y de parámetros químicos en los pozos 12F y 12P.

Análisis de la evolución de niveles piezométricos

El hidrograma del pozo 10F (Figura 5.27a) es similar al del pozo 1F en cuanto a morfología y en cuanto a magnitud (oscila entre 1 y 5 m). Sin embargo en este pozo se observa que el nivel responde levemente a cada una de las precipitaciones ocurridas. El pozo 10P en general mantiene la misma morfología que el 10F, pero se observa que el nivel desciende progresivamente hasta enero de 2009 y a partir de esta fecha tiende a recuperarse respondiendo a las lluvias de febrero-marzo y julio de 2009. En la segunda etapa del muestro (realizada por el INA) el nivel está más próximo a la superficie prácticamente con la misma morfología que en el pozo 10P. Existe un gradiente descendente entre ambos acuíferos.

Análisis de la evolución hidroquímica

- **Conductividad eléctrica (CE):** en ambos pozos la CE oscila en torno a 0,9 mS/cm y es muy poco variable en el tiempo. Se observan los mismos dos comportamientos que en los pozos anteriores (Figura 5.27b). Esto es una disminución de los valores de CE conforme los niveles de agua suben y un aumento de CE cuando los niveles del agua descienden.
- **Na:** el contenido de Na en el acuífero Puelches es mayor (casi cuatro veces) que en el acuífero Pampeano en todo el periodo de muestreo (Figura 5.27c). En el pozo 10P oscila en torno a 200 mg/L mientras que en el pozo 10F lo hace en torno a 50 mg/L. En ambos es muy poco variable en el tiempo.

En el caso del pozo 10F, hasta marzo de 2009 las concentraciones tienden a aumentar conforme disminuye el nivel (este comportamiento se observa en el periodo seco), luego se observa un descenso en las concentraciones (abril a julio de 2009) y posteriormente aumentan muy levemente conforme se recupera el nivel (últimos meses del año 2009). En el segundo periodo de muestreo los valores de Na son constantes en el tiempo.

En el pozo 10P las concentraciones de Na son poco variables en el tiempo y no se observa una relación clara entre la variación del mismo y la del nivel del agua.

- **Cl:** en el pozo 10F el Cl varía entre 25 y 50 mg/L y es algo más variable en el tiempo. En el Puelches el Cl oscila en torno a 10 mg/L (Figura 5.27d) y es muy estable en el tiempo.

En el pozo 10F no es muy clara la relación entre el Cl y la variación del nivel, mientras que en el pozo 10P el Cl prácticamente no varía en el tiempo.

- **SO₄:** el SO₄ en el pozo 10F oscila entre 10 y 25 mg/L (en dos muestreos se midieron concentraciones por encima de 25 mg/L). En el pozo 10P el contenido de SO₄ varía entre 25 y 45 mg/L. La variación temporal es similar en ambos acuíferos (Figura 5.27e).

En ambos acuíferos se observa un incremento continuo del contenido de este ión entre mayo de 2008 y noviembre de 2008 conforme disminuyen los niveles. A partir de aquí descienden las concentraciones, aumentando nuevamente a partir de junio de 2009, siendo este aumento más marcado en el acuífero Puelches.

En el segundo periodo de muestreo en ambos acuíferos los valores de SO₄ son muy estables en el tiempo.

- **NO₃**: en el pozo 10F el NO₃ varía entre 5 y 50 mg/L mientras que en el pozo 10P oscila en torno a 10 mg/L (Figura 5.27f).

En el acuífero Pampeano las concentraciones de NO₃ son mucho más variables en el tiempo que en el techo del acuífero Puelches y los máximos valores medidos coinciden con el periodo más seco (máximo descenso del nivel). En el acuífero Puelches este ión se mantiene muy estable en el tiempo.

- **Ca**: el contenido de Ca en el pozo 10F oscila entre 30 y 120 mg/L y es muy variable en el tiempo. En el pozo 10P lo hace entre 10 y 30 mg/L (Figura 5.27g).

En el pozo 10F pareciera que los valores más elevados de Ca coinciden con lluvias (entrada de agua fresca). En el pozo 10P se observa que el Ca tiende a comportarse como en el Pampeano sólo que en este pozo no se observa tanta dispersión en los datos.

- **Mg**: el contenido de Mg en el pozo 10F oscila entre 20 y 40 mg/L, solo en tres muestreos se midieron valores de 75, 4 y 5 mg/L. El Mg es muy variable en el tiempo. En el pozo 10P las concentraciones de Mg en todos los muestreos varían en torno a 10 mg/L y son menos variables en el tiempo (Figura 5.27h).

No es muy clara la correlación entre el contenido de Mg y la variación del nivel de agua, mucha dispersión de los datos en el Pampeano.

- **pH**: los valores de pH oscilan entre 6.5 y casi 9. En el Puelches los valores de pH son mayores, en algunos casos superan al pH del Pampeano por media unidad pero en algunos otros pueden alcanzar una unidad de diferencia. A su vez son muy variables los pH de un mismo acuífero entre muestreos consecutivos (Figura 5.27j).

Para estos pozos también son válidos los comentarios hechos anteriormente en cuanto a las diferencias observadas de pH en los dos periodos de muestreo y la amplitud de oscilación de estos valores.

- **K**: El contenido de K en el pozo 10F oscila entre 15 y 45 mg/L mientras que en el pozo 10P ronda en torno a 10 mg/L (Figura 5.27k).

En cuanto a la evolución temporal, en el pozo 10F las concentraciones son muy variables pero pareciera que varían de forma similar al nivel, esto es, las concentraciones más elevadas coinciden con periodos de recarga al acuífero. En el pozo 10P, por el contrario, se mantiene muy constante en el tiempo.

- **As**: el As en el pozo 10F se halla próximo al límite de detección mientras que en el pozo 10P oscila entre 20 y 80 µg/L. Pareciera que las concentraciones más elevadas en este pozo coinciden con el periodo en que los niveles están bajos. En el segundo periodo de muestreo se sigue observando este comportamiento, el nivel está próximo a la superficie y los valores están próximos al límite de detección (Figura 5.27l).

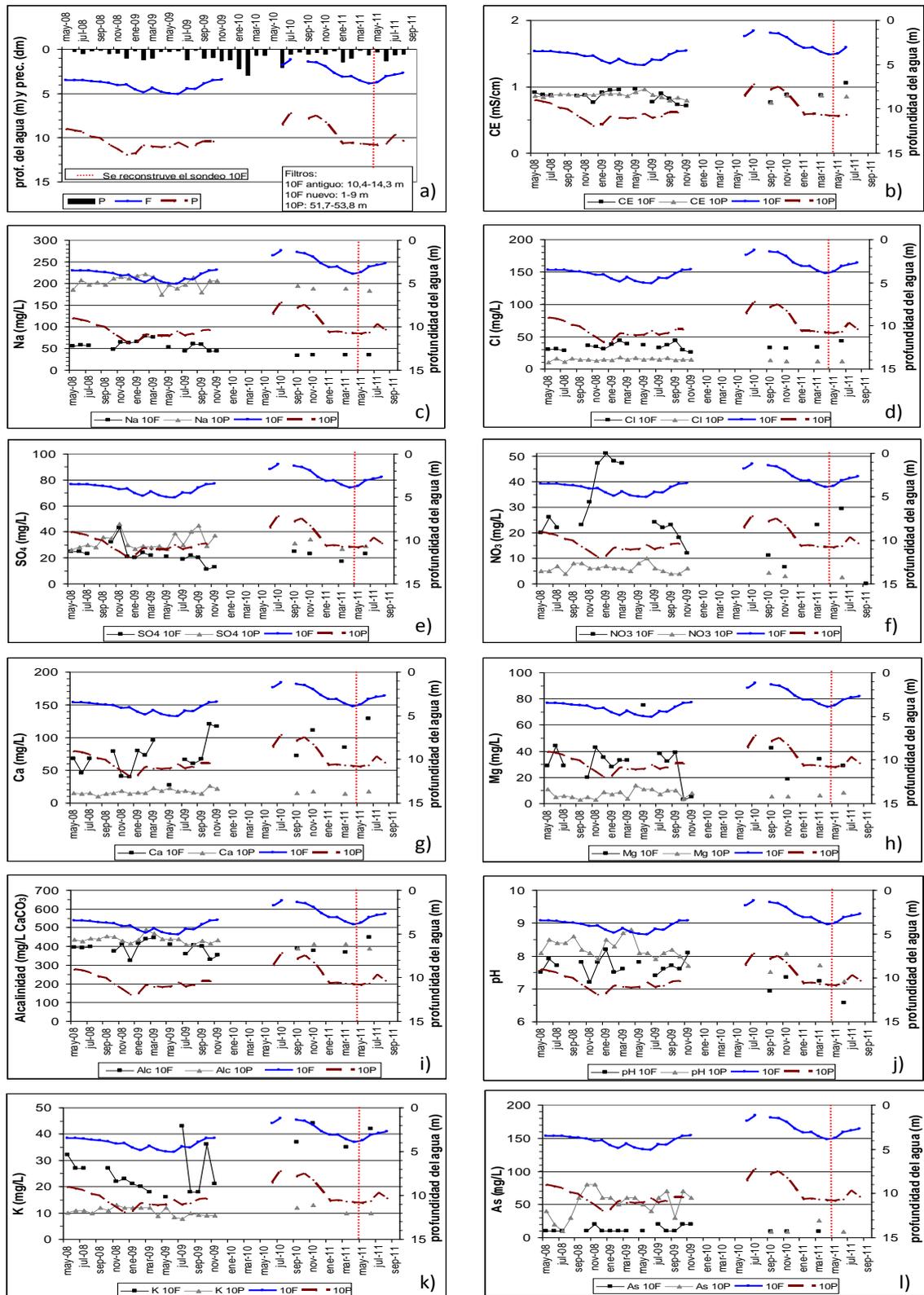


Figura 5.27. Evolución temporal de niveles y de parámetros químicos en los pozos 10F y 10P.

POZO 29F

Ubicación y elementos relevantes del entorno

Este pozo se ubica en el Partido de Lanús en el sector bajo de la cuenca. Está ubicado en una zona densamente poblada, con una fuerte actividad económica y a 1500 m al este del Riachuelo.

Próximo al Riachuelo y en dirección oeste de esta perforación se hallan un parque industrial, dos basurales y la estación de bombeo de Olazábal. Según lo informado por la BDH de ACUMAR, han detectado una bomba depresora funcionando a 15 m de esta perforación.

Características del pozo relevantes para la interpretación hidroquímica

Según ACUMAR el pozo fue instalado en el año 2008, el tramo ranurado está dispuesto entre los 4,1 y los 11,6 m y carece de tapón de fondo.

Análisis de la evolución de niveles piezométricos

En el hidrograma de esta perforación se observan dos comportamientos muy diferentes (Figura 5.28a): el primero –cronológicamente- coincide con el periodo de medición y muestreo por parte de la UNLP, en él el nivel es muy constante en el tiempo, oscila entre 0,5 y 1 m y no responde a las precipitaciones; el segundo periodo de muestreo empieza en junio de 2010, en él el nivel tampoco responde a las lluvias, pero se halla considerablemente más profundo (oscila entre 3 y 4 m).

En los pozos no afectados por elementos hídricos ajenos a la recarga de la lluvia, en este segundo periodo el nivel se recupera notablemente respecto al primer periodo. Sin embargo en este pozo la evolución temporal del nivel responde al manejo local del acuífero, singularmente a los bombeos realizados en la proximidad a este pozo. Se desconoce, no obstante, la razón por la cual el nivel está unos 2 m más profundo a partir de junio de 2010 con respecto a los dos años anteriores.

Análisis de la evolución hidroquímica

En este pozo se observa que las concentraciones varían de un período de muestreo a otro, siendo considerablemente mayores en el primer periodo de muestreo (máximo ascenso del nivel) (Figura 5.28).

Durante los muestreos de julio y agosto de 2009 y septiembre de 2010, tanto la CE como las concentraciones determinadas de Na, Cl, SO₄, Ca, Mg y K son considerablemente menores a las medidas en los demás muestreos.

No se observa en ningún caso una relación entre la evolución de las concentraciones y la profundidad del nivel. No obstante, la causa podría ser la entrada de agua del Río de la Plata por el cauce y, desde éste, su infiltración al aluvial. Como ya se ha dicho (Apartado 5.2) esta agua es menos salina que la del Riachuelo, y por tanto puede causar dilución en el acuífero en la zona de influencia de esa recarga. Los niveles no mostrarían el efecto de esta recarga debido a que su posición debe estar controlada por los bombeos.

- **Conductividad eléctrica (CE):** la CE de este pozo oscila entre 20 y 25 mS/cm de mayo de 2008 a junio de 2009; entre 6 y 8 mS/cm de julio a agosto de 2009, y luego

asciende hasta valores en torno a 20 mS/cm en octubre y noviembre de 2009 (Figura 5.28b).

En el segundo período de muestreo solo hay tres determinaciones, las cuales varían entre 3 y 13 mS/cm.

- **Na:** en el primer periodo de muestreo oscila entre 4000 y 5000 mg/L mientras que en el segundo periodo de muestreo lo hace entre 2000 y 3000 mg/L (Figura 5.28c).
- **Cl:** en el primer periodo de muestreo oscila entre 5000 y 6500 mg/L y en el segundo periodo de muestreo lo hace en torno a 3000 mg/L (Figura 5.28d).
- **SO₄:** en el primer periodo de muestreo oscila entre 2000 y 3000 mg/L mientras que en el segundo periodo de muestreo lo hace entre 1000 y 1300 mg/L (Figura 5.28e).
- **NO₃:** en el primer periodo de muestreo oscila entre 50 y 120 mg/L mientras que en el segundo periodo de muestreo solo se cuenta con un análisis químico (julio 2011), en el cual se midió una concentración menor a 5 mg/L (Figura 5.28f).
- **Ca:** en el primer periodo de muestreo oscila entre 200 y 950 mg/L mientras que en el segundo periodo de muestreo lo hace entre 250 y 300 mg/L (Figura 5.28g).
- **Mg:** en el primer periodo de muestreo oscila entre 200 y 550 mg/L mientras que en el segundo periodo de muestreo lo hace entre 150 y 200 mg/L (Figura 5.28h).
- **Alcalinidad:** en el primer periodo de muestreo oscila entre 700 y 1000 mg/L de CaCO₃, mientras que en el segundo periodo oscila entre 550 y 800 mg/L de CaCO₃ (Figura 5.28i).
- **pH:** el pH oscila en general entre 7 y 8. Hay mucha diferencia en los valores de pH medidos entre muestreos sucesivos (Figura 5.28j).
- **K:** en el primer periodo de muestreo oscila entre 30 y 130 mg/L mientras que en el segundo periodo de muestreo lo hace entre 70 y 100 mg/L (Figura 5.28k).
- **As:** el As varía entre 20 y 40 µg/L. También se observa cierta tendencia a encontrar concentraciones menores a partir de septiembre de 2010 (Figura 5.28l).

POZOS 5F y 5P

Ubicación y elementos relevantes del entorno:

Estos pozos se ubican en la cuenca baja (al norte) en el Partido de La Matanza, a pocos metros de la Autopista General Paz. Es una zona densamente poblada con fuerte actividad industrial, a unos 1200 m de los tradicionales mataderos de vacunos y porcinos. Los elementos hídricos relevantes lo constituyen las obras viales, las perforaciones que se hallan próximas a estos pozos y los desagües pluviales.

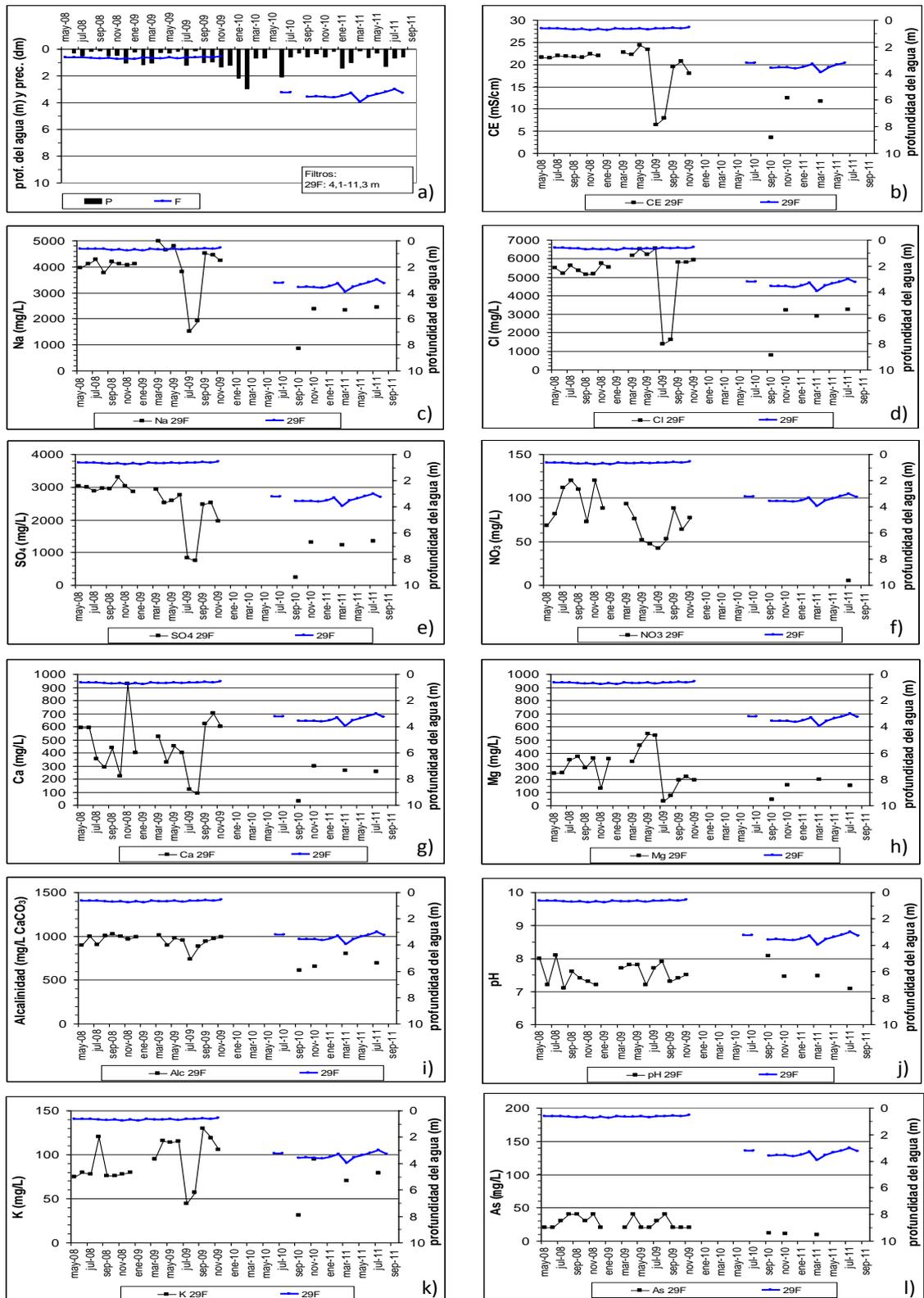


Figura 5.28. Evolución temporal de niveles y de parámetros químicos en el pozo 29F.

Características del pozo relevantes para la interpretación hidroquímica

La información existente en ACUMAR indica que ambos pozos fueron perforados en 2008. El pozo 5F tiene una profundidad total de 15,5 m y el tramo ranurado se ubicaba entre los 3,4 y los 15,5 m hasta mayo de 2011, fecha en la que se realizó la colocación del tapón de fondo a los 15,15 m. Por tanto el filtro quedó entre los 3,4 y los 15,15 m.

La información proporcionada indica que el pozo 5P tiene el filtro ubicado entre los 37 y los 40 m y se desconoce si tiene tapón de fondo.

Análisis de la evolución de niveles piezométricos

En la Figura 5.29a se ve que los hidrogramas de los pozos 5F y 5P son idénticos entre mayo de 2008 y mayo de 2011, encontrándose el agua en ambos pozos entre 6 y 8 m de profundidad. Aparentemente el nivel en ambos pozos era el mismo, sin embargo para comprobarlo habría que trabajar con cotas absolutas del agua, no profundidad desde la superficie del terreno. Además, aunque en el terreno pueda existir un gradiente vertical entre ambas formaciones, seguramente las características constructivas de los pozos no permitirían diferenciar los niveles de ambos acuíferos de forma diferenciada.

Esto último se apoya en el hecho de que los niveles medidos en junio, julio y septiembre de 2011, después de poner un tapón de fondo en el pozo 5F, son ya algo diferentes entre ambos pozos: en el 5P el agua está entre 30 y 40 cm menos profunda que en el 5F. Aunque esto sugiere la existencia de un gradiente vertical ascendente, para confirmarlo es recomendable comparar las cotas absolutas del agua y no las profundidades.

La comparación de los niveles con la pluviometría sugiere que la evolución temporal de los niveles de ambos acuíferos responde principalmente a la estacionalidad de la recarga.

Análisis de la evolución hidroquímica

- **Conductividad eléctrica (CE):** en el pozo 5F la CE oscila entre 1 y 1,5 mS/cm mientras que en el pozo 5P varía entre 1,5 y 1,8 mS/cm.

Un estudio detallado de los datos indica que los componentes iónicos que más contribuyen a la CE en ambos pozos son el HCO_3 , el NO_3 y el Na, y los tres presentan contenidos mayores en el pozo 5P que en el 5F. El Na y el HCO_3 son de origen litogénico principalmente, pero el NO_3 procede de actividades antrópicas.

La evolución de la CE respecto a la de los niveles en el primer periodo de medición muestra una ligera disminución de la CE en ambos acuíferos al subir los niveles entre mayo y noviembre de 2009, aunque el cambio es muy sutil (Figura 5.29b). Esto sugiere un efecto de dilución por parte del agua de recarga, menos salina que la del terreno. No obstante, es poco probable que el agua fresca de recarga llegue a la profundidad del pozo 5P en tan poco tiempo por flujo difuso. Además, el comportamiento paralelo de los niveles en ambos pozos sugiere que hay comunicación hidráulica entre ambos, aunque esta comunicación podría ocurrir (o estar incrementada) dentro de las perforaciones, debido a sus características constructivas (el pozo 5F no tenía tapón de fondo en ese periodo).

La evolución relativa de la CE y los niveles en el segundo periodo de control es más difícil de interpretar. Habitualmente el aumento de la CE en los meses de verano en aguas subterráneas someras se asocia al efecto de la evapotranspiración, pero en este caso también la CE del pozo más profundo aumenta, manteniéndose casi 0,5 mS/cm

más alta que la CE del pozo más somero. Una posible explicación sería que lo observado es el efecto combinado de una menor (o inexistente) recarga en ese periodo junto con la existencia de un pequeño gradiente hidráulico ascendente entre ambas formaciones (o quizás dentro de los pozos). Ambos procesos inducirían el aumento de la CE del agua en ambas profundidades.

- **Na:** en el pozo 5F el Na oscila entre 100 y 200 mg/L mientras que en el 5P varía entre 200 y 300 mg/L (Figura 5.29c).

Aunque en el primer periodo de muestreo la evolución temporal del Na es muy variable en ambos pozos, en general se observa que las concentraciones son mayores en la época de niveles más bajos y que hay una ligera tendencia a disminuir conforme los niveles ascienden por la recarga de las lluvias del otoño de 2009. La hipótesis que se maneja para explicarlo es la misma que para la CE, una dilución por parte del agua fresca de recarga, pero se mantiene la misma reserva respecto a la factibilidad real de que la recarga de ese periodo llegue en poco tiempo a la profundidad de los filtros del pozo 5P.

En el segundo periodo de medición no se observa una tendencia clara de evolución.

- **Cl:** en el pozo 5F el Cl oscila entre 50 y 70 mg/L y en el 5P varía entre 80 y 120 mg/L (Figura 5.29d).

En el primer periodo de muestreo el pozo 5F muestra una evolución general similar a la de la CE y el Na, a la cual se puede atribuir la misma causa que a aquellas. No obstante, en el mismo periodo el pozo 5P muestra un pequeño pero sostenido incremento de Cl cuya causa se desconoce.

En el segundo periodo de observación los contenidos de Cl en ambos pozos son muy constantes en el tiempo, oscilando en torno a 50 mg/L en el 5F y a 100 mg/L en el 5P.

En las muestras de julio de 2011 las concentraciones de Cl en ambos pozos son iguales. El muestreo se hizo después de colocar un tapón de fondo en el 5F.

- **SO₄:** en el pozo 5F el SO₄ oscila en torno a 80 mg/L, a excepción del muestreo de julio de 2011 donde el SO₄ es más elevado (132 mg/L), y en el 5P oscila entre 25 y 55 mg/L (Figura 5.29e).

El SO₄ es el único componente cuya concentración es mayor en el pozo 5F que en el 5P. Esto se podría explicar mediante dos hipótesis:

- 1) Existe una fuente de sulfato en la formación Pampeano que no está en la Puelches. Dado que el pozo está en una zona urbana en la que en otros tiempos hubo una importante actividad industrial vinculada a los mataderos de reses, quizá el sulfato esté vinculado a esa actividad (por ejemplo a través del uso de detergentes). Pero en ese caso cabría esperar que hubiera algún tipo de relación entre la evolución temporal del SO₄ y del nivel del agua en el pozo 5F, cosa que no se observa a simple vista.
- 2) En la formación Puelches existen condiciones algo reductoras.

Sería conveniente contrastar ambas hipótesis.

- **NO₃**: en el pozo 5F este componente oscila entre 100 y 230 mg/L, mientras que el pozo 5P el contenido es mayor y varía en general entre 180 y 280 mg/L (hay un par de muestras con 80 y 124 mg/L) (Figura 5.29f).

Las concentraciones de NO₃ en ambos acuíferos son muy elevadas e indican la existencia de contaminación procedente de una fuente muy notable de nitrato. Dado que en la zona hubo grandes frigoríficos durante muchos años, se acepta que esta es la fuente más probable de contaminación. Sin embargo queda por explicar la causa de que esté más contaminada el agua del pozo más profundo que la del más somero.

En el primer periodo de muestreo las concentraciones más elevadas en ambos pozos coinciden con los niveles más bajos, y en ambos las concentraciones disminuyen conforme suben los niveles entre enero y agosto de 2009. Esto sugiere un efecto de dilución por la entrada de agua fresca de recarga, aunque como se ha descrito antes habría que explicar por qué mecanismo llega el efecto de la recarga tan rápidamente al pozo profundo.

En el segundo periodo de observación la concentración de NO₃ en cada pozo evoluciona de forma diferente respecto a la profundidad del agua: en el pozo más somero se mantiene muy constante en torno a 100 mg/L; en el pozo más profundo hay un notable aumento de concentración entre noviembre de 2010 y abril de 2011 (230-240 mg/L) y disminuye drásticamente en julio de 2011 (124 mg/L). No se dispone de hipótesis que puedan explicar este comportamiento, salvo que quizás el contenido de NO₃ este influido por el tiempo dedicado al purgado de cada pozo antes de la toma de muestras en cada campaña.

- **Ca**: en ambos pozos el Ca tiene concentraciones similares que oscilan entre 30 y 150 mg/L y son muy variables en el tiempo (Figura 5.29g).

Si bien hay mucha dispersión en los datos, en ambos pozos las concentraciones más elevadas de Ca se midieron en los muestreos en los cuales el agua estaba menos profunda. Además, el Ca es el único componente químico de todos los medidos cuyo contenido (en ambos pozos) varía de forma inversa a como lo hace la CE. Todo ello sugiere que la fuente de Ca esta asociada a la entrada de agua fresca de recarga a la zona saturada, probablemente por disolución de los niveles de tosca por parte del agua en tránsito por la zona no saturada.

En segundo periodo de muestreo las concentraciones de Ca varían poco, manteniéndose en torno a 100 mg/L.

- **Mg**: el Mg también presenta concentraciones similares en ambos pozos, oscilando entre 10 y 60 mg/L.

Al igual que el Ca los contenidos son muy variables en el tiempo (Figura 5.29h), sin embargo la tendencia evolutiva de ambos es opuesta: en el primer periodo de muestreo hay una tendencia general de disminución del Mg, mientras que el Ca la tiene a aumentar. Los contenidos menores de Mg se midieron en noviembre de 2009, tras la recuperación de los niveles por la recarga de las lluvias de esa primavera. Todo ello sugiere que el Mg se diluye con la entrada de agua fresca de recarga y que la fuente principal de este componente está en la litología de ambas formaciones.

En segundo periodo de muestreo las concentraciones de Mg varían poco, con valores en torno a 30-40 mg/L, y su evolución no es fácilmente explicable.

- **Alcalinidad:** en ambos pozos la alcalinidad oscila entre 300 y 500 mg/L de CaCO_3 , si bien las alcalinidades del agua del pozo más profundo son unos 50 mg/L mayores, en promedio, a las del pozo más somero.

Dado que los pH de las aguas son menores a 8,3 en ambos pozos se acepta que la alcalinidad está en forma de HCO_3 . Como se ha dicho antes, este bicarbonato es uno de los tres componentes químicos que más contribuyen a la CE del agua de ambos pozos.

En el primer periodo de muestreo la evolución temporal de la alcalinidad en el pozo 5F muestra una ligera correlación positiva con el ascenso de niveles que produce la recarga, mientras que en el pozo 5P no se observa una correlación clara. No obstante los valores de la alcalinidad en ambos pozos y en los dos periodos de observación oscilan en un rango muy estrecho que está entre unos 400 y unos 500 mg/L, lo cual sugiere que la mayor parte del tiempo las aguas deben estar cerca del equilibrio con CaCO_3 y que este equilibrio solo se altera algo con ocasión de eventos de recarga importantes.

- **pH:** los valores de pH oscilan entre 6,8 y 8,2 en ambos pozos, aunque en general los valores del pozo 5P son entre 0,1 y 0,4 unidades mayores a los del pozo 5F (Figura 5.29j).

Aunque hay cierta dispersión en los valores y el rango de oscilación es pequeño, una observación detallada de la figura indica que en el pozo 5F el pH tiende a disminuir ligeramente al subir el nivel del agua por la recarga, mientras que en el pozo 5P no se observan cambios relacionables con los del nivel del agua. Esto sugiere que las aguas de los niveles más profundos están bien tamponadas y en equilibrio con los carbonatos, mientras que las aguas de los niveles más someros no lo están tanto y reaccionan ante la entrada de agua fresca de recarga.

Estas observaciones son relevantes para posteriores estudios de contaminación de los acuíferos por metales y ácidos.

- **K:** en el pozo 5F oscila muy poco entre 10 y 12 mg/L; en el pozo 5P oscila un poco más, variando entre 10 y 15 mg/L (Figura 5.29k).

En ambos acuíferos las concentraciones mayores coinciden con el período de máximo descenso de los niveles entre septiembre de 2008 y enero de 2009 debido a la época seca ya mencionada. El ascenso de niveles ocasionado por la recarga de las lluvias del otoño-invierno de 2009 parece inducir una ligera disminución de las concentraciones en el pozo 5P, aunque no en el 5F.

No obstante, dada la pequeña magnitud de las concentraciones es muy aventurado afirmar que hay cambios sostenidos en el valor de las mismas y proponer hipótesis que los expliquen, pues las oscilaciones son del mismo orden de magnitud que la incertidumbre analítica.

- **As:** los valores informados para ambos pozos corresponden al límite de detección de la técnica analítica ($< 10 \mu\text{g/L}$; Figura 5.29l).

POZOS 6F y 6P

Ubicación y elementos relevantes del entorno:

Estos pozos se ubican en el Partido de Avellaneda, próximo a la Autopista Buenos Aires-La Plata y al Polo petroquímico de Dock Sud, en una zona muy densamente poblada. A 1200 m al este de la perforación se halla un canal de navegación y entre 1000 y 1500 m al norte y al este se hallan las estaciones de bombeo que se ubican próximas a la costa del río. A 600 m al noreste se ubica la estación de bombeo Maciel oeste y a 500 m al suroeste se encuentra el basural de Dock Sud.

Características del pozo relevantes para la interpretación hidroquímica

Según la información proporcionada por ACUMAR los pozos se contruyeron en 2008. El pozo 6F tiene una profundidad de 20 metros y el filtro está ubicado entre los 2 m y los 8,3 m. No se pudo constatar la continuidad del filtro y la presencia de tapón de fondo porque existen obstáculos en el interior de la cañería que impiden su verificación con videocámara.

El pozo 6P tiene el filtro dispuesto entre los 25 y 28 m se desconoce si posee tapón de fondo.

Análisis de la evolución de niveles piezométricos

En el hidrograma del pozo 6F (Figura 5.30a) se observa que el nivel se mantiene prácticamente constante en el tiempo (entre 1 y 2 m) durante todo el periodo de muestreo. No responde a la lluvia sino posiblemente a la recarga desde el canal, cuyo nivel debe ser relativamente estable.

El nivel en el pozo 6P se halla muy próximo al nivel del pozo 6F (su profundidad oscila entre 1 y 2,5 m) pero presenta otra morfología. En este pozo los ascensos y descensos de nivel si bien no son exagerados, varían en el tiempo, no respondiendo tanto a las precipitaciones sino posiblemente a la gestión hídrica en este sector de la cuenca. El gradiente hidráulico entre ambos acuíferos es favorable al flujo descendente.

Análisis de la evolución hidroquímica

- **Conductividad eléctrica (CE):** en el pozo 6F la CE oscila entre a 0,2 y 9 mS/cm, mientras que en el pozo 6P varía entre 6 y 10 mS/cm (Figura 5.30b).

En ambos pozos se observa que desde mayo de 2008 a junio de 2009 la CE medida es superior a 6 mS/cm, a partir de esta fecha, conforme el nivel se recupera los valores de CE disminuyen, siendo más marcada esta disminución en el pozo 6F. Este comportamiento podría deberse a un cambio en el régimen de explotación del acuífero a partir de julio de 2009.

- **Na:** en el pozo 6F el Na oscila entre 5 y 1700 mg/L mientras que en el 6P varía entre 1200 y 2000 mg/L (Figura 5.30c).

En ambos pozos el Na oscila en el tiempo, siendo mayor esta variabilidad en el pozo 6F. En el pozo 6F se observa que desde mayo de 2008 a junio de 2009 el contenido de Na se incrementa de forma continua (1300 a 1600 mg/L). A partir de esta fecha conforme se recupera levemente el nivel disminuye la concentración de Na (< 1000 mg/L).

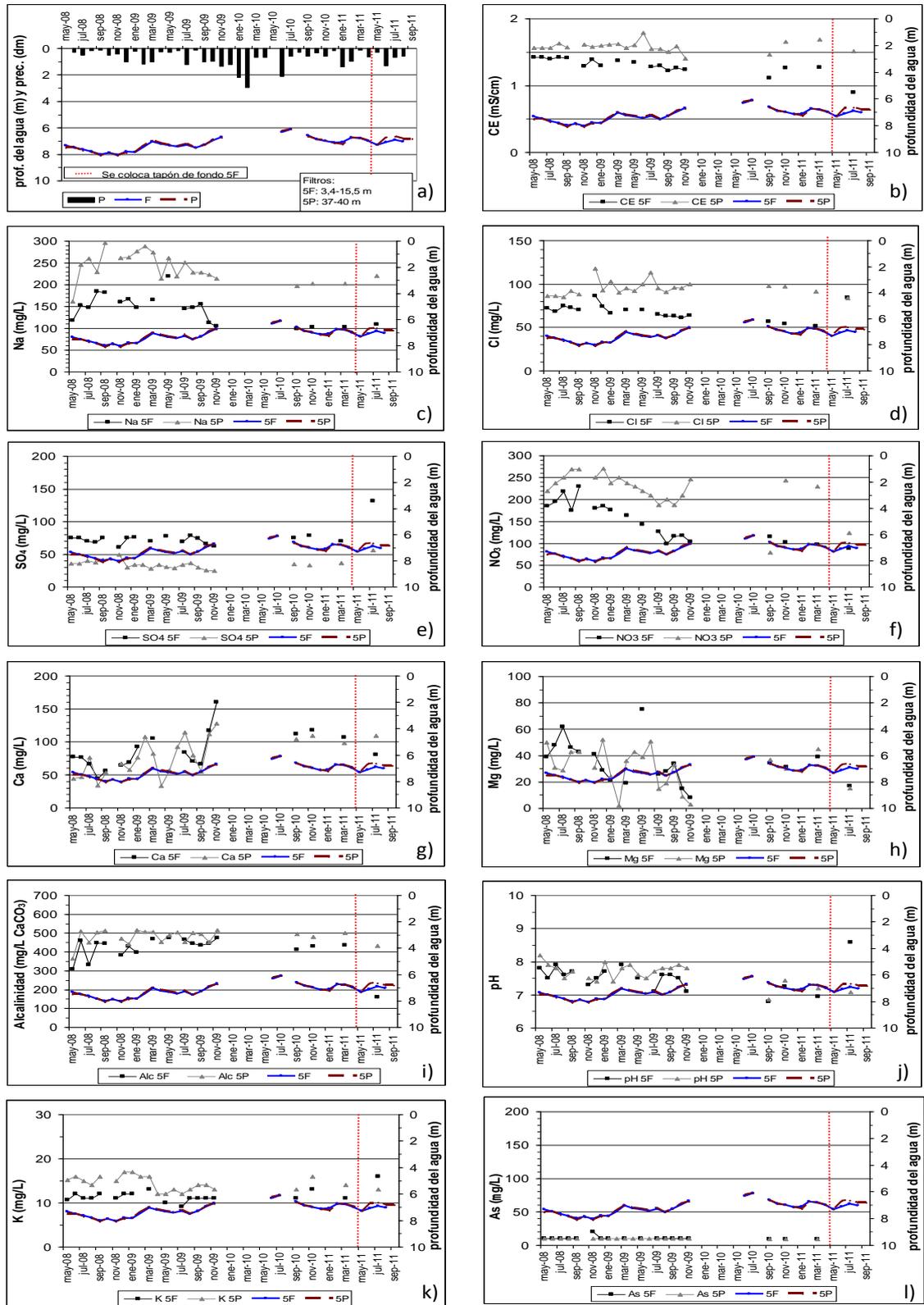


Figura 5.29. Evolución temporal de niveles y de parámetros químicos en los pozos 5F y 5P.

En el pozo 6P el Na aumenta mientras la profundidad del nivel oscila en torno a 2 m. Cuando a finales de 2009 tiende a recuperarse, el contenido de Na disminuye.

La evolución del Na en ambos pozos parece responder a las actividades humanas que se desarrollan en este sector de la cuenca, especialmente al régimen de explotación del acuífero.

- **Cl:** en el pozo 6F el Cl oscila entre 20 y 2300 mg/L mientras que en el 6P varía entre 1500 y 2500 mg/L (Figura 5.30d).

El Cl en ambos pozos se comporta de la misma manera que el Na.

- **SO₄:** en el pozo 6F el SO₄ oscila entre 20 y 100 mg/L mientras que en el 6P varía entre 300 y 650 mg/L (Figura 5.30e).

En el pozo 6F se observa que el SO₄ ronda en torno a los 100 mg/L desde mayo a diciembre de 2008, a partir de esta fecha y en el resto de los muestreos las concentraciones medidas oscilan entre 20 y 80 mg/L.

En el pozo 6P, si bien los datos son muy dispersos, se observa que las concentraciones más elevadas coinciden con el periodo mayo-noviembre 2008, momento en el que la profundidad del nivel es algo mayor.

- **NO₃:** en el pozo 6F este ión oscila entre 5 y 150 mg/L mientras que el pozo 6P el contenido de NO₃ varía entre 15 y 80 mg/L (Figura 5.30f).

En el pozo 6F hay mucha dispersión en los datos, mientras que en el pozo 6P se observa un incremento continuo de este ión hasta septiembre de 2009, momento en el cual comienza a descender conforme se recupera el nivel.

- **Ca:** En ambos pozos el Ca oscila entre 50 y 250 mg/L y es muy variable en el tiempo (Figura 5.30g).

No es muy clara la relación entre el Ca y la profundidad del nivel debido a la gran dispersión de los datos.

- **Mg:** en ambos pozos el Mg oscila entre 5 y 250 mg/L y al igual que el Ca es muy variable en el tiempo (Figura 5.30h).

No es muy clara la relación entre el Mg y la profundidad del nivel debido a la gran dispersión de los datos.

- **Alcalinidad:** en ambos pozos en el primer periodo de muestreo, la alcalinidad oscila entre 800 y 1200 mg/L de CaCO₃, a partir de julio de 2009 hasta noviembre de este mismo año, se observa una gran variabilidad en los datos correspondientes al pozo 6F. En el segundo periodo oscila entre 500 y 900 mg/L de CaCO₃ (Figura 5.30i).
- **pH:** los valores de pH oscilan entre 7 y 8.5 (Fig. 30j). Hay mucha dispersión en los datos. No se observa un comportamiento claro entre la evolución del pH y las profundidades de los niveles. Pero en líneas generales pareciera que el pH disminuye desde mayo de 2008 a junio de 2011.

- **K:** en el pozo 6F el K oscila entre 10 y 60 mg/L y en el 6P varía entre 30 y 60 mg/L. En ambos pozos el K es muy variable en el tiempo, siendo mayor esta variabilidad en el Pampeano (Figura 5.30k).

En ambos acuíferos las concentraciones más elevadas coinciden con el período mayo de 2009 – enero de 2009, a partir de esta fecha las concentraciones en ambos acuíferos disminuyen. Siendo más marcada esta disminución en la concentración en el pozo 6F.

- **As:** en el pozo 6F solo en dos muestreos (agosto de 2008 y abril de 2009) midieron 20 µg/L de As, en los demás muestreos informan el valor correspondiente al límite de detección de la técnica analítica. Y en el pozo 6P solo en tres muestreos midieron 30 µg/L de As (julio y agosto de 2008 – agosto de 2009) (Figura 5.30l).

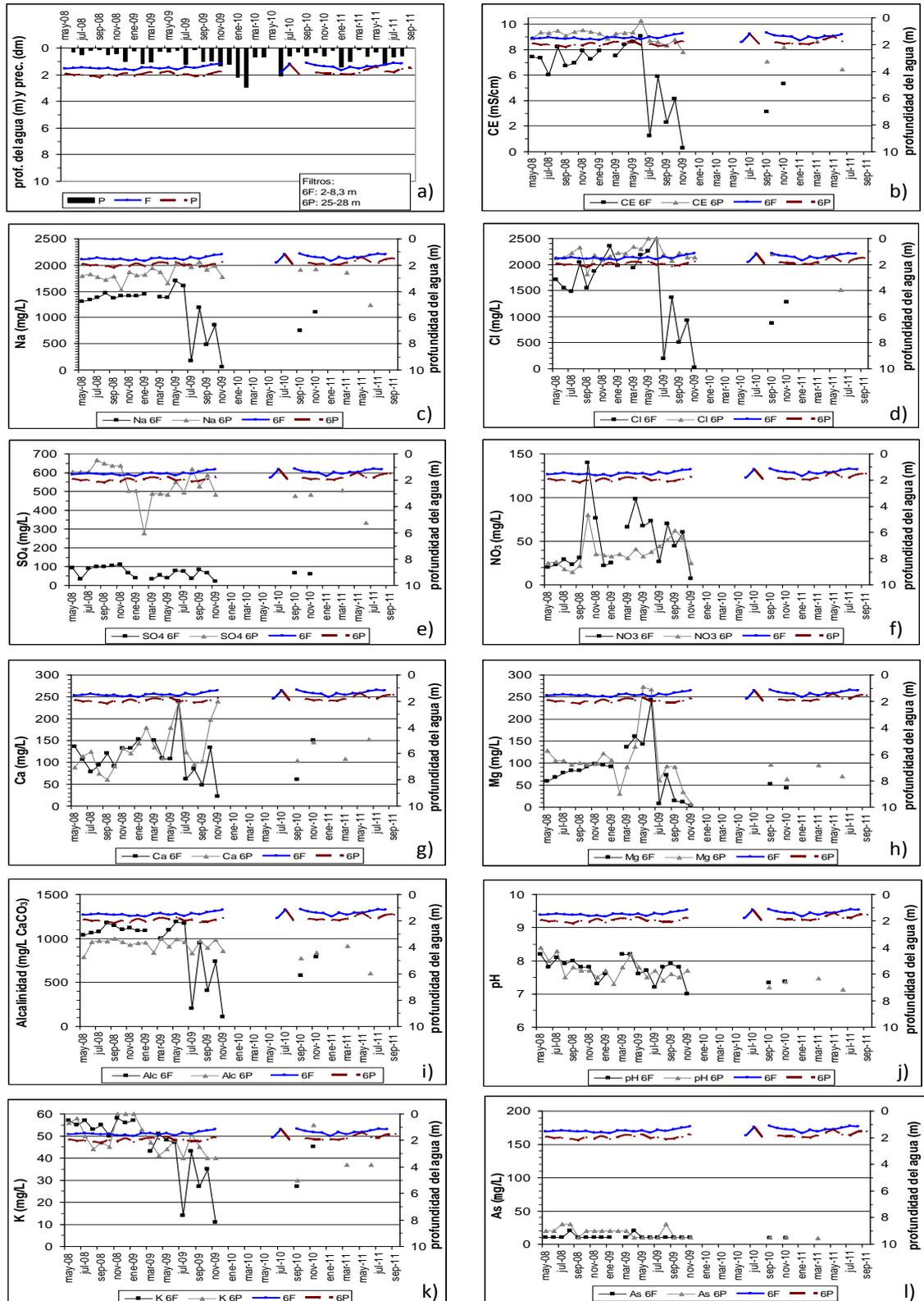


Figura 5.30. Evolución temporal de niveles y de parámetros químicos en los pozos 6F y 6P.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se ha estudiado el fondo químico natural del sistema acuífero de la cuenca del río Matanza-Riachuelo (CMR) en lo relativo a los componentes químicos mayoritarios Cl, SO₄, alcalinidad, Na, Ca y Mg, los componentes minoritarios K, NO₃, NH₃, NO₂, los componentes trazas As, Fe, Mn, Cu y Zn y los parámetros pH y conductividad eléctrica (CE). En esta fase del estudio no se han incluido compuestos orgánicos que, aunque puedan tener fuentes naturales, son principalmente producto de procesos de contaminación.

Los estudios se han realizado a las tres profundidades de observación disponibles: Fm Pampeano, techo de la Fm Puelches y Fm Puelches en pozos de AySA. La variabilidad espacial se ha estudiado comparando la distribución espacial de la composición química de cada profundidad en las dos épocas hidrológicas más extremas registradas: la época de niveles más bajos, que tuvo lugar entre mayo y junio de 2009, y la de niveles más altos, que tuvo lugar en septiembre de 2010.

En el Apartado 6.1 se exponen las principales conclusiones del estudio con respecto a los dos siguientes aspectos: 1) tipos químicos de aguas, distribución espacial y temporal de las concentraciones y de los valores de los parámetros pH y CE (Apartado 6.1.1); 2) rangos de variación de las concentraciones de los componentes mayoritarios, minoritarios y trazas estudiados en las formaciones y profundidades de las cuales informan los pozos de la red de control de ACUMAR (Fm Pampeano y techo de la Fm Puelches) y los pozos de explotación de AySA (Fm Puelches), así como las diferencias encontradas entre formaciones (Apartado 6.1.2).

En el Apartado 6.2 se expone una discusión sobre las posibles fuentes y procesos que originan el fondo químico natural del agua subterránea de la CMR. Todas las especies químicas estudiadas pueden incorporarse al agua desde fuentes naturales y también desde fuentes antrópicas, o bien por procesos inducidos por la actividad antrópica, si bien la mayor parte de ellas está en las aguas como resultado de fuentes y procesos naturales.

El estudio realizado ha puesto de manifiesto la necesidad de disponer de ciertos datos e informaciones de la cuenca que no existen en la actualidad, por lo que en el Apartado 6.3 se realizan algunas recomendaciones cuyo objetivo es disponer de aquellos datos que se consideran más relevantes por la información que proporcionarían respecto al funcionamiento del sistema.

6.1 TIPOS QUÍMICOS DE AGUAS Y RANGOS DE CONCENTRACIÓN DE COMPONENTES

6.1.1 Sobre los tipos químicos de aguas de las distintas formaciones, su distribución espacial y su variabilidad temporal

- En la mayor parte de los estudios realizados en las aguas de la Fm Pampeano se han incluido los datos de los pozos 29F y 6F, que en realidad están perforados en materiales de la Fm Querandinense, que es post-pampeana y de ambiente marino. El pozo 6P, si bien brinda información de la Formación Puelches, se destaca del resto de perforaciones que llegan a este nivel por la elevada salinidad que posee. Cuando sea conveniente se comentarán las características de estos pozos por separado.

- Los sondeos 29F, 6F y 6P tienen aguas de tipo clorurado-sódico (Cl-Na). Y el tipo químico no cambia, aunque se observan algunos cambios de salinidad total entre las dos épocas estudiadas.
- Respecto a las aguas de las formaciones Pampeano y Puelches, la mayoría de las aguas de ambas son de tipo bicarbonatado-sódico ($\text{HCO}_3\text{-Na}$). Solo en algunos puntos del techo de la Fm Puelches aparecen, localmente, otros tipos químicos: tipo clorurado-sódico (Cl-Na) en la cuenca baja (sondeo 6P; sondeo 5P, en el límite NO; sondeo 2P, en el límite SO y sondeo 12P, ubicado en el cuadrante S) y tipo bicarbonatado-cálcico/magnésico en algún pozo del límite E de la cuenca (sondeo 8P).
- Los mapas de distribución espacial de concentraciones (figuras 5.11 a 5.24; Capítulo 5) y de valores de parámetros físico-químicos confeccionados para las tres profundidades de observación disponibles y las dos épocas hidrológicas más extremas registradas, indican que los cambios temporales de composición química observados en cada formación son mínimos y se restringen a zonas concretas ubicadas en la cuenca baja (zona costera y/o cercana al cauce) y en los límites oriental y occidental de la cuenca. Las aguas de los pozos de AySA estudiadas son de composición muy uniforme y no cambian en el tiempo
- Aunque pertenezcan a una formación post-pampeana, en los mapas correspondientes a la Fm Pampeano y al techo de la Fm Puelches se han incluido los valores de los sondeos 6F y 29F, ya que parece existir continuidad hidráulica entre los materiales de ambas formaciones.

6.1.2 Sobre los rangos de concentración característicos del fondo químico natural en cada acuífero

- Las concentraciones de los solutos de las aguas de los tres niveles estudiados oscilan entre dos y tres órdenes de magnitud y los rangos de variación de los solutos y de los parámetros **pH** y **CE** son muy similares en la mayor parte de los análisis estudiados (Figura 6.1). Las posibles causas se explican en el Apartado 6.2.2.
- A pesar de la similitud en los rangos de variación de las concentraciones de los solutos y de los valores de pH y CE, en general las aguas de los pozos de AySA tienden a mostrar rangos algo menores de variación para la mayoría de los componentes, singularmente para el **Mg**, el **Na**, el **Cl** y el **SO₄**. Las posibles causas se explican en el Apartado 6.2.2.
- En algunas legislaciones se toma el valor del percentil 90 % (o 95 %, si los datos químicos disponibles son de buena calidad y el sistema acuífero en estudio está sometido a pocas fuentes y procesos de contaminación) como límite superior del fondo natural para cada especie química. Aunque en el estudio aquí realizado se han calculado y discutido los valores del percentil 95 %, a la vista de que los errores de balance iónico son algo elevados (entre 10 y 15 %) en un número de análisis apreciable, y que los límites de detección de algunos componentes (singularmente los traza) coinciden con los valores máximos permitidos por la legislación y no permiten conocer la distribución de concentraciones por debajo de ese valor, se sugiere usar el valor del percentil 90 % como límite superior del fondo natural para la mayoría de las especies consideradas, con excepción de las especies del nitrógeno disuelto (**NO₃**, **NO₂**, **NH₃**).

- En la Tabla 6.1. se muestra el valor del percentil 90 % de las especies químicas estudiadas. Los valores se muestran por acuíferos o niveles informados por las redes de observación disponibles.
- Para el acuífero Pampeano y para el techo del acuífero Puelches se han calculado dos valores del percentil 90 %, uno sin incluir los valores analíticos de los pozos 29F y 6F (en el caso del Pampeano) y del pozo 6P (en el caso del techo del Puelches) y otro incluyéndolos. El motivo ya se ha comentado más arriba: por un lado, los pozos 6F y 29F están en realidad informando de la composición del agua de una formación marina post-pampeana; por otro, si bien el pozo 6P atraviesa la Formación Puelches, posee una salinidad muy elevada que hace sospechar que tiene agua de origen marino.

El motivo de este comentario es que tanto los mapas de distribución espacial mostrados en el Capítulo 5, como los cálculos de rangos de variación comentados en dicho capítulo y mostrados en la Figura 6.1, incluyen los datos de dichos sondeos. Se observa que la inclusión de las aguas de estos pozos introduce un aumento importante en los valores del percentil 90 % del Cl, del Na y de la CE, aunque el aumento es poco relevante para el K, el Ca y el SO₄ y despreciable para el Mg.

- Como primera aproximación, y a la luz de los datos disponibles estudiados, se propone usar los valores del percentil 90 % sin considerar los datos de los pozos 6F, 6P y 29F como referencia del límite superior de las concentraciones para la mayor parte de la cuenca, con excepción de la parte baja de la misma. Para la cuenca baja se propone usar como referencia los valores del percentil 90 % calculado considerando los datos de los pozos mencionados. Una opción alternativa a esta última es diferenciar claramente en todas las actuaciones de gestión el tratamiento que se da a dichos pozos.
- Los límites superiores comentados deberían poder ser modificados si, como consecuencia de la perforación de nuevos sondeos y de la generación de nueva información química, se observara alguna modificación significativa de los valores aquí calculados.

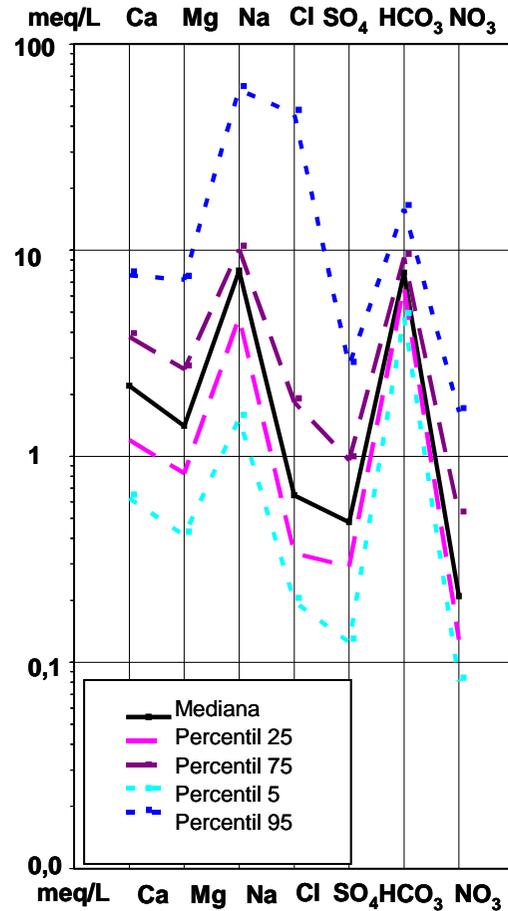
Tabla. 6.1. Valores del percentil 90 % de la concentración de las especies químicas estudiadas en el fondo químico natural.

Acuífero Pampeano, red ACUMAR (datos de 2008 a 2011)				
Variable	Sin el 6F y el 29F		Con el 6F y el 29F	
	Nº muestras	Percentil 90	Nº muestras	Percentil 90
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	529	1427	570	2052
pH	527	8,30	568	8,30
Alcalinidad ($\text{mg}/\text{L CO}_3\text{Ca}$)	529	635,0	570	704,0
Cl (mg/L)	529	97,0	570	216,5
SO ₄ (mg/L)	526	69,0	567	78,0
NO ₃ (mg/L)	509	73,0	545	77,0
Na (mg/L)	529	284,0	570	345,5
K (mg/L)	529	23,0	570	36,0
Ca (mg/L)	529	98,0	570	117,5
Mg (mg/L)	529	44,0	570	54,0
As (mg/L)	511	0,06	548	0,06
Fe (mg/L)	110	0,90	130	1,06
Mn (mg/L)	110	0,05	130	0,05
Cu (mg/L)	110	0,03	130	0,03
Zn (mg/L)	103	0,04	106	0,04
NH ₃ (mg/L)	520	0,09	561	0,09
NO ₂ (mg/L)	474	0,02	494	0,02
N total (mg/L)	513	17,67	554	18,12

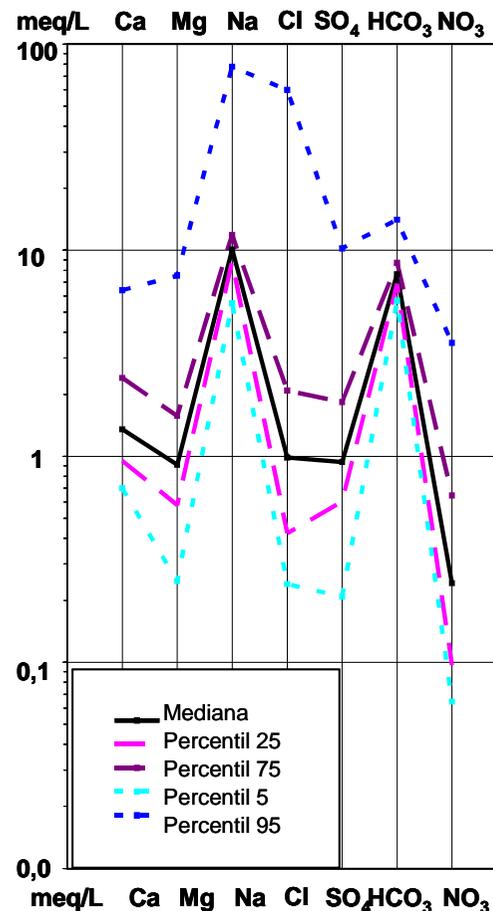
Techo del acuífero Puelches, red ACUMAR (datos de 2008 a 2011)				
Variable	Sin el 6P		Con el 6P	
	Nº muestras	Percentil 90	Nº muestras	Percentil 90
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	300	1787	322	2810
pH	298	8,50	320	8,45
Alcalinidad ($\text{mg}/\text{L CO}_3\text{Ca}$)	300	551,0	322	602,0
Cl (mg/L)	300	183,0	322	459,0
SO ₄ (mg/L)	300	220,5	322	347,0
NO ₃ (mg/L)	275	127,0	293	124,0
Na (mg/L)	300	329,0	322	457,0
K (mg/L)	300	17,0	322	21,0
Ca (mg/L)	300	75,3	322	104,0
Mg (mg/L)	300	30,0	322	43,0
As (mg/L)	282	0,06	304	0,06
Fe (mg/L)	70	0,54	70	0,54
Mn (mg/L)	70	0,04	70	0,04
Cu (mg/L)	70	0,03	70	0,03
Zn (mg/L)	56	0,03	55	0,03
NH ₃ (mg/L)	285	0,09	307	0,09
NO ₂ (mg/L)	256	0,04	278	0,04
N total (mg/L)	292	28,73	314	27,60

Acuífero Puelches, red AySA (datos de 2003 a 2010)		
Variable	Nº muestras	Percentil 90
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	115	1385
pH	115	7,90
Alcalinidad ($\text{mg}/\text{L CO}_3\text{Ca}$)	115	490,0
Cl (mg/L)	115	86,7
SO ₄ (mg/L)	115	77,4
NO ₃ (mg/L)	115	51,3
Na (mg/L)	115	250,0
K (mg/L)	115	13,0
Ca (mg/L)	115	28,0
Mg (mg/L)	115	18,0
As (mg/L)	112	0,05

Acuífero Pampeano, red ACUMAR
 Parámetros estadísticos de 570 análisis (2008 a 2011)



Techo acuífero Puelches, red ACUMAR
 Parámetros estadísticos de 322 análisis (2008 a 2011)



Acuífero Puelches, pozos AySA
 Parámetros estadísticos de 117 análisis (2003-2010)

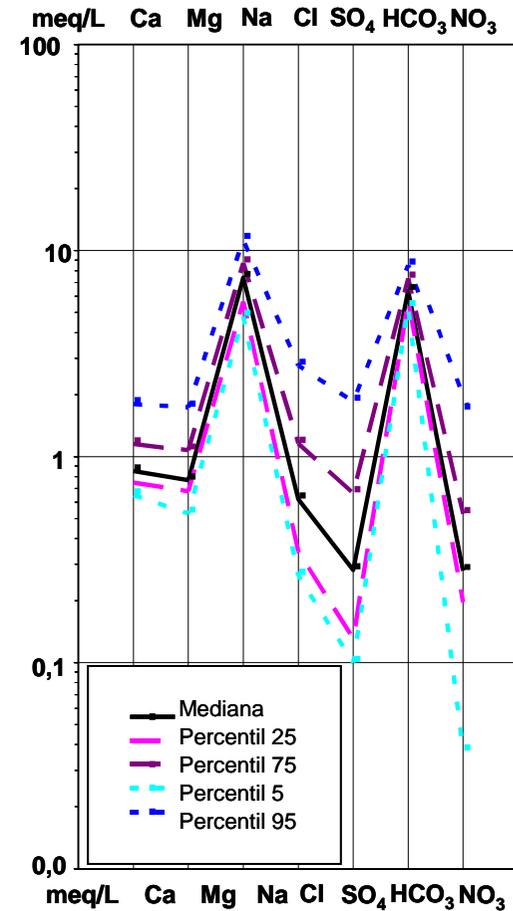


Figura 6.1. Comparación mediante diagramas de Schöeller de los valores de los parámetros estadísticos más significativos de las aguas de los tres conjuntos de puntos de observación estudiados. Los valores del acuífero Pampeano y del techo del acuífero Puelches corresponden a cálculos que incluyen los datos de los sondeos 6F, 29F y 6P, que en realidad están en sedimentos marinos post-pampeanos (ver discusión en texto).

6.2 POSIBLES FUENTES Y PROCESOS QUE ORIGINAN EL FONDO QUÍMICO NATURAL Y QUE CONTROLAN LOS VALORES CARACTERÍSTICOS DEL MISMO

6.2.1 Posibles procesos que controlan los tipos químicos de aguas de las distintas formaciones, su distribución espacial y su variabilidad temporal

- **Aguas del acuífero Pampeano**

Los sondeos 29F y 6F, que como se ha mencionado antes están perforados en realidad en sedimentos marinos post-pampeanos, tienen aguas de tipo clorurado-sódico (Cl-Na). Aunque el tipo químico no cambia, las aguas de ambos sondeos se encuentran bastante más diluidas en septiembre de 2010 que en mayo-junio de 2009: la CE del agua del sondeo 29F desciende de 22 mS/cm (junio de 2009) a 3,6 mS/cm (septiembre de 2010), mientras que en el sondeo 6F la CE pasa de 7,3 mS/cm (junio de 2009) a 3,1 mS/cm (septiembre de 2010). Esto podría estar ocasionado por la dilución producida por la recarga de los meses anteriores. No obstante, en el caso de estos dos sondeos también puede contribuir otra causa: la recarga al acuífero freático desde el cauce por parte del agua del Río de la Plata que cada año entra por el cauce del Riachuelo entre los meses de agosto y septiembre.

En la **Fm Pampeano** propiamente dicha la mayor parte de las aguas es de tipo bicarbonatado-sódico (HCO_3^- -Na) y no cambia de tipo químico en función de cambios climatológicos (época seca-época húmeda). A lo largo de los límites S-SE y O-NO de la cuenca y en la parte central de la misma, cerca del río, hay algunas aguas cuyo tipo químico oscila entre bicarbonatado-cálcico (HCO_3^- -Ca; sondeos 1F, 8F, 14F) y bicarbonatado-magnésico (HCO_3^- -Mg; sondeos 9F, 4F y 10F). En algunos de ellos se produce un cambio en el catión dominante (Ca o Mg) entre la época seca y húmeda. En principio estos cambios se pueden atribuir principalmente al efecto del intercambio iónico, posiblemente ocasionado por la incorporación de agua fresca de recarga a la zona saturada. Pero no se pueden descartar mezclas con agua marina atrapada en sedimentos (cuenca baja y entorno del cauce del río), lo cual aumentaría la proporción de Mg en el agua.

- **Aguas del techo del acuífero Puelches**

Con excepción de tres sondeos, las aguas de todos los demás son de tipo bicarbonatado-sódico (HCO_3^- -Na) y no cambian ni de tipo ni de salinidad total (al menos significativamente) entre la época más seca y la más húmeda estudiadas.

Las aguas del sondeo 2P (situado en el límite suroccidental de la cuenca) son de tipo bicarbonatado-clorurado-sódico (HCO_3^- -Cl-Na). Esta agua mantiene su carácter entre los dos momentos estudiados (niveles bajos y niveles altos), lo que sugiere que la fuente de Cl no es atmosférica ni superficial sino que está en profundidad. El agua del sondeo 12P es de tipo clorurado sódico (Cl-Na) en septiembre de 2010. Aunque no se dispone de muestras de ese sondeo entre los meses de mayo a junio de 2009, es probable que las aguas fuesen del mismo tipo químico en esa fecha. En este caso la fuente de Cl tampoco es probable que sea atmosférica ni superficial sino más profunda. En la costa, el agua del sondeo 6P es de tipo clorurado sódico (Cl-Na) en los dos momentos estudiados y no cambia significativamente de salinidad total, si bien la CE disminuye de unos 9,4 mS/cm a unos 7 mS/cm. Como en el caso

del sondeo 6F, esto podría deberse a la dilución producida por la recarga de los meses anteriores o a la recarga al acuífero freático desde el cauce por parte del agua del Río de la Plata.

- **Aguas de la Fm Puelches en pozos de AySA**

Las aguas de todos los pozos son de tipo bicarbonatado-sódico ($\text{HCO}_3\text{-Na}$) y las diferencias hidroquímicas entre la época más seca y la más húmeda estudiadas son nulas. La causa más probable es que al estar bombeando continuamente y haber un número elevado de captaciones en una zona relativamente pequeña, los pozos extraen agua de un gran volumen de acuífero y cualquier posible cambio químico queda retrasado y disminuido en magnitud.

6.2.2 Posibles procesos que controlan los rangos de concentración característicos del fondo natural para cada componente

A continuación se proponen los posibles procesos de control de los rangos de concentración observados para cada componente.

- 1 Como se ha dicho en el Apartado 6.1.2., los rangos de variación de los solutos y de los parámetros **pH** y **CE** son muy similares en la mayor parte de los análisis estudiados. Esto puede deberse a varias causas: 1) las fuentes de solutos y los procesos de incorporación de los mismos al agua son similares en los tres niveles; 2) existen flujos verticales que inducen mezclas entre aguas de los distintos niveles; 3) las características constructivas de los puntos de observación y de las captaciones muestreados inducen la mezcla de aguas de distintos niveles. En el caso de las aguas de la CMR es probable que las tres causas operen en distintos lugares de la cuenca.
- 2 A pesar de lo anterior, en general las aguas de los pozos de AySA tienden a mostrar rangos algo menores de variación para la mayoría de los componentes, singularmente para el **Mg**, el **Na**, el **Cl** y el **SO₄**. Esto se atribuye al hecho de que si bien tanto los sondeos de la red de ACUMAR como los pozos de AySA están captando aguas de distintas profundidades y niveles (es decir, de distintas líneas de flujo), en los sondeos de ACUMAR dichas mezclas son variables en el tiempo ya que dependen de la posición del nivel freático/piezométrico y del tiempo de bombeo previo al muestreo en cada campaña, mientras que en los pozos de AySA las mezclas son más estables debido que los bombeos son más sostenidos en el tiempo y el volumen medio que aporta agua a los pozos es mayor.
- 3 El **pH** y la **alcalinidad** de todas las aguas muestreadas parecen estar controlados por muy pocos procesos. Además, la ocurrencia de los mismos parece bastante homogénea para el conjunto de la cuenca, como indica el hecho de que ni el pH ni la alcalinidad presenten valores anómalos. A la vista de la información aportada en el Capítulo 4 sobre las fuentes potenciales de solutos en la cuenca, todo apunta a que las principales fuentes de alcalinidad son la disolución de CO₂ edáfico (para las aguas de la Fm Pampeano) y de carbonatos minerales (para todas las aguas muestreadas). Los principales procesos de control del pH posiblemente sean esos dos mismos. La uniformidad de valores en estas dos variables a las tres profundidades de estudio sugiere que en todas ellas las aguas están saturadas en minerales carbonatados.
- 4 El **Cl** es el componente cuya concentración varía más en el conjunto de la cuenca, sugiriendo la existencia de fuentes variadas y su incorporación al agua mediante

procesos también diversos (Figura 6.1). Estas fuentes y procesos no parecen estar distribuidos homogéneamente en la cuenca, pues según se vio en los diagramas de cajas (Figuras 5.1, 5.2 y 5.3) hay algunos puntos con valores anómalos en las aguas de la Fm Pampeano y del techo de la Fm Puelches que están localizados en áreas singulares.

A la vista de las fuentes y procesos potenciales de solutos que existen en la cuenca, lo más probable es que en la Fm Pampeano las concentraciones de Cl estén controladas por el aporte atmosférico, la concentración por evapotranspiración, la mezcla del agua de recarga local con aguas más salinas de distinta procedencia en distintos lugares de la cuenca (aguas del acuitardo que constituye el techo de la Fm Puelches en buena parte de la cuenca; aguas de niveles profundos de la Fm Puelches, o incluso de sedimentos infrayacentes a la misma, en lugares concretos donde el acuitardo no está bien desarrollado y el espesor de la Fm Puelches es reducido; aguas de los sedimentos marinos postpampeanos que recubren la Fm Pampeano en sectores litorales de la cuenca baja, etc.).

En las aguas del techo de la Fm Puelches la mediana del Cl es algo mayor que en la Fm Pampeano, y también lo es el percentil 95%. En cambio las aguas de los pozos de AySA, correspondientes a capas más profundas de la Fm Puelches tienen concentraciones de Cl algo más reducidas que las del techo de la misma formación (Figura 6.1). Esto podría sugerir que la o las fuentes de Cl para las aguas del techo de la formación están cerca y por encima de dicho techo (por ejemplo, los sedimentos del acuitardo que constituye el techo de Puelches, o las aguas marinas atrapadas en los sedimentos postpampeanos de origen marino de la cuenca baja, o la intrusión marina actual). Sin embargo es necesario estudiar el caso concreto de cada pozo en función de su ubicación, ya que en el sector centro-sur de la CMR (en torno de los pozos 18, 12 y 17) la salinidad parece venir de formaciones infrayacentes a la Fm Puelches, posiblemente la Fm Paraná.

- 5 En la Fm Puelches las fuentes y procesos potenciales naturales para el **SO₄** son, en principio, similares a los del Cl. Para las aguas de la Fm Pampeano, además de las fuentes naturales hay varias fuentes potenciales antrópicas de SO₄ (ver apartados 4.1 y 4.3): efluentes líquidos consistentes en aguas residuales domésticas, agrarias e industriales y efluentes gaseosos y sólidos. Los rangos de concentración encontrados son compatibles con un origen principal natural, pero un estudio con isótopos de azufre podría mostrar contribuciones no despreciables de otras fuentes.

Los valores estadísticos de las concentraciones de SO₄ en el techo de la Fm Puelches son mayores que en la Fm Pampeano, mientras que en niveles más profundos de la misma formación (pozos de AySA) son significativamente menores (Figura 6.1). En principio se propone para ese SO₄ las mismas fuentes que para el Cl.

- 6 Las fuentes potenciales y los procesos de incorporación del Na son, además de los mismos que para el Cl, el intercambio iónico con otros cationes y la disolución de plagioclasa (albita), la cual está presente en los sedimentos de las dos formaciones.

En las aguas de la Fm Pampeano el rango de variación de las concentraciones de Na es grande, aunque algo menor que el del Cl. Esto sugiere que las fuentes y procesos responsables de los contenidos de Na en la Fm Pampeano son variados y algunos de ellos son locales, como indica la existencia local de valores atípicos.

La mayoría de las aguas de las tres profundidades estudiadas muestran un fuerte exceso de Na respecto a Cl (relación molar Na/Cl > 1), lo que indica la ocurrencia de

un activo proceso de intercambio catiónico (otros cationes en solución por Na adsorbido). Las aguas con menor desequilibrio entre Na y Cl se encuentran en la franja costera del Río de la Plata (6F, 6P, 29F), lo cual apoya la hipótesis de que en esa zona el principal origen del Na no es el intercambio sino la mezcla con agua de mar. No obstante también existe algo de intercambio en esa zona, y dado que el Na está siempre en exceso y nunca en defecto, dicho intercambio parece ser de ablandamiento, proceso típico que indica la existencia de un proceso de dilución de agua de mar antigua atrapada en los sedimentos por parte del agua dulce de recarga local.

En las aguas del techo de la Fm Puelches el rango de variación del Na es mucho menor que en la Fm Pampeano, y en las aguas de niveles más profundos de la Fm Puelches el rango de variación es muy pequeño (Figura 6.1). Esto sugiere que los contenidos de Na de las aguas de este nivel más profundo están muy bien controlados por pocos procesos, entre los cuales posiblemente domine la estabilidad de la mezcla de líneas de flujo en las zonas donde se ubican los pozos de bombeo. En el techo de la Fm Puelches hay una fuente que aporta Na en concentraciones del orden de 10^3 , lo que sugiere un origen común para este Na, el Cl y el SO_4 . Como se ha dicho en la discusión del SO_4 , dicha fuente puede ser distinta localmente.

- 7 Los valores de la mediana y de los cuartiles de las concentraciones de **Ca** y **Mg** son mayores en las aguas de la Fm Pampeano que en las del techo de la Fm Puelches. También son mayores en el techo del Puelches que en las aguas de niveles más profundos de la misma formación (pozos AySA, Figura 6.1). Esto sugiere que el número de fuentes y de procesos que controlan los contenidos de Ca y Mg disminuyen de arriba hacia abajo. No obstante, como ya se ha dicho el menor rango de variación de las concentraciones en los pozos de AySA se podría deber al régimen de bombeo de los mismos, más continuo y afectando a un espesor mayor de acuífero que el de los pozos de ACUMAR.

En la mayoría de las aguas de los tres conjuntos estudiados los contenidos de Ca son mayores que los de Mg, y la relación molar entre ambos es aproximadamente la misma en el acuífero Pampeano y en el techo del acuífero Puelches, y un poco menor en las aguas profundas del acuífero Puelches (pozos de AySA; Figura 6.1). Esto sugiere que los principales procesos de control deben ser los mismos en los tres conjuntos de aguas, posiblemente la disolución y/o precipitación de minerales carbonatados y el intercambio iónico.

No obstante, los diagramas de Stiff modificados de las aguas de cada formación en situación de niveles bajos (mayo-junio de 2009) y de niveles altos (septiembre de 2010) muestran que en las tres profundidades estudiadas hay pozos con aguas que tienen más Mg que Ca. Esto indica que o bien hay fuentes locales de salinidad de origen marino, o bien la composición de las aguas está controlada por procesos que hacen desaparecer Ca de la solución y aparecer Mg. A la vista de la mineralogía parece que la segunda hipótesis es poco probable.

En la Fm Pampeano estos pozos están en el SO (3F), SE (12F, 17F), centro (13F, 24F), O (4F, 10F, 11F), E (9F y 22F) y NE (29F y 6F) de la cuenca. En algunos de estos pozos el valor de la relación Mg/Ca cambia de ≥ 1 a < 1 en época de niveles altos (9F, 22F, 11F, 4F, 3F) tras la recarga, lo que sugiere que la fuente de salinidad procede de niveles inferiores y no superiores. Esas fuentes pueden ser las aguas del acuitardo ubicado en el techo de la Fm Puelches o aguas de la Fm Paraná. En los pozos 6F y 29F la relación molar Mg/Ca se mantiene > 1 en época de niveles altos incluso aunque el agua se diluye en conjunto, lo que indica que la fuente de salinidad

está en los poros del propio material que capta cada pozo. En estos la fuente de salinidad es agua de mar más o menos antigua.

En el techo de la Fm Puelches los pozos con valores de la relación molar Mg/Ca ≥ 1 están también en toda la cuenca: al SO (3P), al S (2P), al SE (12P), al O (11P), al N (14P), al E (8P) y al NE (6P). El valor de la relación pasa a ser < 1 en época húmeda, tras la recarga, en los pozos 3P, 11P, 14P y 8P, lo que sugiere que en esos lugares la fuente de salinidad es infrayacente a los pozos. Sin embargo el pozo 6P mantiene el signo de la relación, lo que refuerza la hipótesis de que en ese lugar la fuente de salinidad está en los propios poros de la formación.

En los pozos de AySA estudiados, que están concentrados en el sector central y nororiental de la cuenca, también hay aguas con valor de la relación molar Mg/Ca ≥ 1 : LMO095, EET001, EEU001 y SA028. A esta profundidad, y a la vista de los análisis disponibles, no se observan cambios temporales del valor de la relación Mg/Ca. Por la ubicación de esos pozos, cercanos a otros de la red de ACUMAR que también tienen valores de la relación molar Mg/Ca > 1 , la hipótesis para explicar el origen del Mg es la mezcla con agua de origen marino procedente de formaciones infrayacentes.

La forma asintótica que adquieren las curvas de distribución de frecuencias del Mg (y también las de prácticamente todos los componentes mayoritarios) en el tramo de concentraciones mayores apoya la hipótesis de mezcla con aguas salinas para esas aguas.

- 8 En el caso del **NO₃** el valor de la mediana es el mismo en los tres conjuntos de muestras y tres profundidades estudiadas (13, 15 y 17 mg/L). Estos valores son elevados para proceder únicamente de fuentes naturales, ya sea atmosféricas o del suelo (materia orgánica), y sugieren la existencia de varias fuentes, algunas no naturales, para los tres conjuntos de aguas y profundidades estudiadas. Además, solo una minoría de aguas tiene concentraciones menores a 10 mg/L, lo que indica que el NO₃ presente en la mayoría de las aguas de los tres niveles no es ya fondo natural sino contaminación.

Dado que en la cuenca hay varias fuentes de contaminación por NO₃, es posible que el agua de recarga al acuífero Pampeano esté ya contaminada de forma más o menos generalizada. Las concentraciones de NO₃ mayores a 5 mg/L posiblemente tengan una o dos fuentes de N adicionales al aporte atmosférico, generalmente las aguas residuales y los fertilizantes agrícolas, pero también puede existir un aporte por vía atmosférica de óxidos de N generados en las áreas industriales del norte de la cuenca y en las zonas urbanas. Los vientos dominantes en la cuenca, que van de NE a SO, distribuirían dicho N por la mayor parte de la misma.

Las aguas de los pozos del techo de la Fm Puelches, captadas a varias decenas de m de profundidad, y las aguas de los pozos de AySA, cuyas zonas de admisión están también a más de 50 m, tienen contenidos de NO₃ elevados, con valores máximos de 271 y 119 mg/L respectivamente. Esto indica que hay contaminación por aguas residuales, así como la existencia de un transporte (descendente) de las mismas acelerado por la existencia de gradientes hidráulicos verticales aumentados por los bombeos. Tampoco se puede descartar que existan flujos de aguas residuales preferentes a través del espacio anular de los pozos en áreas afectadas por fuertes descensos de nivel a causa de bombeos que se realizan con varios objetivos.

- 9 Respecto a los componentes trazas estudiados, en una buena parte de las aguas analizadas en la red de ACUMAR las concentraciones están por debajo de los límites

de detección informados por los laboratorios de la UNLP y el INA. Además, dichos límites de detección coinciden con los valores máximos admisibles por la legislación para agua de uso humano. Esta práctica no es recomendable en una red de control cuyo objetivo sea observar, de forma temprana y con tiempo para reaccionar, cambios en las concentraciones que supongan tendencias de aumento de las concentraciones. Esto es especialmente sensible en el caso de componentes tales como el As, el F, el Zn y otros metales.

En el acuífero Pampeano y en el techo del acuífero Puelches los contenidos de As, Zn y Cu de aquellas aguas que presentaron valores mayores al límite de detección son coherentes con fuentes y procesos naturales, aunque la forma asintótica de la parte superior de las curvas de distribución del Zn y el Cu sugiere que hay también contaminación. Las máximas concentraciones medidas de As son de 0,16 mg/L en el acuífero Pampeano y 0,13 mg/L en el techo del acuífero Puelches; las de Cu son de 0,112 mg/L en el acuífero Pampeano y 0,04 mg/L en el techo del acuífero Puelches, y las de Zn son de 0,14 mg/L en el acuífero Pampeano y 0,054 mg/L en el techo del acuífero Puelches. Esto sugiere que la fuente de estos dos metales está por encima de la profundidad muestreada y posiblemente sean resultado de contaminación.

En los pozos de AYSA solamente el As presenta mediciones significativas, el resto de componentes presentan prácticamente siempre valores iguales al límite de detección. Igual que en las aguas de los niveles más someros, la curva de distribución de frecuencias del As es típica de fuentes y procesos de incorporación naturales. Las máximas concentraciones de As medidas (0,092 mg/L) son menores a las medidas en los pozos de ACUMAR, lo que sugiere que el As procede de niveles más someros a los captados por estos pozos.

En el caso del NO₂, el NH₃, el Mn, el Fe total y el N total, más del 80 % de las muestras de la red de ACUMAR tienen concentraciones que están por debajo del límite de detección. Además, la forma de las curvas de distribución indica que, cuando están presentes en concentraciones medibles, no son fondo natural sino contaminación. Las máximas concentraciones de NO₂ medidas son de 0,62 mg/L en el acuífero Pampeano y 1,54 mg/L en el techo del acuífero Puelches; las de NH₃ son de 12 mg/L en el acuífero Pampeano y 4,6 mg/L en el techo del acuífero Puelches; las de Mn son de 3,5 mg/L en el acuífero Pampeano y 1,15 mg/L en el techo del acuífero Puelches y las de Fe son de 7,8 mg/L en el acuífero Pampeano y 5,6 mg/L en el techo del acuífero Puelches. Salvo el NO₂, el resto de especies tiene concentraciones mayores en el acuífero más somero, lo cual es coherente con la hipótesis de que se trata de contaminación. El NO₂ es mayor en el techo de la Formación Puelches debido a que su origen es la reducción del NO₃.

6.3 RECOMENDACIONES

A continuación se realizan algunas recomendaciones cuyo objetivo es disponer de aquellos datos que se consideran más relevantes por la información que proporcionarían:

1. Dado que la Fm Paraná es la fuente más probable de salinidad de las aguas subterráneas de algunos pozos perforados en formaciones más someras del sector S de la cuenca, y que la salinización se puede extender a otros pozos y zonas, sería conveniente realizar uno o dos sondeos que penetren en dicha formación. Los sondeos se deberían terminar de forma que fuesen utilizables como piezómetros (con filtro únicamente en dicha formación) y como puntos de observación de la hidroquímica. La ubicación más

conveniente se debería identificar usando el trabajo de IHLLA (2011), pero al menos uno debería estar ubicado cerca de los emplazamientos de ACUMAR 12 y 18 o 17.

2. El aporte atmosférico es una fuente relevante de solutos tanto para el agua subterránea como para la humedad del aire, singularmente en áreas fuertemente antropizadas. Por esta razón, en algunos países existen redes de estaciones de muestreo de agua de lluvia para análisis químico que coinciden con estaciones hidrometeorológicas. Los datos que generan dichas redes tienen muchas utilidades, singularmente en el ámbito de la contaminación ambiental. En el marco del estudio de la calidad del agua subterránea proporcionan información sobre los solutos que aporta la lluvia y la deposición seca. Además, combinando esta información con la procedencia de los vientos y la ubicación en la cuenca de los centros de actividad antrópica que introducen en el aire partículas sólidas, gases o humedad, se obtiene información no solo sobre el origen de los solutos presentes en el agua subterránea de un acuífero dado, sino también sobre el papel que juegan los distintos tipos de actividad humana en la contaminación del ciclo hídrico. Y combinando la información química del aporte atmosférico con un gestor de información geográfica se obtiene una herramienta muy útil para dar apoyo a la gestión del uso del territorio y del agua. Por todo ello, se recomienda establecer una red (2 a 4 estaciones) de muestreo de agua de lluvia para realizar análisis químicos e isotópicos. La ubicación de dichas estaciones debería estar vinculada a la situación de las fuentes naturales y antrópicas de solutos y a la dirección principal del viento.
3. El estudio tanto del fondo químico natural del agua subterránea como de su modificación por procesos de contaminación requiere el uso de modelación hidrogeoquímica. Dado que los minerales de sílice están presentes en todas las formaciones que constituyen el sistema acuífero, para realizar dicha modelación es imprescindible disponer de datos del contenido de Si y del Al en las aguas de distintos pozos y formaciones. Por tanto se recomienda medir las concentraciones de Al y de Si en las muestras de al menos una campaña de muestreo al año. Además se debe procurar que el límite de detección (o de cuantificación) de los métodos analíticos a usar sean inferiores a los valores máximos permitidos para ambos componentes en la normativa nacional vigente sobre uso doméstico de agua.
4. La composición química del agua de algunos pozos concretos de la red de observación de ACUMAR muestra comportamientos anómalos respecto a los pozos de su entorno a lo largo del tiempo. Dichos comportamientos pueden, eventualmente, informar sobre procesos hídricos locales de interés. Es el caso del pozo 29F, que muestra procesos de salinización y dilución los cuales podrían deberse a que localmente la relación entre el río y el acuífero se invierte, o el caso del pozo 33 (perforado durante la realización de este informe y cuya información no se ha usado para el mismo). Dado que en la parte baja de la cuenca la calidad del agua del río es muy deficiente, si el cauce recarga al acuífero el riesgo de que éste se contamine es elevado. Para conocer las características de dicha relación y los procesos que la controlan sería muy útil construir una pequeña red de observación piezométrica de la relación río-acuífero en las inmediaciones de dicho pozo.
5. De cara a una ampliación del presente estudio se considera imprescindible conocer el papel que juegan los numerosos humedales presentes en la cuenca con respecto al acuífero y al río. Entre los numerosos servicios que los humedales proveen al ser humano están los de mejorar la calidad del agua (la que se infiltra desde cauces superficiales y la que descarga desde flujos subterráneos), aumentar el almacenamiento de agua subterránea, regular localmente el clima y los flujos de avenidas, atenuar los procesos de erosión, generar hábitats para la vida silvestre, generar recursos alimentarios y otros muchos. Dado que en la CMR hay bastantes humedales cuya relación con la red de flujo hídrica superficial y subterránea puede ser variada, se sugiere empezar estudiando

aquellos que por sus dimensiones y ubicación pudieran realizar servicios más notables a la sociedad, como es el caso de las lagunas de Rocha y Sta. Catalina, entre otros.

6. El estudio hidroquímico realizado ha puesto de manifiesto que los límites de las cuencas superficial y subterránea no coinciden. Desde el punto de vista del conocimiento del origen de los solutos, especialmente de ciertos solutos que son resultado de contaminación (como el NO_3) y cuya procedencia en algunos pozos parece estar fuera de los límites formales de la cuenca superficial. Este es el caso de varios pozos ubicados cerca de los límites N, E y SO (emplazamientos 5, 10, 4, 3, 30, 2, 1, 22, 9, 25 y 7), para los cuales es necesario conocer las posibles áreas fuente del agua y los solutos. Por ello se propone ampliar el estudio piezométrico, geológico e hidroquímico más allá de los límites formales de la cuenca superficial y hasta una distancia que razonablemente aporte la información mencionada.
7. En relación con lo que se comenta en el punto 9 del Apartado 6.2.2 relativo a los límites de detección de ciertos componentes, singularmente algunos metales traza, se recomienda que los laboratorios responsables de los análisis de aguas subterráneas pongan a punto técnicas analíticas que permitan detectar y cuantificar con suficiente fiabilidad aquellos componentes que puedan estar en concentraciones de magnitud inferior al valor máximo permitido por la legislación vigente.
8. Asimismo, se recomienda a los laboratorios que realicen de forma rutinaria un control de la calidad de sus análisis mediante las dos técnicas siguientes: 1) cálculo del error de balance iónico, el cual no debería superar el 10 %, y 2) cálculo del valor de las relaciones $\text{CE}/\sum \text{cationes}$ y $\text{CE}/\sum \text{aniones}$ (con la CE en $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el \sum de cargas en meq/L), los cuales deberían estar siempre entre 80 y 100. En caso de que algún análisis no cumpla uno o ambos de estos criterios el laboratorio debería revisar los cálculos realizados y, en caso de observar errores en los mismos, debería repetirse el análisis antes de entregar los resultados.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACUMAR. 2010. Relevamientos de medición de parámetros físico-químicos del agua del río Matanza – Riachuelo para estimar la incidencia de los eventos climáticos de sudestadas. Informe interno.

Amato, S. y Silva Busso, A. 2006. Relaciones estratigráficas e hidroquímicas de los acuíferos Pampeano y Puelches en el noreste de la provincia de Buenos Aires. Revista Museo Argentino Ciencias Naturales, 8 (1): 9-26.

Amato, S. y Silva Busso, A. 2009. Estratigrafía Cuaternaria del subsuelo de la cuenca inferior del río Paraná. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 64 (4): 594-602.

Ameghino, F. 1881. La formación Pampeana o estudio sobre los terrenos de transporte de la Cuenca del Plata. G. Masson. 376 pp.

Auge, M.; Hernández, M. y Hernández, L. 2002. Actualización del conocimiento del acuífero semiconfinado Puelche en la provincia de Buenos Aires, Argentina. Groundwater and Human Development. Bocanegra, E.; Martínez, D. y Massone, H. (Eds.). ISBN 987-544-063-9.

Auge, M. 2004. Hidrogeología de la ciudad de Buenos Aires. www.gl.fcen.uba.ar/investigacion/grupos/hidrogeologia/auge/Hidrogeologia-Bs_As.pdf.
Accedido en: 30-03-12

AySA. 2011. Pozos de monitoreo de agua subterránea. Diagnóstico por video. Agua y Saneamientos Argentinos. Informe realizado para la Autoridad de cuenca Matanza-Riachuelo. 14 pp.

Bonorino, A. G.; Limbozzi, F.; Albouy, R. y Lexow, C. 2008. Movilidad de metales y otros elementos en el acuífero loésico regional del suroeste bonaerense. Geoacta, 33: 31-42. Revista online, disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/geoacta/v33/v33a03.pdf>.
Accedido en: 30-03-12.

Bravard, A. 1858. Monografía de los terrenos marinos terciarios de las cercanías del Paraná. Imprenta del Registro Oficial, Paraná. 107 pp. Reimpresión Imprenta del Congreso de la Nación, 1995.

Carol, E. 2003. Aspectos hidroquímicos del agua subterránea en el Conurbano bonaerense, Argentina. VII Escuela Latinoamericana de Física de Suelo. Chile. Documentos técnicos en Hidrología, N° 71: 59-64.

CESCO-UNAH. 1996. Estudio de residuos industriales en Tegucigalpa. Contaminantes Químicos. Centro de estudios y control de contaminantes- Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Monografía 11. 96 pp.

Dangavs, N.; Blasi, A. y Merlo, D. 1998. Los depósitos de yeso intrasedimentario en la cuenca de la laguna Esquivel, partido de Chascomús, provincia de Buenos Aires. V Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses, Mar del Plata, Actas, I: 175-183.

Dangavs, N. 2001. El depósito de yeso del arroyo Poronguitos, General Belgrano, provincia de Buenos Aires. VII Congreso Argentino de Geología Económica, Salta, Actas, 2: 73-78.

Dangavs, N. y Blasi, A. 2002. Los depósitos de yeso intrasedimentario del arroyo El Siasgo, partidos de Monte y General Paz, Provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 57 (3): 315-327.

Dangavs, N. y Reynaldi, J. 2008. Paleolimnología de la laguna Cerrillo del Medio, Monte, Provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 63 (1): 29-42.

Dangavs, N. 2009. Los paleoambientes cuaternarios del arroyo La Horqueta, Chascomús, provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 64 (2): 249-262.

Dangavs, N. 2009. Paleolimnología de las lagunas periódicas (secas) Esquivel, del Medio y El Espartillar, Chascomús, Buenos Aires. IV Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología y XII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Cuaternario, Actas CD: 290-299.

Dangavs, N. 2009. Estratigrafía pleistocena tardía-holocena y paleolimnología de la laguna Chis Chis, Chascomús, Buenos Aires, Argentina. IV Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología y XII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Cuaternario, Actas CD: 300-309.

Doering, A. 1882. Informe oficial de la Comisión Científica agregada al Estado Mayor General de la expedición al Río Negro (Patagonia), realizada en los meses de abril, mayo y junio de 1879, bajo las órdenes del Gral. Julio A. Roca. Entrega III, Geología. Pág. 7. En: Estudio sedimentológico de la formación Puelches en la provincia de Buenos Aires, Santa Cruz, J. N., 1972.

EASNE. 1973. Contribución al estudio geohidrológico del noreste de la provincia de Buenos Aires. Comité de estudios de aguas subterráneas del Nor-Este. Serie técnica 24, Buenos Aires.

Edmunds, W.M., Shand, P., Hart, P., Ward, R.S. 2003. The natural (baseline) quality of groundwater: a UK pilot study. The Science of the Total Environment, 310: 25–35.

Etchichury, M. C. y Tófaló, O. R. 2004. Mineralogía de arenas y limos en suelos, sedimentos fluviales y eólicos actuales del sector austral de la cuenca Chacoparanense. Regionalización y áreas de aporte. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 59 (2): 317-329.

Fidalgo, F., De Francesco, F.O. y Colado, U.R. 1973a. Geología superficial de las hojas Castelli, J. M. Cobo y Monasterio (Provincia de Buenos Aires). 5º Congreso Geológico Argentino, Córdoba, 1972, Actas, 4: 27-39.

Fidalgo, F., Colado, U.R. y De Francesco, F.O. 1973b. Sobre ingresiones marinas cuaternarias en los partidos de Castelli, Chascomús y Magdalena (Provincia de Buenos Aires). 5º Congreso Geológico Argentino, Córdoba, 1972, Actas 4: 225-240.

Fidalgo, F., De Francesco, F.O. y Pascual, R. 1975. Geología superficial de la llanura bonaerense (Argentina). En: Geología de la Provincia de Buenos Aires. VI Congreso Geológico Argentino, Bahía Blanca. Relatorio: 103-138.

Fidalgo, F.; Riggi, J.C.; Gentile, R.; Correa, H. y Porro N. 1991. Los Sedimentos Postpampeanos” continentales en el ámbito bonaerense. Revista de la Asociación Geológica Argentina, XLVI (3-4): 239-256.

Frenguelli, J. 1920. Contribución al conocimiento de la Geología de Entre Ríos. Academia Nacional de Ciencias (Córdoba) 14: 55-256.

Frenguelli, J. 1957. Neozoico. En: Geografía de la República Argentina. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, Buenos Aires, GAEA, 2(3): 1-115.

Galindo, G.; Sainato, C.; Dapeña, C.; Fernández Turiel, J.L.; Gimeno, D.; Pomposiello, M.C. y Panarello, H.O. 2007. Surface and groundwater quality in the northeastern region of Buenos Aires Province, Argentina. Journal of South American Earth Sciences, 23: 336–345.

Gentile, R.; Ribot, O. y Alejandro, M. 2001. Niveles de tefras en sedimentos continentales del Pleistoceno tardío-Holoceno (Provincia de Buenos Aires). Intersecciones antropológicas, Olavarría, N°. 2. Disponible en <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-373X2001000100004&lng=es&nrm=iso>. Accedido en: 26-03-12.

González Bonorino, F. 1965. Mineralogía de las fracciones arcilla y limo del Pampeano en el área de la ciudad de Buenos Aires y su significado estratigráfico y sedimentológico. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 20(1): 67-148.

Google Earth. <http://www.google.es>.

Hidroar S.A. 2009. Estudio hidrogeológico para complementar caudal en el curso matanza-riachuelo. Informe realizado para Agua y Saneamientos Argentinos.

IHLLA. 2011. Geometría del subsuelo de la cuenca del río Matanza-Riachuelo. Instituto de Hidrología de Llanuras. Informe final. Informe realizado para la Autoridad de cuenca Matanza-Riachuelo. 35 pp.

IHLLA. 2012. Implementación del modelo numérico de flujo de agua subterránea. Instituto de Hidrología de Llanuras. Informe de Avance. Informe realizado para la Autoridad de cuenca Matanza-Riachuelo. 26 pp.

INA. 2004. Contaminación con Nitrato en Burzaco. Instituto Nacional del Agua. Informe Final. 26 pp.

INA. 2010. Balance de Agua Subterránea en la Cuenca del Matanza-Riachuelo Mediante Modelación Numérica. Instituto Nacional Del Agua. Proyecto INA 1.207 Informe LHA 01-1.207-10 Ezeiza. 119 pp.

INA. 2010. Programa de monitoreo integrado de calidad de agua subterránea de la cuenca Matanza-Riachuelo y sistematización de la información generada. Instituto Nacional del Agua. Primer informe de avance. Informe realizado para la Autoridad de cuenca Matanza-Riachuelo. 70 pp.

Irigoyen, M. 1975. Geología del subsuelo y plataforma continental. En: Geología de la Provincia de Buenos Aires. VI Congreso Geológico Argentino, Bahía Blanca. Relatorio: 140-168.

JMB Ingeniería Ambiental. 2010. Medición y estudio de la contaminación atmosférica para la vigilancia y protección de la calidad del aire en la cuenca Matanza Riachuelo. Informe de avance N° 8 Parte 1. 41 pp.

MAAM. 2012. Producción primaria de aluminio. Centro Nacional de Referencia sobre contaminantes orgánicos persistentes. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. España. En: <http://www.cnrcop.es/gc/iniciativas-no-gubernamentales/mejores-tecnicas-disponibles-mtd-y-mejores-practicas-ambientales-mpa/mejores-tecnicas-disponibles-mtd-y-mejores-practicas-ambientales-mpa/procesos-termicos-de-la-industria-metalurgica-no-mencionados-en-la-parte-ii-del-anexo-c/produccion-primaria-de-aluminio/>. Accedido en: 26-03-12.

Martínez, D., y Osterrieth, M. 1999. Geoquímica de la sílice disuelta en el acuífero pampeano en la vertiente sudoriental de Tandilia. Hidrología Subterránea. Serie de Corr. Geológica 13: 241-250.

Martínez, D.E.; Massone, H.E.; Cerón García, J.C.; Farenga, M.O. y Ferrante, A. 2003. Hidrogeoquímica del área de disposición final de residuos de Mar del Plata (Argentina). Boletín Geológico y Minero, 114 (2): 237-246.

Menéndez, A.; García, P.; Lecertúa, E.; Lopolito, M.; Re, F.; Re, M.; Ríos, J.; y Sarubbi, A. 2009. Modelación Matemática de la Cuenca Matanza-Riachuelo para el Estudio de Alternativas de Saneamiento. Universidad Tecnológica Nacional (Facultad Regional Avellaneda). Realizado para la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS). 123 pp.

Parkhurst, D. L. y Appelo, C.A.J. 1999. PHREEQC (Version 2)-A Computer Program for Speciation, Batch-Reaction, One-Dimensional Transport, and Inverse Geochemical Calculations. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations. Usada la versión 2.18.00 de diciembre de 2011. En: http://wwwbrr.cr.usgs.gov/projects/GWC_coupled/phreeqc/. Accedido en: 01-03-12.

Pereyra, F. X. 2004. Geología urbana del área metropolitana bonaerense (AMBA), Argentina y su influencia en la problemática ambiental. Serie Contribuciones Técnicas, Ordenamiento Territorial N° 4 - SEGEMAR. 73 pp.

Quintana Crespo, E. 2005. Relación entre las propiedades geotécnicas y los componentes puzolánicos de los Sedimentos Pampeanos. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. 308 pp.

Riggi, J., Fidalgo, F., Martínez, O. y Porro, N. 1986. Geología de los "Sedimentos Pampeanos" en el Partido de La Plata. Revista Asociación Geológica Argentina, 41(3-4): 316-333.

Santa Cruz, J. N. 1972. Estudio sedimentológico de la Formación Puelches en la provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 27(1): 5-62.

Santa Cruz J. y Silva Busso, A. 2002. Evolución hidrodinámica del Agua Subterránea en el Conurbano de Buenos Aires, Argentina. Boletín Geológico Minero 113 (3):259 - 272.

Silva Busso, A. y Rouiller, G. 2007. Relación entre la distribución de nitratos y la recuperación piezométrica en el Conurbano Bonaerense. En: V Congreso Argentino de Hidrogeología, III Seminario Hispanoamericano de temas actuales de la Hidrogeología. Díaz, E.; Tomás, J.; Santi, M.; D'elia, M. y Dalla Costa, O (eds.): 65-76.

Statistica v.7. 0. Statsoft.

Surfer v.9. Golden Software Inc.

Teaf, C.; Merkel, B.; Mulisch, H. M.; Kuperberg, M. y Wcislo, E. 2006. Industry, mining and military sites. Information needs. En: WHO Drinking-Water Quality Series. Protecting groundwater for health. Managing the quality of drinking-water sources. Schmoll, O.; Howard, G.; Chilton, J. y Chorus, I. (eds.). IWA Publishing. Capítulo 11: 1-27.

Teruggi, M. 1957. The nature and origin of the Argentine loess. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27 (3): 322-332.

Tófalo, O.R.; Etchichury, M.C. y Fresina, M. 2005. Características texturales y petrofacies de depósitos neógenos, Bancalari, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 60 (2): 316-326.

UNLP. 2010. Estudio de las condiciones hidrogeológicas, capacidad de recarga y de la calidad de las aguas subterráneas en la cuenca Matanza – Riachuelo. Universidad Nacional de La Plata. Informe realizado para la Autoridad de cuenca Matanza-Riachuelo. 67 pp.

Vázquez-Suñé, E. 1999. EASY_QUIM. Programa para el cálculo de error de balance y la representación gráfica de análisis de aguas en diagramas de Piper, Schoeller-Berkaloff y Stiff modificado. Hoja de cálculo. Universidad Politécnica de Cataluña.

Zárate, M. 2003. Loess of southern South America. *Quaternary Science Reviews*, 22: 1987–2006.

ANEXO I

Evaluación de la calidad de los análisis y selección de análisis válidos

Tabla AI.1. Error de balance iónico de los análisis químicos de la red de monitoreo de ACUMAR.

Pozo	Fecha	Error *	No válidos	Pozo	Fecha	Error*	No válidos
Emplazamiento 1							
1F	15/05/2008	-9,9		1P	15/05/2008	-1,6	
1F	16/06/2008	-8,6		1P	17/06/2008	5,1	
1F	15/07/2008	-5,6		1P	15/07/2008	3,3	
1F	21/08/2008	-34,1	Descartado	1P	21/08/2008	0,5	
1F	17/09/2008	-24,9	Descartado	1P	17/09/2008	8,3	
1F	16/10/2008	-8,2		1P	16/10/2008	0,7	
1F	18/11/2008	-16,9		1P	18/11/2008	-5,8	
1F	19/12/2008	20,4	Descartado	1P	19/12/2008	2,8	
1F	16/01/2009	6,6		1P	16/01/2009	5,4	
1F	24/02/2009	-4,1		1P	24/02/2009	-2,0	
1F	18/03/2009	12,2		1P	18/03/2009	2,7	
1F	17/04/2009	-0,7		1P	17/04/2009	16,1	
1F	27/05/2009	-0,7		1P	27/05/2009	9,6	
1F	16/06/2009	2,2		1P	16/06/2009	20,6	Descartado
1F	22/07/2009	3,6		1P	22/07/2009	11,4	
1F	18/08/2009	11,2		1P	18/08/2009	14,8	
1F	17/09/2009	10,2		1P	17/09/2009	0,4	
1F	22/10/2009	-18,1		1P	22/10/2009	16,1	
1F	20/11/2009	6,2		1P	20/11/2009	-6,6	
1F	24/09/2010	2,4		1P	24/09/2010	-7,3	
1F	23/11/2010	-1,4		1P	23/11/2010	-0,3	
1F	16/03/2011	4,4		1P	16/03/2011	6,3	
1F	22/06/2011	25,0	Descartado	1P	22/06/2011	14,3	
Emplazamiento 2							
2F	15/05/2008	-7,9		2P	16/05/2008	-8,8	
2F	16/06/2008	-10,0		2P	18/06/2008	-9,5	
2F	15/07/2008	-7,8		2P	15/07/2008	-9,1	
2F	21/08/2008	-10,3		2P	22/08/2008	-31,7	Descartado
2F	17/09/2008	-7,3		2P	18/09/2008	-34,0	Descartado
2F	16/10/2008	-33,6	Descartado	2P	17/10/2008	-22,9	Descartado
2F	18/11/2008	-18,0		2P	19/11/2008	-17,1	
2F	19/12/2008	-11,8		2P	19/12/2008	-8,3	
2F	16/01/2009	-11,9		2P	19/01/2009	-0,2	
2F	24/02/2009	-15,7		2P	23/02/2009	-4,9	
2F	18/03/2009	-15,0		2P	23/03/2009	-0,6	
2F	17/04/2009	18,9		2P	17/04/2009	9,7	
2F	27/05/2009	13,4		2P	19/05/2009	3,5	
2F	16/06/2009	13,6		2P	17/06/2009	8,1	
2F	22/07/2009	10,9		2P	29/07/2009	16,6	
2F	18/08/2009	13,5		2P	19/08/2009	5,3	
2F	17/09/2009	19,1		2P	21/09/2009	11,6	
2F	22/10/2009	14,2		2P	20/10/2009	5,9	
2F	20/11/2009	-4,2		2P	23/11/2009	-8,2	
2F	24/09/2010	3,2		2P	24/09/2010	3,9	
2F	23/11/2010	3,3		2P	23/11/2010	-67,5	Descartado
2F	16/03/2011	4,9		2P	16/03/2011	-2,8	
2F	29/06/2011	15,5		2P	29/06/2011	12,3	
2F	23/08/2011	5,1		2P	23/08/2011	-1,0	

* Error de balance: $200 * (\Sigma \text{Cationes} - \Sigma \text{Aniones} / \Sigma \text{Cationes} + \Sigma \text{Aniones})$

Tabla AI.1. Error de balance iónico de los análisis químicos de la red de monitoreo de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha	Error *	No válidos	Pozo	Fecha	Error *	No válidos
Emplazamiento 3							
3F	16/05/2008	-7,9		3P	16/05/2008	-6,5	
3F	18/06/2008	-13,6		3P	18/06/2008	-7,9	
3F	16/07/2008	-6,2		3P	16/07/2008	-5,0	
3F	22/08/2008	-30,8	Descartado	3P	22/08/2008	-24,4	Descartado
3F	19/09/2008	-29,2	Descartado	3P	19/09/2008	-21,1	Descartado
3F	20/10/2008	-28,6	Descartado	3P	20/10/2008	-31,5	Descartado
3F	19/11/2008	-24,3	Descartado	3P	19/11/2008	-5,7	
3F	19/12/2008	-13,4		3P	19/12/2008	-1,9	
3F	19/01/2009	-14,4		3P	19/01/2009	1,9	
3F	23/02/2009	-18,1		3P	23/02/2009	-7,8	
3F	26/03/2009	-15,4		3P	26/03/2009	-6,5	
3F	21/04/2009	-4,3		3P	21/04/2009	15,3	
3F	19/05/2009	-5,4		3P	19/05/2009	3,7	
3F	17/06/2009	-8,1		3P	17/06/2009	9,6	
3F	29/07/2009	1,2		3P	29/07/2009	11,4	
3F	19/08/2009	-2,0		3P	19/08/2009	13,0	
3F	21/09/2009	3,0		3P	21/09/2009	16,1	
3F	20/10/2009	1,8		3P	20/10/2009	13,3	
3F	24/11/2009	-9,9		3P	24/11/2009	2,7	
3F	24/09/2010	16,1		3P	24/09/2010	14,4	
3F	23/11/2010	15,3		3P	23/11/2010	12,5	
3F	17/03/2011	2,8		3P	17/03/2011	4,6	
3F	21/06/2011	8,2		3P	21/06/2011	17,0	
3F	23/08/2011	13,7		3P	23/08/2011	6,9	
Emplazamiento 4							
4F	19/05/2008	-7,3		4P	19/05/2008	4,1	
4F	19/06/2008	-8,7		4P	19/06/2008	-0,2	
4F	17/07/2008	-8,8		4P	17/07/2008	4,5	
4F	23/08/2008	-25,7	Descartado	4P	23/08/2008	3,1	
4F	22/09/2008	-6,0		4P	22/09/2008	14,2	
4F	22/10/2008	0,4		4P	22/10/2008	8,2	
4F	21/11/2008	-21,7	Descartado	4P	21/11/2008	-1,9	
4F	19/12/2008	-9,4		4P	19/12/2008	0,3	
4F	19/01/2009	-0,1		4P	19/01/2009	10,1	
4F	19/02/2009	-3,5		4P	19/02/2009	1,5	
4F	20/03/2009	5,1		4P	20/03/2009	0,3	
4F	21/04/2009	13,7		4P	21/04/2009	15,5	
4F	20/05/2009	-2,1		4P	20/05/2009	5,6	
4F	18/06/2009	6,7		4P	18/06/2009	4,9	
4F	22/07/2009	-13,5		4P	22/07/2009	14,5	
4F	20/08/2009	-3,0		4P	20/08/2009	10,1	
4F	23/09/2009	5,0		4P	23/09/2009	-2,8	
4F	21/10/2009	14,4		4P	21/10/2009	12,0	
4F	24/11/2009	10,2		4P	24/11/2009	9,2	
4F	23/09/2010	7,6		4P	23/06/2011	14,1	
4F	18/11/2010	5,1		4P	23/08/2011	15,6	
4F	17/03/2011	4,1					
4F	23/06/2011	9,3					
4F	23/08/2011	3,2					

* Error de balance: $200 * (\sum \text{Cationes} - \sum \text{Aniones} / \sum \text{Cationes} + \sum \text{Aniones})$

Tabla AI.1. Error de balance iónico de los análisis químicos de la red de monitoreo de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha	Error *	No válidos	Pozo	Fecha	Error *	No válidos
Emplazamiento 5							
5F	27/05/2008	-2,4		5P	27/05/2008	-2,0	
5F	27/06/2008	-7,5		5P	27/06/2008	-7,4	
5F	30/07/2008	9,6		5P	30/07/2008	9,4	
5F	28/08/2008	-6,5		5P	28/08/2008	-13,6	
5F	26/09/2008	-10,2		5P	26/09/2008	8,0	
5F	27/10/2008	-38,9	Descartado	5P	27/10/2008	-39,9	Descartado
5F	26/11/2008	-3,2		5P	26/11/2008	-1,2	
5F	24/12/2008	-12,9		5P	24/12/2008	14,7	
5F	22/01/2009	-8,7		5P	22/01/2009	2,8	
5F	26/02/2009	-22,8	Descartado	5P	26/02/2009	6,1	
5F	25/03/2009	-7,3		5P	25/03/2009	12,1	
5F	28/04/2009	-20,4	Descartado	5P	28/04/2009	-8,3	
5F	26/05/2009	19,1		5P	26/05/2009	5,2	
5F	23/06/2009	33,0	Descartado	5P	23/06/2009	7,6	
5F	27/07/2009	-12,7		5P	27/07/2009	15,6	
5F	25/08/2009	-10,5		5P	25/08/2009	-4,7	
5F	29/09/2009	-5,7		5P	29/09/2009	-3,3	
5F	26/10/2009	-12,4		5P	26/10/2009	4,2	
5F	27/11/2009	-5,5		5P	27/11/2009	-8,0	
5F	21/09/2010	-2,0		5P	21/09/2010	15,5	
5F	15/11/2010	-1,3		5P	15/11/2010	1,0	
5F	14/03/2011	0,5		5P	14/03/2011	4,2	
5F	04/07/2011	7,6		5P	04/07/2011	15,7	
Emplazamiento 6							
6F	28/05/2008	-1,8		6P	28/05/2008	6,1	
6F	27/06/2008	6,8		6P	27/06/2008	3,1	
6F	30/07/2008	8,7		6P	30/07/2008	-2,1	
6F	29/08/2008	-9,0		6P	29/08/2008	-12,2	
6F	26/09/2008	6,5		6P	26/09/2008	5,9	
6F	27/10/2008	-5,6		6P	27/10/2008	-17,2	
6F	26/11/2008	-9,0		6P	26/11/2008	6,6	
6F	23/12/2008	-15,1		6P	23/12/2008	5,8	
6F	22/01/2009	1,0		6P	22/01/2009	4,3	
6F	26/02/2009	20,9	Descartado	6P	26/02/2009	12,8	
6F	25/03/2009	5,2		6P	25/03/2009	0,1	
6F	28/04/2009	-7,2		6P	28/04/2009	-4,1	
6F	26/05/2009	3,3		6P	26/05/2009	17,7	
6F	24/06/2009	5,2		6P	24/06/2009	19,4	
6F	27/07/2009	0,4		6P	27/07/2009	8,9	
6F	25/08/2009	5,8		6P	25/08/2009	11,9	
6F	25/09/2009	1,6		6P	25/09/2009	4,6	
6F	26/10/2009	6,1		6P	26/10/2009	7,7	
6F	30/11/2009	16,7		6P	30/11/2009	3,4	
6F	21/09/2010	8,4		6P	21/09/2010	10,7	
6F	18/11/2010	12,7		6P	18/11/2010	14,8	
6F	21/03/2011	16,9		6P	21/03/2011	10,0	
6F	06/07/2011	4,4		6P	06/07/2011	10,1	

* Error de balance: $200 * (\sum \text{Cationes} - \sum \text{Aniones} / \sum \text{Cationes} + \sum \text{Aniones})$

Tabla AI.1. Error de balance iónico de los análisis químicos de la red de monitoreo de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha	Error *	No válidos	Pozo	Fecha	Error *	No válidos
Emplazamiento 7							
7F	23/05/2008	-5,9		7P	23/05/2008	-10,0	
7F	26/06/2008	5,4		7P	26/06/2008	-0,5	
7F	30/07/2008	2,6		7P	30/07/2008	10,3	
7F	27/08/2008	4,9		7P	27/08/2008	-12,3	
7F	25/09/2008	-0,5		7P	25/09/2008	6,0	
7F	24/10/2008	-15,8		7P	24/10/2008	-21,9	Descartado
7F	26/11/2008	14,3		7P	26/11/2008	-13,0	
7F	23/12/2008	-0,6		7P	23/12/2008	-9,3	
7F	22/01/2009	7,0		7P	22/01/2009	-5,2	
7F	26/02/2009	-6,9		7P	26/02/2009	-13,3	
7F	24/03/2009	19,4		7P	24/03/2009	-7,4	
7F	24/04/2009	26,8	Descartado	7P	24/04/2009	-7,7	
7F	26/05/2009	-1,3		7P	26/05/2009	8,7	
7F	23/06/2009	7,0		7P	23/06/2009	8,6	
7F	27/07/2009	-7,5		7P	27/07/2009	12,0	
7F	24/08/2009	9,1		7P	24/08/2009	9,2	
7F	24/09/2009	-7,9		7P	24/09/2009	11,4	
7F	26/10/2009	10,7		7P	26/10/2009	16,2	
7F	30/11/2009	-2,6		7P	30/11/2009	6,5	
7F	21/09/2010	10,0		7P	21/09/2010	9,7	
7F	18/11/2010	4,8		7P	18/11/2010	9,5	
7F	21/03/2011	3,1		7P	21/03/2011	5,0	
7F	30/06/2011	6,8		7P	30/06/2011	7,0	
7F	24/08/2011	3,7		7P	24/08/2011	6,7	
Emplazamiento 8							
8F	23/05/2008	4,2		8P	23/05/2008	-3,3	
8F	26/06/2008	-8,7		8P	26/06/2008	6,7	
8F	30/07/2008	9,0		8P	30/07/2008	8,2	
8F	27/08/2008	-12,0		8P	27/08/2008	-5,4	
8F	25/09/2008	-22,8	Descartado	8P	25/09/2008	-3,8	
8F	24/10/2008	-25,8	Descartado	8P	24/10/2008	-25,4	Descartado
8F	25/11/2008	-2,5		8P	25/11/2008	-7,2	
8F	22/12/2008	12,8		8P	22/12/2008	7,8	
8F	23/01/2009	6,0		8P	23/01/2009	7,1	
8F	25/02/2009	1,5		8P	25/02/2009	-2,7	
8F	24/03/2009	13,5		8P	24/03/2009	0,6	
8F	24/04/2009	-7,0		8P	24/04/2009	-9,3	
8F	22/05/2009	-8,6		8P	22/05/2009	7,0	
8F	23/06/2009	-4,8		8P	23/06/2009	-6,0	
8F	28/07/2009	-13,3		8P	28/07/2009	-2,0	
8F	24/08/2009	-16,2		8P	24/08/2009	8,4	
8F	24/09/2009	3,7		8P	24/09/2009	11,3	
8F	26/10/2009	1,8		8P	26/10/2009	18,5	
8F	27/11/2009	3,4		8P	27/11/2009	-3,6	
8F	30/06/2011	10,9		8P	22/09/2010	14,2	
				8P	16/11/2010	4,4	
				8P	15/03/2011	1,4	
				8P	30/06/2011	15,5	

* Error de balance: $200 * (\Sigma \text{Cationes} - \Sigma \text{Aniones} / \Sigma \text{Cationes} + \Sigma \text{Aniones})$

Tabla AI.1. Error de balance iónico de los análisis químicos de la red de monitoreo de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha	Error *	No válidos	Pozo	Fecha	Error *	No válidos
Emplazamiento 9							
9F	15/05/2008	-3,9		9P	15/05/2008	-0,9	
9F	17/06/2008	-7,2		9P	17/06/2008	4,4	
9F	15/07/2008	-8,4		9P	15/07/2008	3,5	
9F	21/08/2008	-26,0	Descartado	9P	21/08/2008	-13,7	
9F	17/09/2008	-22,0	Descartado	9P	17/09/2008	-2,7	
9F	16/10/2008	-27,4	Descartado	9P	16/10/2008	-4,0	
9F	18/11/2008	-21,3	Descartado	9P	18/11/2008	-7,5	
9F	24/12/2008	-11,1		9P	24/12/2008	3,9	
9F	23/01/2009	-1,5		9P	23/01/2009	7,2	
9F	27/02/2009	-14,7		9P	27/02/2009	0,7	
9F	26/03/2009	-2,7		9P	26/03/2009	4,5	
9F	17/04/2009	-3,9		9P	17/04/2009	-73,1	Descartado
9F	18/05/2009	-3,9		9P	18/05/2009	-40,8	Descartado
9F	16/06/2009	2,7		9P	16/06/2009	-10,2	
9F	20/07/2009	-18,8		9P	20/07/2009	19,6	
9F	18/08/2009	-0,9		9P	18/08/2009	13,3	
9F	17/09/2009	3,0		9P	17/09/2009	10,5	
9F	20/10/2009	11,1		9P	20/10/2009	12,6	
9F	20/11/2009	7,5		9P	20/11/2009	-1,1	
9F	22/09/2010	8,8		9P	22/09/2010	-4,6	
9F	16/11/2010	9,4		9P	16/11/2010	6,4	
9F	15/03/2011	3,7		9P	15/03/2011	5,7	
9F	28/06/2011	9,3		9P	28/06/2011	16,9	
9F	24/08/2011	4,3		9P	24/08/2011	8,8	
Emplazamiento 10							
10F	20/05/2008	-6,4		10P	20/05/2008	4,1	
10F	23/06/2008	-5,8		10P	23/06/2008	7,8	
10F	16/07/2008	-6,9		10P	16/07/2008	2,7	
10F	23/08/2008	-27,7	Descartado	10P	23/08/2008	0,8	
10F	19/09/2008	-23,9	Descartado	10P	19/09/2008	-5,1	
10F	20/10/2008	-13,7		10P	20/10/2008	3,7	
10F	21/11/2008	-17,0		10P	21/11/2008	8,4	
10F	20/12/2008	-3,6		10P	20/12/2008	14,7	
10F	19/01/2009	-9,1		10P	19/01/2009	13,1	
10F	19/02/2009	-9,4		10P	19/02/2009	4,4	
10F	20/03/2009	0,7		10P	20/03/2009	6,5	
10F	20/04/2009	26,0	Descartado	10P	20/04/2009	-0,4	
10F	20/05/2009	-2,9		10P	20/05/2009	10,2	
10F	18/06/2009	-28,2	Descartado	10P	18/06/2009	0,2	
10F	29/07/2009	5,2		10P	29/07/2009	10,1	
10F	19/08/2009	-13,5		10P	19/08/2009	15,4	
10F	21/09/2009	-4,6		10P	21/09/2009	-4,2	
10F	22/10/2009	13,3		10P	22/10/2009	14,1	
10F	25/11/2009	4,7		10P	25/11/2009	9,4	
10F	23/09/2010	1,1		10P	23/09/2010	11,9	
10F	18/11/2010	7,2		10P	18/11/2010	5,7	
10F	17/03/2011	4,2		10P	17/03/2011	6,4	
10F	27/06/2011	2,2		10P	27/06/2011	11,3	

* Error de balance: $200 * (\sum \text{Cationes} - \sum \text{Aniones} / \sum \text{Cationes} + \sum \text{Aniones})$

Tabla AI.1. Error de balance iónico de los análisis químicos de la red de monitoreo de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha	Error *	No válidos	Pozo	Fecha	Error *	No válidos
Emplazamiento 11							
11F	19/05/2008	4,6		11P	19/05/2008	6,0	
11F	23/06/2008	-4,5		11P	23/06/2008	5,5	
11F	17/07/2008	-0,6		11P	17/07/2008	3,2	
11F	23/08/2008	-6,8		11P	23/08/2008	7,8	
11F	22/09/2008	-2,2		11P	22/09/2008	-25,3	Descartado
11F	22/10/2008	-5,9		11P	22/10/2008	-3,3	
11F	21/11/2008	-6,0		11P	21/11/2008	-2,6	
11F	20/12/2008	5,0		11P	20/12/2008	12,8	
11F	19/01/2009	2,7		11P	19/01/2009	16,3	
11F	23/02/2009	-7,6		11P	23/02/2009	3,6	
11F	20/03/2009	-3,5		11P	20/03/2009	7,4	
11F	21/04/2009	-2,9		11P	21/04/2009	2,5	
11F	20/05/2009	5,5		11P	20/05/2009	8,8	
11F	18/06/2009	-6,6		11P	18/06/2009	6,7	
11F	29/07/2009	-11,1		11P	29/07/2009	14,6	
11F	20/08/2009	5,5		11P	20/08/2009	12,3	
11F	23/09/2009	10,7		11P	23/09/2009	11,4	
11F	22/10/2009	12,4		11P	22/10/2009	14,8	
11F	24/11/2009	0,7		11P	24/11/2009	7,2	
11F	23/09/2010	20,6	Descartado	11P	23/09/2010	11,9	
11F	15/11/2010	5,8		11P	15/11/2010	7,4	
11F	14/03/2011	0,8		11P	14/03/2011	2,0	
11F	23/06/2011	19,5		11P	23/06/2011	18,0	
11F	23/08/2011	23,0	Descartado	11P	23/08/2011	10,7	
Emplazamiento 12							
12F	22/05/2008	-3,5		12P	22/05/2008	-9,5	
12F	24/06/2008	-0,7		12P	24/06/2008	-2,6	
12F	28/07/2008	-1,1		12P	28/07/2008	7,3	
12F	23/10/2009	13,6		12P	21/01/2009	6,6	
12F	25/11/2009	7,3		12P	23/10/2009	18,2	
12F	23/09/2010	12,6		12P	25/11/2009	17,4	
12F	16/11/2010	14,1					
12F	15/03/2011	3,9					
12F	29/06/2011	15,4					
12F	24/08/2011	5,4					

* Error de balance: $200 * (\sum \text{Cationes} - \sum \text{Aniones} / \sum \text{Cationes} + \sum \text{Aniones})$

Tabla AI.1. Error de balance iónico de los análisis químicos de la red de monitoreo de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha	Error *	No válidos	Pozo	Fecha	Error *	No válidos
Emplazamiento 13							
13F	26/05/2008	-4,5		13P	26/05/2008	-9,5	
13F	24/06/2008	7,2		13P	24/06/2008	-2,6	
13F	28/07/2008	8,3		13P	28/07/2008	7,3	
13F	25/08/2008	-13,6		13P	25/08/2008	-12,5	
13F	24/09/2008	-16,8		13P	25/08/2008	1,6	
13F	23/10/2008	-17,6		13P	23/10/2008	-19,7	
13F	24/11/2008	-19,3		13P	24/11/2008	-22,8	Descartado
13F	22/12/2008	-8,1		13P	22/12/2008	3,7	
13F	21/01/2009	-1,3		13P	21/01/2009	6,6	
13F	27/02/2009	10,7		13P	27/02/2009	-1,3	
13F	23/03/2009	-12,5		13P	23/03/2009	-12,3	
13F	23/04/2009	-5,1		13P	23/04/2009	2,4	
13F	21/05/2009	6,5		13P	21/05/2009	4,1	
13F	22/06/2009	25,4	Descartado	13P	22/06/2009	0,0	
13F	28/07/2009	-18,9		13P	28/07/2009	4,1	
13F	21/08/2009	2,0		13P	21/08/2009	14,5	
13F	25/09/2009	1,3		13P	25/09/2009	-5,4	
13F	23/10/2009	2,5		13P	23/10/2009	18,2	
13F	25/11/2009	-6,5		13P	25/11/2009	17,4	
13F	22/09/2010	9,0		13P	22/09/2010	17,2	
13F	16/11/2010	2,4		13P	16/11/2010	18,4	
13F	16/03/2011	3,6		13P	16/03/2011	12,3	
13F	27/06/2011	30,9	Descartado				
Emplazamiento 14							
14F	26/05/2008	-3,5		14P	26/05/2008	-9,5	
14F	25/06/2008	-7,3		14P	25/06/2008	-2,6	
14F	29/07/2008	7,2		14P	29/07/2008	7,3	
14F	28/08/2008	-12,3		14P	28/08/2008	-12,5	
14F	24/09/2008	-12,5		14P	28/08/2008	1,6	
14F	23/10/2008	-27,3	Descartado	14P	23/10/2008	-19,7	
14F	24/11/2008	-2,9		14P	24/11/2008	-22,8	Descartado
14F	22/12/2008	14,1		14P	22/12/2008	3,7	
14F	20/01/2009	-8,2		14P	20/01/2009	6,6	
14F	24/02/2009	12,8		14P	24/02/2009	-1,3	
14F	23/03/2009	-18,7		14P	23/03/2009	-12,3	
14F	23/04/2009	-8,6		14P	23/04/2009	2,4	
14F	21/05/2009	-15,0		14P	21/05/2009	4,1	
14F	22/06/2009	12,7		14P	22/06/2009	0,0	
14F	28/07/2009	-11,9		14P	28/07/2009	4,1	
14F	21/08/2009	-3,1		14P	21/08/2009	14,5	
14F	25/09/2009	8,7		14P	25/09/2009	-5,4	
14F	23/10/2009	13,4		14P	23/10/2009	18,2	
14F	25/11/2009	10,2		14P	25/11/2009	17,4	
14F	22/09/2010	15,8		14P	22/09/2010	17,2	
14F	16/11/2010	5,6		14P	16/11/2010	18,4	
14F	15/03/2011	-0,1		14P	15/03/2011	12,3	
14F	04/07/2011	12,9		14P	04/07/2011	26,2	Descartado
14F	24/08/2011	3,2		14P	24/08/2011	17,9	

* Error de balance: $200 * (\sum \text{Cationes} - \sum \text{Aniones} / \sum \text{Cationes} + \sum \text{Aniones})$

Tabla AI.1. Error de balance iónico de los análisis químicos de la red de monitoreo de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha	Error *	No válidos	Pozo	Fecha	Error *	No válidos
Emplazamiento 15							
15F	22/05/2008	-1,6		15P	22/05/2008	-0,9	15F
15F	24/06/2008	1,2		15P	24/06/2008	3,0	15F
15F	28/07/2008	2,5		15P	28/07/2008	6,9	15F
15F	25/08/2008	-8,2		15P	25/08/2008	-6,4	15F
15F	24/09/2008	-3,6		15P	25/08/2008	0,2	15F
15F	23/10/2008	-24,2	Descartado	15P	23/10/2008	0,8	15F
15F	20/11/2008	-31,8	Descartado	15P	20/11/2008	-3,5	15F
15F	23/12/2008	-2,5		15P	23/12/2008	9,8	15F
15F	20/01/2009	4,5		15P	20/01/2009	15,6	15F
15F	25/02/2009	-5,9		15P	25/02/2009	6,7	15F
15F	20/03/2009	-10,4		15P	20/03/2009	-0,3	15F
15F	22/04/2009	4,7		15P	22/04/2009	10,0	15F
15F	21/05/2009	4,7		15P	21/05/2009	5,4	15F
15F	19/06/2009	2,4		15P	19/06/2009	2,0	15F
15F	28/07/2009	-3,7		15P	28/07/2009	7,0	15F
15F	20/08/2009	1,9		15P	20/08/2009	-4,9	15F
15F	24/09/2009	14,7		15P	24/09/2009	-6,4	15F
15F	23/10/2009	16,2		15P	23/10/2009	18,4	15F
15F	30/11/2009	9,9		15P	30/11/2009	6,4	15F
15F	21/09/2010	11,6		15P	21/09/2010	13,2	15F
15F	15/11/2010	15,4		15P	15/11/2010	11,7	15F
15F	14/03/2011	8,0		15P	14/03/2011	5,9	15F
15F	05/07/2011	14,4		15P	05/07/2011	12,4	15F
Emplazamiento 17				Emplazamiento 18			
17F	15/05/2008	-3,6		18F	20/05/2008	-6,4	17F
17F	17/06/2008	-6,9		18F	23/06/2008	0,7	17F
17F	15/07/2008	-8,0		18F	17/07/2008	-6,2	17F
17F	21/08/2008	-16,9		18F	23/08/2008	-16,5	17F
17F	18/09/2008	-5,4		18F	22/09/2008	-7,9	17F
17F	17/10/2008	-6,5		18F	22/10/2008	-11,3	17F
17F	21/11/2008	-2,7		18F	21/11/2008	-6,4	17F
17F	18/12/2008	1,1		18F	18/12/2008	6,8	17F
17F	16/01/2009	7,7		18F	16/01/2009	8,7	17F
17F	24/02/2009	1,5		18F	19/02/2009	3,1	17F
17F	23/03/2009	-0,1		18F	23/03/2009	-8,3	17F
17F	17/04/2009	4,3		18F	21/04/2009	-5,6	17F
17F	19/05/2009	3,7		18F	20/05/2009	-3,4	17F
17F	17/06/2009	13,5		18F	18/06/2009	8,6	17F
17F	22/07/2009	-7,3		18F	22/07/2009	-9,9	17F
17F	18/08/2009	2,4		18F	20/08/2009	7,2	17F
17F	17/09/2009	12,1		18F	23/09/2009	11,9	17F
17F	20/10/2009	16,6		18F	22/10/2009	2,1	17F
17F	23/11/2009	0,8		18F	24/11/2009	-2,3	17F
17F	24/09/2010	1,7		18F	23/09/2010	15,6	17F
17F	23/11/2010	14,8		18F	15/11/2010	-6,7	17F
17F	16/03/2011	6,8		18F	14/03/2011	4,0	17F
17F	22/06/2011	13,0		18F	23/06/2011	11,8	17F

* Error de balance: $200 * (\sum \text{Cationes} - \sum \text{Aniones} / \sum \text{Cationes} + \sum \text{Aniones})$

Tabla AI.1. Error de balance iónico de los análisis químicos de la red de monitoreo de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha	Error *	No válidos	Pozo	Fecha	Error *	No válidos
Emplazamiento 19				Emplazamiento 20			
19F	19/05/2008	8,2		20F	20/05/2008	6,0	
19F	19/06/2008	-4,7		20F	19/06/2008	-0,6	
19F	16/07/2008	1,9		20F	16/07/2008	8,0	
19F	22/08/2008	5,6		20F	22/08/2008	5,2	
19F	18/09/2008	19,5		20F	19/09/2008	13,8	
19F	20/10/2008	11,3		20F	20/10/2008	8,5	
19F	19/11/2008	4,6		20F	21/11/2008	-1,5	
19F	18/12/2008	2,0		20F	18/12/2008	9,1	
19F	15/01/2009	9,8		20F	16/01/2009	3,7	
19F	18/02/2009	2,4		20F	19/02/2009	-10,3	
19F	20/03/2009	-40,5	Descartado	20F	20/03/2009	2,7	
19F	20/04/2009	6,8		20F	20/04/2009	11,6	
19F	19/05/2009	-12,6		20F	20/05/2009	9,2	
19F	17/06/2009	-23,4	Descartado	20F	18/06/2009	12,4	
19F	29/07/2009	-5,3		20F	29/07/2009	-7,6	
19F	19/08/2009	0,9		20F	19/08/2009	-7,6	
19F	21/09/2009	11,0		20F	21/09/2009	15,5	
19F	21/10/2009	-5,5		20F	25/11/2009	0,3	
19F	24/11/2009	4,4		20F	27/09/2010	9,2	
19F	24/09/2010	18,7		20F	24/11/2010	14,0	
19F	23/11/2010	16,9		20F	16/03/2011	9,7	
19F	17/03/2011	12,3		20F	27/06/2011	9,7	
19F	21/06/2011	13,7					
Emplazamiento 21				Emplazamiento 22			
21F	26/05/2008	-0,3		22F	15/05/2008	-3,9	
21F	29/07/2008	-1,6		22F	18/06/2008	-4,9	
21F	26/08/2008	-43,7	Descartado	22F	15/07/2008	-9,2	
21F	23/09/2008	-13,3		22F	21/08/2008	-13,9	
21F	23/10/2008	-23,6	Descartado	22F	18/09/2008	-8,8	
21F	20/11/2008	-26,4	Descartado	22F	17/10/2008	-18,9	
21F	22/12/2008	4,4		22F	18/11/2008	-14,3	
21F	20/01/2009	2,4		22F	18/12/2008	-2,6	
21F	24/02/2009	-1,1		22F	15/01/2009	-5,4	
21F	26/03/2009	-14,5		22F	18/02/2009	-19,0	
21F	23/04/2009	-9,4		22F	18/03/2009	-2,6	
21F	21/05/2009	-10,7		22F	17/04/2009	8,4	
21F	22/06/2009	-1,0		22F	18/05/2009	7,5	
21F	28/07/2009	-8,5		22F	16/06/2009	13,8	
21F	21/08/2009	-12,4		22F	20/07/2009	-0,9	
21F	25/09/2009	0,2		22F	18/08/2009	-0,7	
21F	23/10/2009	7,5		22F	17/09/2009	19,1	
21F	27/11/2009	-16,0		22F	20/10/2009	18,1	
				22F	20/11/2009	-10,6	
				22F	27/09/2010	6,1	
				22F	24/11/2010	17,1	
				22F	16/03/2011	4,1	
				22F	28/06/2011	13,9	

* Error de balance: $200 * (\Sigma \text{Cationes} - \Sigma \text{Aniones} / \Sigma \text{Cationes} + \Sigma \text{Aniones})$

Tabla AI.1. Error de balance iónico de los análisis químicos de la red de monitoreo de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha	Error *	No válidos	Pozo	Fecha	Error *	No válidos
Emplazamiento 23				Emplazamiento 24			
23F	21/05/2008	3,9		24F	22/05/2008	0,6	
23F	24/06/2008	8,1		24F	24/06/2008	1,9	
23F	28/07/2008	8,9		24F	28/07/2008	4,1	
23F	25/08/2008	-5,7		24F	25/08/2008	-12,5	
23F	23/09/2008	5,4		24F	23/09/2008	8,1	
23F	22/10/2008	12,8		24F	22/10/2008	0,3	
23F	24/11/2008	0,1		24F	24/11/2008	-12,9	
23F	23/12/2008	13,9		24F	23/12/2008	20,2	Descartado
23F	20/01/2009	16,1		24F	20/01/2009	-4,3	
23F	25/02/2009	-4,0		24F	25/02/2009	-9,0	
23F	23/03/2009	3,2		24F	23/03/2009	-7,9	
23F	22/04/2009	17,1		24F	23/04/2009	-0,2	
23F	27/05/2009	15,8		24F	27/05/2009	18,6	
23F	19/06/2009	26,6	Descartado	24F	19/06/2009	11,6	
23F	28/07/2009	0,1		24F	28/07/2009	5,5	
23F	20/08/2009	5,7		24F	20/08/2009	1,5	
23F	23/09/2009	-0,2		24F	23/09/2009	12,7	
23F	22/10/2009	10,0		24F	22/10/2009	8,4	
23F	30/11/2009	4,4		24F	30/11/2009	1,7	
23F	27/09/2010	11,9		24F	27/09/2010	6,6	
23F	24/11/2010	8,3		24F	24/11/2010	6,2	
23F	22/03/2011	7,2		24F	22/03/2011	1,8	
23F	05/07/2011	15,6		24F	22/06/2011	12,8	
Emplazamiento 25				Emplazamiento 26			
25F	20/05/2008	5,0		26F	27/05/2008	-5,7	
25F	17/07/2008	3,4		26F	25/06/2008	-8,1	
25F	21/08/2008	32,3	Descartado	26F	29/07/2008	7,2	
25F	17/09/2008	44,2	Descartado	26F	26/08/2008	-16,4	
25F	16/10/2008	37,9	Descartado	26F	22/09/2008	-32,9	Descartado
25F	18/11/2008	28,4	Descartado	26F	23/10/2008	-18,1	
25F	18/12/2008	-21,8	Descartado	26F	24/11/2008	-19,5	
25F	15/01/2009	-22,1	Descartado				
25F	18/02/2009	-17,7					
25F	18/03/2009	-26,1	Descartado				
25F	17/04/2009	9,2					
25F	18/05/2009	10,6					
25F	16/06/2009	12,5					
25F	20/07/2009	7,8					
25F	18/08/2009	14,1					
25F	17/09/2009	-7,2					
25F	20/10/2009	1,8					
25F	20/11/2009	-17,3					
25F	22/09/2010	15,9					
25F	16/11/2010	10,1					
25F	15/03/2011	13,9					
25F	28/06/2011	32,7	Descartado				

* Error de balance: $200 * (\Sigma \text{Cationes} - \Sigma \text{Aniones} / \Sigma \text{Cationes} + \Sigma \text{Aniones})$

Tabla AI.1. Error de balance iónico de los análisis químicos de la red de monitoreo de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha	Error *	No válidos	Pozo	Fecha	Error *	No válidos
Emplazamiento 27				Emplazamiento 28			
27F	27/05/2008	-7,7		28F	23/05/2008	-6,9	
27F	25/06/2008	-6,5		28F	26/06/2008	-1,7	
27F	28/07/2008	-4,9		28F	29/07/2008	7,6	
27F	26/08/2008	-9,5		28F	26/08/2008	-12,2	
27F	23/09/2008	-11,0		28F	25/09/2008	-8,9	
27F	23/10/2008	-7,6		28F	24/10/2008	9,8	
27F	20/11/2008	-6,5		28F	25/11/2008	6,3	
27F	23/12/2008	-3,3		28F	22/12/2008	18,8	
27F	20/01/2009	8,3		28F	21/01/2009	20,0	
27F	25/02/2009	-8,8		28F	24/02/2009	38,3	Descartado
27F	23/03/2009	-17,2		28F	24/03/2009	7,8	
27F	22/04/2009	16,9		28F	24/04/2009	0,3	
27F	27/05/2009	-2,9		28F	22/05/2009	33,2	Descartado
27F	22/06/2009	11,6		28F	23/06/2009	41,3	Descartado
27F	28/07/2009	10,6		28F	29/07/2009	5,9	
27F	21/08/2009	12,4		28F	21/08/2009	-8,0	
27F	24/09/2009	11,8		28F	24/09/2009	-18,5	
27F	23/10/2009	16,6		28F	26/10/2009	15,6	
27F	30/11/2009	5,9		28F	27/11/2009	-8,0	
				28F	27/09/2010	5,3	
				28F	24/11/2010	7,9	
				28F	22/03/2011	3,3	
				28F	05/07/2011	23,7	Descartado
Emplazamiento 29				Emplazamiento 30			
29F	28/05/2008	-5,9		30F	16/05/2008	-9,3	
29F	27/06/2008	-0,1		30F	18/06/2008	22,6	Descartado
29F	29/07/2008	-1,7		30F	16/07/2008	-7,0	
29F	28/08/2008	-9,9		30F	22/08/2008	-40,6	Descartado
29F	26/09/2008	0,4		30F	18/09/2008	-26,8	Descartado
29F	27/10/2008	-6,5		30F	17/10/2008	-33,2	Descartado
29F	26/11/2008	-4,1		30F	19/11/2008	-11,5	
29F	24/12/2008	-3,1		30F	18/12/2008	-5,3	
29F	26/02/2009	-76,1	Descartado	30F	15/01/2009	-82,9	Descartado
29F	25/03/2009	6,1		30F	18/02/2009	1,1	
29F	28/04/2009	1,3		30F	18/03/2009	3,6	
29F	26/05/2009	10,8		30F	20/04/2009	13,9	
29F	24/06/2009	-11,7		30F	19/05/2009	16,9	
29F	27/07/2009	5,5		30F	17/06/2009	8,2	
29F	24/08/2009	17,9		30F	29/07/2009	10,4	
29F	25/09/2009	4,7		30F	19/08/2009	15,8	
29F	26/10/2009	5,4		30F	21/09/2009	11,5	
29F	30/11/2009	1,8		30F	20/10/2009	11,0	
29F	27/09/2010	10,9		30F	23/11/2009	11,9	
29F	24/11/2010	1,4		30F	24/09/2010	18,5	
29F	21/03/2011	8,1		30F	23/11/2010	17,4	
29F	06/07/2011	-0,3		30F	17/03/2011	0,5	
				30F	21/06/2011	17,6	

* Error de balance: $200 * (\sum \text{Cationes} - \sum \text{Aniones} / \sum \text{Cationes} + \sum \text{Aniones})$

Tabla A1.2. Análisis químicos de los pozos de AySA utilizados y valor de los errores de balance.

Pozo	Fecha	Error *	Pozo	Fecha	Error*
LO127	17/01/2007	-19,02	SE008	25/06/2007	3,92
LO127	31/08/2007	-9,97	SE014	19/07/2007	5,14
LO127	12/02/2008	-0,68	SE016	14/10/2009	4,84
LO127	26/08/2008	-6,92	EET001	24/01/2005	0,35
LO127	23/01/2009	2,97	EET001	11/07/2005	1,84
LO127	24/07/2009	0,87	EET001	13/02/2006	2,26
LO127	22/02/2010	-3,68	EET001	31/08/2006	-1,30
LO128	19/03/2007	3,50	EET001	09/02/2007	-6,01
LO128	12/02/2008	-3,90	EET001	12/07/2007	2,01
LO128	11/12/2008	-6,10	EET001	13/02/2008	0,22
LO128	21/02/2009	3,16	EET001	29/08/2008	-1,37
LO128	22/02/2010	-5,29	EET001	29/01/2009	-2,84
EE032	08/02/2006	3,20	EET001	11/09/2009	-10,98
EE032	20/07/2006	-2,08	EET001	24/02/2010	-3,94
EE032	08/02/2007	-0,61	EES001	16/02/2009	3,82
EE032	10/09/2007	-7,50	EES001	15/04/2009	-2,74
EE032	05/11/2007	-0,51	EES001	09/06/2009	-12,15
EE032	09/01/2008	-11,09	EES001	14/08/2009	-1,79
EE032	29/08/2008	0,02	LMO095	20/05/2006	-0,98
EE032	27/03/2009	-8,25	LMO095	31/08/2006	-3,20
EE032	15/09/2009	-8,34	LMO095	31/01/2007	5,83
EE032	28/01/2010	2,66	LMO095	03/09/2007	-10,52
EE033	28/06/2004	5,11	LMO095	17/03/2008	-5,03
EE033	26/10/2004	1,21	LMO095	13/08/2008	-1,32
EE033	01/03/2005	1,31	LMO095	29/09/2008	-3,07
EE033	26/09/2005	-6,56	LMO095	27/05/2009	-2,70
EE033	08/02/2006	5,08	LMO095	03/12/2009	5,15
EE033	20/07/2006	-7,18	LMO957	17/03/2008	-8,82
EE033	08/02/2007	0,70	LMO957	08/07/2008	-1,87
EE033	10/09/2007	-7,55	LMO957	01/06/2009	1,12
EE033	05/11/2007	-0,73	LMO957	01/12/2009	-6,34
EE033	09/01/2008	-11,33	LMO076	17/08/2006	-6,73
EE033	09/09/2008	1,82	LMO054	07/11/2005	8,85
EE033	27/03/2009	-8,34	LMO054	07/02/2006	-9,68
EE033	15/09/2009	-7,85	LMO054	14/08/2006	-1,53
LO139	12/08/2009	5,11	LMO054	30/01/2007	2,03
LO139	25/06/2007	0,47	LMO054	23/07/2007	7,24
LO139	29/08/2007	-0,84	LMO054	18/02/2008	5,55
LO139	10/03/2008	-10,75	LMO054	11/08/2008	-8,72
LO139	26/08/2008	-6,27	LMO054	15/04/2009	-4,83
LO139	16/03/2009	-10,59	LMO054	04/11/2009	9,83
LO139	02/03/2010	-4,42	LMO140	10/09/2007	-3,31
SU026	14/11/2008	9,51	LMO140	18/01/2008	1,78
SU021	31/01/2008	-0,56	LMO140	28/08/2008	-0,80
SU018	12/09/2008	-1,96	LMO140	10/03/2009	-8,28
SE003	10/05/2007	4,24	LMO140	29/05/2009	1,74
SE006	20/06/2007	0,84	LMO140	05/11/2009	7,58

* Error de balance: $200 * (\sum \text{Cationes} - \sum \text{Aniones} / \sum \text{Cationes} + \sum \text{Aniones})$

Tabla AI.2. Análisis químicos de los pozos de AySA utilizados y valor de los errores de balance (cont.).

Pozo	Fecha	Error *
LMO146	12/03/2008	-3,27
LMO146	17/09/2008	0,66
LMO146	01/06/2009	-1,03
LMO146	02/12/2009	2,66
LMO153	09/12/2008	-4,32
LMO153	27/05/2009	1,75
LMO153	11/11/2009	-0,22
MN002	10/12/2009	1,67
SA028	06/11/2009	9,28
EE038	17/02/2009	4,05
EE038	03/08/2009	12,25
EEU001	14/03/2006	-12,01
EEU001	31/08/2006	1,99
EEU001	19/01/2007	0,57
EEU001	10/09/2007	-6,07
EEU001	13/02/2008	0,65
EEU001	29/08/2008	4,07
EEU001	15/01/2009	-5,79
EEU001	30/01/2009	-10,80
EEU001	16/07/2009	3,45
EEU001	24/02/2010	0,62

* Error de balance: $200 * (\sum \text{Cationes} - \sum \text{Aniones} / \sum \text{Cationes} + \sum \text{Aniones})$

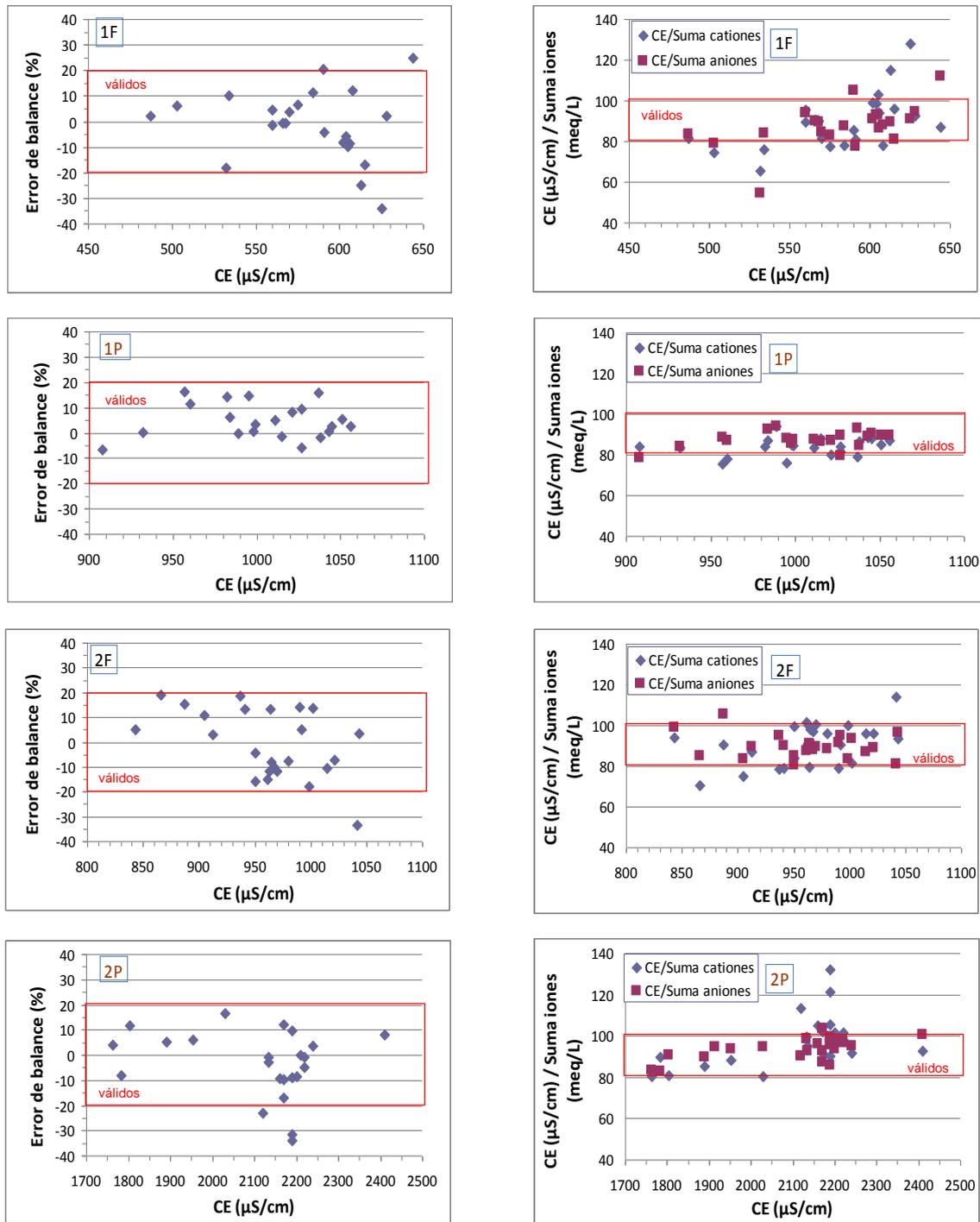


Figura A1.1. Error de balance/CE y relaciones CE/ Σ Cationes - CE/ Σ Aniones respecto a la CE. Red de ACUMAR.

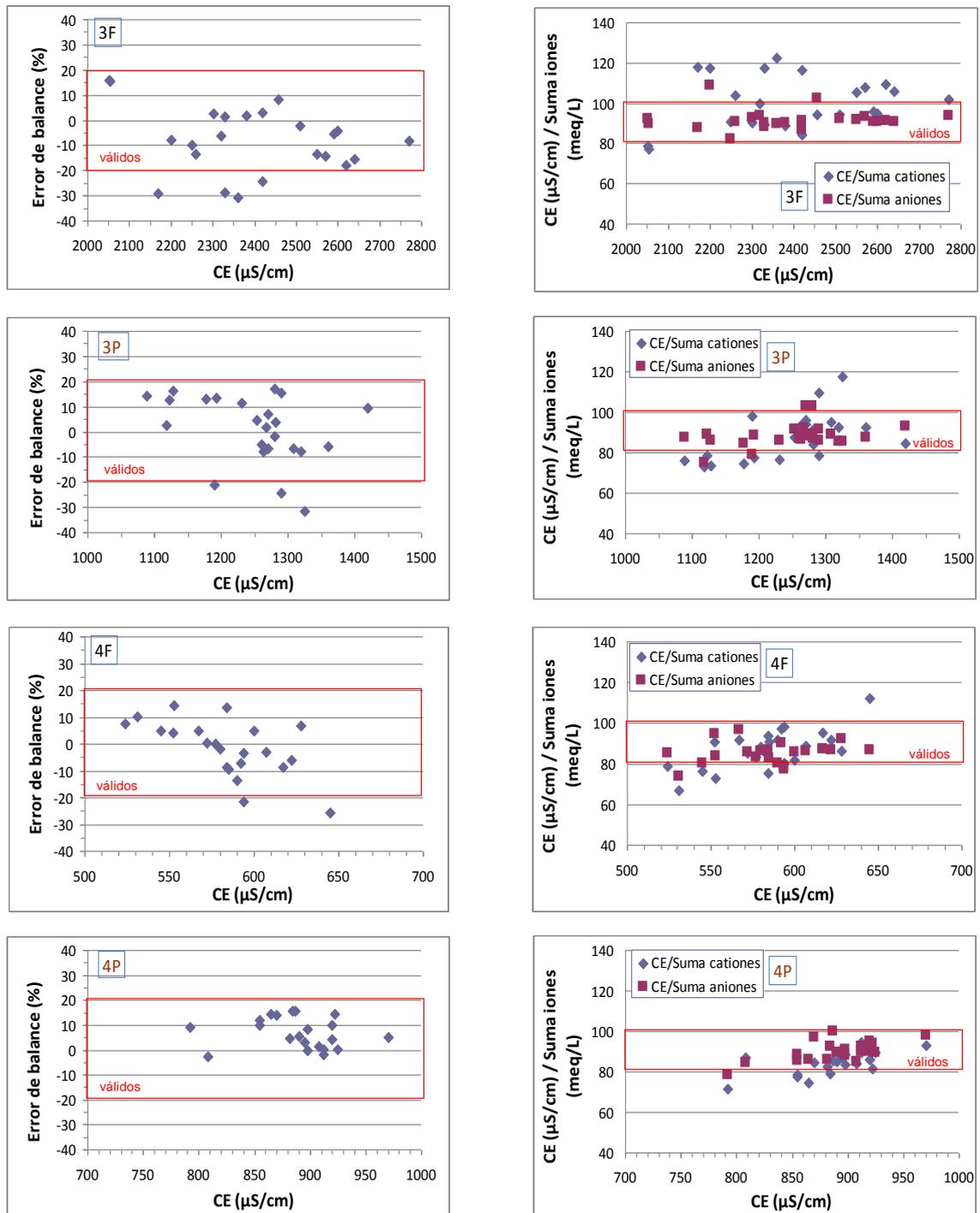


Figura AI.1. Error de balance/CE y relaciones $CE/\Sigma\text{Cationes}$ - $CE/\Sigma\text{Aniones}$ respecto a la CE. Red de ACUMAR (cont.).

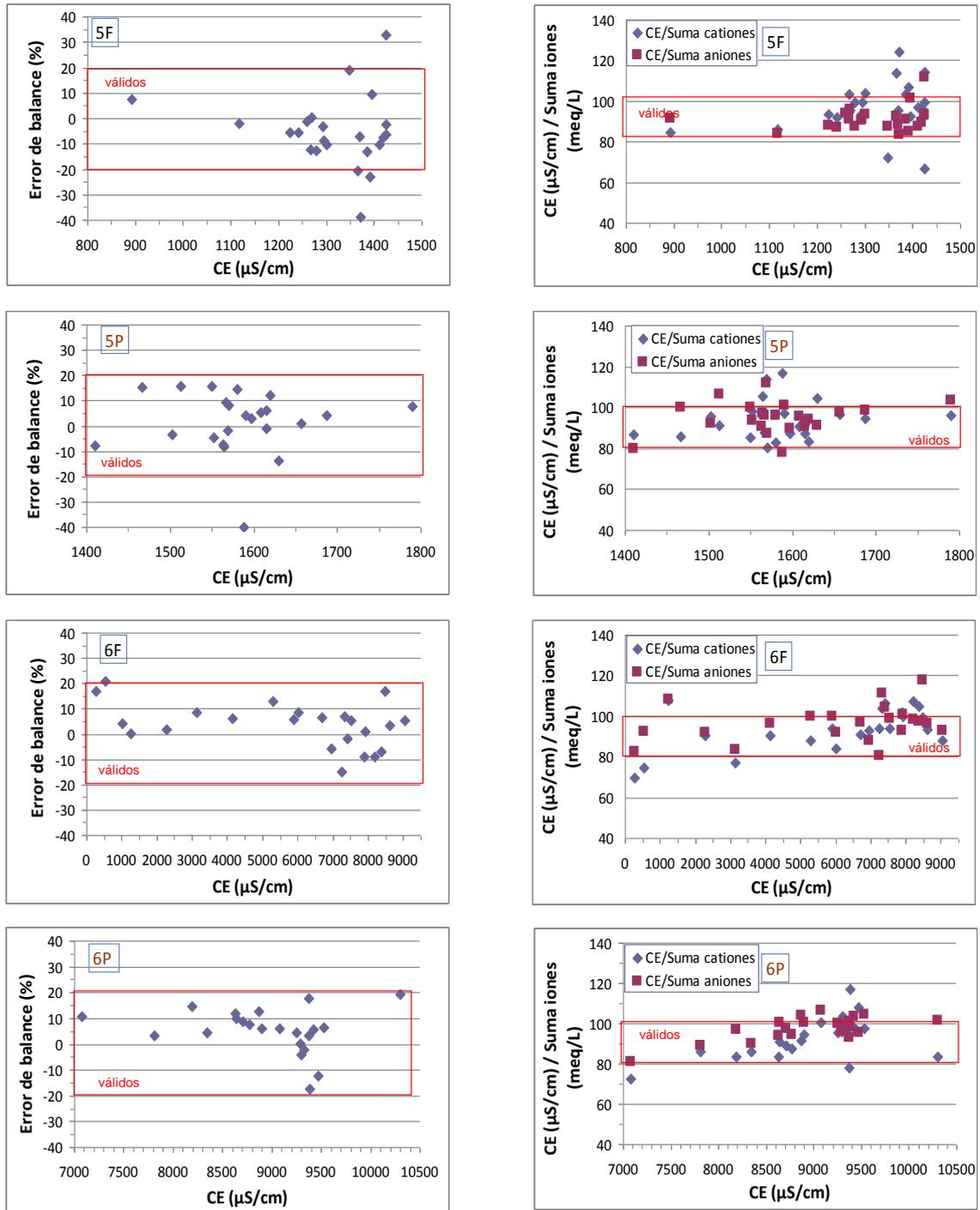


Figura AI.1. Error de balance/CE y relaciones $CE/\Sigma\text{Cationes}$ - $CE/\Sigma\text{Aniones}$ respecto a la CE. Red de ACUMAR (cont.).

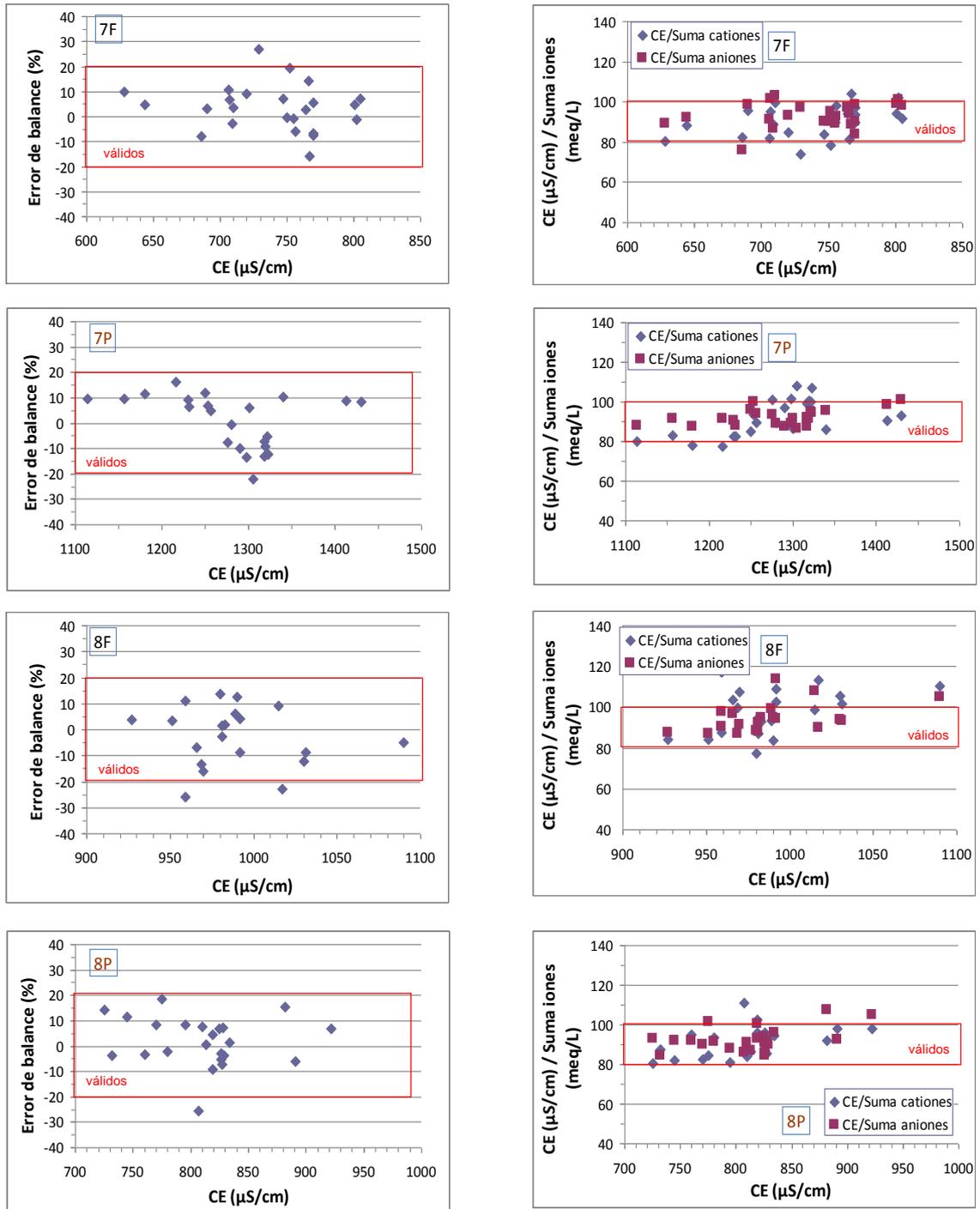


Figura AI.1. Error de balance/CE y relaciones $CE/\Sigma\text{Cationes}$ - $CE/\Sigma\text{Aniones}$ respecto a la CE. Red de ACUMAR (cont.).

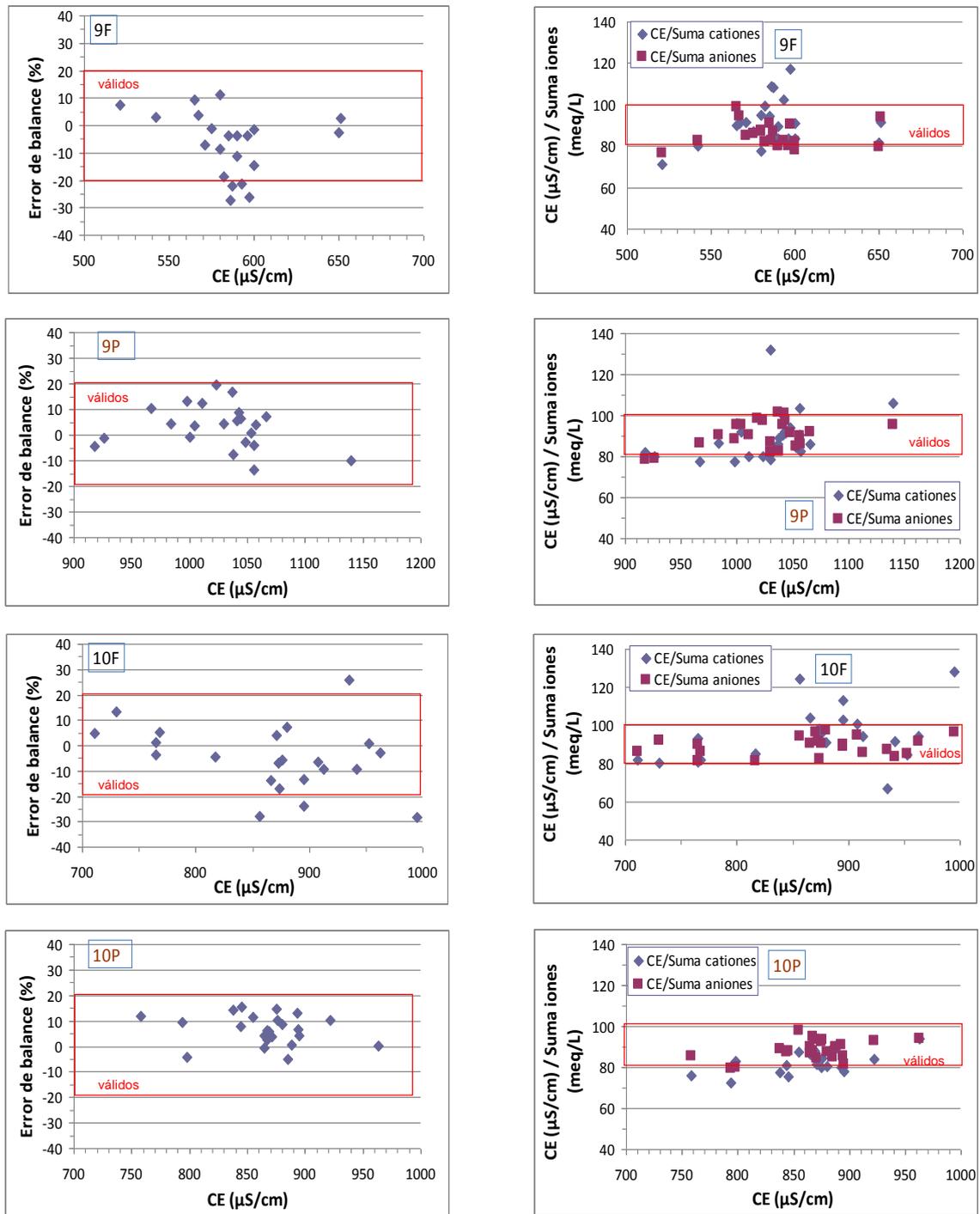


Figura AI.1. Error de balance/CE y relaciones CE/ΣCationes - CE/ΣAniones respecto a la CE. Red de ACUMAR (cont.).

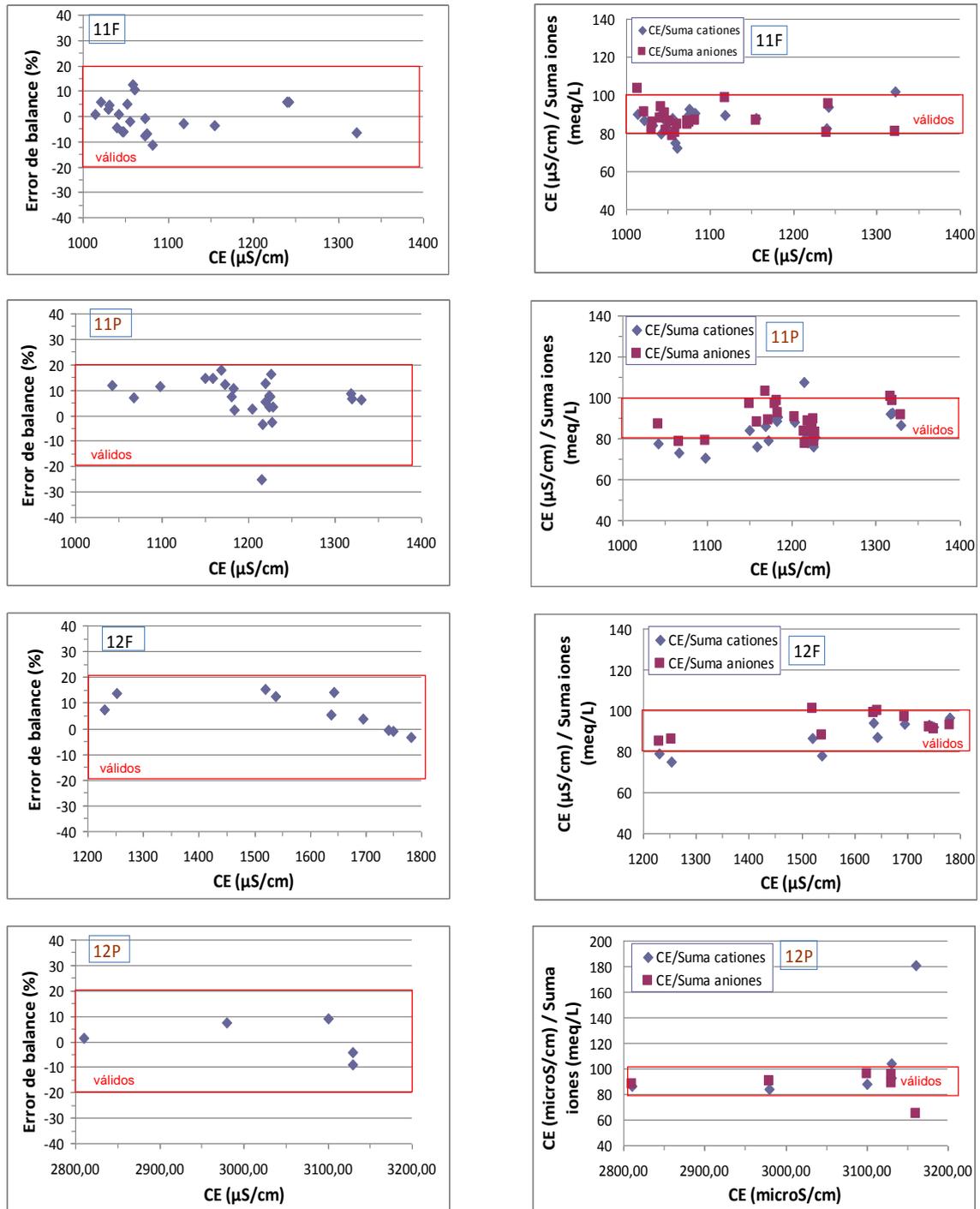


Figura AI.1. Error de balance/CE y relaciones $CE/\Sigma\text{Cationes} - CE/\Sigma\text{Aniones}$ respecto a la CE. Red de ACUMAR (cont.).

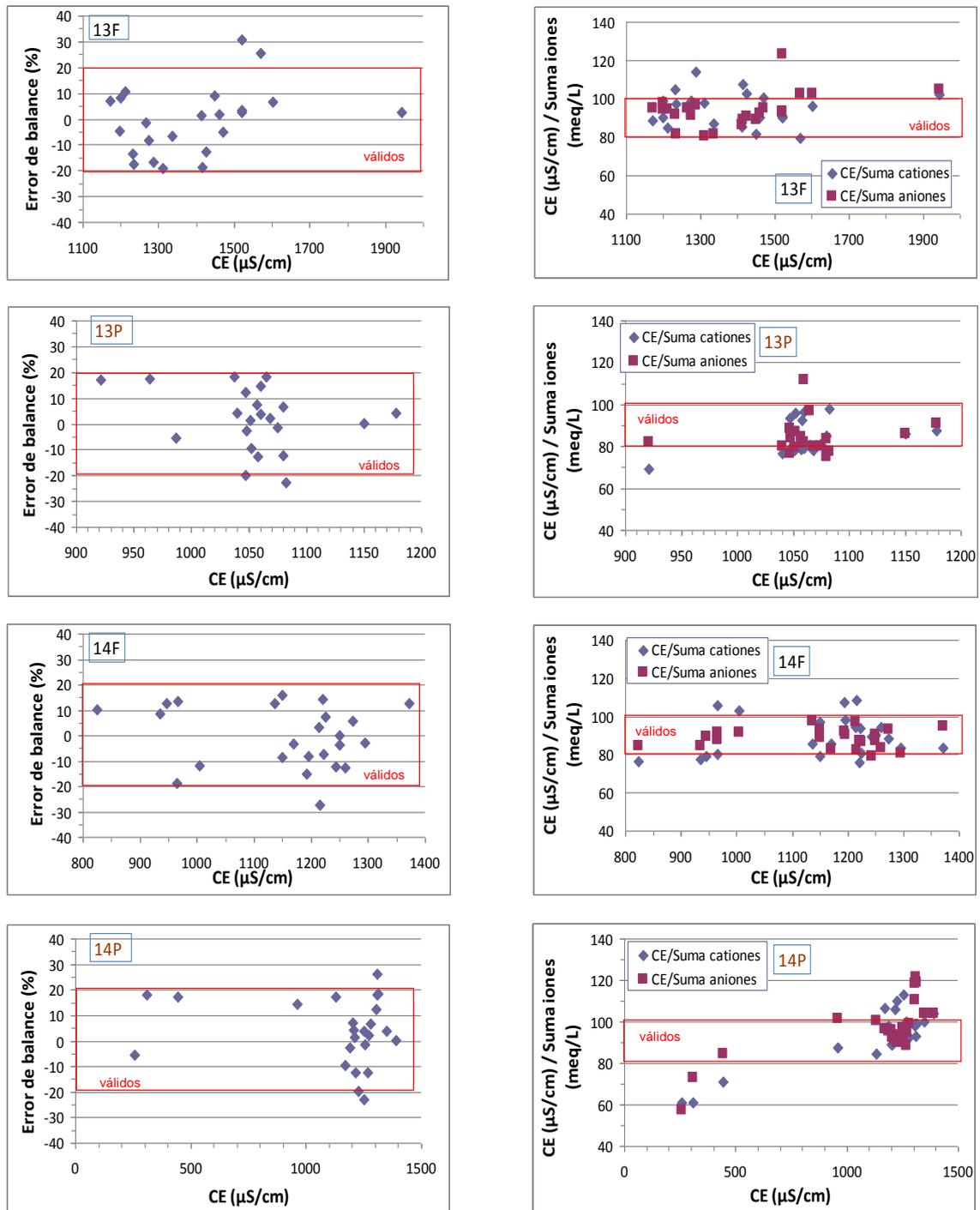


Figura AI.1. Error de balance/CE y relaciones CE/ΣCationes - CE/ΣAniones respecto a la CE. Red de ACUMAR (cont.).

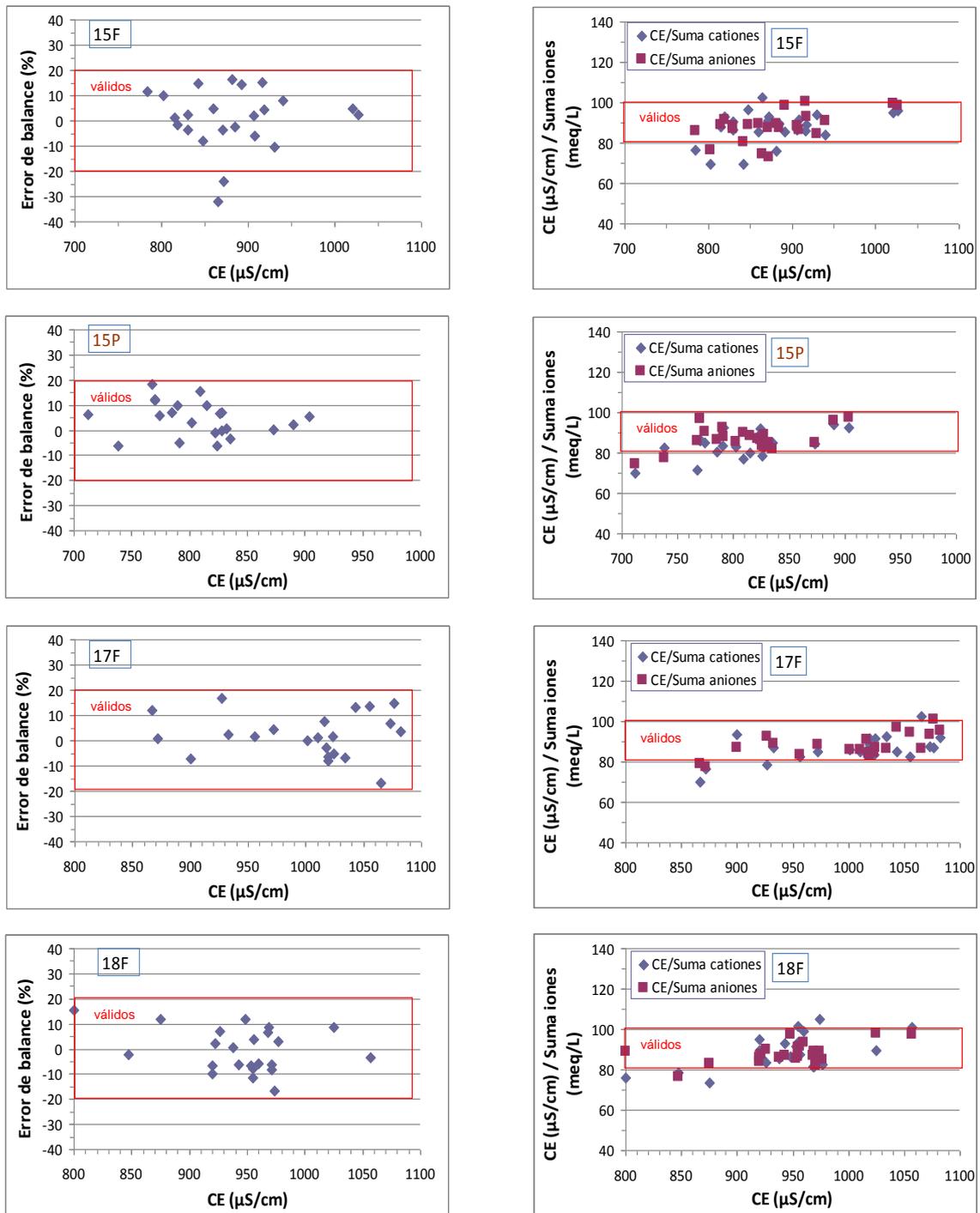


Figura AI.1. Error de balance/CE y relaciones $CE/\Sigma\text{Cationes}$ - $CE/\Sigma\text{Aniones}$ respecto a la CE. Red de ACUMAR (cont.).

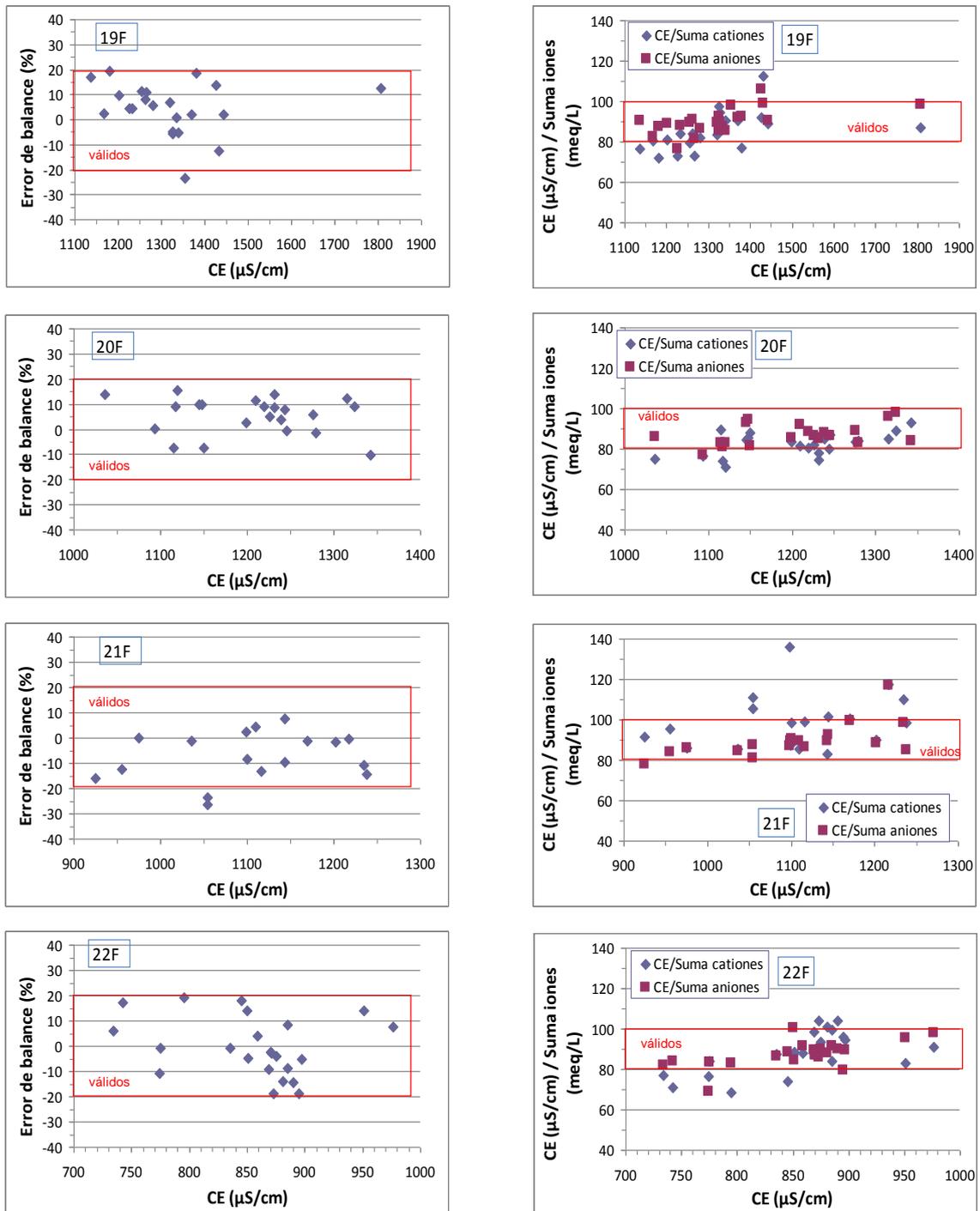


Figura AI.1. Error de balance/CE y relaciones $CE/\Sigma\text{Cationes}$ - $CE/\Sigma\text{Aniones}$ respecto a la CE. Red de ACUMAR (cont.).

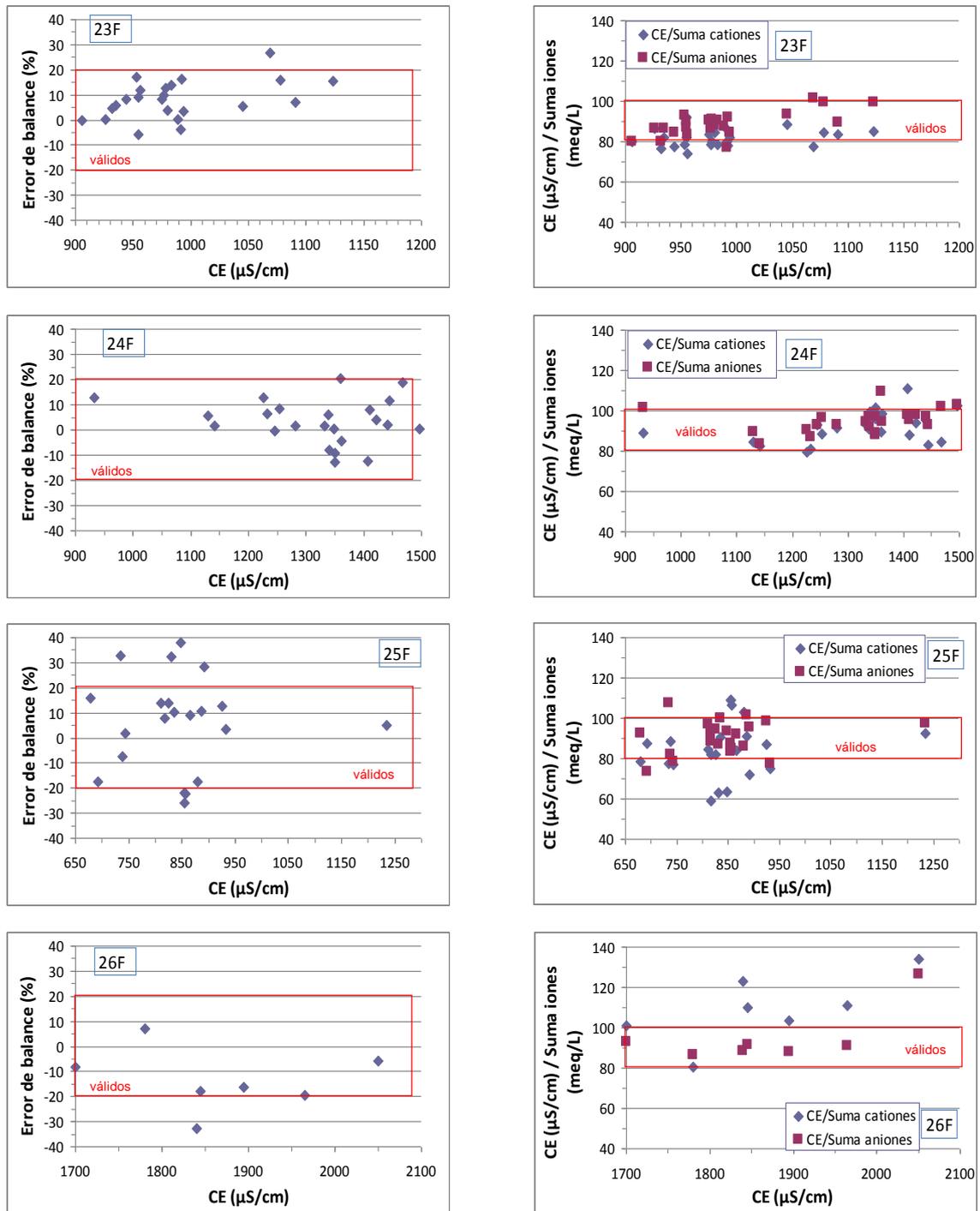


Figura AI.1. Error de balance/CE y relaciones $CE/\Sigma\text{Cationes}$ - $CE/\Sigma\text{Aniones}$ respecto a la CE. Red de ACUMAR (cont.).

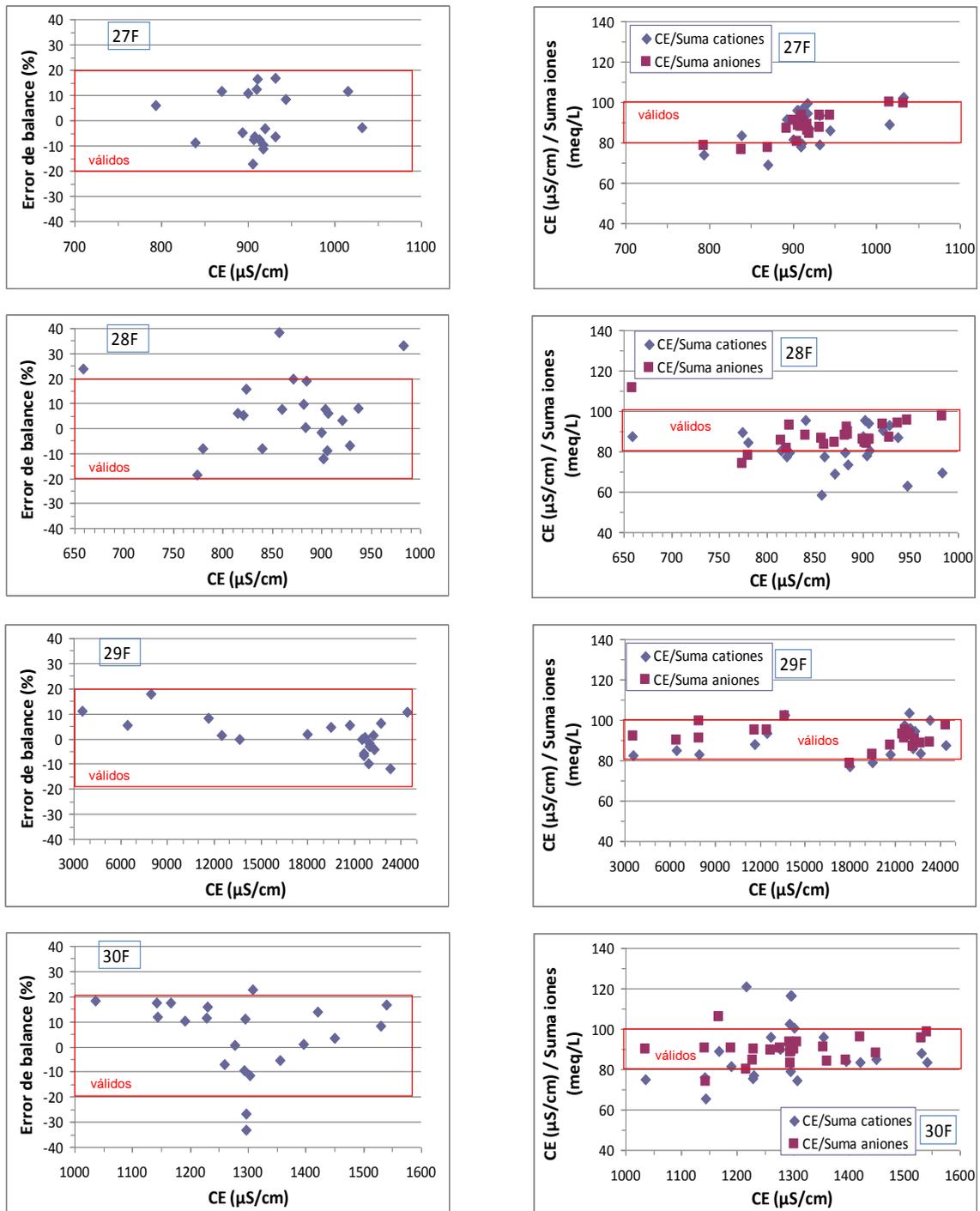


Figura AI.1. Error de balance/CE y relaciones $CE/\Sigma\text{Cationes}$ - $CE/\Sigma\text{Aniones}$ respecto a la CE. Red de ACUMAR (cont.).

Tabla A1.3. Técnicas analíticas y límites de detección teóricos y reales informados por la Universidad Nacional de La Plata (UNLP, 2010) y por el Instituto Nacional del Agua (INA, 2010).

Componente	Técnica analítica		Límite de detección teórico informado		Límite de detección real informado	
	UNLP	INA	UNLP	INA	UNLP	INA
As	S.M. 3500- As C	S.M. 3500- As C	0,010 mg/L	0,003 mg/L	<0,010	<0,009
Fe	S.M. 3500-Fe B	S.M. 3111 A y B	0,030 mg/L	0,025 mg/L	< 0,030	0,007 y 0,070 ⁽²⁾
Mn	S.M. 3500-Mn B	S.M. 3111 A y B	0,030 mg/L	0,007 mg/L	< 0,030	0,020 ⁽³⁾
Cu	S.M. 3111 B	S.M. 3111 A y B	0,002 mg/L	0,006 mg/L	< 0,002	0,030 ⁽⁴⁾
Zn	S.M. 3111 B	No mide Zn	0,001 mg/L	-	< 0,020 <0,003 y <0,001 ⁽¹⁾	-
NH₃	S.M. 4500-NH ₃ B y C	S.M. 4500-NH ₃ B y C	0,050 mg/L	0,030 mg/L	< 0,030	< 0,090
NH₂	Ilosva von Ilosva - Adaptación S.M. 4500-NO ₂	S.M. 4500-NO ₂ B	0,010 mg/L	0,004 mg/L	< 0,010	
N total	Calculado	S.M. 4500-N A	-	-	-	-

⁽¹⁾ Pozos de muestreo al acuífero Pampeano: muestreos de mayo de 2009 informan <0,020 mg/L y noviembre de 2009 <0,003 mg/L (límite de cuantificación).
y pozos de muestreo al acuífero Puelches: muestreos de noviembre de 2009 informan <0,001 mg/L (límite de detección).

⁽²⁾ Pozos de muestreo al acuífero Pampeano: muestreo de marzo de 2011 informan 0,007 mg/L.
y pozos de muestreo al acuífero Puelches: muestreo de marzo de 2011 informan 0,070 mg/L (límite de cuantificación).

⁽³⁾ En los muestreos de marzo de 2011 informan 0,020 mg/L (límite de cuantificación).

⁽⁴⁾ En los muestreos de marzo de 2011 informan 0,030 mg/L.

Tabla AI.4. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Pampeano, red de ACUMAR.

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u. de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
1F	15/05/2008	605	7,90	295	5,0	15,0	9,0	30	22,0	64,0	10,0	0,01	< 0,03	< 0,03	0,004	0,01	< 0,03	< 0,01	2,09
1F	17/06/2008	606	8,00	303	11,0	24,0	9,0	36	16,0	63,0	16,0	0,01					< 0,03	< 0,01	2,09
1F	15/07/2008	604	8,40	292	5,0	18,0	8,0	50	18,0	42,0	17,0	0,01					< 0,03	< 0,01	1,86
1F	16/10/2008	602	7,50	295	7,0	18,0	9,0	23	20,0	44,0	29,0	0,01					< 0,03	< 0,01	2,09
1F	18/11/2008	615	7,60	333	10,0	26,0	7,0	42	13,0	44,0	25,0	0,01	< 0,03	< 0,03	0,002	0,002	< 0,03	< 0,01	1,63
1F	16/01/2009	575	7,70	307	17,0	8,0	10,0	53	13,0	76,0	12,0	0,01					< 0,03	< 0,01	2,31
1F	24/02/2009	591	7,80	344	8,0	18,0	9,0	57	9,6	59,0	20,0	0,01					< 0,03	< 0,01	2,09
1F	18/03/2009	608	7,80	300	10,0	23,0	8,0	57	12,0	49,0	31,0	0,01					0,03	< 0,01	1,86
1F	17/04/2009	566	8,60	281	8,0	15,0	8,0	38	17,0	47,0	22,0	0,01					< 0,03	< 0,01	1,86
1F	27/05/2009	568	7,30	285	10,0	12,0	8,0	24	14,0	21,0	47,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,01	< 0,02	< 0,03	< 0,01	1,86
1F	16/06/2009	628	7,80	300	10,0	12,0	7,0	35	13,0	66,0	20,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	1,63
1F	22/07/2009	570	7,60	290	10,0	26,0	7,0	25	17,0	88,0	13,0	0,01					< 0,03	< 0,01	1,63
1F	18/08/2009	584	7,70	285	10,0	30,0	5,0	38	17,0	80,0	17,0	0,01					< 0,03	< 0,01	1,18
1F	17/09/2009	534	7,60	280	6,0	23,0	6,0	40	18,0	72,0	15,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	1,41
1F	22/10/2009	532	7,70	450	15,0	12,0	6,0	48	17,0	88,0	15,0	0,01					< 0,03	< 0,01	1,66
1F	20/11/2009	503	7,70	282	7,0	20,0	6,0	38	17,0	82,0	7,0	0,05	0,04	< 0,03	< 0,002	< 0,003	< 0,03	< 0,01	1,66
1F	24/09/2010	487	6,96	264	4,0	21,0	ND	12	17,0	72,1	17,2	0,01					< 0,09	ND	ND
1F	23/11/2010	560	7,79	267	6,2	21,0	ND	15	20,0	87,8	3,9	0,01					< 0,09	ND	ND
1F	16/03/2011	560	6,76	265	7,5	18,0	5,3	15	17,0	70,5	19,9	0,01	0,01	0,03	0,03	-	< 0,09	ND	1,20
2F	16/05/2008	965	8,30	510	5,0	9,0	8,0	194	15,1	12,0	5,1	0,08	< 0,03	< 0,03	0,003	0,01	< 0,03	< 0,01	1,86
2F	18/06/2008	967	8,50	511	16,0	11,0	7,0	197	15,0	12,0	5,0	0,10					< 0,03	< 0,01	1,63
2F	15/07/2008	980	8,60	530	5,0	8,0	9,0	204	14,0	10,0	6,0	0,09					< 0,03	< 0,01	2,09
2F	22/08/2008	1015	8,20	534	24,0	10,0	8,0	212	13,0	10,0	6,0	0,08					< 0,03	< 0,01	1,86
2F	18/09/2008	1021	8,90	523	21,0	11,0	10,0	218	14,0	11,0	3,0	0,13					< 0,03	< 0,01	2,31
2F	19/11/2008	999	8,80	539	21,0	25,0	6,0	208	16,0	6,0	3,0	0,11	< 0,03	< 0,03	0,002	0,002	< 0,03	< 0,01	1,41
2F	19/12/2008	970	7,80	510	12,0	8,0	10,0	187	16,0	14,0	5,0	0,11					< 0,03	< 0,01	2,31
2F	19/01/2009	963	8,60	510	12,0	9,0	9,0	188	16,0	13,0	5,0	0,10					< 0,03	< 0,01	2,09
2F	23/02/2009	950	8,10	525	11,0	11,0	8,0	186	15,0	13,0	5,0	0,12					< 0,03	< 0,01	1,86
2F	23/03/2009	961	8,60	519	10,0	10,0	8,0	186	16,0	11,0	5,0	0,16					< 0,03	< 0,01	1,86
2F	17/04/2009	937	8,80	464	9,0	9,0	9,0	242	11,0	14,0	5,0	0,16					< 0,03	< 0,01	2,09
2F	19/05/2009	941	7,90	490	12,0	7,0	9,0	242	14,0	11,0	6,0	0,12	< 0,03	0,03	0,01	< 0,02	< 0,03	< 0,01	2,09

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.4. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Pampeano, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u, de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
2F	17/06/2009	1002	8,10	505	11,0	8,0	8,0	248	13,0	13,0	6,0	0,13					< 0,03	< 0,01	1,86
2F	29/07/2009	905	8,30	505	15,0	11,0	6,0	240	15,0	14,0	7,0	0,11					< 0,03	< 0,01	1,41
2F	19/08/2009	964	8,60	490	16,0	13,0	4,0	242	14,0	13,0	7,0	0,06					< 0,03	< 0,01	0,96
2F	21/09/2009	866	8,00	480	9,0	10,0	6,0	251	12,0	10,0	7,0	0,13					< 0,03	< 0,01	1,41
2F	20/10/2009	990	8,30	490	23,0	15,0	5,0	251	16,0	20,0	2,0	0,07					< 0,03	< 0,01	1,43
2F	23/11/2009	950	7,90	544	17,0	16,0	7,0	219	15,0	20,0	5,0	0,09	1,67	< 0,03	< 0,002	< 0,003	< 0,03	< 0,01	1,88
2F	24/09/2010	912	7,98	445	24,4	24,0	5,8	203	18,0	12,5	7,2	0,01					< 0,09	ND	1,30
2F	23/11/2010	1043	7,13	476	25,4	23,0	4,9	216	17,0	14,3	7,4	0,01					0,13	ND	1,10
2F	16/03/2011	992	7,70	482	16,5	15,0	ND	218	15,0	14,6	4,2	0,06	0,01	0,02	0,03	-	0,09	ND	ND
2F	29/06/2011	887	7,10	388	12,0	14,0	NSIR	148	23,0	31,6	14,5	ND					< 0,09	ND	ND
2F	23/08/2011	843	7,59	403	6,5	13,0	ND	142	25,0	33,4	5,8	0,01					< 0,09	ND	ND
3F	16/05/2008	2200	7,50	702	215,0	4,0	4,0	284	56,5	54,0	27,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,004	0,01	< 0,03	< 0,01	0,96
3F	18/06/2008	2260	7,90	882	250,0	4,0	7,0	356	43,0	32,0	43,0	0,02					< 0,03	0,01	1,63
3F	16/07/2008	2320	8,10	921	218,0	5,0	4,0	415	28,0	50,0	24,0	0,01					< 0,03	0,01	0,96
3F	19/12/2008	2550	7,10	955	299,0	5,0	7,0	348	41,0	66,0	58,0	0,01					< 0,03	< 0,01	1,63
3F	19/01/2009	2570	7,80	965	284,0	4,0	9,0	353	40,0	136,0	8,0	0,06					< 0,03	< 0,01	2,09
3F	23/02/2009	2620	7,80	1031	280,0	5,0	9,0	357	38,0	71,0	48,0	0,01					< 0,03	< 0,01	2,09
3F	26/03/2009	2640	7,80	975	330,0	5,0	10,0	361	37,0	78,0	53,0	0,01					< 0,03	< 0,01	2,31
3F	21/04/2009	2600	8,30	954	328,0	5,0	12,0	464	45,0	31,0	55,0	0,02					< 0,03	< 0,01	2,76
3F	19/05/2009	2590	7,70	975	313,0	4,0	12,0	405	39,0	58,0	68,0	0,01	0,03	< 0,03	0,01	< 0,02	< 0,03	< 0,01	2,76
3F	17/06/2009	2770	7,70	1050	292,0	4,0	10,0	388	36,0	112,0	46,0	0,01					< 0,03	< 0,01	2,31
3F	29/07/2009	2330	7,60	920	258,0	2,0	8,0	393	34,0	62,0	62,0	0,01					< 0,03	0,03	1,87
3F	19/08/2009	2510	7,20	980	265,0	3,0	6,0	444	36,0	50,0	48,0	0,01					< 0,03	< 0,01	1,41
3F	21/09/2009	2420	7,60	985	283,0	3,0	10,0	464	44,0	93,0	34,0	0,01					< 0,03	< 0,01	2,31
3F	20/10/2009	2380	7,30	945	260,0	3,0	5,0	418	49,0	114,0	21,0	0,01					< 0,03	< 0,01	1,43
3F	24/11/2009	2250	7,30	993	260,0	5,0	6,0	387	45,0	122,0	9,0	0,01	0,10	< 0,03	< 0,002	< 0,003	< 0,03	< 0,01	1,66
3F	24/09/2010	2051	7,02	787	226,0	6,0	ND	403	41,0	72,2	47,8	0,01					< 0,09	ND	ND
3F	23/11/2010	2053	7,55	822	224,0	6,0	ND	406	52,0	93,9	36,4	0,01					< 0,09	ND	ND
3F	17/03/2011	2302	6,94	947	206,0	<6	ND	386	39,0	62,8	56,4	0,01	0,01	0,05	0,03	-	< 0,09	ND	ND
3F	21/06/2011	2457	6,93	827	260,0	<6	ND	275	60,0	171,0	48,7	ND					< 0,09	ND	ND
3F	23/08/2011	1540	7,13	538	141,0	NSIR	ND	194	44,0	104,0	26,1	<0,009					0,09	ND	1,50

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.4. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Pampeano, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u, de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
4F	19/05/2008	592	7,80	310	5,0	5,0	7,0	35	15,8	39,0	27,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,002	0,01	< 0,03	< 0,01	1,63
4F	19/06/2008	584	8,00	320	8,0	4,0	6,0	36	17,0	42,0	26,0	<0,01					< 0,03	0,01	1,41
4F	17/07/2008	617	7,90	337	5,0	5,0	6,0	57	16,0	44,0	17,0	<0,01					< 0,03	0,01	1,41
4F	22/09/2008	622	7,90	331	10,0	9,0	6,0	55	15,0	42,0	23,0	0,03					< 0,03	0,01	1,41
4F	22/10/2008	572	7,60	310	7,0	10,0	5,0	63	14,0	23,0	30,0	0,02					< 0,03	< 0,01	1,18
4F	19/12/2008	585	7,90	332	7,0	5,0	9,0	42	16,0	30,0	33,0	0,02					< 0,03	< 0,01	2,09
4F	19/01/2009	577	7,80	327	5,0	5,0	10,0	50	15,0	63,0	15,0	0,08					< 0,03	< 0,01	2,31
4F	19/02/2009	594	7,70	363	6,0	5,0	9,0	60	14,0	28,0	37,0	0,03					< 0,03	< 0,01	2,09
4F	20/03/2009	600	8,00	325	8,0	5,0	10,0	56	16,0	26,0	39,0	0,03					< 0,03	< 0,01	2,31
4F	21/04/2009	584	8,50	316	5,0	5,0	11,0	65	16,0	34,0	34,0	0,04					< 0,03	< 0,01	2,54
4F	20/05/2009	580	7,50	310	10,0	4,0	10,0	37	16,0	52,0	24,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,01	< 0,02	< 0,03	< 0,01	2,31
4F	18/06/2009	628	7,80	315	9,0	4,0	10,0	42	15,0	42,0	36,0	0,02					< 0,03	< 0,01	2,31
4F	22/07/2009	590	7,60	345	8,0	6,0	6,0	58	13,0	50,0	13,0	0,02					< 0,03	< 0,01	1,41
4F	20/08/2009	607	7,60	330	7,0	7,0	6,0	58	15,0	49,0	18,0	0,02					< 0,03	< 0,01	1,41
4F	23/09/2009	545	7,70	320	5,0	6,0	7,0	56	16,0	38,0	29,0	0,02					< 0,03	< 0,01	1,63
4F	21/10/2009	553	7,60	305	8,0	6,2	8,0	57	16,0	83,0	7,0	0,02					< 0,03	< 0,01	2,11
4F	24/11/2009	531	7,60	338	8,0	5,0	6,0	55	18,0	94,0	5,0	0,03	0,49	< 0,03	< 0,002	< 0,003	< 0,03	< 0,01	1,66
4F	23/09/2010	524	7,13	291	4,5	6,0	4,9	33	18,0	51,9	26,1	0,01					< 0,09	ND	5,70
4F	18/11/2010	567	7,59	276	5,4	6,0	4,9	29	19,0	55,9	20,0	0,01					< 0,09	ND	1,10
4F	17/03/2011	552	7,52	273	6,0	6,0	4,4	28	16,0	59,3	18,0	0,01	0,01	0,02	0,03	-	0,17	ND	2,80
4F	23/06/2011	780	7,00	372	5,5	18,0	ND	57	27,0	66,8	27,3	ND					0,18	0,039	1,10
4F	23/08/2011	780	7,05	371	5,5	11,0	ND	51	27,0	78,3	15,1	ND					0,11	ND	ND
5F	27/05/2008	1425	7,80	309	72,0	75,0	185,0	118	10,6	77,0	39,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,05	0,14	< 0,03	< 0,01	41,83
5F	27/06/2008	1419	7,50	461	68,0	75,0	195,0	153	12,0	76,0	48,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	44,08
5F	30/07/2008	1395	7,90	332	75,0	70,0	218,0	148	11,0	66,0	62,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	49,28
5F	28/08/2008	1425	7,60	449	73,0	68,0	175,0	185	11,0	44,0	46,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	39,57
5F	26/09/2008	1411	7,70	444	70,0	75,0	230,0	182	12,0	56,0	43,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	51,99
5F	26/11/2008	1292	7,30	383	86,0	61,0	180,0	160	11,0	64,0	41,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,01	0,10	< 0,03	< 0,01	40,70
5F	24/12/2008	1385	7,50	431	74,0	75,0	185,0	167	12,0	69,0	29,0	0,01					< 0,03	< 0,01	41,83
5F	22/01/2009	1294	7,70	396	66,0	76,0	176,0	147	12,0	92,0	21,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	39,79
5F	25/03/2009	1370	7,90	469	70,0	70,0	163,0	166	13,0	105,0	19,0	0,01					0,03	< 0,01	36,86

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.4. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Pampeano, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u. de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
5F	26/05/2009	1349	7,50	475	70,0	78,0	143,0	219	10,0	54,0	75,0	0,01	< 0,03	0,05	0,11	< 0,02	< 0,03	< 0,01	32,34
5F	27/07/2009	1279	7,10	465	65,0	69,0	127,0	145	9,1	84,0	26,0	0,01					< 0,03	< 0,01	28,75
5F	25/08/2009	1300	7,60	445	63,0	79,0	98,0	148	11,0	70,0	28,0	0,01					< 0,03	< 0,01	22,31
5F	29/09/2009	1223	7,60	435	63,0	74,0	116,0	155	11,0	66,0	34,0	0,01					< 0,03	< 0,01	26,36
5F	26/10/2009	1267	7,50	445	61,0	66,0	118,0	113	11,0	117,0	15,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	26,95
5F	27/11/2009	1241	7,10	474	64,0	62,0	104,0	105	11,0	160,0	8,0	<0,01	1,74	0,05	< 0,002	< 0,003	< 0,03	0,11	23,82
5F	21/09/2010	1117	6,80	413	56,5	75,0	115,2	99	11,0	112,0	34,4	0,01					< 0,09	ND	27,10
5F	15/11/2010	1260	7,25	430	54,3	79,0	101,9	102	13,0	118,0	31,5	0,01					< 0,09	ND	23,00
5F	14/03/2011	1270	6,95	436	51,7	70,0	97,4	102	11,0	107,0	39,1	0,01	0,01	0,02	0,03		< 0,09	ND	22,00
5F	04/07/2011	892	8,58	160	84,5	132,0	88,6	109	16,0	80,2	16,8	ND					ND	0,23	20,10
6F	28/05/2008	7410	8,20	1034	1702,0	91,0	20,0	1300	57,0	136,0	59,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,11	0,06	0,10	< 0,01	4,66
6F	27/06/2008	7320	7,80	1060	1547,0	33,0	23,0	1340	55,0	106,0	67,0	<0,01					0,08	< 0,01	5,41
6F	30/07/2008	6020	8,10	1074	1477,0	90,0	29,0	1373	57,0	78,0	77,0	0,01					0,10	< 0,01	6,83
6F	29/08/2008	8200	7,90	1179	2037,0	97,0	23,0	1460	53,0	93,0	82,0	0,02					0,11	< 0,01	5,55
6F	26/09/2008	6700	8,00	1145	1545,0	98,0	31,0	1367	55,0	121,0	82,0	<0,01					0,10	< 0,01	7,14
6F	27/10/2008	6950	7,80	1100	1864,0	103,0	140,0	1410	50,0	91,0	91,0	<0,01					0,03	< 0,01	31,69
6F	26/11/2008	7900	7,80	1117	2091,0	110,0	76,0	1410	58,0	132,0	98,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,02	0,04	< 0,03	< 0,01	17,37
6F	23/12/2008	7250	7,30	1084	2353,0	66,0	22,0	1410	56,0	132,0	95,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	5,11
6F	22/01/2009	7910	7,60	1084	1971,0	39,0	25,0	1440	57,0	152,0	92,0	<0,01					0,03	< 0,01	5,72
6F	25/03/2009	7530	8,20	1000	1930,0	33,0	66,0	1390	43,0	150,0	136,0	<0,01					0,05	< 0,01	14,98
6F	28/04/2009	8380	8,20	1092	2176,0	53,0	98,0	1380	51,0	109,0	160,0	0,02					0,08	0,06	22,29
6F	26/05/2009	8610	7,60	1190	2255,0	38,0	67,0	1700	48,0	108,0	142,0	<0,01	< 0,03	0,04	0,08	0,03	0,07	0,05	15,26
6F	24/06/2009	9050	7,70	1170	2529,0	78,0	73,0	1598	47,0	240,0	243,0	0,01					2,70	< 0,01	19,29
6F	27/07/2009	1245	7,20	205	193,0	74,0	26,0	174	14,0	61,0	7,0	<0,01					0,25	0,02	6,30
6F	25/08/2009	5900	7,80	950	1358,0	37,0	70,0	1184	43,0	84,0	72,0	<0,01					9,00	< 0,01	26,31
6F	25/09/2009	2280	7,90	405	508,0	82,0	44,0	484	27,0	47,0	14,0	<0,01					1,71	0,61	12,22
6F	26/10/2009	4140	7,80	735	919,0	66,0	60,0	856	35,0	133,0	11,0	<0,01					0,43	0,17	143,60
6F	30/11/2009	262	7,00	106	18,0	21,0	7,0	49	11,0	22,0	3,0	<0,01	3,50	0,18	< 0,002	< 0,003	< 0,03	0,27	5,76
6F	21/09/2010	3140	7,33	580	870,0	65,0	ND	753	27,0	60,5	52,3	0,01					9,40	0,04	13,00
6F	18/11/2010	5300	7,37	791	1273,0	61,0	ND	1104	45,0	150,0	42,9	0,01					12,00	0,04	14,00
7F	23/05/2008	756	8,30	305	35,0	42,0	13,0	98	21,0	35,0	14,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,01	0,02	< 0,03	< 0,01	2,99

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.4. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Pampeano, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u, de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
7F	26/06/2008	770	8,10	298	33,0	30,0	18,0	108	18,0	32,0	18,0	0,02					0,05	0,01	4,12
7F	30/07/2008	764	8,60	287	37,0	35,0	23,0	112	15,0	37,0	12,0	0,02					< 0,03	0,01	5,25
7F	27/08/2008	801	8,00	292	37,0	39,0	25,0	140	20,0	15,0	14,0	0,03					< 0,03	< 0,01	5,70
7F	25/09/2008	750	8,20	296	35,0	42,0	33,0	122	16,0	43,0	5,0	0,02					< 0,03	< 0,01	7,50
7F	24/10/2008	767	7,80	310	35,0	42,0	35,0	98	21,0	25,0	16,0	0,02					< 0,03	< 0,01	7,96
7F	26/11/2008	766	7,80	283	35,0	48,0	31,0	147	18,0	23,0	17,0	0,03	< 0,03	< 0,03	0,003	0,01	< 0,03	< 0,01	7,05
7F	23/12/2008	755	7,60	307	35,0	51,0	18,0	116	17,0	31,0	17,0	0,03					< 0,03	0,01	4,12
7F	22/01/2009	747	8,10	297	39,0	44,0	21,0	125	17,0	26,0	21,0	0,02					< 0,03	< 0,01	4,79
7F	26/02/2009	770	7,70	338	36,0	50,0	23,0	122	19,0	36,0	12,0	0,02					< 0,03	< 0,01	5,25
7F	24/03/2009	752	8,00	275	39,0	46,0	22,0	135	18,0	41,0	15,0	0,03					< 0,03	< 0,01	5,02
7F	26/05/2009	802	7,60	275	40,0	42,0	27,0	105	19,0	36,0	12,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,02	< 0,02	< 0,03	< 0,01	6,15
7F	23/06/2009	805	7,70	290	36,0	42,0	31,0	122	18,0	29,0	19,0	0,01					< 0,03	< 0,01	7,05
7F	27/07/2009	770	7,60	315	39,0	41,0	17,0	98	17,0	38,0	16,0	0,02					0,03	< 0,01	3,89
7F	24/08/2009	720	7,70	280	33,0	46,0	15,0	113	19,0	30,0	19,0	0,01					< 0,03	< 0,01	3,44
7F	24/09/2009	686	7,80	340	38,0	46,0	13,0	111	20,0	24,0	22,0	0,01					0,08	< 0,01	3,06
7F	26/10/2009	706	7,80	280	37,0	44,0	12,0	111	18,0	62,0	3,0	0,02					< 0,03	< 0,01	3,01
7F	30/11/2009	709	8,20	302	39,0	44,0	8,0	102	18,0	55,0	4,0	0,02	0,04	< 0,03	< 0,002	< 0,003	< 0,03	0,05	2,12
7F	21/09/2010	628	7,40	252	33,5	48,0	4,3	99	21,0	34,5	14,9	0,01					0,15	ND	1,00
7F	18/11/2010	644	7,67	254	32,6	39,0	9,7	92	22,0	31,6	14,2	0,01					0,16	0,10	2,20
7F	21/03/2011	690	7,64	249	35,0	42,0	9,3	92	19,0	30,0	14,9	0,01	0,01	0,02	0,03	-	0,09	ND	2,10
7F	30/06/2011	707	7,30	241	37,0	45,0	8,9	98	18,0	35,9	11,1	ND					0,10	ND	2,00
7F	24/08/2011	710	7,66	244	34,2	42,0	9,7	92	18,0	32,9	12,5	ND					0,11	0,04	2,21
8F	23/05/2008	992	7,90	292	56,0	19,0	56,0	42	14,3	64,0	45,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,04	0,07	< 0,03	< 0,01	12,70
8F	26/06/2008	1031	7,60	399	60,0	20,0	60,0	96	13,0	50,0	38,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	13,60
8F	30/07/2008	1015	7,90	317	59,0	22,0	57,0	98	12,0	40,0	45,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	12,92
8F	27/08/2008	1030	7,60	388	65,0	20,0	61,0	98	16,0	34,0	41,0	0,01					< 0,03	< 0,01	13,83
8F	25/11/2008	981	7,50	350	62,0	32,0	73,0	102	12,0	46,0	40,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,01	0,04	< 0,03	< 0,01	16,54
8F	22/12/2008	990	7,60	366	66,0	15,0	57,0	108	13,0	100,0	22,0	0,01					< 0,03	< 0,01	12,92
8F	23/01/2009	989	7,70	351	67,0	13,0	48,0	112	13,0	96,0	7,0	0,01					< 0,03	< 0,01	10,89
8F	25/02/2009	981	7,20	406	69,0	15,0	46,0	110	12,0	111,0	8,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	10,44
8F	24/03/2009	980	7,30	406	68,0	13,0	46,0	116	12,0	82,0	39,0	0,01					< 0,03	< 0,01	10,44

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.4. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Pampeano, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u, de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
8F	24/04/2009	966	8,10	352	67,0	14,0	48,0	68	15,0	34,0	52,0	0,01					< 0,03	< 0,01	10,89
8F	22/05/2009	992	7,30	365	76,0	16,0	47,0	50	13,0	84,0	36,0	0,01	0,03	0,05	0,07	< 0,02	< 0,03	< 0,01	10,67
8F	23/06/2009	1090	7,30	360	75,0	16,0	44,0	58	13,0	96,0	27,0	0,01					< 0,03	< 0,01	9,99
8F	28/07/2009	969	7,10	390	76,0	17,0	51,0	82	15,0	78,0	23,0	0,01					< 0,03	< 0,01	11,57
8F	24/08/2009	970	7,20	375	73,0	14,0	47,0	60	15,0	68,0	32,0	0,01					< 0,03	< 0,01	10,67
8F	24/09/2009	927	7,20	380	73,0	16,0	37,0	60	16,0	125,0	21,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	8,41
8F	26/10/2009	983	7,30	365	73,0	15,0	44,0	82	15,0	121,0	7,0	0,01					< 0,03	< 0,01	10,24
8F	27/11/2009	951	7,40	413	66,0	12,0	33,0	59	14,0	156,0	7,0	0,01	0,88	< 0,03	< 0,002	< 0,003	< 0,03	< 0,01	7,75
8F	30/06/2011	959	6,81	393	38,0	20,0	28,8	63	15,0	112,0	27,1	ND					ND	0,07	6,50
9F	15/05/2008	585	8,00	295	10,0	9,0	4,0	30	18,4	62,0	16,0	0,01	< 0,03	< 0,03	0,002	0,003	< 0,03	< 0,01	0,96
9F	17/06/2008	571	8,30	303	13,0	11,0	4,0	26	17,0	61,0	20,0	0,01					< 0,03	< 0,01	0,96
9F	15/07/2008	580	8,30	302	11,0	10,0	5,0	32	18,0	67,0	11,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	1,18
9F	24/12/2008	590	7,70	302	12,0	12,0	46,0	38	15,0	60,0	19,0	0,01					< 0,03	0,01	10,44
9F	23/01/2009	600	8,00	307	10,0	9,0	43,0	44	13,0	76,0	14,0	0,01					< 0,03	< 0,01	9,76
9F	27/02/2009	600	7,70	326	11,0	11,0	37,0	36	15,0	62,0	19,0	0,02					< 0,03	< 0,01	8,41
9F	26/03/2009	650	8,20	344	12,0	11,0	45,0	47	14,0	75,0	22,0	0,01					< 0,03	< 0,01	10,21
9F	17/04/2009	596	8,40	301	13,0	45,0	6,0	42	15,0	41,0	35,0	0,02					< 0,03	< 0,01	1,41
9F	18/05/2009	590	8,30	315	14,0	11,0	26,0	33	14,0	66,0	24,0	0,01	0,05	0,04	0,00	< 0,02	< 0,03	0,02	5,93
9F	16/06/2009	651	7,90	300	12,0	23,0	8,0	36	13,0	34,0	43,0	0,02					< 0,03	< 0,01	1,86
9F	20/07/2009	582	7,90	295	10,0	34,0	12,0	33	14,0	42,0	24,0	0,01					< 0,03	< 0,01	2,76
9F	18/08/2009	575	7,90	295	13,0	12,0	10,0	42	16,0	63,0	15,0	0,01					< 0,03	< 0,01	2,31
9F	17/09/2009	542	7,50	290	12,0	12,0	11,0	42	14,0	67,0	15,0	0,01					< 0,03	< 0,01	2,54
9F	20/10/2009	580	7,60	295	14,0	11,0	9,0	42	14,0	94,0	7,0	0,01					< 0,03	< 0,01	2,34
9F	20/11/2009	521	7,50	307	12,0	10,0	6,0	41	14,0	92,0	7,0	0,01	0,24	0,03	< 0,002	< 0,003	< 0,03	< 0,01	1,66
9F	22/09/2010	491	7,11	262	9,0	11,0	ND	14	18,0	59,1	27,1	0,01					< 0,09	0,04	2,00
9F	16/11/2010	565	7,67	264	8,3	9,5	ND	15	20,0	65,8	22,2	0,01					< 0,09	0,04	1,80
9F	15/03/2011	567	7,65	277	8,5	10,0	ND	15	19,0	58,7	26,1	0,01	0,01	0,02	0,03	-	0,16	ND	2,20
9F	28/06/2011	998	6,62	381	51,0	46,0	ND	40	12,0	151,0	17,1	ND					0,18	ND	ND
9F	24/08/2011	1010	7,04	383	53,0	45,0	ND	37	13,0	117,0	33,5	ND					ND	ND	ND
10F	20/05/2008	908	7,50	395	30,0	25,0	20,0	55	32,0	68,0	29,0	0,01	< 0,03	< 0,03	0,002	0,01	< 0,03	0,01	4,57
10F	23/06/2008	876	7,90	393	31,0	25,0	26,0	58	27,0	46,0	44,0	<0,01					< 0,03	0,01	5,92

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.4. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Pampeano, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u, de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
10F	16/07/2008	873	7,70	396	28,0	23,0	22,0	56	27,0	68,0	29,0	<0,01					< 0,03	0,01	5,02
10F	20/10/2008	866	7,80	375	36,0	32,0	23,0	47	27,0	79,0	20,0	0,01					< 0,03	0,01	5,25
10F	21/11/2008	874	7,20	411	34,0	43,0	32,0	64	22,0	41,0	43,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,002	0,01	< 0,03	0,01	7,28
10F	20/12/2008	765	7,80	322	31,0	21,0	47,0	63	23,0	40,0	35,0	0,01					< 0,03	< 0,01	10,67
10F	19/01/2009	913	8,20	416	38,0	20,0	51,0	66	21,0	80,0	28,0	0,01					< 0,03	< 0,01	11,57
10F	19/02/2009	942	7,50	438	44,0	24,0	48,0	78	20,0	73,0	33,0	0,01					< 0,03	< 0,01	10,89
10F	20/03/2009	953	7,60	444	39,0	22,0	47,0	76	18,0	96,0	33,0	0,01					< 0,03	< 0,01	10,67
10F	20/05/2009	963	7,80	410	37,0	21,0	53,0	53	16,0	27,0	75,0	0,01	< 0,03	< 0,03	0,02	< 0,02	< 0,03	< 0,01	12,02
10F	29/07/2009	768	7,40	360	33,0	19,0	24,0	43	43,0	66,0	38,0	0,02					< 0,03	< 0,01	5,47
10F	19/08/2009	895	7,60	405	37,0	22,0	22,0	60	18,0	60,0	32,0	0,01					< 0,03	< 0,01	5,02
10F	21/09/2009	817	7,70	400	44,0	20,0	23,0	59	18,0	67,0	39,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	5,25
10F	22/10/2009	730	7,60	330	29,0	11,0	18,0	44	36,0	120,0	3,0	0,02					< 0,03	< 0,01	4,37
10F	25/11/2009	711	8,10	353	26,0	13,0	12,0	43	21,0	117,0	5,0	0,02	< 0,03	< 0,03	< 0,002	< 0,003	< 0,03	0,06	3,03
10F	23/09/2010	765	6,92	388	32,5	25,0	11,1	33	37,0	72,1	42,5	0,01					0,09	ND	8,00
10F	18/11/2010	880	7,35	376	32,1	23,0	6,6	34	44,0	111,0	18,7	0,01					0,09	ND	2,60
10F	17/03/2011	871	7,23	368	33,5	17,0	23,0	34	35,0	84,8	34,1	0,01	0,26	0,02	0,03	-	0,09	ND	6,80
10F	27/06/2011	1057	6,57	448	43,2	23,0	29,2	34	42,0	129,0	29,0	ND					< 0,09	0,04	6,60
11F	19/05/2008	1031	8,00	550	10,0	11,0	12,0	223	11,8	22,0	14,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,003	0,01	< 0,03	< 0,01	2,76
11F	23/06/2008	1040	8,50	573	12,0	10,0	9,0	218	11,0	14,0	14,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	2,09
11F	17/07/2008	1073	8,50	574	11,0	11,0	10,0	232	12,0	16,0	11,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	2,31
11F	23/08/2008	1075	7,90	576	13,0	20,0	8,0	226	11,0	12,0	11,0	0,07					< 0,03	< 0,01	1,86
11F	22/09/2008	1055	8,10	562	11,0	26,0	12,0	243	13,0	19,0	< 2	0,05					< 0,03	< 0,01	2,76
11F	22/10/2008	1047	8,00	575	32,0	28,0	17,0	231	12,0	10,0	20,0	0,05					< 0,03	< 0,01	3,89
11F	21/11/2008	1046	7,70	550	32,0	35,0	12,0	222	12,0	29,0	8,0	0,06	< 0,03	< 0,03	0,002	0,01	< 0,03	0,01	2,76
11F	20/12/2008	1052	7,60	545	10,0	12,0	10,0	222	11,0	22,0	14,0	0,04					< 0,03	< 0,01	2,31
11F	19/01/2009	1030	7,80	559	13,0	12,0	9,0	223	12,0	32,0	8,0	0,05					< 0,03	< 0,01	2,09
11F	23/02/2009	1073	7,90	613	14,0	13,0	8,0	218	12,0	23,0	14,0	0,05					< 0,03	< 0,01	1,86
11F	20/03/2009	1155	8,10	644	13,0	12,0	8,0	225	13,0	41,0	12,0	0,03					< 0,03	< 0,01	1,86
11F	21/04/2009	1118	8,30	592	16,0	23,0	8,0	218	13,0	28,0	16,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,86
11F	20/05/2009	1242	7,80	590	14,0	12,0	8,0	237	12,0	22,0	19,0	0,04	0,03	0,05	0,01	< 0,02	< 0,03	< 0,01	1,86
11F	18/06/2009	1322	7,80	650	14,0	14,0	9,0	222	13,0	28,0	19,0	0,02					< 0,03	< 0,01	2,09

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.4. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Pampeano, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u. de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
11F	29/07/2009	1082	7,60	630	13,0	14,0	7,0	174	17,0	38,0	25,0	0,03					< 0,03	< 0,01	1,63
11F	20/08/2009	1240	7,80	670	17,0	14,0	6,0	266	16,0	34,0	17,0	0,03					< 0,03	< 0,01	1,41
11F	23/09/2009	1061	7,70	610	20,0	14,0	8,0	251	17,0	40,0	16,0	0,01					< 0,03	< 0,01	1,86
11F	22/10/2009	1059	7,80	580	12,0	23,0	5,0	237	16,0	49,0	12,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,43
11F	24/11/2009	1042	8,00	610	14,0	10,0	8,0	223	14,0	51,0	5,0	0,04	0,33	< 0,03	< 0,002	< 0,003	< 0,03	< 0,01	2,11
11F	15/11/2010	1021	7,19	525	6,7	11,0	9,7	206	15,0	28,0	12,0	0,02					0,09	ND	3,80
11F	14/03/2011	1014	7,45	528	8,0	11,0	8,9	199	13,0	26,5	11,4	0,03	0,01	0,02	0,03	-	0,09	ND	2,00
11F	23/06/2011	1540	6,97	721	16,7	NSIR	ND	283	24,0	55,5	29,3	<0,009					0,10	ND	ND
12F	22/05/2008	1781	8,10	520	130,0	227,0	19,0	326	15,4	38,0	24,0	0,01	< 0,03	< 0,03	0,01	0,02	< 0,03	< 0,01	4,34
12F	24/06/2008	1741	8,20	517	122,0	234,0	14,0	322	16,0	47,0	24,0	<0,001					< 0,03	< 0,01	3,21
12F	28/07/2008	1750	8,50	532	126,0	230,0	18,0	332	17,0	31,0	32,0	<0,001					< 0,03	< 0,01	4,12
12F	23/10/2009	1253	7,60	530	67,0	71,0	36,0	254	18,0	92,0	7,0	0,01					< 0,03	0,07	8,45
12F	25/11/2009	1230	7,80	580	43,0	65,0	20,0	210	17,0	114,0	4,0	0,01	1,06	0,03	< 0,002	< 0,003	< 0,03	0,07	4,84
12F	23/09/2010	1538	7,38	490	136,0	171,0	15,1	337	17,0	46,3	28,8	0,02					0,09	ND	5,50
12F	16/11/2010	1643	ND	477	115,0	165,0	12,4	311	32,0	59,3	19,5	0,01					0,09	0,04	2,80
12F	15/03/2011	1695	7,20	517	119,0	171,0	11,5	296	15,0	52,1	27,5	0,01	0,01	0,02	0,03	-	0,09	ND	4,20
12F	29/06/2011	1520	7,01	478	88,0	132,0	18,2	263	18,0	69,6	27,1	ND					<0,09	ND	4,10
12F	24/08/2011	1637	7,13	479	115,0	171,0	8,9	269	18,0	76,5	17,8	ND					ND	0,04	2,01
13F	26/05/2008	1198	8,50	445	71,0	27,0	73,0	175	16,8	38,0	26,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,003	0,01	< 0,03	0,02	16,54
13F	24/06/2008	1171	8,20	382	103,0	28,0	72,0	166	18,0	58,0	32,0	0,01					< 0,03	0,02	16,31
13F	28/07/2008	1200	8,30	411	71,0	36,0	80,0	156	18,0	36,0	52,0	0,02					< 0,03	0,02	18,12
13F	25/08/2008	1231	7,90	474	63,0	36,0	88,0	188	17,0	21,0	25,0	0,02					< 0,03	0,02	19,93
13F	24/09/2008	1287	8,50	479	59,0	32,0	88,0	160	17,0	51,0	16,0	0,03					< 0,03	0,02	19,93
13F	23/10/2008	1235	8,00	475	95,0	50,0	117,0	193	18,0	50,0	16,0	0,03					< 0,03	0,02	26,47
13F	24/11/2008	1311	7,80	544	91,0	60,0	95,0	202	18,0	25,0	35,0	0,03	< 0,03	< 0,03	0,002	0,01	< 0,03	0,02	21,51
13F	22/12/2008	1275	8,00	500	77,0	24,0	82,0	173	17,0	48,0	31,0	0,03					< 0,03	0,04	18,58
13F	21/01/2009	1266	7,80	475	72,0	20,0	84,0	187	16,0	44,0	29,0	0,03					< 0,03	< 0,01	19,02
13F	27/02/2009	1212	8,00	394	104,0	31,0	85,0	202	15,0	43,0	36,0	0,01					< 0,03	< 0,01	19,25
13F	23/03/2009	1425	8,10	563	95,0	22,0	82,0	188	13,0	99,0	5,0	0,02					< 0,03	0,01	18,57
13F	23/04/2009	1471	8,30	520	103,0	23,0	102,0	174	18,0	47,0	52,0	0,02					< 0,03	0,01	23,08
13F	21/05/2009	1601	7,80	540	108,0	22,0	78,0	193	13,0	54,0	63,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,01	< 0,02	< 0,03	< 0,01	17,67

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.4. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Pampeano, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u. de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
13F	28/07/2009	1415	7,90	525	100,0	32,0	116,0	111	16,0	130,0	17,0	0,01					< 0,03	< 0,01	26,25
13F	21/08/2009	1460	7,80	550	88,0	21,0	118,0	214	17,0	49,0	48,0	0,02					< 0,03	< 0,01	26,70
13F	25/09/2009	1413	7,80	555	93,0	29,0	122,0	214	18,0	79,0	34,0	0,01					< 0,03	< 0,01	27,60
13F	23/10/2009	1520	7,90	560	89,0	29,0	126,0	202	18,0	134,0	10,0	0,02					< 0,03	0,04	28,76
13F	25/11/2009	1335	7,60	585	85,0	21,0	112,0	198	18,0	120,0	3,0	0,01	0,09	< 0,03	< 0,002	< 0,003	< 0,03	0,09	25,62
13F	22/09/2010	1449	7,15	502	152,0	31,0	79,7	171	21,0	104,0	56,1	0,01					0,17	ND	18,00
13F	16/11/2010	1943	ND	464	264,0	31,0	70,9	111	31,0	201,0	40,3	0,01					0,15	ND	16,00
13F	16/03/2011	1521	6,90	552	122,0	30,0	70,9	146	20,0	103,0	58,8	0,01	0,01	0,02	0,03	-	0,09	ND	16,00
14F	26/05/2008	1250	7,90	555	42,0	85,0	19,0	47	25,0	102,0	74,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,002	0,01	0,03	< 0,01	4,36
14F	25/06/2008	1222	7,60	534	38,0	91,0	22,0	128	18,0	74,0	40,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	5,04
14F	29/07/2008	1225	7,90	540	39,0	86,0	25,0	121	16,0	86,0	63,0	<0,01					0,03	< 0,01	5,72
14F	28/08/2008	1243	7,70	489	136,0	84,0	22,0	164	18,0	52,0	45,0	0,01					< 0,03	< 0,01	5,04
14F	24/09/2008	1260	7,80	567	50,0	90,0	30,0	127	16,0	64,0	51,0	0,01					< 0,03	< 0,01	6,85
14F	24/11/2008	1295	7,30	600	50,0	106,0	25,0	155	23,0	79,0	52,0	0,01	< 0,03	< 0,03	0,002	0,00	< 0,03	< 0,01	5,72
14F	22/12/2008	1220	7,40	540	44,0	75,0	25,0	118	17,0	144,0	41,0	0,01					< 0,03	< 0,01	5,72
14F	20/01/2009	1196	7,70	505	46,0	74,0	19,0	122	16,0	92,0	23,0	0,01					< 0,03	< 0,01	4,34
14F	24/02/2009	946	7,20	356	45,0	89,0	19,0	114	14,0	81,0	32,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	4,36
14F	23/03/2009	965	7,50	375	42,0	95,0	22,0	68	22,0	86,0	16,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	5,02
14F	23/04/2009	1150	8,30	485	45,0	75,0	23,0	65	23,0	93,0	46,0	0,01					< 0,03	< 0,01	5,27
14F	21/05/2009	1193	7,80	475	44,0	85,0	26,0	58	21,0	56,0	64,0	0,01	0,03	0,05	0,003	< 0,02	< 0,03	< 0,01	5,92
14F	22/06/2009	1372	7,30	545	50,0	78,0	32,0	62	22,0	176,0	53,0	0,01					< 0,03	< 0,01	7,28
14F	28/07/2009	1005	6,80	400	40,0	72,0	22,0	86	21,0	80,0	18,0	0,01					< 0,03	< 0,01	5,02
14F	21/08/2009	1170	7,20	530	45,0	90,0	20,0	58	22,0	134,0	47,0	0,01					< 0,03	< 0,01	4,57
14F	25/09/2009	935	7,20	400	40,0	78,0	17,0	71	25,0	130,0	22,0	<0,01					0,05	< 0,01	3,91
14F	23/10/2009	966	7,00	380	40,0	76,0	16,0	71	25,0	141,0	16,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	3,92
14F	25/11/2009	824	7,70	312	48,0	92,0	16,0	65	33,0	130,0	8,0	<0,01	0,16	< 0,03	< 0,002	< 0,003	< 0,03	0,03	3,92
14F	22/09/2010	1150	7,00	427	57,0	87,0	24,8	33	27,0	139,0	65,9	0,01					<0,09	ND	5,60
14F	16/11/2010	1273	6,48	501	50,7	89,0	21,3	32	32,0	168,0	46,6	0,01					<0,09	0,04	4,80
14F	15/03/2011	1250	6,70	524	44,0	86,0	20,4	26	25,0	98,0	87,1	0,01	0,57	0,06	0,03	-	<0,09	ND	4,60
14F	04/07/2011	1137	6,73	410	41,0	100,0	12,4	31	28,0	166,0	35,1	ND					ND	0,36	2,90
14F	24/08/2011	1214	6,63	439	44,0	101,0	22,1	31	29,0	160,0	34,2	ND					ND	0,07	5,02

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.4. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Pampeano, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u, de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
15F	22/05/2008	819	8,30	420	7,0	14,0	4,0	160	9,8	18,0	8,5	0,01	< 0,03	< 0,03	0,003	0,01	< 0,03	< 0,01	0,96
15F	24/06/2008	815	8,30	421	9,0	17,0	8,0	173	11,0	21,0	5,0	0,01					< 0,03	< 0,01	1,86
15F	28/07/2008	830	8,40	431	9,0	16,0	11,0	178	11,0	22,0	6,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	2,54
15F	25/08/2008	848	8,00	439	11,0	15,0	8,0	175	10,0	10,0	5,0	0,02					< 0,03	< 0,01	1,86
15F	24/09/2008	871	8,40	449	13,0	18,0	13,0	186	12,0	17,0	4,0	0,05					< 0,03	< 0,01	2,99
15F	23/12/2008	885	8,10	465	12,0	18,0	8,0	177	11,0	25,0	8,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,86
15F	20/01/2009	918	8,00	450	12,0	17,0	10,0	183	12,0	26,0	9,0	0,04					< 0,03	< 0,01	2,31
15F	25/02/2009	908	8,00	481	12,0	18,0	12,0	178	12,0	21,0	10,0	0,05					< 0,03	< 0,01	2,76
15F	20/03/2009	930	8,30	500	15,0	20,0	9,0	181	12,0	31,0	2,0	0,05					< 0,03	< 0,01	2,09
15F	22/04/2009	860	8,60	439	12,0	15,0	10,0	181	8,9	21,0	11,0	0,05					< 0,03	< 0,01	2,31
15F	21/05/2009	1021	7,90	465	14,0	19,0	10,0	193	12,0	21,0	12,0	0,04	< 0,03	< 0,03	0,004	< 0,02	< 0,03	< 0,01	2,31
15F	19/06/2009	1027	7,90	475	13,0	21,0	8,0	187	13,0	28,0	10,0	0,03					< 0,03	< 0,01	1,86
15F	28/07/2009	830	7,90	440	10,0	15,0	8,0	155	11,0	30,0	8,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,86
15F	20/08/2009	906	7,80	460	16,0	24,0	7,0	184	11,0	32,0	7,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,63
15F	24/09/2009	842	7,80	460	21,0	28,0	6,0	223	11,0	25,0	11,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,41
15F	23/10/2009	881	7,80	450	14,0	18,0	6,0	210	11,0	34,0	6,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,66
15F	30/11/2009	802	8,20	474	17,0	17,0	9,0	198	10,0	52,0	1,0	0,04	0,06	< 0,03	< 0,002	< 0,003	0,03	< 0,01	2,34
15F	21/09/2010	784	6,90	416	9,0	18,0	12,0	183	12,0	27,6	7,5	0,03					<0,09	ND	5,30
15F	15/11/2010	916	7,87	414	10,4	18,0	11,1	191	14,0	25,1	8,8	0,01					<0,09	ND	2,50
15F	14/03/2011	940	7,67	470	10,5	22,0	10,2	203	12,0	25,0	9,6	0,02	0,01	0,02	0,03	-	<0,09	ND	3,60
15F	05/07/2011	892	7,53	416	6,0	22,0	5,8	187	10,0	26,5	8,8	ND					0,13	0,04	1,30
17F	15/05/2008	1106	8,20	570	15,0	20,0	8,0	212	17,5	28,0	12,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,004	0,04	< 0,03	0,01	1,86
17F	17/06/2008	1034	8,30	551	15,0	20,0	7,0	198	16,0	22,0	14,0	0,01					< 0,03	< 0,01	1,63
17F	15/07/2008	1019	8,20	554	14,0	22,0	8,0	202	18,0	38,0	<2	0,01					< 0,03	< 0,01	1,86
17F	21/08/2008	1065	7,80	565	13,0	26,0	8,0	196	17,0	12,0	11,0	0,12					< 0,03	< 0,01	1,86
17F	18/09/2008	1024	8,90	543	15,0	17,0	10,0	208	16,0	18,0	11,0	0,07					< 0,03	< 0,01	2,31
17F	17/10/2008	1019	8,10	545	27,0	20,0	12,0	212	18,0	20,0	11,0	0,07					< 0,03	< 0,01	2,76
17F	21/11/2008	1018	7,80	528	32,0	24,0	8,0	214	15,0	22,0	13,0	0,07	< 0,03	< 0,03	0,002	0,03	< 0,03	0,01	1,86
17F	18/12/2008	1010	7,60	540	17,0	15,0	11,0	214	17,0	22,0	14,0	0,04					< 0,03	< 0,01	2,54
17F	16/01/2009	1016	7,90	520	13,0	15,0	6,0	214	16,0	30,0	12,0	0,05					< 0,03	< 0,01	1,41
17F	24/02/2009	1023	7,90	563	13,0	18,0	6,0	218	22,0	22,0	15,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,41

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.4. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Pampeano, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u, de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
17F	23/03/2009	1001	8,20	544	13,0	13,0	7,0	212	18,0	30,0	7,0	0,07					< 0,03	< 0,01	1,63
17F	17/04/2009	972	8,40	510	14,0	14,0	6,0	206	12,0	23,0	14,0	0,05					< 0,03	< 0,01	1,41
17F	19/05/2009	1082	7,90	530	13,0	12,0	8,0	210	16,0	29,0	11,0	0,05	0,03	0,04	0,03	< 0,02	< 0,03	< 0,01	1,86
17F	17/06/2009	1055	7,90	520	12,0	14,0	8,0	230	17,0	26,0	14,0	0,05					< 0,03	< 0,01	1,86
17F	22/07/2009	900	7,80	475	14,0	17,0	6,0	166	15,0	28,0	9,0	0,03					< 0,03	< 0,01	1,41
17F	18/08/2009	933	7,90	490	10,0	15,0	4,0	189	14,0	18,0	16,0	0,02					< 0,03	< 0,01	0,96
17F	17/09/2009	867	7,90	495	23,0	18,0	4,0	228	14,0	36,0	6,0	0,04					< 0,03	< 0,01	0,96
17F	20/10/2009	927	7,90	460	12,0	16,0	8,0	212	13,0	37,0	7,0	0,05					< 0,03	< 0,01	2,11
17F	23/11/2009	872	7,70	529	11,0	14,0	6,0	198	13,0	37,0	9,0	0,04	1,60	0,03	< 0,002	< 0,003	< 0,03	< 0,01	1,66
17F	24/09/2010	956	7,14	539	7,8	16,0	5,8	197	16,0	25,8	17,8	0,01					< 0,09	ND	7,40
17F	23/11/2010	1076	7,89	501	9,3	15,0	4,4	215	19,0	34,8	11,5	0,01					< 0,09	0,04	1,00
17F	16/03/2011	1073	7,32	538	10,0	15,0	5,8	214	15,0	28,2	15,5	0,01	0,26	0,02	0,03	-	< 0,09	ND	1,30
17F	22/06/2011	1043	7,26	508	7,5	15,0	4,9	213	16,0	35,6	11,8	< 0,009					< 0,09	ND	1,10
18F	20/05/2008	953	7,60	510	13,0	19,0	10,0	125	17,1	50,0	25,0	< 0,01	< 0,03	< 0,03	0,01	0,01	< 0,03	< 0,01	2,31
18F	23/06/2008	938	7,70	489	18,0	20,0	12,0	143	17,0	47,0	24,0	< 0,01					< 0,03	< 0,01	2,76
18F	17/07/2008	943	8,30	495	12,0	16,0	15,0	155	18,0	28,0	19,0	< 0,01					< 0,03	< 0,01	3,44
18F	23/08/2008	974	8,10	494	18,0	14,0	16,0	137	17,0	18,0	24,0	0,04					< 0,03	< 0,01	3,67
18F	22/09/2008	955	7,90	498	16,0	16,0	19,0	147	17,0	43,0	15,0	0,02					< 0,03	< 0,01	4,34
18F	22/10/2008	955	8,00	475	15,0	18,0	13,0	133	18,0	20,0	26,0	0,03					< 0,03	< 0,01	2,99
18F	21/11/2008	971	7,70	517	15,0	30,0	22,0	147	16,0	48,0	22,0	0,03	< 0,03	< 0,03	0,01	0,01	< 0,03	< 0,01	5,02
18F	18/12/2008	968	7,30	505	12,0	18,0	18,0	147	16,0	72,0	18,0	0,02					< 0,03	< 0,01	4,12
18F	16/01/2009	969	7,60	490	19,0	19,0	10,0	150	16,0	48,0	31,0	0,02					< 0,03	< 0,01	2,31
18F	19/02/2009	977	7,70	519	19,0	19,0	10,0	156	15,0	49,0	27,0	0,02					< 0,03	< 0,01	2,31
18F	23/03/2009	971	7,80	538	20,0	18,0	9,0	153	13,0	75,0	2,0	0,02					< 0,03	< 0,01	2,09
18F	21/04/2009	960	8,30	459	19,0	19,0	10,0	126	14,0	33,0	27,0	0,03					< 0,03	< 0,01	2,31
18F	20/05/2009	1057	7,70	490	19,0	16,0	10,0	128	12,0	64,0	17,0	0,02	0,03	0,04	0,01	< 0,02	< 0,03	< 0,01	2,31
18F	18/06/2009	1025	7,50	465	21,0	19,0	12,0	133	13,0	75,0	19,0	0,02					< 0,03	< 0,01	2,76
18F	22/07/2009	920	7,70	480	18,0	22,0	8,0	111	18,0	60,0	17,0	0,02					< 0,03	< 0,01	1,86
18F	20/08/2009	926	7,50	470	15,0	19,0	6,0	132	17,0	57,0	25,0	0,02					< 0,03	< 0,01	1,41
18F	23/09/2009	875	7,60	460	26,0	18,0	15,0	145	18,0	76,0	16,0	0,02					< 0,03	< 0,01	3,44
18F	22/10/2009	922	7,50	475	20,0	17,0	6,0	138	17,0	63,0	14,0	0,02					< 0,03	< 0,01	1,66

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.4. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Pampeano, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u. de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
18F	24/11/2009	847	7,60	504	17,0	16,0	9,0	132	17,0	84,0	5,0	0,02	1,06	< 0,03	< 0,002	< 0,003	< 0,03	< 0,01	2,34
18F	23/09/2010	800	7,12	408	12,0	15,0	12,0	116	19,0	53,0	28,6	0,01					0,11	ND	2,70
18F	15/11/2010	920	6,60	506	12,4	15,0	11,1	113	21,0	60,7	21,5	0,01					< 0,09	ND	2,50
18F	14/03/2011	956	7,17	481	13,0	16,0	9,7	111	20,0	58,0	32,4	0,01	0,01	0,02	0,03	-	< 0,09	ND	2,20
18F	23/06/2011	948	7,12	442	12,2	16,0	12,0	119	19,0	63,3	25,6	ND					< 0,09	ND	2,70
19F	19/05/2008	1263	8,00	630	25,0	21,0	7,0	301	10,6	17,0	10,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,003	0,002	< 0,03	< 0,01	1,63
19F	19/06/2008	1327	9,00	652	40,0	22,0	6,0	286	11,0	10,0	10,0	0,01					< 0,03	0,01	1,41
19F	16/07/2008	1443	8,70	718	27,0	35,0	6,0	322	12,0	24,0	9,0	0,01					< 0,03	0,01	1,41
19F	22/08/2008	1280	8,50	650	28,0	42,0	7,0	326	11,0	10,0	8,0	0,06					< 0,03	0,01	1,63
19F	18/09/2008	1181	8,90	627	16,0	19,0	8,0	343	13,0	12,0	7,0	0,09					< 0,03	< 0,01	1,86
19F	20/10/2008	1255	8,20	635	27,0	22,0	8,0	323	12,0	16,0	7,0	0,08					< 0,03	< 0,01	1,86
19F	19/11/2008	1233	8,10	622	32,0	26,0	7,0	296	13,0	19,0	6,0	0,07	< 0,03	< 0,03	0,002	0,001	< 0,03	< 0,01	1,63
19F	18/12/2008	1370	7,60	653	39,0	29,0	6,0	293	12,0	19,0	14,0	0,06					< 0,03	< 0,01	1,41
19F	15/01/2009	1202	8,00	619	22,0	19,0	5,0	297	13,0	19,0	8,0	0,07					< 0,03	< 0,01	1,18
19F	18/02/2009	1168	8,10	663	13,0	21,0	6,0	290	13,0	18,0	8,0	0,08					< 0,03	< 0,01	1,41
19F	20/04/2009	1320	8,60	653	37,0	26,0	6,0	313	10,0	15,0	14,0	0,06					< 0,03	< 0,01	1,41
19F	19/05/2009	1432	8,10	635	39,0	24,0	8,0	193	12,0	54,0	16,0	0,07	< 0,03	< 0,03	0,00	< 0,02	< 0,03	< 0,01	1,86
19F	29/07/2009	1340	7,80	680	43,0	34,0	7,0	271	16,0	41,0	7,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,63
19F	19/08/2009	1335	7,90	675	34,0	35,0	6,0	291	14,0	35,0	8,0	0,07					< 0,03	< 0,01	1,41
19F	21/09/2009	1266	8,00	660	47,0	35,0	15,0	331	15,0	42,0	5,0	0,06					< 0,03	< 0,01	3,44
19F	21/10/2009	1325	8,10	640	30,0	29,0	6,0	257	14,0	36,0	3,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,66
19F	24/11/2009	1226	8,00	721	37,0	23,0	6,0	318	14,0	40,0	7,0	0,05	0,14	< 0,03	< 0,002	< 0,003	< 0,03	< 0,01	1,66
19F	24/09/2010	1380	7,22	634	48,8	39,0	2,1	343	18,0	22,0	18,1	0,04					< 0,09	ND	0,50
19F	23/11/2010	1136	8,00	569	20,7	27,0	1,6	284	20,0	22,1	10,8	0,01					< 0,09	0,07	0,40
19F	17/03/2011	1807	7,22	822	26,5	56,0	2,1	372	21,0	61,1	12,5	0,02	0,44	0,10	0,03	-	< 0,09	0,039	0,50
19F	21/06/2011	1427	7,78	566	44,0	43,0	1,9	294	17,0	27,9	10,4	0,02					ND	ND	0,40
20F	20/05/2008	1276	7,80	645	11,0	45,0	13,0	276	13,3	25,0	20,0	0,03	< 0,03	< 0,03	0,004	0,01	< 0,03	0,01	2,99
20F	19/06/2008	1246	8,20	646	12,0	46,0	14,0	248	25,0	19,0	24,0	0,02					< 0,03	0,01	3,21
20F	16/07/2008	1244	8,30	644	11,0	45,0	17,0	282	15,0	26,0	20,0	0,01					< 0,03	0,01	3,89
20F	22/08/2008	1226	8,10	635	12,0	48,0	8,0	277	14,0	14,0	22,0	0,11					< 0,03	0,01	1,86
20F	19/09/2008	1232	8,20	632	12,0	50,0	23,0	312	16,0	36,0	9,0	0,05					< 0,03	< 0,01	5,25

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.4. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Pampeano, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u, de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
20F	20/10/2008	1232	8,10	625	23,0	56,0	11,0	288	14,0	20,0	23,0	0,04					< 0,03	< 0,01	2,54
20F	21/11/2008	1279	7,80	661	23,0	61,0	18,0	262	25,0	42,0	13,0	0,06	< 0,03	< 0,03	< 0,002	0,01	< 0,03	< 0,01	4,12
20F	18/12/2008	1220	7,50	624	10,0	37,0	17,0	252	23,0	27,0	27,0	0,02					< 0,03	< 0,01	3,89
20F	16/01/2009	1239	7,80	629	12,0	47,0	12,0	244	21,0	38,0	19,0	0,03					< 0,03	< 0,01	2,76
20F	19/02/2009	1342	8,30	700	16,0	67,0	10,0	256	21,0	24,0	19,0	0,11					< 0,03	< 0,01	2,31
20F	20/03/2009	1199	8,00	631	10,0	41,0	15,0	247	19,0	45,0	11,0	0,04					0,03	< 0,01	3,44
20F	20/04/2009	1210	8,20	587	15,0	43,0	8,0	246	14,0	29,0	28,0	0,05					< 0,03	< 0,01	1,86
20F	20/05/2009	1324	7,70	605	14,0	38,0	16,0	242	18,0	64,0	8,0	0,04	0,04	0,05	0,01	< 0,02	< 0,03	< 0,01	3,67
20F	18/06/2009	1315	7,80	610	11,0	45,0	15,0	257	17,0	53,0	15,0	0,03					< 0,03	< 0,01	3,44
20F	29/07/2009	1150	7,60	610	13,0	63,0	12,0	189	14,0	35,0	33,0	0,04					< 0,03	< 0,01	2,76
20F	19/08/2009	1115	8,10	600	12,0	46,0	10,0	198	13,0	36,0	21,0	0,04					< 0,03	< 0,01	2,31
20F	21/09/2009	1120	8,00	580	27,0	46,0	12,0	276	15,0	58,0	6,0	0,03					< 0,03	< 0,01	2,76
20F	25/11/2009	1094	7,90	640	15,0	42,0	9,0	266	13,0	46,0	1,0	0,07	0,12	0,03	< 0,002	< 0,003	< 0,03	< 0,01	2,34
20F	27/09/2010	1117	7,70	608	10,7	46,0	23,0	303	12,0	11,6	12,7	0,08					0,11	ND	5,20
20F	24/11/2010	1036	7,94	524	9,3	40,0	27,5	250	18,0	25,7	14,6	0,03					< 0,09	ND	6,20
20F	16/03/2011	1145	7,36	544	9,5	37,0	25,7	229	15,0	22,4	25,8	0,01	0,007	0,06	0,03	-	0,10	ND	5,80
20F	27/06/2011	1148	7,08	532	7,7	42,0	27,5	229	15,0	36,2	15,3	<0,01					< 0,09	ND	6,20
21F	26/05/2008	1217	8,20	399	64,0	18,0	14,0	73	18,8	55,0	48,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,01	0,02	0,03	< 0,01	3,21
21F	29/07/2008	1202	8,00	564	60,0	21,0	12,0	116	17,0	61,0	59,0	<0,01					0,03	0,01	2,76
21F	23/09/2008	1116	7,80	543	43,0	26,0	18,0	124	18,0	48,0	37,0	0,02					< 0,03	< 0,01	4,12
21F	23/10/2008	1054	7,50	465	64,0	33,0	15,0	81	18,0	79,0	19,0	0,02					< 0,03	< 0,01	3,44
21F	20/11/2008	1054	7,40	528	45,0	46,0	13,0	107	18,0	56,0	25,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,003	0,01	< 0,03	< 0,01	2,99
21F	22/12/2008	1110	7,20	530	44,0	12,0	19,0	122	16,0	84,0	37,0	0,01					< 0,03	< 0,01	4,34
21F	20/01/2009	1099	7,60	530	44,0	12,0	11,0	127	16,0	57,0	46,0	0,01					< 0,03	< 0,01	2,54
21F	24/02/2009	1036	7,70	531	40,0	15,0	12,0	123	15,0	90,0	23,0	0,02					< 0,03	< 0,01	2,76
21F	26/03/2009	1238	7,30	609	69,0	11,0	13,0	132	15,0	85,0	27,0	0,01					< 0,03	< 0,01	2,99
21F	23/04/2009	1144	8,00	515	57,0	11,0	14,0	97	15,0	49,0	51,0	0,03					< 0,03	< 0,01	3,21
21F	21/05/2009	1235	7,20	530	53,0	9,0	14,0	88	13,0	84,0	35,0	0,02	0,03	0,05	0,01	< 0,02	< 0,03	< 0,01	3,21
21F	22/06/2009	1170	7,60	505	44,0	11,0	13,0	96	14,0	90,0	32,0	0,02					< 0,03	< 0,01	2,99
21F	28/07/2009	1100	7,30	505	56,0	14,0	11,0	67	19,0	68,0	53,0	0,01					< 0,03	< 0,01	2,54
21F	21/08/2009	955	7,70	490	37,0	16,0	10,0	93	16,0	62,0	30,0	0,01					< 0,03	< 0,01	2,31

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.4. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Pampeano, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u, de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
21F	25/09/2009	975	7,30	485	44,0	12,0	8,0	81	18,0	116,0	19,0	0,01					< 0,03	< 0,01	1,86
21F	23/10/2009	1143	7,20	530	59,0	12,0	16,0	108	18,0	128,0	27,0	0,02					< 0,03	< 0,01	3,92
21F	27/11/2009	925	7,30	494	49,0	10,0	25,0	98	19,0	96,0	7,0	0,01	0,92	< 0,03	< 0,002	< 0,003	< 0,03	< 0,01	5,95
22F	15/05/2008	875	8,00	460	5,0	13,0	7,0	148	18,8	29,0	12,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,004	0,003	< 0,03	< 0,01	1,63
22F	18/06/2008	851	8,30	472	9,0	14,0	6,0	147	17,0	34,0	13,0	<0,01					< 0,03	0,01	1,41
22F	15/07/2008	869	8,70	460	5,0	12,0	6,0	153	18,0	18,0	10,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	1,41
22F	21/08/2008	881	8,00	469	9,0	15,0	5,0	151	17,0	18,0	10,0	0,05					< 0,03	< 0,01	1,18
22F	18/09/2008	885	8,30	459	7,0	10,0	7,0	147	17,0	23,0	11,0	0,06					< 0,03	< 0,01	1,63
22F	17/10/2008	873	8,10	475	10,0	11,0	8,0	137	18,0	13,0	16,0	0,03					< 0,03	< 0,01	1,86
22F	18/11/2008	890	7,80	461	8,0	15,0	8,0	155	16,0	20,0	5,0	0,04	< 0,03	< 0,03	0,002	0,002	< 0,03	0,01	1,86
22F	18/12/2008	870	7,60	470	8,0	12,0	7,0	153	17,0	20,0	20,0	0,02					< 0,03	< 0,01	1,63
22F	15/01/2009	897	7,80	470	8,0	13,0	7,0	150	16,0	28,0	14,0	0,02					< 0,03	< 0,01	1,63
22F	18/02/2009	895	8,20	525	12,0	15,0	8,0	150	15,0	22,0	16,0	0,03					< 0,03	< 0,01	1,86
22F	18/03/2009	871	7,80	469	9,0	12,0	9,0	145	14,0	49,0	8,0	0,02					< 0,03	< 0,01	2,09
22F	17/04/2009	885	8,60	449	12,0	11,0	8,0	177	12,0	24,0	16,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,86
22F	18/05/2009	976	7,90	465	10,0	11,0	8,0	185	13,0	27,0	12,0	0,03	< 0,03	< 0,03	0,003	< 0,02	< 0,03	< 0,01	1,86
22F	16/06/2009	951	7,80	465	10,0	11,0	10,0	193	14,0	21,0	20,0	0,02					< 0,03	< 0,01	2,31
22F	20/07/2009	835	7,90	445	13,0	13,0	6,0	152	14,0	45,0	4,0	0,03					< 0,03	< 0,01	1,41
22F	18/08/2009	775	8,20	430	12,0	12,0	5,0	113	22,0	40,0	21,0	0,02					< 0,03	< 0,01	1,18
22F	17/09/2009	795	7,80	450	9,0	12,0	5,0	202	15,0	29,0	12,0	0,03					< 0,03	< 0,01	1,18
22F	20/10/2009	845	7,90	445	10,0	12,0	6,0	192	14,0	33,0	13,0	0,03					< 0,03	< 0,01	1,66
22F	20/11/2009	774	7,80	534	7,0	12,0	6,0	166	14,0	47,0	2,0	0,04	1,54	0,03	< 0,002	< 0,003	0,03	< 0,01	1,66
22F	27/09/2010	734	7,23	424	6,3	10,0	6,7	149	17,0	30,3	13,5	0,01					< 0,09	ND	1,50
22F	24/11/2010	742	7,66	416	7,2	11,0	4,9	165	21,0	35,5	12,1	0,03					< 0,09	ND	1,10
22F	16/03/2011	859	7,43	438	8,0	12,0	9,7	161	15,0	25,6	13,6	0,01	0,01	0,02	0,03	-	< 0,09	ND	2,20
22F	28/06/2011	850	7,25	401	5,5	10,0	3,8	161	14,0	32,1	9,0	ND					ND	ND	0,90
23F	21/05/2008	980	8,30	495	12,0	33,0	15,0	223	8,2	22,0	7,3	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,07	0,02	< 0,03	< 0,01	3,44
23F	24/06/2008	975	8,20	472	14,0	30,0	20,0	222	9,3	21,0	9,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	4,57
23F	28/07/2008	955	8,80	465	11,0	28,0	27,0	230	10,0	14,0	8,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	6,15
23F	25/08/2008	955	8,10	479	12,0	25,0	33,0	210	7,8	9,0	7,0	0,01					< 0,03	< 0,01	7,50
23F	23/09/2008	1045	8,00	488	14,0	23,0	34,0	226	11,0	24,0	6,0	0,05					< 0,03	< 0,01	7,73

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.4. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Pampeano, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u, de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
23F	22/10/2008	978	8,00	475	16,0	25,0	17,0	231	18,0	11,0	14,0	0,06					< 0,03	0,01	3,89
23F	24/11/2008	989	7,80	478	15,0	35,0	35,0	218	8,8	25,0	4,0	0,06	< 0,03	< 0,03	0,002	0,02	< 0,03	0,01	7,96
23F	23/12/2008	983	7,70	475	15,0	27,0	24,0	232	10,0	15,0	17,0	0,05					< 0,03	< 0,01	5,47
23F	20/01/2009	992	8,00	468	19,0	28,0	19,0	237	9,6	26,0	10,0	0,04					< 0,03	< 0,01	4,34
23F	25/02/2009	991	8,10	531	18,0	67,0	21,0	235	11,0	19,0	11,0	0,06					< 0,03	< 0,01	4,79
23F	23/03/2009	994	8,20	519	16,0	28,0	20,0	227	12,0	24,0	9,0	0,06					< 0,03	< 0,01	4,57
23F	22/04/2009	953	8,50	444	17,0	28,0	18,0	223	8,3	20,0	15,0	0,06					< 0,03	< 0,01	4,12
23F	27/05/2009	1078	7,80	475	15,0	31,0	18,0	242	10,0	24,0	9,0	0,04	< 0,03	< 0,03	0,02	< 0,02	< 0,03	< 0,01	4,12
23F	28/07/2009	926	7,80	460	22,0	25,0	22,0	193	7,9	24,0	11,0	0,06					< 0,03	< 0,01	5,02
23F	20/08/2009	935	7,80	465	14,0	35,0	23,0	219	8,0	24,0	6,0	0,07					< 0,03	< 0,01	5,25
23F	23/09/2009	906	7,90	475	26,0	38,0	18,0	206	8,7	24,0	11,0	0,05					< 0,03	< 0,01	4,12
23F	22/10/2009	977	7,80	485	18,0	29,0	28,0	223	8,8	34,0	10,0	0,05					< 0,03	< 0,01	6,63
23F	30/11/2009	932	7,90	514	21,0	27,0	12,0	232	9,2	30,0	4,0	0,05	2,60	0,06	< 0,002	< 0,003	< 0,03	< 0,01	3,01
23F	27/09/2010	956	7,28	510	15,1	26,0	16,8	207	14,0	34,5	21,9	0,01					0,09	0,04	3,80
23F	24/11/2010	944	7,52	493	15,0	30,0	16,4	200	14,0	51,9	6,0	0,01					< 0,09	ND	3,70
23F	22/03/2011	1091	7,65	545	16,5	28,0	13,3	211	12,0	46,6	15,3	0,02	0,01	0,02	0,03	-	< 0,09	ND	3,00
23F	05/07/2011	1123	7,15	506	12,0	31,0	11,1	213	13,0	47,6	14,7	ND					< 0,09	ND	2,50
24F	22/05/2008	1497	7,90	478	116,0	72,0	7,0	218	13,6	63,0	20,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,03	0,04	< 0,03	< 0,01	1,63
24F	24/06/2008	1441	8,10	461	110,0	73,0	58,0	208	12,0	60,0	34,0	<0,01					< 0,03	0,01	13,15
24F	28/07/2008	1422	8,30	446	110,0	68,0	63,0	216	11,0	37,0	44,0	0,01					< 0,03	< 0,01	14,28
24F	25/08/2008	1407	7,80	454	103,0	67,0	55,0	202	14,0	21,0	30,0	0,02					< 0,03	< 0,01	12,47
24F	23/09/2008	1410	7,80	464	97,0	69,0	77,0	232	12,0	40,0	44,0	0,02					< 0,03	< 0,01	17,44
24F	22/10/2008	1349	7,80	450	109,0	76,0	10,0	212	7,8	71,0	12,0	0,02					< 0,03	< 0,01	2,31
24F	24/11/2008	1350	7,50	472	109,0	87,0	47,0	212	15,0	35,0	24,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,01	0,02	< 0,03	< 0,01	10,67
24F	20/01/2009	1362	7,50	450	89,0	61,0	96,0	208	12,0	56,0	20,0	0,01					< 0,03	< 0,01	21,73
24F	25/02/2009	1350	8,00	494	92,0	67,0	88,0	198	11,0	75,0	17,0	0,02					< 0,03	< 0,01	19,92
24F	23/03/2009	1340	7,80	469	91,0	55,0	88,0	188	11,0	74,0	16,0	0,02					< 0,03	< 0,01	19,92
24F	23/04/2009	1245	8,30	434	81,0	50,0	82,0	185	10,0	42,0	36,0	0,02					< 0,03	< 0,01	18,57
24F	27/05/2009	1468	7,70	445	98,0	62,0	84,0	206	12,0	58,0	63,0	0,02	< 0,03	0,03	0,02	< 0,02	< 0,03	< 0,01	19,02
24F	19/06/2009	1444	7,50	455	131,0	65,0	77,0	222	14,0	64,0	51,0	0,01					< 0,03	< 0,01	17,44
24F	28/07/2009	1130	7,50	425	66,0	47,0	77,0	170	12,0	90,0	14,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	17,44

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.4. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Pampeano, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u, de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
24F	20/08/2009	1281	7,50	440	83,0	59,0	84,0	193	13,0	56,0	30,0	0,01					< 0,03	< 0,01	19,02
24F	23/09/2009	1226	7,70	435	85,0	57,0	75,0	219	13,0	88,0	14,0	0,01					< 0,03	< 0,01	16,99
24F	22/10/2009	1253	7,70	405	81,0	59,0	82,0	189	13,0	84,0	17,0	0,01					0,30	0,42	18,94
24F	30/11/2009	1142	7,80	459	81,0	44,0	74,0	170	12,0	117,0	4,0	0,02	2,33	0,07	< 0,002	< 0,003	< 0,03	0,06	17,03
24F	27/09/2010	1233	7,72	437	111,0	53,0	70,9	168	15,0	72,6	46,9	0,01					0,09	0,04	16,00
24F	24/11/2010	1338	7,60	442	89,5	55,0	75,3	162	17,0	105,0	23,7	0,01					< 0,09	ND	17,00
24F	22/03/2011	1332	7,10	469	82,5	52,0	75,3	168	13,0	93,1	24,7	0,01	0,39	0,03	0,03	-	< 0,09	ND	18,50
24F	22/06/2011	932	8,65	286	63,5	41,0	48,7	138	14,0	49,1	20,0	ND					< 0,09	0,10	11,00
25F	20/05/2008	1235	8,10	415	100,0	63,0	15,0	261	10,6	21,0	7,9	0,03	< 0,03	< 0,03	0,01	0,04	< 0,03	0,01	3,44
25F	17/07/2008	932	8,20	426	96,0	25,0	17,0	242	12,0	19,0	8,0	0,02					< 0,03	< 0,01	3,89
25F	18/02/2009	880	8,10	450	16,0	12,0	32,0	147	16,0	17,0	11,0	0,04					< 0,03	< 0,01	7,28
25F	17/04/2009	866	8,60	408	17,0	9,0	37,0	193	8,9	21,0	8,0	0,04					< 0,03	< 0,01	8,41
25F	18/05/2009	887	8,00	390	17,0	9,0	18,0	181	13,0	24,0	4,0	0,05	< 0,03	0,03	0,02	< 0,02	< 0,03	< 0,01	4,12
25F	16/06/2009	925	8,10	420	16,0	9,0	22,0	192	13,0	26,0	8,0	0,03					< 0,03	< 0,01	5,02
25F	20/07/2009	817	8,00	405	21,0	10,0	19,0	185	9,5	20,0	8,0	0,03					< 0,03	< 0,01	4,34
25F	18/08/2009	825	8,00	390	13,0	10,0	23,0	193	7,0	20,0	6,0	0,06					< 0,03	< 0,01	5,25
25F	17/09/2009	738	7,90	390	24,0	10,0	18,0	160	9,5	13,0	6,0	0,05					< 0,03	< 0,01	4,12
25F	20/10/2009	743	8,00	430	12,0	12,0	17,0	177	8,4	18,0	10,0	0,07					< 0,03	< 0,01	4,14
25F	20/11/2009	692	7,90	433	11,0	9,0	14,0	145	8,0	16,0	7,0	0,10	1,64	< 0,03	< 0,002	< 0,003	< 0,03	< 0,01	3,46
25F	22/09/2010	679	7,28	338	8,5	6,7	13,3	168	9,0	13,1	5,2	0,01					< 0,09	ND	3,00
25F	16/11/2010	835	7,88	373	12,4	11,0	19,5	174	11,0	23,8	2,4	0,01					0,09	0,04	4,40
25F	15/03/2011	811	7,78	383	9,0	6,0	20,8	186	10,0	12,7	7,8	0,04	0,01	0,02	0,03	-	< 0,09	ND	ND
26F	27/05/2008	2050	7,70	447	208,0	42,0	31,0	95	19,3	80,0	81,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,01	0,02	< 0,03	0,01	7,05
26F	25/06/2008	1700	7,20	590	177,0	42,0	35,0	128	18,0	89,0	77,0	<0,01					< 0,03	0,01	7,96
26F	29/07/2008	1780	7,10	688	183,0	45,0	43,0	133	16,0	119,0	121,0	0,01					< 0,03	0,01	9,76
26F	26/08/2008	1895	7,10	706	204,0	43,0	47,0	188	22,0	92,0	60,0	0,01					< 0,03	< 0,01	10,67
26F	23/10/2008	1845	7,30	660	191,0	48,0	33,0	108	11,0	136,0	61,0	0,01					< 0,03	< 0,01	7,50
26F	24/11/2008	1965	6,90	678	214,0	56,0	49,0	198	21,0	129,0	26,0	0,01	< 0,03	< 0,03	0,004	0,01	< 0,03	< 0,01	11,12
27F	27/05/2008	906	8,90	466	13,0	16,0	12,0	181	12,5	9,2	9,7	0,03	< 0,03	< 0,03	0,01	0,02	< 0,03	< 0,01	2,76
27F	25/06/2008	908	8,40	466	11,0	15,0	18,0	183	12,0	10,0	10,0	0,02					< 0,03	< 0,01	4,12
27F	28/07/2008	893	8,40	460	12,0	17,0	22,0	187	11,0	12,0	9,0	0,03					< 0,03	< 0,01	5,02

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.4. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Pampeano, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u, de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
27F	26/08/2008	917	8,20	479	13,0	15,0	25,0	185	12,0	12,0	9,0	0,04					< 0,03	< 0,01	5,70
27F	23/09/2008	917	8,30	454	13,0	16,0	33,0	181	11,0	15,0	4,0	0,02					< 0,03	< 0,01	7,50
27F	23/10/2008	913	8,20	455	14,0	18,0	15,0	177	18,0	11,0	8,0	0,03					< 0,03	0,01	3,44
27F	20/11/2008	932	8,00	472	12,0	18,0	30,0	190	12,0	18,0	6,0	0,03	< 0,03	< 0,03	0,004	0,02	< 0,03	0,01	6,83
27F	23/12/2008	920	7,90	495	12,0	15,0	22,0	199	12,0	12,0	12,0	0,03					< 0,03	0,01	5,02
27F	20/01/2009	944	8,00	455	16,0	15,0	13,0	208	12,0	17,0	9,0	0,04					< 0,03	< 0,01	2,99
27F	25/02/2009	839	8,10	475	31,0	18,0	12,0	188	12,0	11,0	12,0	0,02					< 0,03	0,05	2,77
27F	23/03/2009	905	8,50	513	14,0	15,0	16,0	177	12,0	14,0	9,0	0,03					< 0,03	< 0,01	3,67
27F	22/04/2009	932	9,40	449	15,0	16,0	13,0	223	10,0	15,0	13,0	0,03					< 0,03	< 0,01	2,99
27F	27/05/2009	1032	8,00	470	18,0	14,0	11,0	181	11,0	22,0	10,0	0,02	0,04	0,04	0,02	< 0,02	< 0,03	< 0,01	2,54
27F	22/06/2009	1015	7,90	460	15,0	16,0	12,0	218	12,0	14,0	11,0	0,01					< 0,03	< 0,01	2,76
27F	28/07/2009	900	8,00	445	17,0	17,0	11,0	210	11,0	14,0	11,0	0,02					< 0,03	< 0,01	2,54
27F	21/08/2009	910	7,90	465	16,0	17,0	14,0	219	16,0	17,0	11,0	0,02					< 0,03	< 0,01	3,21
27F	24/09/2009	870	7,90	465	48,0	18,0	11,0	240	12,0	29,0	5,0	0,02					< 0,03	< 0,01	2,54
27F	23/10/2009	911	8,00	435	18,0	16,0	12,0	210	11,0	30,0	7,0	0,02					< 0,03	< 0,01	3,01
27F	30/11/2009	793	8,20	454	18,0	16,0	12,0	202	11,0	30,0	2,0	0,02	1,11	0,03	< 0,002	< 0,003	< 0,03	0,12	3,05
28F	23/05/2008	928	8,30	460	15,0	32,0	24,0	175	7,6	25,0	11,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,01	0,03	< 0,03	< 0,01	5,47
28F	26/06/2008	900	7,60	449	9,0	33,0	32,0	166	8,2	22,0	21,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	7,28
28F	29/07/2008	860	8,30	426	12,0	38,0	41,0	163	10,0	36,0	24,0	0,01					< 0,03	< 0,01	9,31
28F	26/08/2008	902	7,70	433	15,0	42,0	44,0	178	7,5	12,0	11,0	0,02					< 0,03	< 0,01	9,99
28F	25/09/2008	906	7,80	439	9,0	36,0	47,0	173	12,0	33,0	<2	0,01					< 0,03	< 0,01	10,67
28F	24/10/2008	882	8,00	430	13,0	35,0	22,0	181	8,8	50,0	6,0	0,02					< 0,03	< 0,01	5,02
28F	25/11/2008	907	7,90	444	10,0	36,0	41,0	188	10,0	40,0	10,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,002	0,02	< 0,03	< 0,01	9,31
28F	22/12/2008	885	7,80	426	9,0	37,0	28,0	176	8,7	56,0	17,0	0,02					< 0,03	< 0,01	6,38
28F	21/01/2009	871	7,50	446	10,0	38,0	19,0	188	9,4	34,0	30,0	0,02					< 0,03	< 0,01	4,34
28F	24/03/2009	904	8,00	469	16,0	27,0	22,0	184	11,0	52,0	9,0	0,02					< 0,03	< 0,01	5,02
28F	24/04/2009	884	7,70	413	10,0	33,0	22,0	106	8,3	35,0	37,0	0,02					< 0,03	< 0,01	5,02
28F	29/07/2009	815	7,00	405	17,0	34,0	16,0	90	8,5	59,0	37,0	0,01					< 0,03	< 0,01	3,67
28F	21/08/2009	840	7,20	410	11,0	35,0	18,0	93	8,0	35,0	34,0	0,01					< 0,03	< 0,01	4,12
28F	24/09/2009	774	7,10	420	25,0	30,0	44,0	67	9,2	43,0	41,0	0,01					< 0,03	< 0,01	9,99
28F	26/10/2009	824	7,20	375	18,0	29,0	15,0	66	8,7	114,0	19,0	0,01					< 0,03	< 0,01	3,69

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.4. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Pampeano, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u, de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
28F	27/11/2009	780	7,70	438	14,0	29,0	14,0	83	8,0	100,0	5,0	0,01	1,89	0,06	< 0,002	< 0,003	< 0,03	< 0,01	3,46
28F	27/09/2010	821	7,62	422	16,1	22,0	44,7	161	9,0	39,5	17,2	0,01					0,09	0,04	10,10
28F	24/11/2010	937	7,47	419	16,0	27,0	34,5	138	11,0	58,5	19,0	0,01					< 0,09	ND	7,80
28F	22/03/2011	921	6,83	413	14,0	26,0	41,6	116	9,0	62,0	22,2	0,01	0,15	0,02	0,03	-	< 0,09	ND	9,40
29F	28/05/2008	21600	8,00	899	5506,0	3033,0	68,0	3960	75,0	591,0	244,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,10	0,07	0,03	< 0,01	15,43
29F	27/06/2008	21500	7,20	1000	5205,0	3003,0	82,0	4100	80,0	592,0	248,0	0,02					< 0,03	< 0,01	18,59
29F	29/07/2008	22000	8,10	901	5609,0	2881,0	112,0	4270	78,0	354,0	347,0	0,03					0,03	< 0,01	25,36
29F	28/08/2008	21900	7,10	1003	5335,0	2956,0	120,0	3760	120,0	288,0	374,0	0,04					0,04	< 0,01	27,24
29F	26/09/2008	21700	7,60	1026	5136,0	2945,0	110,0	4180	76,0	438,0	289,0	0,04					0,05	< 0,01	24,91
29F	27/10/2008	21600	7,40	1000	5182,0	3295,0	73,0	4100	76,0	221,0	360,0	0,03					< 0,03	< 0,01	16,56
29F	26/11/2008	22300	7,30	967	5727,0	3033,0	120,0	4070	78,0	929,0	130,0	0,04	< 0,03	< 0,03	0,03	0,05	< 0,03	< 0,01	27,24
29F	24/12/2008	22000	7,20	990	5539,0	2859,0	88,0	4100	80,0	400,0	355,0	0,02					< 0,03	0,01	20,01
29F	25/03/2009	22700	7,70	1013	6150,0	2935,0	93,0	4970	95,0	523,0	336,0	0,02					< 0,03	< 0,01	21,05
29F	28/04/2009	22200	7,80	898	6520,0	2514,0	76,0	4640	116,0	326,0	458,0	0,04					< 0,03	0,04	17,28
29F	26/05/2009	24400	7,80	980	6225,0	2581,0	52,0	4780	114,0	449,0	546,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,07	< 0,02	< 0,03	< 0,01	11,83
29F	24/06/2009	23300	7,20	955	6540,0	2749,0	47,0	3810	115,0	400,0	534,0	0,02					< 0,03	< 0,01	10,71
29F	27/07/2009	6450	7,70	740	1379,0	840,0	42,0	1520	44,0	120,0	32,0	0,03					0,08	< 0,01	9,60
29F	24/08/2009	7970	7,90	885	1633,0	751,0	53,0	1930	57,0	88,0	75,0	0,04					< 0,03	< 0,01	12,15
29F	25/09/2009	19500	7,30	940	5808,0	2466,0	88,0	4510	130,0	620,0	197,0	0,02					0,63	< 0,01	20,64
29F	26/10/2009	20700	7,40	970	5798,0	2511,0	64,0	4440	119,0	704,0	219,0	0,02					0,03	< 0,01	14,75
29F	30/11/2009	18000	7,50	993	5925,0	1958,0	77,0	4240	106,0	600,0	194,0	0,02	7,80	3,50	< 0,002	< 0,003	< 0,03	0,05	61,80
29F	27/09/2010	3570	8,07	607	770,0	242,0	ND	858	31,0	31,7	44,7	0,01					0,22	0,04	0,01
29F	24/11/2010	12480	7,45	656	3222,0	1313,0	ND	2363	95,0	298,0	158,0	0,01					0,25	ND	ND
29F	21/03/2011	11660	7,47	800	2874,0	1223,0	ND	2335	70,0	262,0	199,0	0,01	0,31	2,10	0,03	-	0,30	ND	2,50
29F	06/07/2011	13630	7,08	693	3240,0	1347,0	4,9	2429	79,0	256,0	151,0	ND					0,32	ND	2,30
30F	16/05/2008	1294	8,00	615	20,0	40,0	9,0	242	19,1	17,0	9,0	0,03	< 0,03	< 0,03	0,01	0,01	< 0,03	< 0,01	2,09
30F	16/07/2008	1260	8,30	624	20,0	44,0	6,0	258	21,0	12,0	9,0	0,01					< 0,03	< 0,01	1,41
30F	19/11/2008	1303	7,90	617	27,0	60,0	10,0	248	21,0	14,0	11,0	0,10	< 0,03	< 0,03	0,003	0,004	< 0,03	< 0,01	2,31
30F	18/12/2008	1355	7,70	639	24,0	61,0	11,0	267	23,0	14,0	15,0	0,08					< 0,03	< 0,01	2,54
30F	18/02/2009	1396	8,20	688	38,0	73,0	8,0	327	18,0	18,0	13,0	0,09					< 0,03	< 0,01	1,86
30F	18/03/2009	1450	8,60	688	44,0	61,0	10,0	340	13,0	25,0	8,0	0,09					< 0,03	< 0,01	2,31

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.4. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Pampeano, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u. de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
30F	20/04/2009	1420	8,60	607	44,0	61,0	9,0	334	13,0	18,0	15,0	0,06					< 0,03	< 0,01	2,09
30F	19/05/2009	1540	7,90	625	64,0	55,0	9,0	323	14,0	45,0	22,0	0,07	0,03	0,04	0,004	< 0,02	< 0,03	< 0,01	2,09
30F	17/06/2009	1530	7,80	640	65,0	62,0	8,0	318	16,0	44,0	12,0	0,06					< 0,03	< 0,01	1,86
30F	29/07/2009	1190	7,50	580	22,0	41,0	5,0	271	13,0	20,0	18,0	0,06					0,03	< 0,01	1,18
30F	19/08/2009	1230	7,90	602	19,0	49,0	4,0	312	9,0	21,0	14,0	0,08					< 0,03	< 0,01	0,96
30F	21/09/2009	1228	8,00	620	29,0	55,0	8,0	320	15,0	21,0	11,0	0,08					< 0,03	< 0,01	1,86
30F	20/10/2009	1295	8,00	630	31,0	50,0	8,0	324	16,0	27,0	6,0	0,07					< 0,03	< 0,01	2,11
30F	23/11/2009	1144	7,90	680	26,0	49,0	9,0	334	15,0	23,0	17,0	0,09	2,46	0,03	< 0,002	< 0,003	< 0,03	< 0,01	2,34
30F	24/09/2010	1036	7,50	536	11,7	21,0	ND	267	16,0	19,8	9,8	0,01					< 0,09	ND	1,00
30F	23/11/2010	1142	8,02	547	20,2	53,0	ND	284	19,0	22,5	12,7	0,04					< 0,09	ND	ND
30F	17/03/2011	1277	7,46	614	24,5	47,0	9,3	276	15,0	20,5	9,2	0,05	0,01	0,02	0,03	-	< 0,09	ND	2,10
30F	21/06/2011	1167	8,42	463	18,0	55,0	4,4	252	18,0	21,3	7,4	ND					ND	ND	1,00

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.5. Datos físicos químicos utilizados del techo del acuífero Puelches, red de ACUMAR.

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u. de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
1P	15/05/2008	1015	8,40	540	15,0	17,0	9,0	232	9,5	17,0	4,3	0,04	< 0,03	< 0,03	0,003	0,002	< 0,03	< 0,01	2,09
1P	17/06/2008	1011	8,50	528	16,0	19,0	8,0	243	10,0	18,0	5,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,86
1P	15/07/2008	999	8,30	525	14,0	18,0	10,0	239	9,2	17,0	4,0	0,03					< 0,03	< 0,01	2,31
1P	21/08/2008	1043	8,20	539	14,0	20,0	8,0	247	10,0	9,0	4,0	0,13					< 0,03	< 0,01	1,86
1P	17/09/2008	1021	8,90	533	16,0	21,0	11,0	243	9,7	17,0	13,0	0,09					< 0,03	< 0,01	2,54
1P	16/10/2008	998	8,80	535	14,0	20,0	8,0	241	9,3	10,0	6,0	0,07					< 0,03	< 0,01	1,86
1P	18/11/2008	1027	7,90	561	36,0	30,0	6,0	251	9,6	18,0	2,0	0,08	< 0,03	< 0,03	< 0,002	0,001	< 0,03	< 0,01	1,41
1P	19/12/2008	1045	8,10	530	14,0	19,0	10,0	237	10,0	18,0	5,0	0,07					< 0,03	0,01	2,31
1P	16/01/2009	1051	8,50	530	21,0	18,0	10,0	243	11,0	14,0	10,0	0,07					< 0,03	< 0,01	2,31
1P	24/02/2009	1038	8,20	563	15,0	21,0	9,0	237	10,0	16,0	8,0	0,07					< 0,03	< 0,01	2,09
1P	18/03/2009	1056	8,50	544	14,0	18,0	9,0	238	12,0	16,0	8,0	0,06					< 0,03	< 0,01	2,09
1P	17/04/2009	1037	8,90	510	14,0	20,0	8,0	261	8,0	19,0	7,0	0,07					< 0,03	< 0,01	1,86
1P	27/05/2009	1027	7,90	525	16,0	18,0	8,0	256	8,1	17,0	5,0	0,06	< 0,03	< 0,03	0,01	0,009	< 0,03	< 0,01	1,86
1P	22/07/2009	960	8,40	495	20,0	21,0	7,0	246	8,5	17,0	7,0	0,02					< 0,03	< 0,01	1,63
1P	18/08/2009	995	7,90	515	15,0	24,0	6,0	261	9,0	16,0	9,0	0,05					< 0,03	< 0,01	1,41
1P	17/09/2009	932	8,20	510	16,0	18,0	6,0	220	8,5	16,0	7,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,41
1P	22/10/2009	957	8,10	490	18,0	18,0	8,0	244	18,0	21,0	7,0	0,06					< 0,03	< 0,01	2,11
1P	20/11/2009	908	7,80	534	15,0	17,0	7,0	214	8,0	23,0	2,0	0,06	< 0,03	< 0,03	0,01	0,008	< 0,03	< 0,01	1,88
1P	24/09/2010	866	7,44	494	10,2	15,0	13,7	203	9,0	14,0	2,3	0,06					<0,09	ND	5,10
1P	23/11/2010	989	8,26	485	11,4	18,0	8,9	209	10,0	18,0	3,1	0,01					<0,09	ND	4,30
1P	16/03/2011	984	7,43	485	13,0	20,0	8,4	225	8,0	17,2	5,5	0,04	0,070	0,02	0,03	-	<0,09	ND	1,90
1P	22/06/2011	982	7,59	466	11,0	17,0	8,4	231	9,0	21,7	3,8	ND					ND	ND	1,90
2P	16/05/2008	2190	7,60	515	225,0	278,0	14,0	348	18,9	68,0	21,0	0,03	< 0,03	< 0,03	0,01	0,005	< 0,03	< 0,01	3,21
2P	18/06/2008	2170	8,10	517	245,0	284,0	13,0	378	17,0	38,0	30,0	0,02					< 0,03	< 0,01	2,99
2P	15/07/2008	2160	8,00	525	217,0	270,0	15,0	362	18,0	60,0	16,0	0,02					< 0,03	< 0,01	3,44
2P	19/11/2008	2170	7,80	539	232,0	347,0	15,0	376	16,0	71,0	7,0	0,04	< 0,03	< 0,03	0,003	0,002	< 0,03	< 0,01	3,44
2P	19/12/2008	2200	7,70	525	235,0	295,0	14,0	376	18,0	55,0	25,0	0,04					< 0,03	< 0,01	3,21
2P	19/01/2009	2210	8,00	545	230,0	237,0	16,0	385	17,0	76,0	19,0	0,04					< 0,03	< 0,01	3,67
2P	23/02/2009	2220	7,90	531	225,0	278,0	15,0	377	16,0	74,0	17,0	0,03					< 0,03	< 0,01	3,44
2P	23/03/2009	2220	8,30	538	232,0	248,0	17,0	394	16,0	45,0	34,0	0,04					< 0,03	< 0,01	3,89
2P	17/04/2009	2190	8,70	510	223,0	250,0	18,0	437	16,0	37,0	36,0	0,04					< 0,03	< 0,01	4,12

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla AI.5. Datos físicos químicos utilizados del techo del acuífero Puelches, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u, de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
2P	19/05/2009	2240	7,90	520	230,0	308,0	14,0	418	17,0	39,0	46,0	0,03	0,03	0,03	0,01	0,008	< 0,03	< 0,01	3,21
2P	17/06/2009	2410	7,90	530	253,0	292,0	11,0	405	17,0	72,0	53,0	0,02					< 0,03	< 0,01	2,54
2P	29/07/2009	2030	7,60	495	208,0	262,0	11,0	444	16,0	93,0	11,0	0,03					< 0,03	< 0,01	2,54
2P	19/08/2009	1890	8,20	525	185,0	246,0	10,0	399	16,0	35,0	32,0	0,02					< 0,03	< 0,01	2,31
2P	21/09/2009	1803	8,00	505	181,0	214,0	12,0	399	16,0	38,0	32,0	0,04					< 0,03	< 0,01	2,76
2P	20/10/2009	1953	7,80	510	202,0	227,0	12,0	393	16,0	80,0	7,0	0,02					< 0,03	< 0,01	3,01
2P	23/11/2009	1784	7,60	539	193,0	247,0	11,0	346	15,0	70,0	11,0	0,03	0,03	< 0,03	0,003	0,01	< 0,03	< 0,01	2,79
2P	24/09/2010	1763	7,88	500	208,0	240,0	14,6	377	17,0	47,9	33,0	0,01					<0,09	ND	3,30
2P	16/03/2011	2134	7,37	500	237,0	292,0	15,1	379	17,0	74,6	21,0	0,01	0,07	0,02	0,03	-	<0,09	ND	3,40
2P	29/06/2011	2170	7,20	449	224,0	256,0	17,3	407	17,0	68,3	25,4	ND					ND	ND	3,90
2P	23/08/2011	2133	7,54	461	220,0	286,0	15,1	386	17,0	70,0	8,3	0,009					< 0,09	ND	3,40
3P	16/05/2008	1309	7,50	630	15,0	78,0	5,0	252	12,5	29,0	13,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,004	0,01	< 0,03	< 0,01	1,18
3P	18/06/2008	1264	8,40	612	20,0	85,0	4,0	258	18,0	17,0	12,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	0,96
3P	16/07/2008	1260	8,00	604	16,0	90,0	5,0	264	19,0	18,0	11,0	0,01					< 0,03	< 0,01	1,18
3P	19/11/2008	1360	7,90	633	27,0	98,0	6,0	273	17,0	28,0	12,0	0,03	< 0,03	< 0,03	0,003	0,002	< 0,03	< 0,01	1,41
3P	19/12/2008	1280	7,80	604	15,0	84,0	6,0	255	16,0	30,0	13,0	0,06					< 0,03	< 0,01	1,41
3P	19/01/2009	1267	8,40	594	16,0	65,0	5,0	256	16,0	25,0	15,0	0,05					< 0,03	< 0,01	1,18
3P	23/02/2009	1320	8,10	650	18,0	87,0	6,0	262	16,0	31,0	11,0	0,06					< 0,03	< 0,01	1,41
3P	26/03/2009	1270	8,60	613	17,0	75,0	6,0	247	15,0	21,0	16,0	0,05					< 0,03	< 0,01	1,41
3P	21/04/2009	1290	8,60	582	17,0	87,0	8,0	307	13,0	26,0	17,0	0,05					< 0,03	0,01	1,86
3P	19/05/2009	1282	8,30	620	22,0	76,0	8,0	286	14,0	30,0	12,0	0,05	0,03	0,04	0,01	0,01	< 0,03	< 0,01	1,86
3P	17/06/2009	1420	7,90	620	35,0	83,0	8,0	286	14,0	32,0	29,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,86
3P	29/07/2009	1231	7,80	600	19,0	83,0	5,0	312	13,0	32,0	7,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,18
3P	19/08/2009	1178	7,70	585	17,0	78,0	6,0	296	14,0	24,0	17,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,41
3P	21/09/2009	1128	7,80	560	14,0	68,0	5,0	291	14,0	21,0	16,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,18
3P	20/10/2009	1193	7,70	575	17,0	68,0	5,0	281	14,0	30,0	16,0	0,03					< 0,03	< 0,01	1,43
3P	24/11/2009	1118	8,00	638	18,0	75,0	5,0	281	14,0	48,0	4,0	0,04	0,17	< 0,03	0,01	0,01	< 0,03	< 0,01	1,43
3P	24/09/2010	1089	7,36	526	11,7	76,0	ND	263	15,0	26,1	14,9	0,01					<0,09	ND	1,30
3P	23/11/2010	1122	7,84	527	13,5	82,0	ND	263	18,0	29,2	11,6	0,01					<0,09	ND	ND
3P	17/03/2011	1253	7,39	587	13,5	74,0	ND	261	15,0	33,8	10,6	0,02	0,07	0,02	0,03	-	0,19	ND	ND

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla AI.5. Datos físicos químicos utilizados del techo del acuífero Puelches, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u. de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
3P	21/06/2011	1280	7,25	522	15,0	76,0	ND	267	15,0	36,7	11,3	ND					< 0,09	ND	ND
3P	23/08/2011	1270	7,54	521	10,5	78,0	ND	243	14,0	32,9	7,8	ND					ND	ND	1,60
4P	19/05/2008	920	8,10	445	15,0	40,0	5,0	206	9,0	18,0	7,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,002	0,01	< 0,03	0,01	1,18
4P	19/06/2008	898	8,30	444	13,0	42,0	4,0	196	9,4	18,0	6,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	0,96
4P	17/07/2008	882	8,40	446	14,0	40,0	5,0	208	8,8	17,0	7,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	1,18
4P	23/08/2008	895	8,60	439	13,0	36,0	5,0	210	9,6	10,0	5,0	0,09					< 0,03	< 0,01	1,18
4P	22/09/2008	922	8,50	434	13,0	32,0	6,0	227	9,4	14,0	6,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,41
4P	22/10/2008	898	8,10	440	13,0	31,0	5,0	208	11,0	15,0	8,0	0,05					< 0,03	< 0,01	1,18
4P	21/11/2008	912	8,10	433	13,0	35,0	5,0	188	10,0	16,0	5,0	0,05	< 0,03	< 0,03	< 0,002	0,01	< 0,03	< 0,01	1,18
4P	19/12/2008	925	8,20	450	12,0	43,0	6,0	198	10,0	20,0	6,0	0,05					< 0,03	< 0,01	1,41
4P	19/01/2009	920	8,30	421	8,0	44,0	7,0	204	11,0	26,0	3,0	0,05					< 0,03	< 0,01	1,63
4P	19/02/2009	908	8,10	463	13,0	45,0	7,0	208	11,0	17,0	8,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,63
4P	20/03/2009	912	8,70	438	13,0	43,0	8,0	188	11,0	18,0	10,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,86
4P	21/04/2009	884	9,00	408	11,0	45,0	10,0	214	9,2	21,0	7,0	0,05					< 0,03	< 0,01	2,31
4P	20/05/2009	890	8,10	435	13,0	35,0	8,0	198	8,8	20,0	8,0	0,04	< 0,03	< 0,03	0,01	0,01	< 0,03	< 0,01	1,86
4P	18/06/2009	970	8,20	420	15,0	45,0	9,0	198	9,1	18,0	8,0	0,04					< 0,03	< 0,01	2,09
4P	22/07/2009	865	7,90	435	14,0	40,0	8,0	228	8,3	20,0	6,0	0,03					< 0,03	< 0,01	1,86
4P	20/08/2009	855	7,90	430	12,0	46,0	5,0	214	10,0	18,0	7,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,18
4P	23/09/2009	808	8,10	410	12,0	42,0	8,0	170	9,4	18,0	9,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,86
4P	21/10/2009	855	7,90	420	13,0	39,0	5,0	210	9,6	22,0	5,0	0,02					< 0,03	< 0,01	1,43
4P	24/11/2009	792	8,30	439	15,0	39,0	5,0	206	9,0	26,0	7,0	0,04	0,18	0,04	0,01	< 0,001	< 0,03	< 0,01	1,43
4P	23/09/2010	786	7,33	404	9,8	34,0	ND	188	11,0	17,2	7,2	0,01					0,42	ND	4,70
4P	18/11/2010	892	7,92	416	10,4	39,0	ND	203	11,0	22,0	3,6	0,01					0,09	0,04	0,01
4P	17/03/2011	898	7,60	415	11,0	38,0	ND	196	10,0	17,5	6,4	0,01	0,07	0,04	0,03	-	<0,09	ND	ND
4P	23/06/2011	870	7,49	400	10,0	32,0	ND	194	10,0	22,8	5,7	ND					< 0,09	ND	ND
4P	23/08/2011	887	7,44	391	8,5	39,0	ND	202	9,5	16,8	6,1	ND					ND	ND	1,20
5P	27/05/2008	1569	8,20	365	86,0	36,0	220,0	162	15,2	44,0	50,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,01	0,01	< 0,03	0,02	49,73
5P	27/06/2008	1563	7,90	511	86,0	36,0	238,0	246	16,0	47,0	31,0	<0,01					< 0,03	0,02	53,80
5P	30/07/2008	1567	7,80	450	85,0	40,0	250,0	260	15,0	76,0	29,0	<0,01					< 0,03	0,02	56,51
5P	28/08/2008	1630	7,50	504	92,0	38,0	270,0	229	14,0	34,0	43,0	<0,01					< 0,03	0,02	61,02
5P	26/09/2008	1570	7,70	513	88,0	42,0	270,0	296	16,0	53,0	43,0	<0,01					< 0,03	0,02	61,02

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla AI.5. Datos físicos químicos utilizados del techo del acuífero Puelches, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u. de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
5P	26/11/2008	1615	7,50	472	118,0	50,0	250,0	261	15,0	67,0	31,0	0,01	< 0,03	< 0,03	0,002	0,004	< 0,03	< 0,01	56,50
5P	24/12/2008	1580	7,40	441	93,0	30,0	271,0	263	17,0	58,0	52,0	<0,01					< 0,03	0,01	61,24
5P	22/01/2009	1597	8,00	515	103,0	34,0	238,0	277	17,0	76,0	24,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	53,79
5P	26/02/2009	1615	7,40	506	90,0	34,0	250,0	288	16,0	108,0	2,0	<0,01					< 0,03	0,02	56,51
5P	25/03/2009	1620	7,80	506	95,0	28,0	237,0	275	16,0	82,0	36,0	0,01					< 0,03	< 0,01	53,57
5P	28/04/2009	1565	7,90	454	92,0	34,0	230,0	214	12,0	33,0	43,0	0,01					< 0,03	< 0,01	51,99
5P	26/05/2009	1608	7,60	490	100,0	31,0	220,0	261	12,0	57,0	39,0	0,01	< 0,03	0,05	0,01	0,01	< 0,03	< 0,01	49,73
5P	23/06/2009	1790	7,50	505	113,0	29,0	210,0	219	13,0	92,0	51,0	0,01					< 0,03	< 0,01	47,47
5P	27/07/2009	1550	7,70	455	95,0	34,0	188,0	251	12,0	114,0	15,0	0,01					< 0,03	< 0,01	42,50
5P	25/08/2009	1552	7,80	500	91,0	37,0	200,0	228	13,0	80,0	19,0	0,01					< 0,03	< 0,01	45,21
5P	29/09/2009	1503	7,80	495	96,0	30,0	188,0	228	14,0	55,0	33,0	<0,01					0,29	0,21	42,90
5P	26/10/2009	1590	7,90	455	95,0	26,0	210,0	223	14,0	112,0	9,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	48,22
5P	27/11/2009	1410	7,80	515	100,0	25,0	247,0	214	13,0	128,0	3,0	<0,01	0,18	< 0,03	0,01	0,02	< 0,03	< 0,01	56,48
5P	21/09/2010	1466	6,86	494	98,0	35,0	79,7	197	13,0	104,0	36,8	0,01					<0,09	ND	19,00
5P	15/11/2010	1657	7,43	481	97,3	33,0	243,6	203	16,0	109,0	30,0	0,01					<0,09	ND	55,00
5P	14/03/2011	1687	7,19	501	91,5	37,0	230,3	203	14,0	98,6	45,0	0,01	0,35	0,02	0,03	-	<0,09	ND	52,00
5P	04/07/2011	1513	7,08	432	84,0	56,0	124,0	220	13,0	109,0	15,1	ND					3,70	0,36	31,90
6P	28/05/2008	8900	8,40	787	2127,0	605,0	25,0	1790	56,0	88,0	129,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,02	0,03	0,05	< 0,01	5,72
6P	27/06/2008	9370	8,00	961	2139,0	605,0	26,0	1830	58,0	114,0	106,0	0,02					0,03	< 0,01	5,94
6P	30/07/2008	9330	8,30	973	2226,0	605,0	18,0	1770	50,0	125,0	105,0	0,03					0,05	< 0,01	4,21
6P	29/08/2008	9470	7,50	968	2328,0	666,0	15,0	1720	44,0	75,0	97,0	0,03					0,05	< 0,01	3,53
6P	26/09/2008	9080	7,80	997	1818,0	650,0	22,0	1787	47,0	60,0	101,0	0,01					0,05	< 0,01	5,04
6P	27/10/2008	9380	7,70	960	2182,0	636,0	80,0	1530	45,0	91,0	96,0	0,02					< 0,03	< 0,01	18,14
6P	26/11/2008	9530	7,70	928	2091,0	637,0	35,0	1870	60,0	132,0	98,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,01	0,02	< 0,03	< 0,01	7,98
6P	23/12/2008	9420	7,50	950	2157,0	503,0	34,0	1810	60,0	120,0	122,0	0,02					< 0,03	< 0,01	7,75
6P	22/01/2009	9250	7,70	955	2216,0	503,0	33,0	1820	60,0	144,0	107,0	0,02					< 0,03	< 0,01	7,52
6P	26/02/2009	8870	7,30	838	2210,0	278,0	35,0	1940	53,0	179,0	30,0	0,02					0,05	0,02	7,98
6P	25/03/2009	9290	7,80	1000	2340,0	490,0	31,0	1870	47,0	135,0	91,0	0,02					0,04	< 0,01	7,07
6P	28/04/2009	9300	8,20	908	2294,0	490,0	41,0	1660	41,0	109,0	137,0	0,01					0,05	0,08	9,35
6P	26/05/2009	9370	7,80	990	2500,0	483,0	33,0	2020	44,0	180,0	273,0	0,01	< 0,03	0,03	0,02	0,04	< 0,03	0,04	7,51
6P	24/06/2009	10300	7,50	960	2485,0	550,0	38,0	2020	48,0	240,0	267,0	0,01					< 0,03	< 0,01	8,70

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla AI.5. Datos físicos químicos utilizados del techo del acuífero Puelches, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u. de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
6P	27/07/2009	8710	7,70	830	2189,0	495,0	44,0	1965	40,0	123,0	61,0	0,01					0,10	0,43	10,19
6P	25/08/2009	8630	7,40	975	2074,0	620,0	51,0	2060	51,0	95,0	93,0	0,03					< 0,03	< 0,01	11,75
6P	25/09/2009	8340	7,60	895	2223,0	528,0	62,0	1912	45,0	102,0	91,0	0,01					0,54	1,40	15,13
6P	26/10/2009	8770	7,50	985	2132,0	587,0	54,0	1992	40,0	197,0	34,0	0,01					0,17	0,03	12,50
6P	30/11/2009	7810	7,70	859	2136,0	484,0	25,0	1776	40,0	240,0	8,0	<0,01	2,93	0,21	0,02	0,004	< 0,03	1,53	56,81
6P	21/09/2010	7080	7,20	776	2199,0	476,0	ND	1917	30,0	104,0	96,9	0,01					4,50	0,10	5,80
6P	18/11/2010	8190	7,36	840	2039,0	482,0	ND	1928	55,0	146,0	63,5	0,01					3,70	ND	4,40
6P	21/03/2011	8640	7,47	915	2029,0	506,0	ND	1860	37,0	108,0	95,8	0,01	0,54	0,22	0,03	-	3,80	0,09	4,40
6P	30/06/2011	6480	7,13	602	1510,0	335,0	ND	1238	37,0	152,0	69,7	ND					1,90	0,04	2,60
7P	23/05/2008	1290	8,60	570	65,0	39,0	42,0	248	11,4	27,0	11,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,01	0,01	< 0,03	0,01	9,54
7P	26/06/2008	1280	8,00	539	69,0	43,0	47,0	271	12,0	18,0	15,0	<0,01					< 0,03	0,01	10,67
7P	30/07/2008	1340	8,40	535	67,0	40,0	40,0	282	11,0	30,0	17,0	<0,01					< 0,03	0,01	9,09
7P	27/08/2008	1323	7,90	532	68,0	42,0	33,0	238	11,0	14,0	12,0	0,01					< 0,03	< 0,01	7,50
7P	25/09/2008	1301	7,80	538	63,0	45,0	45,0	295	12,0	32,0	6,0	0,02					0,05	< 0,01	10,21
7P	26/11/2008	1318	7,50	539	86,0	60,0	37,0	243	13,0	27,0	12,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,004	0,01	< 0,03	< 0,01	8,41
7P	23/12/2008	1320	7,60	550	78,0	40,0	24,0	218	11,0	32,0	19,0	0,03					< 0,03	< 0,01	5,47
7P	22/01/2009	1322	8,00	535	68,0	44,0	25,0	232	12,0	37,0	12,0	0,01					< 0,03	< 0,01	5,70
7P	26/02/2009	1298	7,50	575	65,0	42,0	24,0	222	13,0	45,0	8,0	0,02					< 0,03	< 0,01	5,47
7P	24/03/2009	1318	7,80	556	69,0	42,0	23,0	218	14,0	46,0	14,0	0,02					< 0,03	< 0,01	5,25
7P	24/04/2009	1276	8,30	526	62,0	43,0	32,0	219	9,9	26,0	17,0	0,02					< 0,03	< 0,01	7,28
7P	26/05/2009	1413	7,50	560	72,0	35,0	24,0	271	12,0	21,0	26,0	0,02	< 0,03	0,04	0,01	0,01	< 0,03	< 0,01	5,47
7P	23/06/2009	1430	7,40	530	78,0	45,0	25,0	232	11,0	48,0	27,0	0,01					< 0,03	< 0,01	5,70
7P	27/07/2009	1250	7,40	505	67,0	31,0	26,0	270	10,0	40,0	9,0	0,01					< 0,03	< 0,01	5,92
7P	24/08/2009	1230	7,50	520	63,0	46,0	30,0	266	11,0	52,0	7,0	0,02					< 0,03	0,26	6,90
7P	24/09/2009	1180	7,60	515	64,0	44,0	28,0	266	11,0	21,0	23,0	0,01					< 0,03	0,07	6,39
7P	26/10/2009	1216	7,60	510	65,0	36,0	33,0	271	11,0	45,0	15,0	0,01					< 0,03	0,07	7,77
7P	30/11/2009	1232	7,60	551	67,0	39,0	18,0	271	11,0	59,0	2,0	0,02	0,19	< 0,03	0,03	< 0,001	< 0,03	0,07	4,39
7P	21/09/2010	1114	7,20	490	63,5	37,0	16,8	243	12,0	34,5	15,1	0,01					<0,09	ND	5,10
7P	18/11/2010	1156	7,50	496	61,1	41,0	8,4	243	13,0	41,6	11,5	0,01					<0,09	0,07	1,90
7P	21/03/2011	1257	7,53	515	61,5	35,0	38,1	250	11,0	37,8	12,1	0,01	0,11	0,02	0,03	-	<0,09	ND	8,60
7P	30/06/2011	1253	7,11	462	63,0	45,0	35,0	244	11,0	40,9	7,1	ND					ND	ND	7,90

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla AI.5. Datos físicos químicos utilizados del techo del acuífero Puelches, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u. de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
7P	24/08/2011	1269	7,38	487	63,0	41,0	34,1	247	11,0	42,0	9,0	ND					ND	0,04	7,71
8P	23/05/2008	760	8,40	326	33,0	8,0	40,0	95	11,2	42,0	18,0	<0,1	< 0,03	< 0,03	0,003	0,01	< 0,03	< 0,01	9,09
8P	26/06/2008	825	8,00	348	32,0	10,0	44,0	132	12,0	24,0	26,0	0,01					< 0,03	< 0,01	9,99
8P	30/07/2008	795	8,20	347	36,0	11,0	53,0	127	12,0	32,0	29,0	0,01					< 0,03	< 0,01	12,02
8P	27/08/2008	826	7,80	338	36,0	15,0	62,0	127	12,0	26,0	18,0	0,02					< 0,03	< 0,01	14,05
8P	25/09/2008	829	7,90	350	32,0	18,0	57,0	143	11,0	29,0	11,0	0,01					< 0,03	< 0,01	12,92
8P	25/11/2008	827	7,80	361	32,0	24,0	63,0	132	13,0	25,0	20,0	0,02	< 0,03	< 0,03	< 0,002	0,00	< 0,03	< 0,01	14,28
8P	22/12/2008	810	8,00	342	32,0	7,0	63,0	128	13,0	40,0	21,0	0,02					< 0,03	0,01	14,28
8P	23/01/2009	828	8,00	347	35,0	6,0	61,0	131	13,0	62,0	7,0	0,02					< 0,03	< 0,01	13,83
8P	25/02/2009	826	7,60	381	36,0	10,0	56,0	127	12,0	55,0	11,0	<0,1					<0,03	0,02	12,70
8P	24/03/2009	813	8,30	375	35,0	9,0	42,0	108	11,0	31,0	35,0	0,02					< 0,03	< 0,01	9,54
8P	24/04/2009	819	8,50	347	34,0	7,0	46,0	100	11,0	28,0	24,0	0,02					< 0,03	< 0,01	10,44
8P	22/05/2009	922	7,70	345	36,0	7,0	44,0	116	11,0	19,0	38,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,01	0,01	< 0,03	< 0,01	9,99
8P	23/06/2009	891	7,70	390	33,0	7,0	47,0	95	12,0	45,0	29,0	0,01					< 0,03	< 0,01	10,67
8P	28/07/2009	780	7,40	335	38,0	8,0	35,0	113	11,0	53,0	6,0	0,02					< 0,03	< 0,01	7,96
8P	24/08/2009	770	7,60	340	37,0	9,0	33,0	116	12,0	76,0	2,0	0,02					< 0,03	< 0,01	7,50
8P	24/09/2009	745	7,60	325	35,0	7,0	30,0	116	12,0	32,0	26,0	0,01					< 0,03	< 0,01	6,83
8P	26/10/2009	775	7,60	300	35,0	9,0	28,0	113	12,0	76,0	2,0	<0,1					< 0,03	< 0,01	6,63
8P	27/11/2009	732	7,80	347	40,0	9,0	26,0	108	12,0	64,0	2,0	0,02	0,26	< 0,03	0,01	< 0,001	< 0,03	0,08	6,20
8P	22/09/2010	725	7,15	314	37,0	23,0	ND	118	12,0	46,3	15,1	0,01					<0,09	0,04	0,01
8P	16/11/2010	819	7,69	312	36,2	8,5	44,3	111	13,0	43,9	14,2	0,01					<0,09	ND	10,00
8P	15/03/2011	834	7,67	334	37,5	7,5	48,7	118	12,0	41,8	15,5	0,01	0,07	0,02	0,03		0,11	ND	11,00
8P	30/06/2011	882	7,23	301	42,5	9,3	48,7	136	11,0	49,5	11,0	ND					ND	ND	11,00
9P	15/05/2008	1000	8,70	400	40,0	61,0	6,0	206	16,4	15,0	3,3	0,08	< 0,03	0,04	0,01	0,002	< 0,03	0,02	1,41
9P	17/06/2008	984	8,80	404	51,0	61,0	6,0	223	18,0	16,0	5,0	0,06					< 0,03	0,01	1,41
9P	15/07/2008	1004	8,60	411	37,0	55,0	7,0	208	17,0	20,0	5,0	0,05					< 0,03	0,01	1,63
9P	21/08/2008	1056	8,20	449	49,0	60,0	7,0	198	16,0	14,0	6,0	0,09					< 0,03	< 0,01	1,63
9P	17/09/2008	1048	8,80	439	49,0	54,0	9,0	208	17,0	23,0	6,0	0,06					< 0,03	0,01	2,09
9P	16/10/2008	1056	8,40	440	68,0	63,0	7,0	214	17,0	17,0	13,0	0,05					< 0,03	0,01	1,63
9P	18/11/2008	1038	7,90	450	64,0	79,0	6,0	218	16,0	25,0	6,0	0,06	0,03	< 0,03	0,002	0,001	< 0,03	< 0,01	1,41
9P	24/12/2008	1057	8,10	436	74,0	55,0	23,0	237	18,0	21,0	12,0	0,04					< 0,03	< 0,01	5,25

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla AI.5. Datos físicos químicos utilizados del techo del acuífero Puelches, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE $\mu\text{S/cm}$	pH u. de pH	Alcalinidad $\text{mg/L CO}_3\text{Ca}$	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total $\text{mg N-N}_{\text{total}}/\text{l}$
9P	23/01/2009	1066	8,40	436	46,0	57,0	22,0	227	17,0	34,0	5,0	0,05					< 0,03	< 0,01	5,02
9P	27/02/2009	1053	8,00	469	51,0	56,0	23,0	233	17,0	21,0	10,0	0,04					< 0,03	< 0,01	5,25
9P	26/03/2009	1030	8,30	488	50,0	50,0	23,0	237	16,0	34,0	9,0	0,04					< 0,03	< 0,01	5,25
9P	16/06/2009	1140	8,10	440	51,0	55,0	34,0	192	10,0	22,0	13,0	0,05					< 0,03	< 0,01	7,73
9P	20/07/2009	1023	8,10	425	50,0	23,0	6,0	242	9,6	20,0	12,0	0,03					< 0,03	< 0,01	1,41
9P	18/08/2009	998	8,10	425	54,0	57,0	4,0	237	12,0	19,0	16,0	0,05					< 0,03	< 0,01	0,96
9P	17/09/2009	967	8,00	425	51,0	57,0	5,0	232	11,0	20,0	13,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,18
9P	20/10/2009	1011	7,90	430	52,0	50,0	4,0	237	11,0	35,0	4,0	0,03					< 0,03	0,02	1,21
9P	20/11/2009	926	7,80	464	49,0	46,0	7,0	214	10,0	31,0	6,0	0,04	0,07	< 0,03	0,01	0,003	< 0,03	0,05	1,90
9P	22/09/2010	918	7,40	401	49,0	111,0	ND	207	11,0	21,7	9,9	0,01					0,15	0,04	1,60
9P	16/11/2010	1044	7,98	412	48,9	51,0	ND	209	12,0	24,1	9,5	0,01					< 0,09	0,07	0,02
9P	15/03/2011	1041	7,89	420	47,5	55,0	ND	214	11,0	18,4	12,3	0,02	0,07	0,04	0,03	-	< 0,09	ND	1,90
9P	28/06/2011	1037	7,05	389	48,0	51,0	ND	224	11,0	24,9	9,8	ND					ND	ND	2,60
9P	24/08/2011	1043	7,62	386	49,0	60,0	ND	213	9,5	24,1	7,2	ND					ND	0,04	0,01
10P	20/05/2008	865	8,10	435	10,0	26,0	5,0	186	10,1	15,0	11,0	0,04	< 0,03	< 0,03	0,01	0,02	< 0,03	< 0,01	1,18
10P	23/06/2008	844	8,50	427	16,0	28,0	5,0	208	11,0	14,0	5,0	0,02					< 0,03	0,01	1,18
10P	16/07/2008	867	8,40	441	11,0	30,0	7,0	198	11,0	15,0	6,0	0,01					< 0,03	0,01	1,63
10P	23/08/2008	888	8,40	439	16,0	28,0	4,0	202	10,0	10,0	5,0	0,03					< 0,03	< 0,01	0,96
10P	19/09/2008	885	8,60	454	15,0	36,0	8,0	198	12,0	14,0	3,0	0,06					< 0,03	< 0,01	1,86
10P	20/10/2008	871	8,20	450	15,0	35,0	8,0	212	11,0	15,0	5,0	0,08					< 0,03	< 0,01	1,86
10P	21/11/2008	880	8,10	431	13,0	46,0	6,0	216	13,0	19,0	3,0	0,08	< 0,03	< 0,03	0,01	0,02	< 0,03	< 0,01	1,41
10P	20/12/2008	875	7,90	416	15,0	30,0	6,0	212	12,0	14,0	9,0	0,06					< 0,03	< 0,01	1,41
10P	19/01/2009	893	8,50	436	14,0	27,0	7,0	218	12,0	16,0	7,0	0,06					< 0,03	< 0,01	1,63
10P	19/02/2009	895	8,30	488	18,0	29,0	6,0	222	12,0	15,0	9,0	0,05					< 0,03	< 0,01	1,41
10P	20/03/2009	894	8,70	469	15,0	28,0	6,0	216	12,0	23,0	4,0	0,06					< 0,03	< 0,01	1,41
10P	20/04/2009	865	8,80	439	17,0	29,0	5,0	174	8,9	19,0	14,0	0,06					< 0,03	< 0,01	1,18
10P	20/05/2009	922	8,10	440	15,0	27,0	8,0	198	12,0	23,0	11,0	0,05	< 0,03	< 0,03	0,02	0,03	< 0,03	< 0,01	1,86
10P	18/06/2009	963	8,10	440	16,0	39,0	10,0	189	8,5	18,0	11,0	0,04					< 0,03	< 0,01	2,31
10P	29/07/2009	876	7,90	410	15,0	30,0	6,0	198	7,9	19,0	7,0	0,06					< 0,03	< 0,01	1,41
10P	19/08/2009	845	8,10	410	17,0	40,0	5,0	214	10,0	16,0	10,0	0,07					< 0,03	< 0,01	1,18
10P	21/09/2009	798	8,20	430	14,0	45,0	4,0	180	9,2	14,0	10,0	0,03					< 0,03	< 0,01	0,96
10P	22/10/2009	838	8,00	415	15,0	29,0	4,0	206	9,0	26,0	4,0	0,07					< 0,03	< 0,01	2,51

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla AI.5. Datos físicos químicos utilizados del techo del acuífero Puelches, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u. de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
10P	25/11/2009	794	7,70	434	15,0	37,0	6,0	206	9,0	22,0	8,0	0,06	0,25	< 0,03	0,01	0,01	< 0,03	0,15	1,70
10P	23/09/2010	758	7,52	389	13,5	31,0	4,4	195	12,0	15,2	5,5	0,01					<0,09	0,04	2,60
10P	18/11/2010	869	8,07	411	11,9	34,0	3,0	188	13,0	18,1	5,4	0,01					<0,09	0,04	0,70
10P	17/03/2011	867	7,72	412	12,0	27,0	ND	189	10,0	14,6	6,5	0,03	0,25	0,02	0,03	-	<0,09	ND	ND
10P	27/06/2011	855	7,23	388	11,7	29,0	2,5	183	10,0	17,6	8,3	0,009					ND	0,04	1,70
11P	19/05/2008	1330	7,80	545	30,0	128,0	6,0	286	11,7	32,0	13,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,002	0,01	< 0,03	0,01	1,41
11P	23/06/2008	1220	8,10	551	29,0	130,0	5,0	288	12,0	26,0	16,0	0,01					< 0,03	0,01	1,18
11P	17/07/2008	1224	8,30	559	28,0	125,0	6,0	288	13,0	31,0	9,0	0,01					< 0,03	0,01	1,41
11P	23/08/2008	1224	8,00	549	27,0	130,0	4,0	312	11,0	17,0	12,0	0,06					< 0,03	0,01	0,96
11P	22/10/2008	1216	8,00	565	50,0	140,0	7,0	292	12,0	13,0	19,0	0,04					< 0,03	0,01	1,63
11P	21/11/2008	1227	7,90	561	50,0	140,0	8,0	290	13,0	20,0	16,0	0,03	< 0,03	< 0,03	0,002	0,003	< 0,03	0,01	1,86
11P	20/12/2008	1220	7,80	564	25,0	80,0	6,0	297	13,0	21,0	16,0	0,04					< 0,03	0,01	1,41
11P	19/01/2009	1226	8,00	550	29,0	85,0	5,0	306	13,0	26,0	14,0	0,03					< 0,03	< 0,01	1,18
11P	23/02/2009	1228	8,10	600	29,0	89,0	5,0	288	12,0	26,0	14,0	0,03					< 0,03	< 0,01	1,18
11P	20/03/2009	1225	8,60	569	26,0	87,0	5,0	277	12,0	43,0	7,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,18
11P	21/04/2009	1204	8,60	536	28,0	84,0	5,0	246	11,0	26,0	17,0	0,03					< 0,03	< 0,01	1,18
11P	20/05/2009	1318	7,90	540	27,0	70,0	6,0	266	12,0	21,0	17,0	0,04	< 0,03	< 0,03	0,01	0,004	< 0,03	< 0,01	1,41
11P	18/06/2009	1320	7,90	530	24,0	97,0	5,0	261	11,0	17,0	22,0	0,03					< 0,03	< 0,01	1,18
11P	29/07/2009	1150	7,60	510	27,0	39,0	5,0	251	12,0	40,0	6,0	0,02					< 0,03	< 0,01	1,18
11P	20/08/2009	1173	7,80	530	29,0	79,0	5,0	281	12,0	40,0	4,0	0,03					< 0,03	< 0,01	1,18
11P	23/09/2009	1098	7,90	545	40,0	85,0	5,0	291	12,0	42,0	6,0	0,02					< 0,03	< 0,01	1,18
11P	22/10/2009	1159	7,90	535	28,0	76,0	4,0	281	11,0	48,0	4,0	0,03					< 0,03	< 0,01	1,21
11P	24/11/2009	1067	8,10	551	27,0	81,0	6,0	266	11,0	48,0	4,0	0,03	1,82	0,03	0,03	0,01	< 0,03	< 0,01	1,66
11P	23/09/2010	1042	7,43	499	24,5	62,0	ND	250	12,0	23,2	13,7	0,01					<0,09	0,04	1,30
11P	15/11/2010	1180	7,34	494	24,8	76,0	ND	243	14,0	27,4	9,7	0,01					<0,09	ND	1,10
11P	14/03/2011	1184	7,43	525	25,5	76,0	ND	239	12,0	20,0	16,5	0,01	0,07	0,02	0,03	-	<0,09	ND	1,20
11P	23/06/2011	1169	7,29	462	23,7	69,0	ND	252	11,0	29,7	10,5	ND					< 0,09	ND	ND
11P	23/08/2011	1183	7,33	496	23,5	70,0	ND	243	11,0	28,9	13,4	0,009					ND	ND	ND
12P	22/05/2008	3130	7,90	435	459,0	470,0	98,0	457	23,0	95,0	60,0	0,04	< 0,03	< 0,03	0,01	0,01	< 0,03	< 0,01	22,18
12P	24/06/2008	3130	8,00	449	520,0	470,0	108,0	546	25,0	120,0	41,0	0,03					< 0,03	< 0,01	24,44
12P	28/07/2008	3100	8,30	411	451,0	454,0	120,0	494	23,0	109,0	95,0	0,02					< 0,03	< 0,01	27,15

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla AI.5. Datos físicos químicos utilizados del techo del acuífero Puelches, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u. de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
12P	21/01/2009	3160	7,80	436	1049,0	484,0	23,0	187	17,0	144,0	21,0	0,01					< 0,03	< 0,01	5,25
12P	23/10/2009	2980	7,70	440	522,0	447,0	4,0	552	28,0	168,0	28,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	1,21
12P	25/11/2009	2810	7,70	459	510,0	403,0	2,0	498	29,0	186,0	9,0	0,01	1,17	0,03	0,01	0,02	< 0,03	0,14	0,79
12P	23/09/2010	2718	7,42	402	537,0	376,0	9,3	504	29,0	94,6	60,0	0,01					0,19	0,04	3,70
12P	16/11/2010	3105	ND	386	497,0	430,0	18,6	524	29,0	157,0	26,5	0,01					<0,09	ND	4,20
12P	15/03/2011	3120	7,06	412	490,0	429,0	22,1	549	21,0	104,0	63,7	0,01	0,07	0,02	0,03	-	0,10	ND	6,30
12P	29/06/2011	3100	6,99	368	488,0	439,0	27,5	492	21,0	146,0	29,5	ND					ND	ND	6,20
12P	24/08/2011	3110	7,08	372	483,0	463,0	24,8	483	23,0	145,0	33,7	ND					ND	0,04	5,61
13P	26/05/2008	1052	8,40	475	19,0	51,0	35,0	213	9,8	20,0	9,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,04	0,01	< 0,03	< 0,01	7,96
13P	24/06/2008	1048	8,40	466	22,0	53,0	35,0	238	11,0	22,0	12,0	<0,01					< 0,03	0,01	7,96
13P	28/07/2008	1057	8,80	470	20,0	49,0	27,0	242	12,0	22,0	8,0	0,01					< 0,03	0,01	6,15
13P	25/08/2008	1058	8,20	464	23,0	52,0	32,0	205	9,7	21,0	8,0	0,02					< 0,03	0,02	7,28
13P	25/09/2008	1051	8,30	474	18,0	56,0	33,0	252	14,0	23,0	7,0	0,03					< 0,03	0,01	7,50
13P	23/10/2008	1047	8,10	480	45,0	67,0	48,0	216	11,0	14,0	14,0	0,03					< 0,03	0,01	10,89
13P	22/12/2008	1060	8,20	480	18,0	44,0	41,0	247	12,0	18,0	13,0	0,03					< 0,03	< 0,01	9,31
13P	21/01/2009	1080	8,00	475	20,0	47,0	39,0	227	16,0	39,0	2,0	0,03					< 0,03	< 0,01	8,86
13P	27/02/2009	1075	7,90	456	20,0	45,0	42,0	233	16,0	22,0	10,0	0,03					< 0,03	< 0,01	9,54
13P	23/03/2009	1080	8,40	525	19,0	47,0	36,0	238	15,0	27,0	4,0	0,03					< 0,03	< 0,01	8,18
13P	23/04/2009	1068	8,80	459	21,0	45,0	44,0	228	8,7	20,0	13,0	0,03					< 0,03	< 0,01	9,99
13P	21/05/2009	1178	8,00	470	20,0	38,0	38,0	228	16,0	25,0	12,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,002	0,004	< 0,03	< 0,01	8,63
13P	22/06/2009	1150	7,90	470	20,0	58,0	26,0	219	11,0	22,0	14,0	0,02					< 0,03	< 0,01	5,92
13P	28/07/2009	1040	7,70	450	21,0	22,0	38,0	232	8,8	36,0	10,0	0,03					< 0,03	< 0,01	8,63
13P	21/08/2009	1060	7,80	490	18,0	55,0	42,0	246	10,0	21,0	12,0	0,04					< 0,03	< 0,01	9,54
13P	25/09/2009	987	8,10	465	40,0	45,0	35,0	214	9,7	25,0	10,0	0,02					< 0,03	< 0,01	7,96
13P	23/10/2009	1037	8,10	465	21,0	44,0	35,0	251	9,5	33,0	4,0	0,01					< 0,03	< 0,01	16,91
13P	25/11/2009	964	8,30	494	18,0	48,0	25,0	246	9,0	43,0	2,0	0,02	0,68	< 0,03	0,01	0,03	< 0,03	0,10	15,08
13P	22/09/2010	921	7,40	495	17,0	49,0	43,0	230	10,0	22,4	10,5	0,01					<0,09	0,04	11,60
13P	16/11/2010	1065	ND	437	15,5	48,0	46,1	209	12,0	25,0	8,7	0,01					<0,09	0,04	10,40
13P	16/03/2011	1047	7,40	444	17,5	46,0	41,6	222	10,0	25,2	9,0	0,01	0,07	0,02	0,03	-	<0,09	ND	9,40
14P	26/05/2008	1169	8,80	348	54,0	91,0	106,0	193	9,4	29,0	11,0	<0,01	< 0,03	< 0,03	0,03	0,04	< 0,03	0,03	23,99
14P	25/06/2008	1189	8,30	360	52,0	90,0	118,0	236	11,0	20,0	7,0	0,01					< 0,03	0,02	26,70

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla AI.5. Datos físicos químicos utilizados del techo del acuífero Puelches, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u. de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
14P	29/07/2008	1201	8,20	361	50,0	85,0	132,0	243	10,0	20,0	20,0	<0,01					< 0,03	0,02	29,86
14P	28/08/2008	1215	8,40	353	59,0	88,0	150,0	219	8,4	16,0	11,0	0,01					< 0,03	0,02	33,93
14P	28/09/2008	1212	8,30	370	59,0	92,0	140,0	263	11,0	23,0	7,0	0,02					< 0,03	0,02	31,67
14P	23/10/2008	1227	8,40	370	38,0	98,0	193,0	196	11,0	26,0	13,0	0,02					< 0,03	0,02	43,64
14P	22/12/2008	1250	7,90	361	61,0	91,0	127,0	233	11,0	36,0	14,0	0,02					< 0,03	0,01	28,73
14P	20/01/2009	1280	8,00	361	63,0	99,0	116,0	237	12,0	31,0	20,0	0,02					< 0,03	< 0,01	26,25
14P	24/02/2009	1254	8,40	388	65,0	89,0	122,0	233	12,0	28,0	17,0	0,02					< 0,03	< 0,01	27,60
14P	23/03/2009	1268	8,40	419	70,0	91,0	129,0	218	13,0	34,0	14,0	0,03					< 0,03	< 0,01	29,18
14P	23/04/2009	1270	8,50	367	74,0	89,0	128,0	232	7,8	33,0	21,0	0,02					< 0,03	< 0,01	28,96
14P	21/05/2009	1348	7,60	355	70,0	83,0	133,0	228	13,0	40,0	15,0	0,02	< 0,03	< 0,03	0,02	0,02	< 0,03	0,02	30,09
14P	22/06/2009	1390	7,90	365	61,0	110,0	127,0	228	10,0	21,0	26,0	0,02					< 0,03	< 0,01	28,73
14P	28/07/2009	1205	7,70	350	66,0	110,0	116,0	237	12,0	46,0	8,0	0,02					< 0,03	< 0,01	26,25
14P	21/08/2009	960	7,70	230	52,0	88,0	98,0	162	17,0	45,0	15,0	0,01					< 0,03	0,62	22,37
14P	25/09/2009	256	7,70	105	41,0	43,0	18,0	43	11,0	28,0	8,0	<0,01					< 0,03	< 0,01	4,12
14P	23/10/2009	309	7,70	115	33,0	39,0	12,0	60	11,0	34,0	6,0	<0,01					< 0,03	0,93	3,29
14P	25/11/2009	444	7,80	178	23,0	42,0	10,0	78	14,0	40,0	6,0	<0,01	5,60	1,13	0,03	0,05	< 0,03	< 0,01	2,56
14P	22/09/2010	1131	7,34	363	67,5	88,0	15,1	217	11,0	47,8	15,1	0,01					0,11	0,04	3,40
14P	16/11/2010	1312	7,19	356	67,8	93,0	2,3	216	12,0	50,2	12,5	0,01					<0,09	ND	0,50
14P	15/03/2011	1306	7,38	379	64,0	98,0	23,9	197	11,0	57,0	20,1	0,01	1,06	0,46	0,03	-	<0,09	0,72	6,80
14P	24/08/2011	1307	7,27	353	66,5	98,0	2,2	215	10,0	53,7	10,7	ND					ND	ND	0,49
15P	22/05/2008	822	8,00	440	9,0	15,0	5,0	175	9,6	18,0	7,3	0,03	< 0,03	< 0,03	0,004	0,004	< 0,03	< 0,01	1,18
15P	24/06/2008	802	8,00	438	7,0	16,0	5,0	178	10,0	20,0	8,0	0,02					< 0,03	< 0,01	1,18
15P	28/07/2008	828	9,00	431	9,0	15,0	8,0	184	11,0	24,0	6,0	0,02					< 0,03	< 0,01	1,86
15P	25/08/2008	824	8,00	439	8,0	18,0	10,0	171	9,3	14,0	7,0	0,03					< 0,03	< 0,01	2,31
15P	25/09/2008	873	8,10	474	8,0	20,0	10,0	198	11,0	20,0	5,0	0,05					< 0,03	< 0,01	2,31
15P	23/10/2008	832	8,20	450	8,0	21,0	6,0	187	10,0	19,0	6,0	0,05					< 0,03	< 0,01	1,41
15P	20/11/2008	835	7,90	456	6,0	26,0	22,0	188	12,0	22,0	3,0	0,05	< 0,03	< 0,03	0,003	0,004	< 0,03	< 0,01	5,02
15P	23/12/2008	815	7,80	433	7,0	13,0	6,0	187	11,0	22,0	8,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,41
15P	20/01/2009	809	8,00	421	9,0	13,0	4,0	192	12,0	26,0	7,0	0,04					< 0,03	< 0,01	0,96
15P	25/02/2009	826	8,20	463	7,0	15,0	6,0	198	13,0	19,0	8,0	0,05					< 0,03	< 0,01	1,41
15P	20/03/2009	828	8,40	469	10,0	12,0	5,0	186	12,0	28,0	2,0	0,05					< 0,03	< 0,01	1,18

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla AI.5. Datos físicos químicos utilizados del techo del acuífero Puelches, red de ACUMAR (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u, de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N-N total mg N-N _{total} /l
15P	22/04/2009	790	8,60	393	11,0	12,0	7,0	170	7,2	19,0	11,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,63
15P	21/05/2009	904	7,90	435	8,0	12,0	6,0	174	11,0	24,0	9,0	0,04	< 0,03	< 0,03	0,004	0,01	< 0,03	< 0,01	1,41
15P	19/06/2009	890	7,90	430	8,0	17,0	7,0	174	10,0	20,0	8,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,63
15P	28/07/2009	785	8,10	425	7,0	12,0	8,0	177	9,5	16,0	12,0	0,03					< 0,03	< 0,01	1,86
15P	20/08/2009	791	8,10	420	8,0	13,0	5,0	150	9,8	14,0	13,0	0,05					< 0,03	< 0,01	1,18
15P	24/09/2009	738	7,90	425	18,0	13,0	15,0	155	9,3	16,0	14,0	0,03					< 0,03	< 0,01	3,44
15P	23/10/2009	768	7,80	405	17,0	12,0	7,0	181	9,0	25,0	17,0	0,04					< 0,03	< 0,01	1,88
15P	30/11/2009	712	8,00	449	8,0	12,0	6,0	181	8,9	40,0	1,0	0,04	0,08	< 0,03	0,01	0,01	< 0,03	< 0,01	1,66
15P	21/09/2010	682	7,25	381	6,0	12,0	ND	168	10,0	17,5	8,9	0,01					<0,09	ND	2,70
15P	15/11/2010	770	7,77	375	6,7	11,0	ND	165	10,0	18,0	6,9	0,01					<0,09	ND	1,00
15P	14/03/2011	774	7,73	408	6,0	11,0	ND	167	10,0	17,9	8,1	0,02	0,07	0,02	0,03	-	<0,09	ND	1,80
15P	05/07/2011	770	7,49	356	17,5	12,0	3,5	163	9,0	22,3	6,5	ND					ND	ND	0,80

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla AI.6. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Puelches, red de AySA.

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u. de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N total mg/L
LO127	17/01/2007	1380	7,5	529	67,3	24,5	119,0	220	11,0	27,0	14,0	0,024	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LO127	31/08/2007	1369	7,8	517	67,5	25,4	119,0	230	11,0	36,0	15,0	0,022	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	0,01	-
LO127	12/02/2008	1373	8	518	68,0	25,1	117,0	260	11,0	36,0	15,0	0,022	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LO127	26/08/2008	1374	7,7	527	71,5	27,2	112,0	250	9,5	34,0	14,0	0,019	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LO127	23/01/2009	1387	7,6	490	61,2	21,8	96,2	250	10,0	34,0	14,0	0,022	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LO127	24/07/2009	1381	7,5	530	68,6	26,1	117,0	260	9,5	42,0	18,0	0,023	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LO127	22/02/2010	1364	7,4	529	63,6	25,1	104,0	247	8,0	38,0	15,0	0,021	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LO128	19/03/2007	471	7,5	117	31,6	50,8	14,3	51	6,2	34,0	7,7	<0,01	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LO128	12/02/2008	417	7,7	96,1	34,6	45,3	12,4	45	4,1	26,0	6,7	<0,01	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LO128	11/12/2008	658	7,4	233	35,2	29,8	35,1	100	6,6	26,0	7,8	0,01	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LO128	21/02/2009	777	7,5	256	42,4	37,9	43,7	130	6,3	29,0	10,0	0,011	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LO128	22/02/2010	825	7,3	287	43,0	40,7	48,9	122	6,3	36,0	11,0	<0,01	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE032	08/02/2006	668	7,9	332	8,6	5,1	13,2	130	8,6	17,0	9,1	0,048	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE032	20/07/2006	691	7,8	338	10,4	5,4	17,3	130	7,8	16,0	8,3	0,044	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE032	08/02/2007	698	7,9	340	11,6	5,6	20,0	130	8,6	18,0	9,5	0,038	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE032	10/09/2007	692	7,8	334	10,7	5,6	18,7	110	8,6	22,0	9,6	0,044	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE032	05/11/2007	693	7,8	332	11,3	5,8	20,3	130	8,2	16,0	9,0	0,045	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE032	09/01/2008	687	7,6	343	10,1	6,1	16,0	110	6,7	20,0	9,8	0,033	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE032	29/08/2008	677	7,9	343	10,1	5,6	16,4	130	7,9	19,0	9,2	0,038	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE032	27/03/2009	678	7,8	343	12,8	4,7	17,8	120	7,9	17,0	9,3	0,046	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE032	15/09/2009	685	7,7	341	10,6	5,7	17,3	119	6,9	17,0	9,0	0,035	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE032	28/01/2010	686	7,8	325	11,6	4,8	17,3	124	7,4	19,0	11,0	0,031	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE033	28/06/2004	692	7,8	349	9,7	5,0	13,3	140	13,0	17,0	9,0	0,043	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE033	26/10/2004	696	7,7	350	10,6	5,0	12,9	130	7,5	20,0	11,0	0,041	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE033	01/03/2005	686	7,9	348	9,6	5,1	13,1	130	8,3	20,0	10,0	0,045	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE033	26/09/2005	683	7,8	345	9,4	4,9	13,2	120	9,0	17,0	9,1	0,042	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE033	08/02/2006	681	7,9	333	9,6	5,1	12,7	130	9,2	19,0	10,0	0,045	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE033	20/07/2006	688	7,7	344	9,3	5,0	12,6	120	8,0	17,0	8,6	0,041	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.6. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Puelches, red de AySA (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u. de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N total mg/L
EE033	08/02/2007	692	7,7	347	9,4	4,8	13,0	130	8,6	19,0	9,6	0,039	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE033	10/09/2007	685	8	341	9,2	5,0	12,8	110	8,6	22,0	9,5	0,045	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE033	05/11/2007	694	7,8	340	9,7	5,1	13,4	130	8,2	16,0	8,8	0,045	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE033	09/01/2008	688	7,6	344	10,1	6,1	15,9	110	6,7	20,0	9,8	0,037	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE033	09/09/2008	679	8	341	9,1	4,9	12,2	130	8,8	18,0	9,4	0,038	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE033	27/03/2009	682	7,8	346	12,2	4,1	13,0	120	7,7	17,0	8,7	0,048	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE033	15/09/2009	682	7,8	351	9,3	4,8	12,2	124	6,7	16,0	8,2	0,044	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LO139	12/08/2009	740	7,8	355	12,2	6,8	31,0	158	7,9	17,0	7,7	0,044	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LO139	25/06/2007	955	7,9	352	10,3	5,9	27,4	150	7,9	15,0	6,1	0,039	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LO139	29/08/2007	735	7,8	353	10,9	6,1	28,5	150	8,2	14,0	6,0	0,041	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LO139	10/03/2008	723	7,8	351	10,5	4,8	26,9	130	10,0	13,0	6,5	0,043	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LO139	26/08/2008	734	8	350	12,0	6,3	29,1	140	7,7	14,0	6,3	0,033	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LO139	16/03/2009	771	8,2	373	14,0	4,9	31,5	140	8,2	16,0	6,7	0,038	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LO139	02/03/2010	747	7,7	363	12,8	6,3	28,8	148	6,4	15,0	6,8	0,036	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	0,02	-
SU026	14/11/2008	993	7,7	399	46,9	43,0	2,2	220	11,0	14,0	9,0	0,053	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	0,01	<0,01	-
SU021	31/01/2008	881	7,6	386	34,0	31,7	2,0	180	10,0	11,0	8,7	0,03	0,1	0,07	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
SU018	12/09/2008	726	7,7	360	12,8	10,0	4,4	140	9,3	12,0	9,7	ND	0,1	<0,04	<0,05	<0,05	-	0,02	-
SE003	10/05/2007	771	7,6	380	15,3	12,3	8,7	130	13,0	27,0	18,0	0,032	0,1	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
SE006	20/06/2007	1181	7,7	484	58,3	60,7	2,0	250	10,0	15,0	11,0	0,061	0,1	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
SE008	25/06/2007	1068	7,7	470	38,1	43,5	2,4	220	11,0	20,0	13,0	0,055	0,1	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
SE014	19/07/2007	1550	7,6	511	124,0	116,0	3,9	310	15,0	28,0	22,0	0,056	0,1	<0,04	<0,05	<0,05	-	0,06	-
SE016	14/10/2009	1012	7,8	485	21,9	27,6	2,0	222	9,3	14,0	11,0	0,09	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	0,02	-
EET001	24/01/2005	1446	7,8	480	102,0	93,9	35,5	280	11,0	23,0	18,0	0,042	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EET001	11/07/2005	1447	7,6	490	105,0	91,9	35,5	280	14,0	26,0	21,0	0,042	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EET001	13/02/2006	1418	7,8	482	100,0	90,8	34,6	270	14,0	29,0	21,0	0,045	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EET001	31/08/2006	1418	7,6	484	98,2	89,1	35,4	260	14,0	28,0	20,0	0,043	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EET001	09/02/2007	1406	7,6	499	98,3	88,9	35,1	260	15,0	18,0	21,0	0,041	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EET001	12/07/2007	1416	7,8	487	94,1	84,5	35,9	270	13,0	27,0	20,0	0,043	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EET001	13/02/2008	1402	7,6	488	93,3	84,4	34,0	260	15,0	25,0	22,0	0,044	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.6. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Puelches, red de AySA (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u. de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N total mg/L
EET001	29/08/2008	1384	7,7	486	93,5	85,6	35,4	260	13,0	27,0	19,0	0,041	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EET001	29/01/2009	1385	7,5	474	94,5	80,0	32,7	250	13,0	24,0	19,0	0,051	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EET001	11/09/2009	1396	7,6	511	96,2	85,1	33,1	250	10,0	23,0	17,0	0,052	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EET001	24/02/2010	1391	7,5	495	86,7	77,4	31,5	249	10,0	26,0	19,0	0,047	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EES001	16/02/2009	1130	7,5	406	52,5	24,2	89,7	130	15,0	46,0	45,0	0,025	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EES001	15/04/2009	1134	7,8	487	56,1	43,3	2,0	220	17,0	18,0	13,0	0,054	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EES001	09/06/2009	1111	7,9	469	54,1	45,1	3,2	200	8,4	15,0	11,0	0,034	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EES001	14/08/2009	1120	7,7	507	54,0	46,0	5,0	234	9,6	19,0	14,0	0,051	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO095	20/05/2006	962	7,8	444	26,5	30,4	5,9	200	9,2	14,0	8,2	0,035	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO095	31/08/2006	964	7,8	438	25,2	32,2	5,9	190	12,0	15,0	7,8	0,038	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO095	31/01/2007	973	7,8	427	26,4	33,0	8,7	210	10,0	14,0	8,5	0,038	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO095	03/09/2007	965	7,8	441	27,7	35,2	9,8	180	10,0	14,0	8,5	0,04	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO095	17/03/2008	982	7,9	440	25,5	30,4	10,9	190	9,7	14,0	8,1	0,038	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO095	13/08/2008	974	7,8	438	28,7	31,9	12,3	200	10,0	15,0	7,9	0,034	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO095	29/09/2008	978	7,8	447	29,0	30,1	12,5	200	10,0	14,0	8,2	0,037	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO095	27/05/2009	969	7,8	447	28,7	31,4	11,7	200	9,9	14,0	8,7	0,034	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO095	03/12/2009	976	7,8	434	29,5	33,1	14,3	211	8,9	17,0	9,7	0,039	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO957	17/03/2008	975	8	432	17,8	25,0	38,1	180	9,5	14,0	8,3	0,041	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO957	08/07/2008	974	7,9	447	14,0	21,8	55,1	190	9,4	19,0	13,0	0,051	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO957	01/06/2009	957	7,9	425	32,9	36,4	3,8	200	9,9	15,0	8,7	0,032	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO957	01/12/2009	957	7,8	452	33,5	36,0	4,5	195	8,4	15,0	9,1	0,028	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO076	17/08/2006	787	7,8	380	15,2	8,4	16,0	150	6,6	15,0	6,0	ND	0,1	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO054	07/11/2005	837	7,7	392	20,9	12,4	17,0	190	8,3	15,0	7,4	0,035	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO054	07/02/2006	833	7,8	396	22,6	13,7	21,5	160	7,5	13,0	7,0	0,031	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO054	14/08/2006	835	7,7	388	22,6	13,5	23,6	170	7,7	15,0	7,6	0,026	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO054	30/01/2007	853	7,8	393	23,3	13,2	25,7	180	8,2	15,0	8,0	0,035	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO054	23/07/2007	869	7,9	369	23,8	13,0	27,1	180	8,6	15,0	8,1	0,041	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO054	18/02/2008	861	7,9	387	22,0	11,5	28,1	180	9,5	16,0	9,2	0,038	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO054	11/08/2008	869	7,8	395	26,2	12,9	28,8	160	8,4	16,0	8,1	0,041	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

Tabla A1.6. Datos físicos químicos utilizados del acuífero Puelches, red de AySA (cont.).

Pozo	Fecha muestreo	CE μS/cm	pH u. de pH	Alcalinidad mg/L CO ₃ Ca	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	As mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	NH ₃ mg/L	NH ₂ mg/L	N total mg/L
LMO054	15/04/2009	898	8	398	27,3	11,9	32,4	170	7,9	16,0	8,5	0,032	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO054	04/11/2009	900	7,7	393	27,4	13,3	34,8	193	8,1	20,0	11,0	0,038	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO140	10/09/2007	802	7,7	378	16,5	12,2	16,4	150	7,5	20,0	7,1	0,035	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO140	18/01/2008	812	7,8	387	16,3	11,8	18,2	170	7,4	15,0	7,2	0,035	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO140	28/08/2008	818	8,1	380	17,0	12,2	23,8	160	7,1	18,0	8,0	0,029	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO140	10/03/2009	826	7,9	395	18,8	10,8	27,2	150	7,2	19,0	9,0	0,023	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO140	29/05/2009	825	7,7	383	17,1	9,8	25,6	160	7,5	20,0	9,9	0,036	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO140	05/11/2009	849	7,8	389	18,8	10,9	31,4	173	7,1	24,0	11,0	0,033	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO146	12/03/2008	799	7,9	385	15,6	9,8	10,0	160	7,4	12,0	6,4	0,041	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO146	17/09/2008	799	7,9	363	16,5	11,6	13,7	160	7,9	12,0	6,4	0,039	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO146	01/06/2009	811	7,9	390	18,9	11,0	17,0	170	7,5	13,0	6,8	0,033	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO146	02/12/2009	818	7,6	382	18,6	11,6	20,8	173	6,7	14,0	7,7	0,029	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO153	09/12/2008	784	7,6	356	20,6	10,0	34,9	140	9,6	22,0	8,8	0,028	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO153	27/05/2009	804	7,7	347	19,3	8,9	42,9	140	8,8	25,0	12,0	0,025	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
LMO153	11/11/2009	827	7,6	349	20,5	10,3	51,3	140	7,9	27,0	12,0	0,03	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
MN002	10/12/2009	776	7,9	400	15,8	4,9	17,8	172	6,4	16,0	6,5	0,043	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
SA028	06/11/2009	815	7,7	383	12,7	8,1	32,3	163	10,0	22,0	14,0	0,032	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE038	17/02/2009	769	7,7	361	12,3	11,5	15,4	140	7,8	22,0	13,0	0,034	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EE038	03/08/2009	772	7,7	384	11,1	12,6	18,3	160	7,8	27,0	15,0	0,022	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EEU001	14/03/2006	843	7,7	424	21,1	21,5	2,3	160	8,4	13,0	8,3	0,036	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EEU001	31/08/2006	870	7,7	415	20,7	21,7	2,4	180	11,0	14,0	9,5	0,038	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EEU001	19/01/2007	869	7,9	415	21,3	21,7	2,5	180	10,0	13,0	9,2	0,042	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EEU001	10/09/2007	979	7,8	379	41,1	19,9	64,2	160	12,0	24,0	14,0	0,026	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EEU001	13/02/2008	884	7,7	415	23,3	23,7	2,6	180	11,0	13,0	10,0	0,038	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EEU001	29/08/2008	891	7,9	420	23,2	23,6	3,4	190	10,0	15,0	9,3	0,032	<0,10	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EEU001	15/01/2009	988	7,8	374	44,0	17,8	56,7	180	10,0	13,0	9,0	0,041	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EEU001	30/01/2009	891	7,6	401	28,4	25,3	4,0	160	8,8	12,0	8,5	0,042	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EEU001	16/07/2009	895	7,8	437	26,0	25,6	6,8	200	9,4	15,0	10,0	0,033	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-
EEU001	24/02/2010	906	7,8	420	26,4	25,2	8,3	189	7,9	14,0	9,5	0,036	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	-	<0,01	-

ND: no determinado

NSIR: no se informa resultado por interferencia

ANEXO II

Inventario y distribución espacial de las fuentes potenciales de contaminación

Tabla AII.1. Síntesis de las actividades antrópicas localizadas en la cuenca, ubicación principal y efluentes que generan.

ACTIVIDAD		UBICACIÓN	CONTAMINANTES POTENCIALES
Industria minera	Extracción de áridos Depósito y fraccionamiento de sales	Toda la cuenca	Contaminación atmosférica producida por el polvo procedente de las voladuras. Sales.
Industria agrícola	Cultivos	Cuenca alta y media	Plaguicidas, potasio (K), fósforo (P) y nitrato (NO ₃).
Industria ganadera	Cría de ganado bovino Cría de ganado porcino Cría de ganado equino Cría de aves de corral	Cuenca alta y media	Materia orgánica (MO), sólidos disueltos totales (SDT), NO ₃ , nitrito (NO ₂), cloruro (Cl), fosfato (PO ₄), bacterias y virus. Acumulación de metales pesados agua/suelo cobre (Cu). Contaminantes orgánicos (plaguicidas). Nutrientes en los abonos (vacas lecheras, de carne, cerdos, ovejas, caballos, aves de corral): nitrógeno (N), PO ₄ , P, K ₂ O (potasio soluble), K. Corrales de engorde: hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), selenio (Se), cobre (Cu) y cobalto (Co).
	Producción de leche	Cuenca alta y media	N, P ₂ O ₅ (ácido fosfórico), P, K ₂ O, K. Contaminantes orgánicos (plaguicidas).
Industria alimentaria (Fuente: CESCOO- UNAH, 1996 y Menéndez et al., 2009)	Mataderos y frigoríficos	Cuenca media y baja	Aguas residuales: sangre, grasa, huesos, pelos, proteínas, piel y excrementos (aguas con elevada carga orgánica). Aguas de limpieza: detergentes y desinfectantes.
	Elaboración de productos lácteos	Cuenca alta y baja	Elevado contenido orgánico (demanda química de oxígeno DQO y demanda bioquímica de oxígeno DBO), proteico (caseína), de lactosa y ácido láctico, alta conductividad eléctrica (CE), Cl, N y P.
	Elaboración de fiambres y embutidos	Cuenca media y baja	Elevado contenido orgánico (DQO, DBO), grasas. Las aguas de limpieza incluyen detergentes y desinfectantes.
	Elaboración de bebidas	Cuenca media y baja	Industria cervecera: carga orgánica elevada (biodegradable), sólidos en suspensión, pH alcalinos, almidones fermentados y N.
	Elaboración de pan, pasta, dulces, extractos alimentarios, café, mate, infusiones y especias	Cuenca media y baja	Elaboración pan, galletas, especias y condimentos, extractos alimentarios y dulces: agua de lavado de maquinarias, piso, mesas de trabajo. Pastelería: concentración de materia oxidable por acción biológica, grasa, azúcar, harina, detergentes. Café: alta concentración de sólidos suspendidos.

Tabla AII.1. Síntesis de las actividades antrópicas localizadas en la cuenca, ubicación principal y efluentes que generan (cont.).

ACTIVIDAD		UBICACIÓN	CONTAMINANTES POTENCIALES
Industria textil (Fuente: Menéndez et al., 2009)	Industria textil Procesos: preparación de fibras textiles vegetales (desmontado de algodón), preparación de fibras animales de uso textil (lavado de lana), tintura, estampación, acabado (blanqueo), fabricación de indumentaria.	Cuenca media y baja	Sectores que más impactan al medioambiente: lavado de lana y acabado. Lavado: DQO. Tintura: cromo (Cr), plomo (Pb), zinc, compuestos de azufre, azoicos, antraquinonas. Mezcla de poliéster y lana: compuestos orgánicos (bencenos halogenados, hidrocarburos aromáticos, fenoles, ácido carboxílico y sus ésteres y las alquilftalamidas). Estampación: los procesos físicos y químicos son idénticos que en la tintura. Blanqueo: se utiliza hipoclorito sódico (genera aguas residuales con elevados contenidos en AOX (cloro orgánicos absorbibles)). Otros contaminantes: sulfuro, Cr, sustancias fenólicas y detergentes.
Curtido de cueros (Fuente: Menéndez et al., 2009)	Curtiembres	Cuenca baja	Etapas de ribera: mayor consumo de agua, efluente con elevado pH y sulfuros. Etapas de desengrase: materia orgánica, solventes y agentes tensioactivos. Etapas de curtido: utilizan sales de Cr o extractos vegetales. Etapas de post-curtido, secado y terminación: anilinas o pigmentos.
Industria maderera (Fuente: Menéndez et al., 2009)	Aserradero y cepillado	Cuenca media y baja	Residuos sólidos, plaguicidas.
Industria papelera (Fuente: Menéndez et al., 2009)	Fabricación de pasta de papel	Cuenca baja	Efluentes líquidos: sustancias orgánicas (DBO y DQO) y compuestos organoclorados (AOX) provenientes de las plantas de blanqueado. Nutrientes (N y P total), sólidos suspendidos totales, sulfuro, sustancias fenólicas, detergentes, dioxinas, metales pesados (proviene de la madera).
	Fabricación de artículos de papel y cartón	Cuenca media y baja	Acrilatos, solventes clorados, dioxinas, mercurio (Hg), fenoles, estirenos y sulfuros.
Fundición de metales (Fuente: Menéndez et al., 2009)	Fundición de hierro y acero	Cuenca baja	Efluentes ácidos y alcalinos, sólidos en suspensión, aceites, contenido orgánico, metales.
	Fundición de metales no ferrosos	Cuenca baja	Aguas residuales con aceites y sólidos. Aguas de descarga con sólidos en suspensión e hidrocarburos totales.
	Fundición de metales	Cuenca media y baja	Compuestos metálicos solubles y no solubles (Cu, Pb, arsénico (As), níquel (Ni), cadmio (Cd) y Zn) aceites y materia orgánica (MO).
Fabricación de productos primarios metales no ferrosos (Fuente: MAAM, 2012)	Elaboración de Al primario y semielaborado	Cuenca baja	Liberación de dibenzoparadioxinas policloradas (PCDDs) y dibenzofuranos policlorados (PCDFs), aunque es poco probable.
Industria básica de hierro y acero (Fuente: Menéndez et al., 2009)	Industria básica de hierro y acero	Cuenca media y baja	Ácidos, As, Berilio (Be), Cd, solventes clorados, Cr, Pb, Hg, aceites minerales, Ni y sulfuros.

Tabla AII.1. Síntesis de las actividades antrópicas localizadas en la cuenca, ubicación principal y efluentes que generan (cont.).

ACTIVIDAD		UBICACIÓN	CONTAMINANTES POTENCIALES
Fabricación de sustancias químicas básicas (Fuente: Menéndez et al., 2009)	Fábrica de abonos y compuestos del nitrógeno	Cuenca baja	Amoníaco (NH ₃), As, Cl, PO ₄ , K, NO ₃ , Pb y sulfuros.
	Fabricación de plásticos en formas primarias y de caucho sintético	Cuenca baja	Acrilonitrilo, antimonio (Sb), benceno, butadieno, Cd, cloroformo y Cr.
Fabricación de otros productos químicos (Fuente: Menéndez et al., 2009)	Fábrica de plaguicidas y productos químicos de uso agropecuario	Cuenca baja	As, carbamatos, insecticidas clorados, cianidas, etilbenceno, Pb, pesticidas organofosforados, fenoles, tolueno, xileno, ftalatos, Hg y Cu.
	Fabrica de pinturas y barnices	Cuenca media y baja	Acetatos, acrilatos, alcoholes, aluminio (Al), Cd, solventes clorurados, Cr, cianuro (CN), éter glicol, Pb, Hg, gasolina blanca o solvente Stoddard, cetona, cloruro de metileno o diclorometano.
	Fabricación de sustancias químicas básicas de uso farmacéutico y elaboración de productos medicinales y cosméticos.	Cuenca baja	Disolventes, metales pesados, cianuros, sulfuro, As y sustancia fenólicas. Emisiones de compuestos orgánicos volátiles, con posibles cargas de compuestos orgánicos no degradables.
Fabricación de productos de la refinación de petróleo (Fuente: Menéndez et al., 2009)	Fabricación de productos de la refinación de petróleo	Cuenca baja	Alcanos, benceno, etilbenceno, Ni, hidrocarburos poliaromáticos, sulfuros, tolueno y xileno.
Elaboración de combustible nuclear	Elaboración de combustible nuclear (Ezeiza)	Cuenca media	Elementos radiactivos (uranio).
Venta al por menor de combustible	Estaciones de servicio	Cuenca media y baja	Hidrocarburos livianos.
Generación, captación y distribución de energía eléctrica	Generación de energía térmica	Cuenca media y baja	Proceso de combustión: compuestos de azufre (S) y N, partículas (cenizas), metano (CH ₄), monóxido y dióxido de carbono, cloro-flúor-carbonados (CFC).
Depuración de aguas residuales, alcantarillados y cloacales	Planta de tratamiento de residuos cloacales	Cuenca baja	Sales con contenidos de Hg y CN, Hidrocarburos alifáticos, Metales (Pb, Zn).
	Fugas de sistema de alcantarillado	Cuenca baja	MO, SDT, NO ₃ , NO ₂ y Cl.
Almacenamiento de residuos sólidos y aguas residuales humanas	Sitios de disposición de residuos sólidos	Cuenca media y baja	MO, SDT, NO ₃ , NO ₂ , Cl, sulfato (SO ₄), bicarbonato (HCO ₃), sodio (Na), K, calcio (Ca), magnesio (Mg), boro (B), As, Se, bario (Ba), litio (Li), Hg y cobalto (Co). Compuestos orgánicos (hidrocarburos aromáticos, halogenados, fenoles y pesticidas) y detergentes.
	Sistemas de saneamiento in situ (pozos negros)	Cuenca media y baja	MO, SDT, NO ₃ , NO ₂ , Cl, detergentes, bacterias y virus.

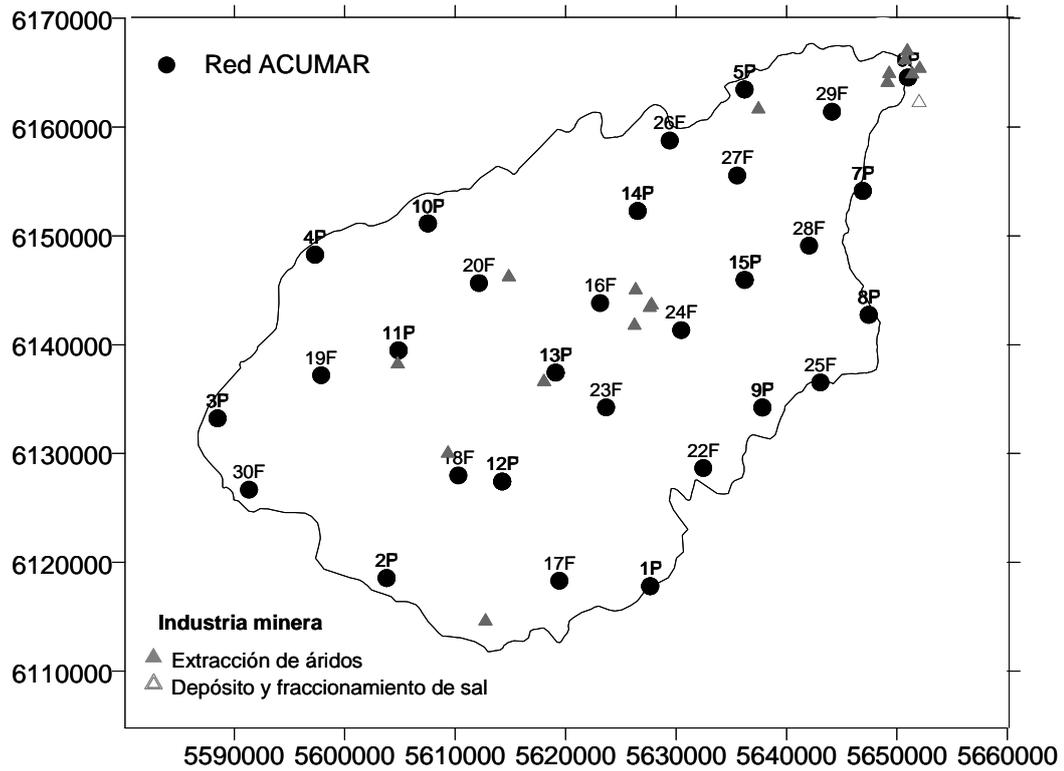


Figura All.1. Distribución espacial de la industria minera en la cuenca Matanza-Riachuelo.

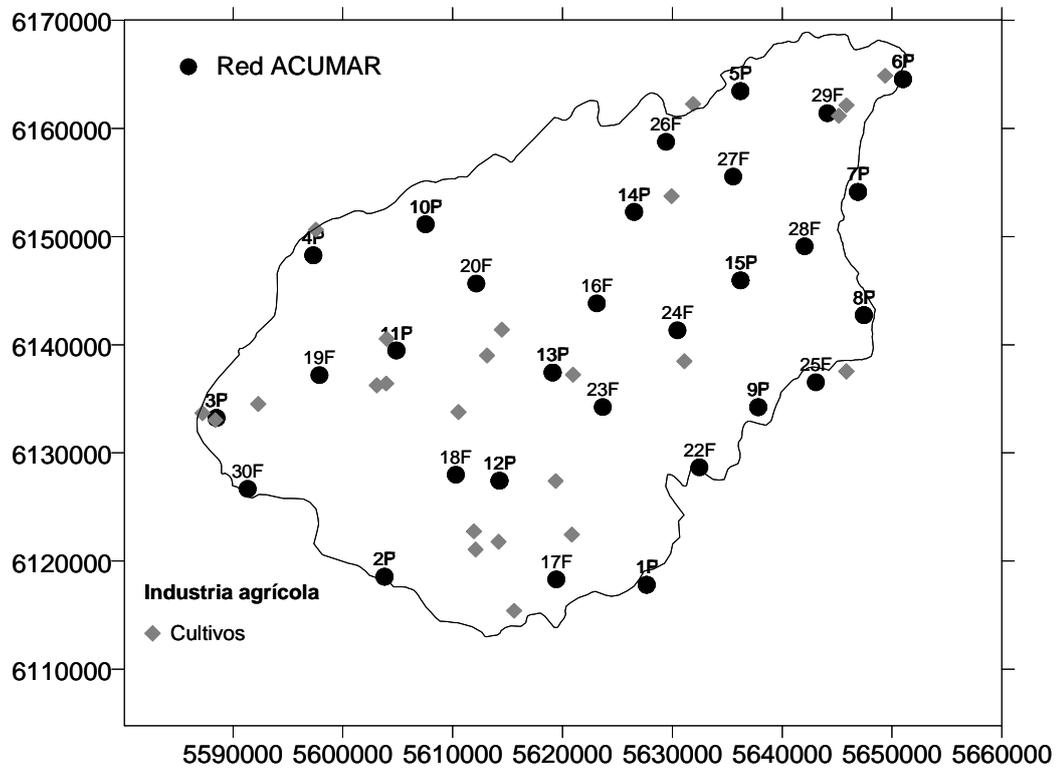


Figura All.2. Distribución espacial de la industria agrícola en la cuenca Matanza-Riachuelo.

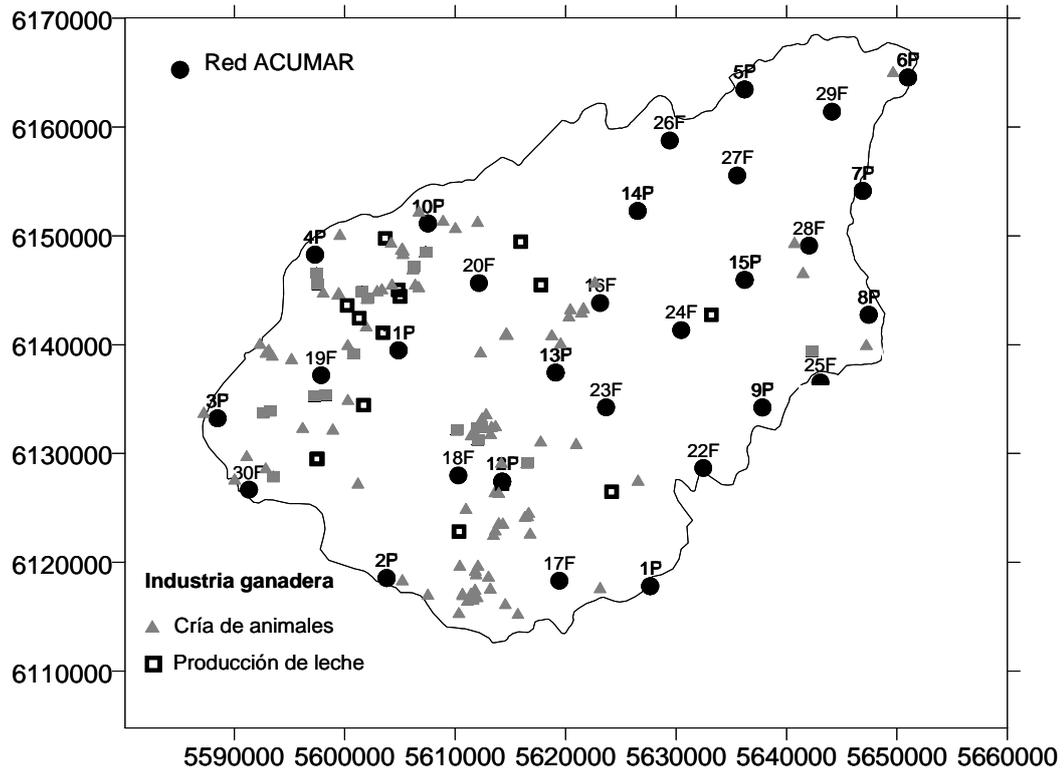


Figura AII.3. Distribución espacial de la industria ganadera (cuenca Matanza-Riachuelo).

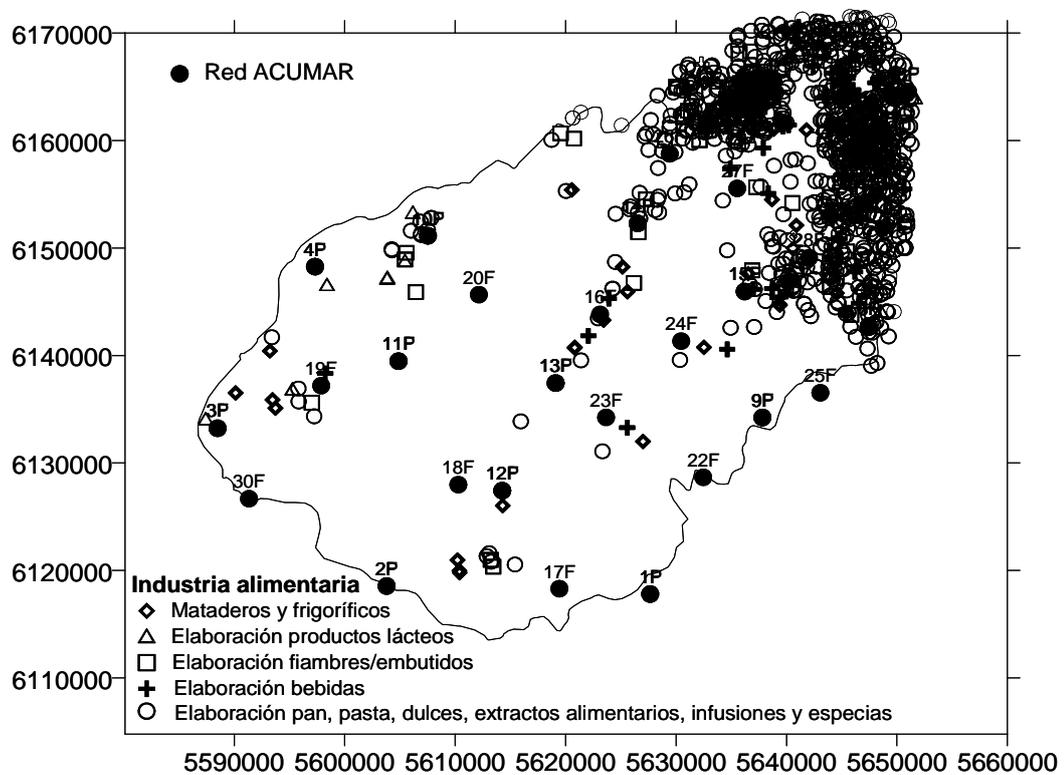


Figura AII.4. Distribución espacial de la industria alimentaria en la cuenca Matanza-Riachuelo.

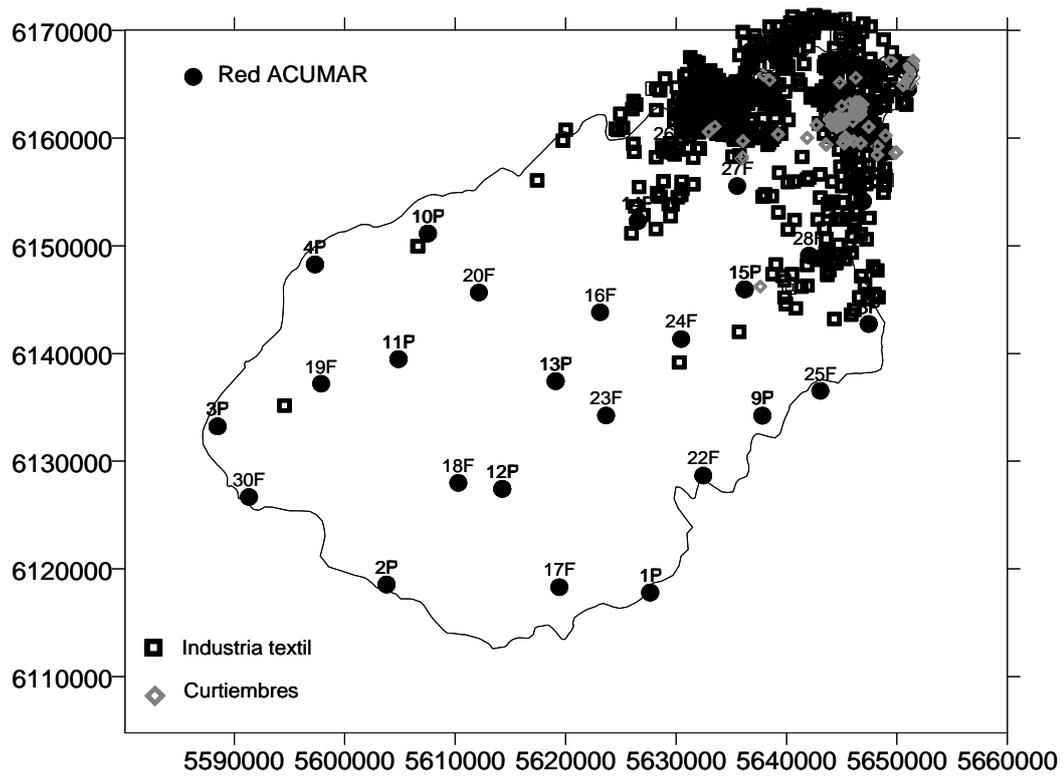


Figura AII.5. Distribución espacial de la industria textil y de curtiebres en la cuenca Matanza-Riachuelo.

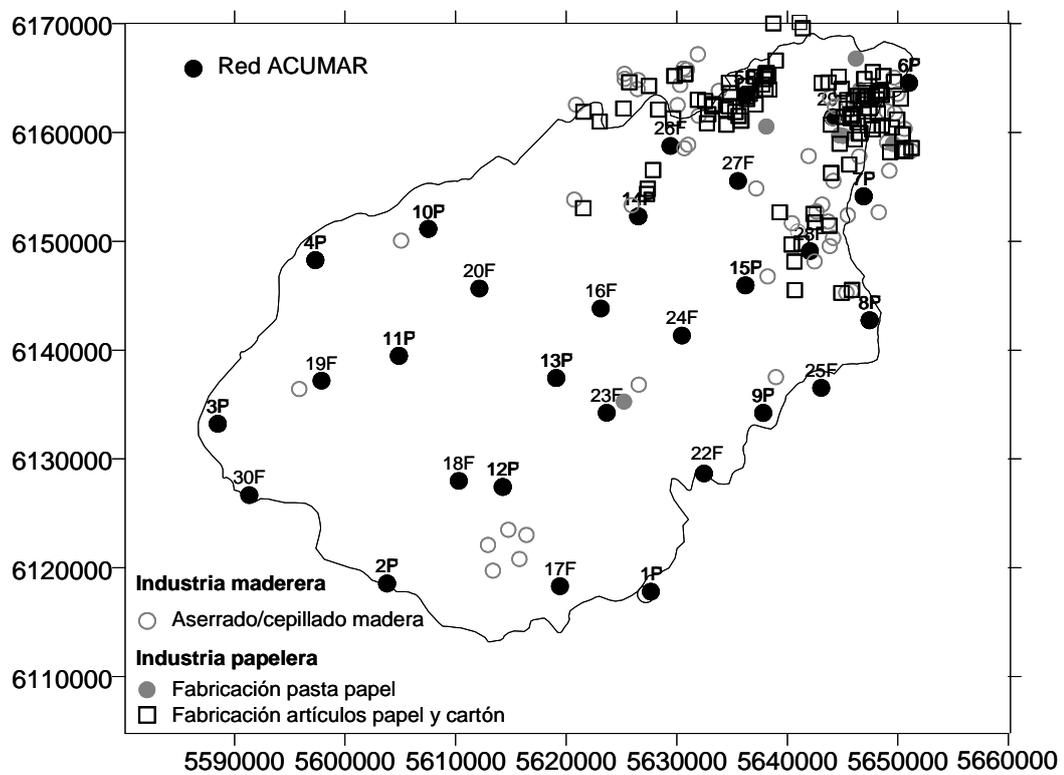


Figura AII.6. Distribución espacial de las industrias maderera y papelera en la cuenca Matanza-Riachuelo.

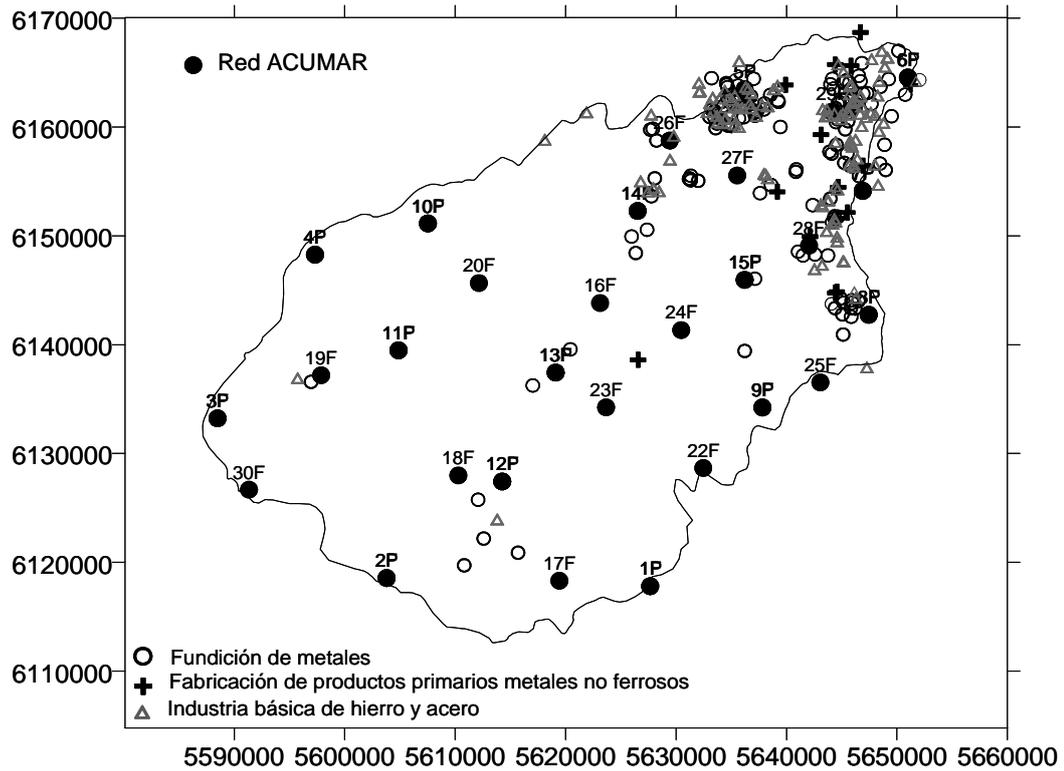


Figura AII.7. Distribución espacial de la industria metalúrgica en la cuenca Matanza-Riachuelo.

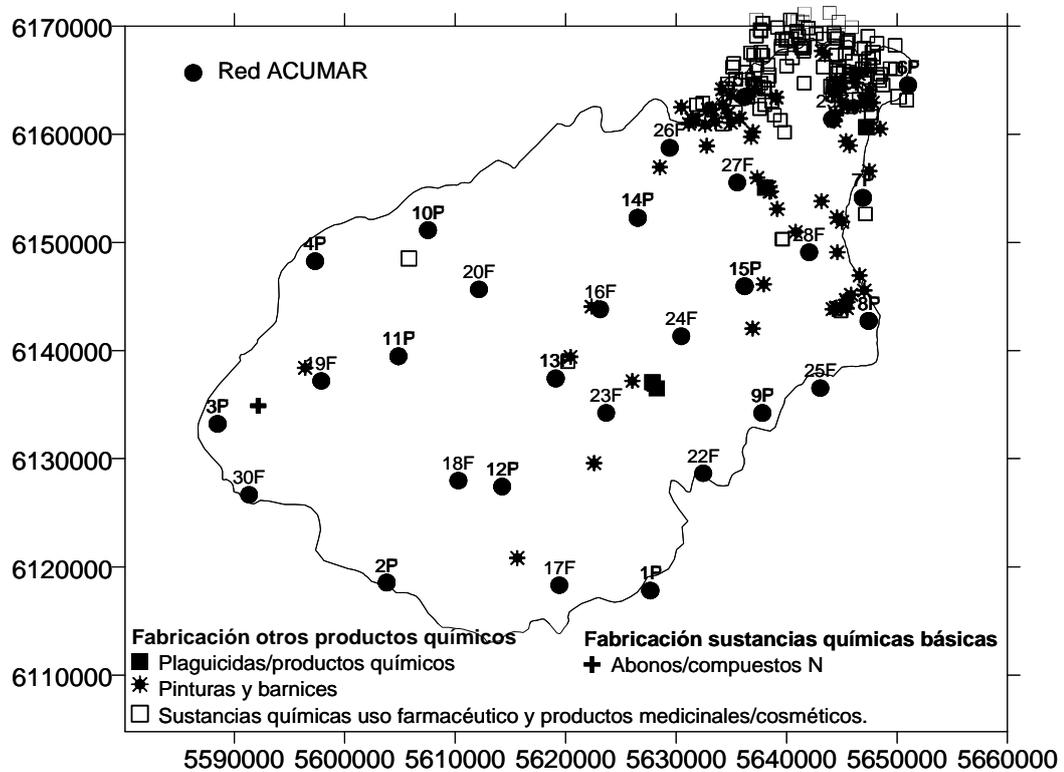


Figura AII.8. Distribución espacial fábricas productos/sustancias químicas en la cuenca Matanza-Riachuelo.

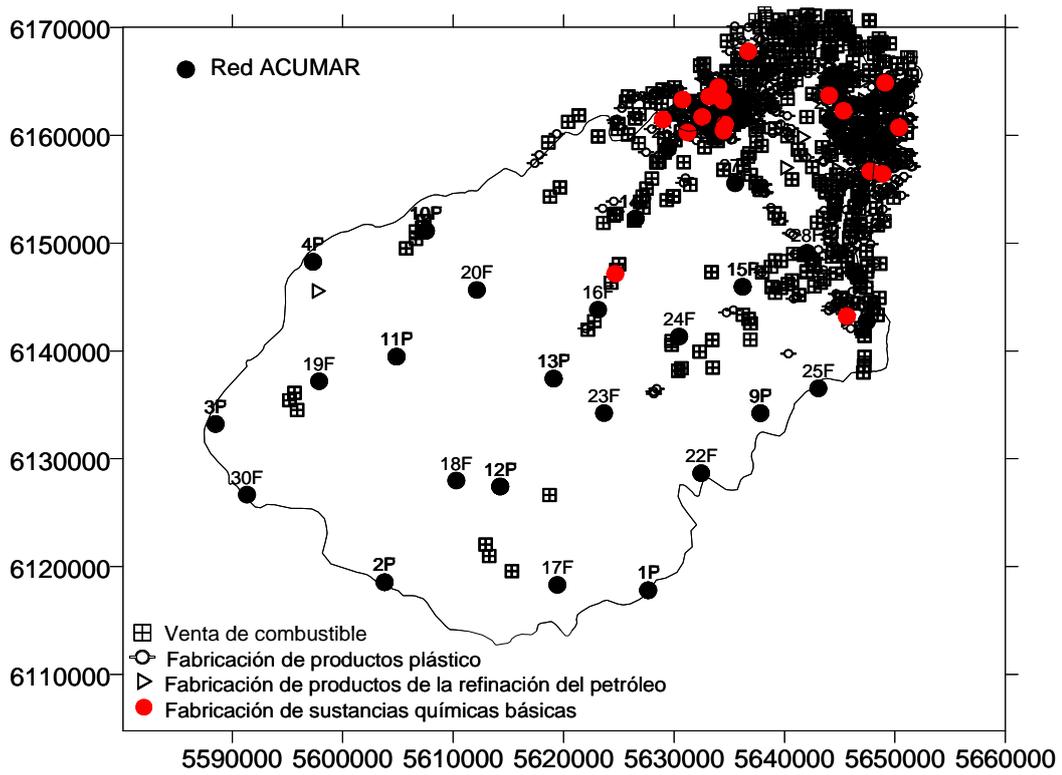


Figura AII.9. Distribución espacial de actividades relacionadas con petróleo en la cuenca Matanza-Riachuelo.

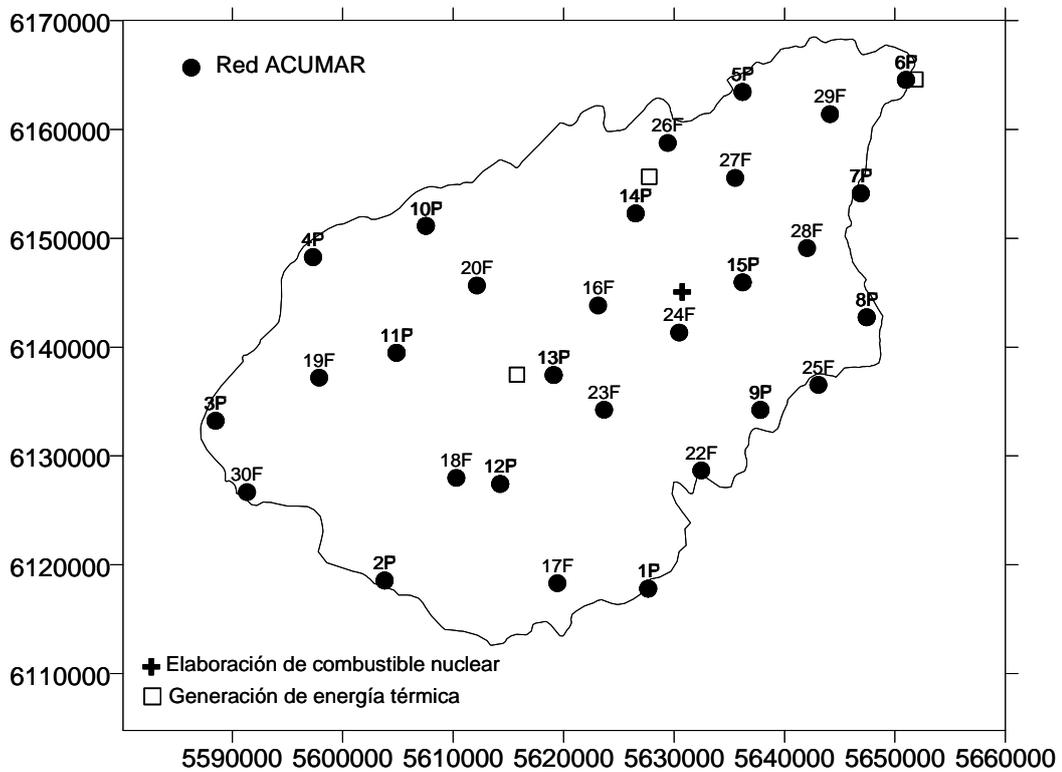


Figura AII.10. Distribución espacial de actividades energéticas (cuenca Matanza-Riachuelo).

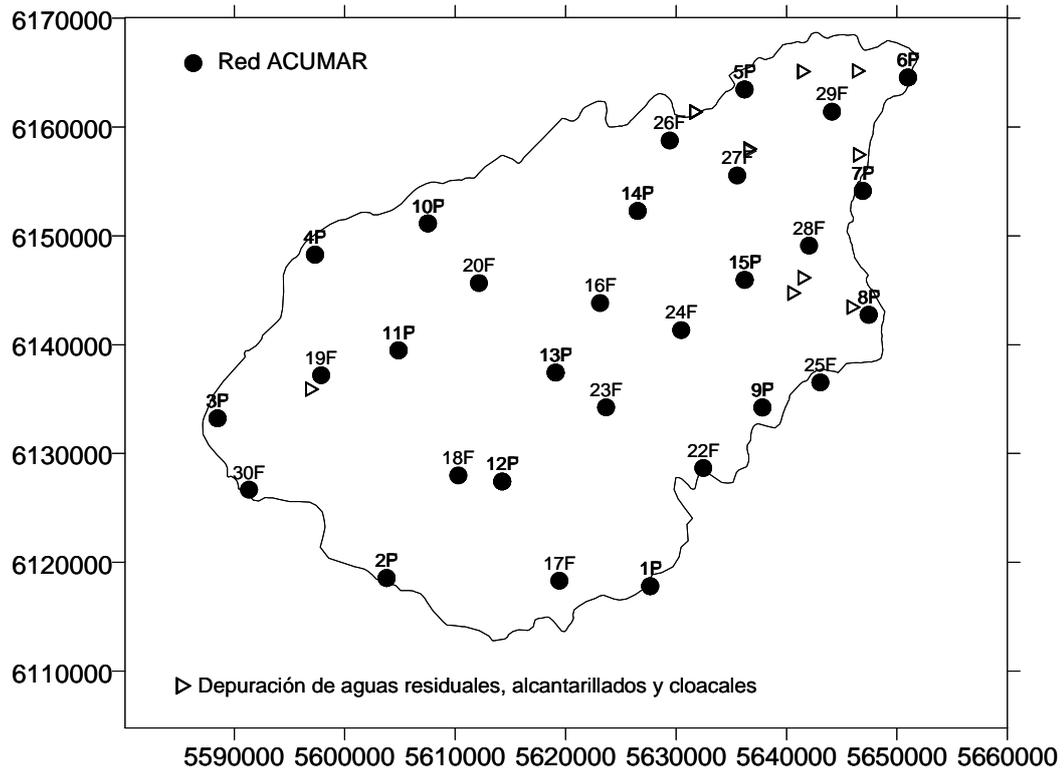


Figura AII.11. Distribución espacial de plantas de tratamiento de residuos en la cuenca Matanza-Riachuelo.

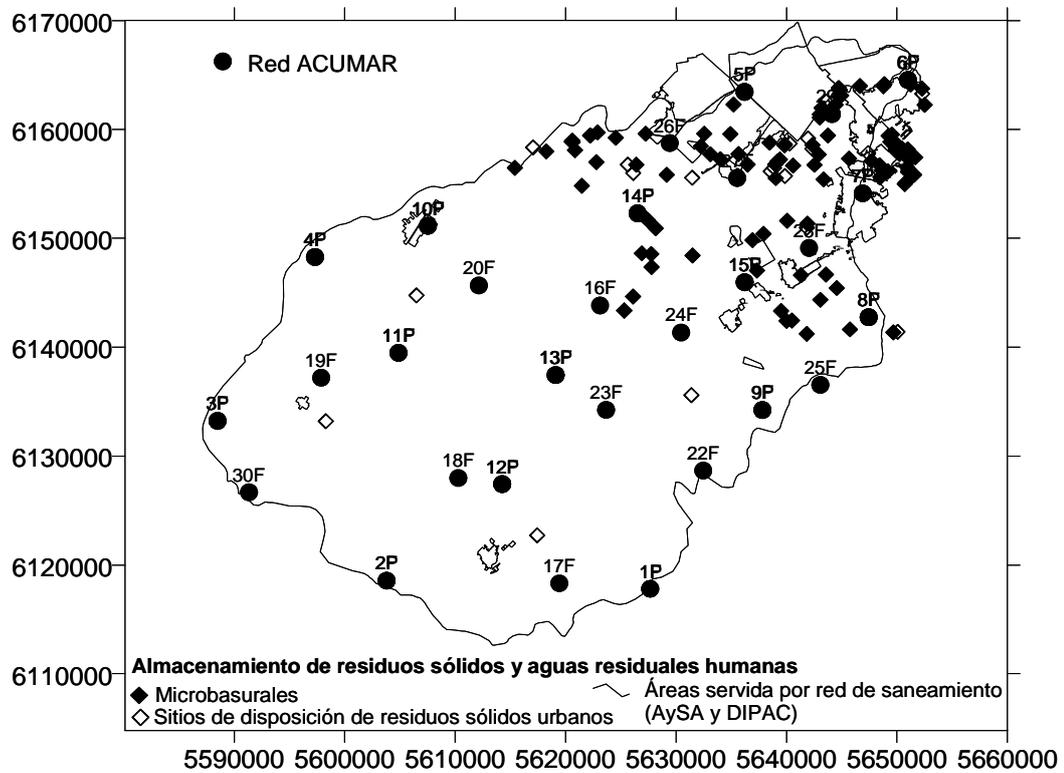


Figura AII.12. Distribución espacial de sectores de almacenamiento de residuos sólidos y áreas servidas por la red de saneamiento en la cuenca Matanza-Riachuelo.

ANEXO III

Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en las aguas subterráneas de la red de observación de ACUMAR

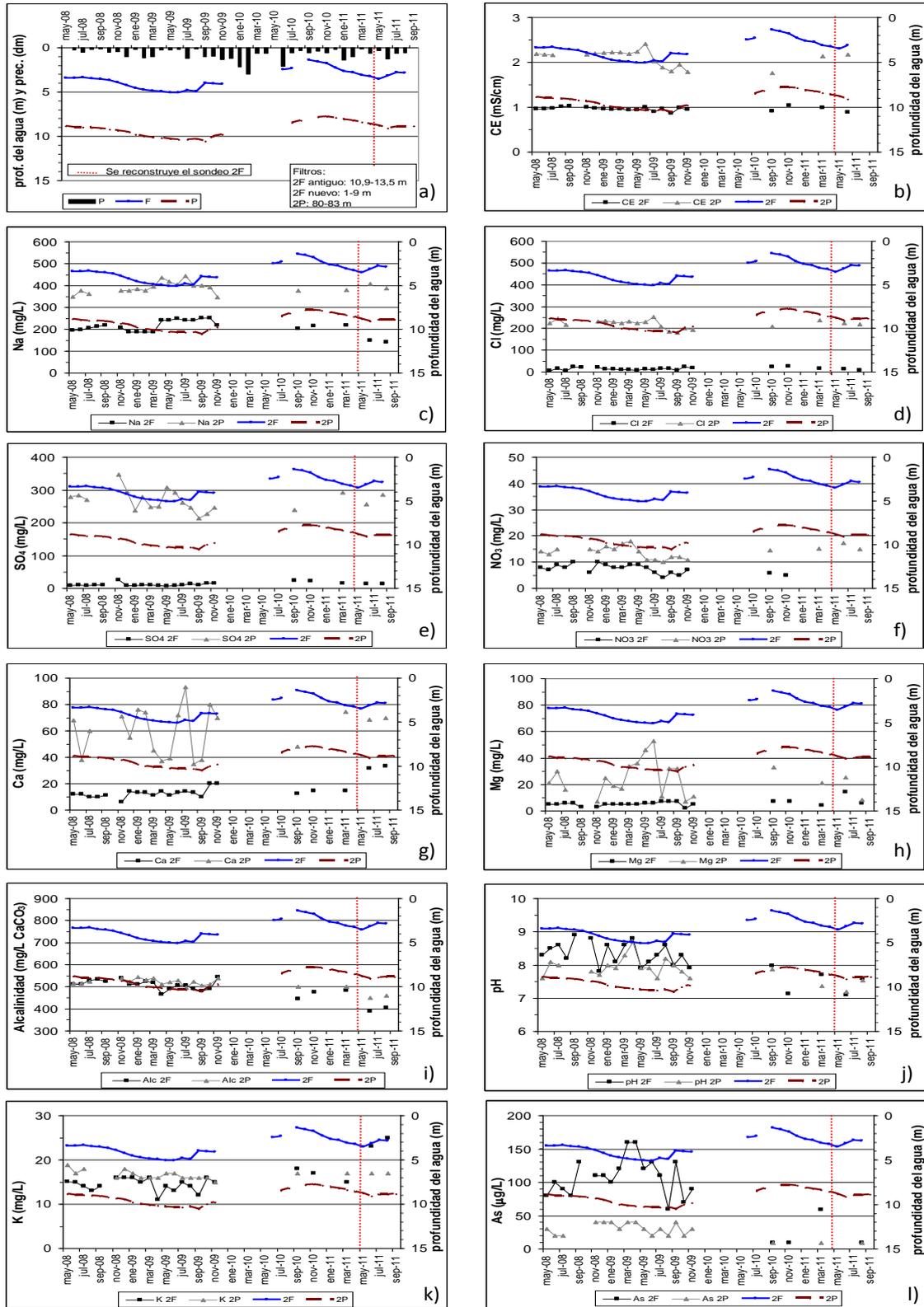


Figura AIII.1. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en el pozo 2F y 2P, red de ACUMAR.

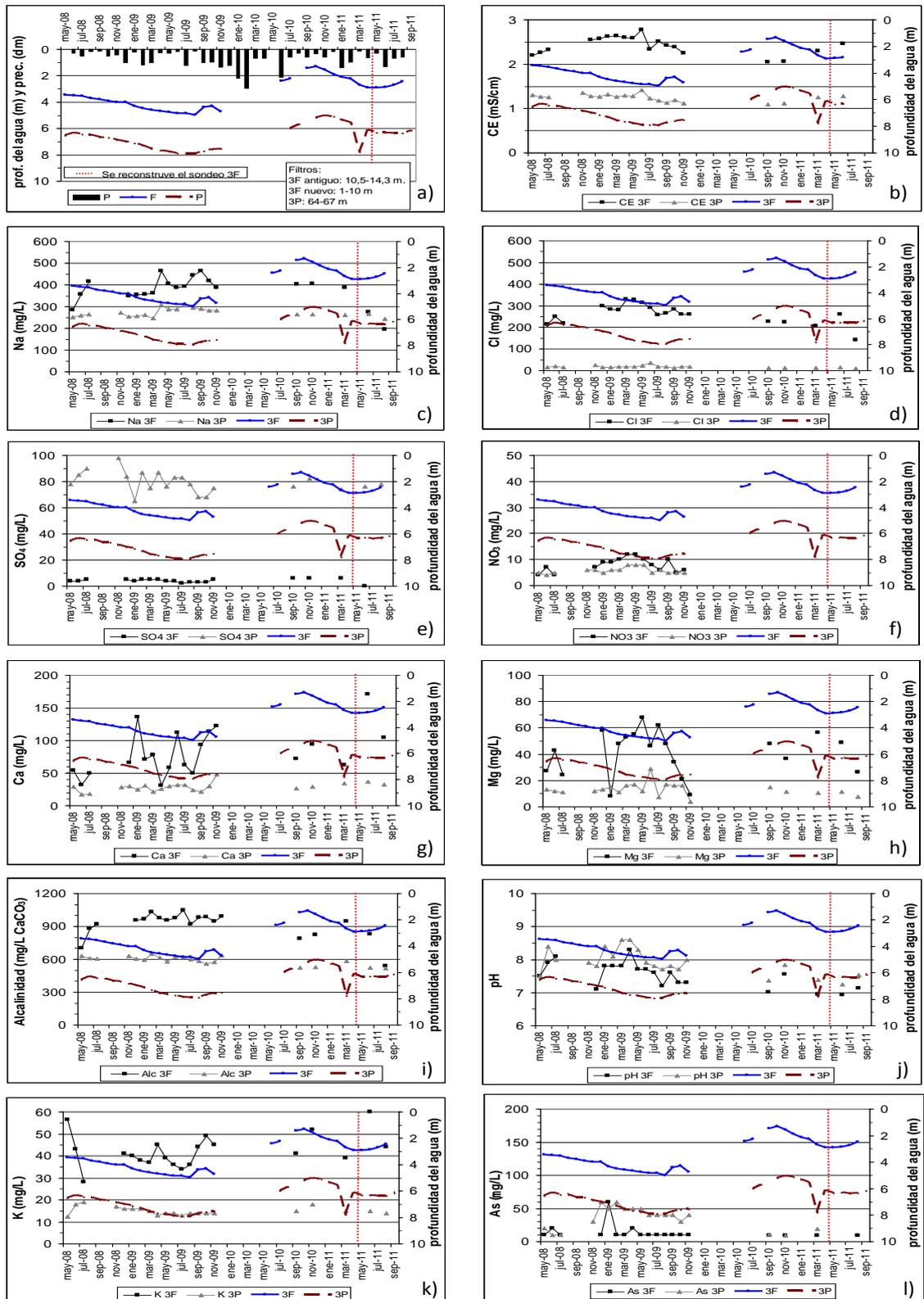


Figura AIII.2. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en los pozos 3F y 3P, red de ACUMAR.

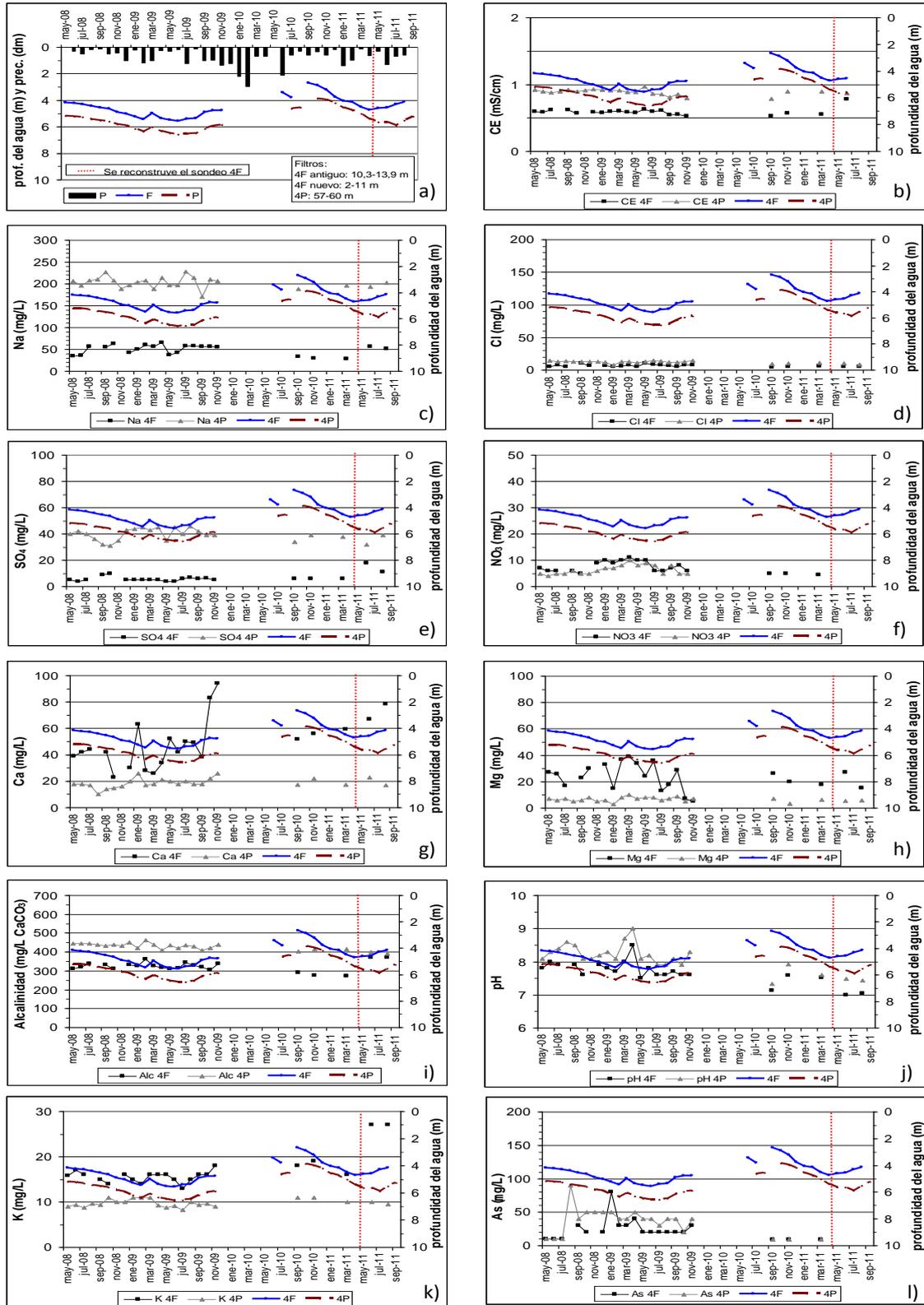


Figura AIII.3. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en los pozos 4F y 4P, red de ACUMAR.

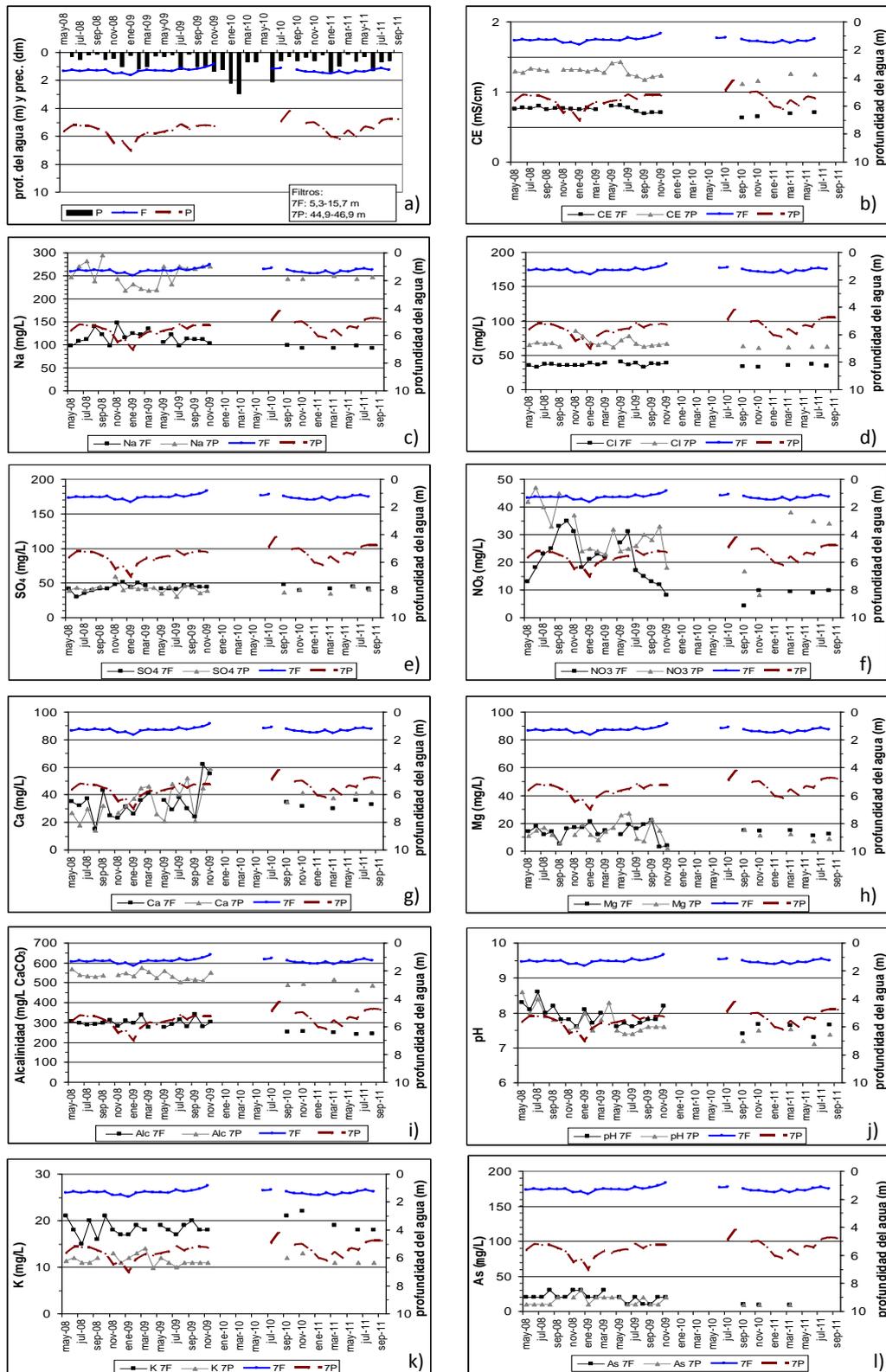


Figura AIII.4. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en los pozos 7F y 7P, red de ACUMAR.

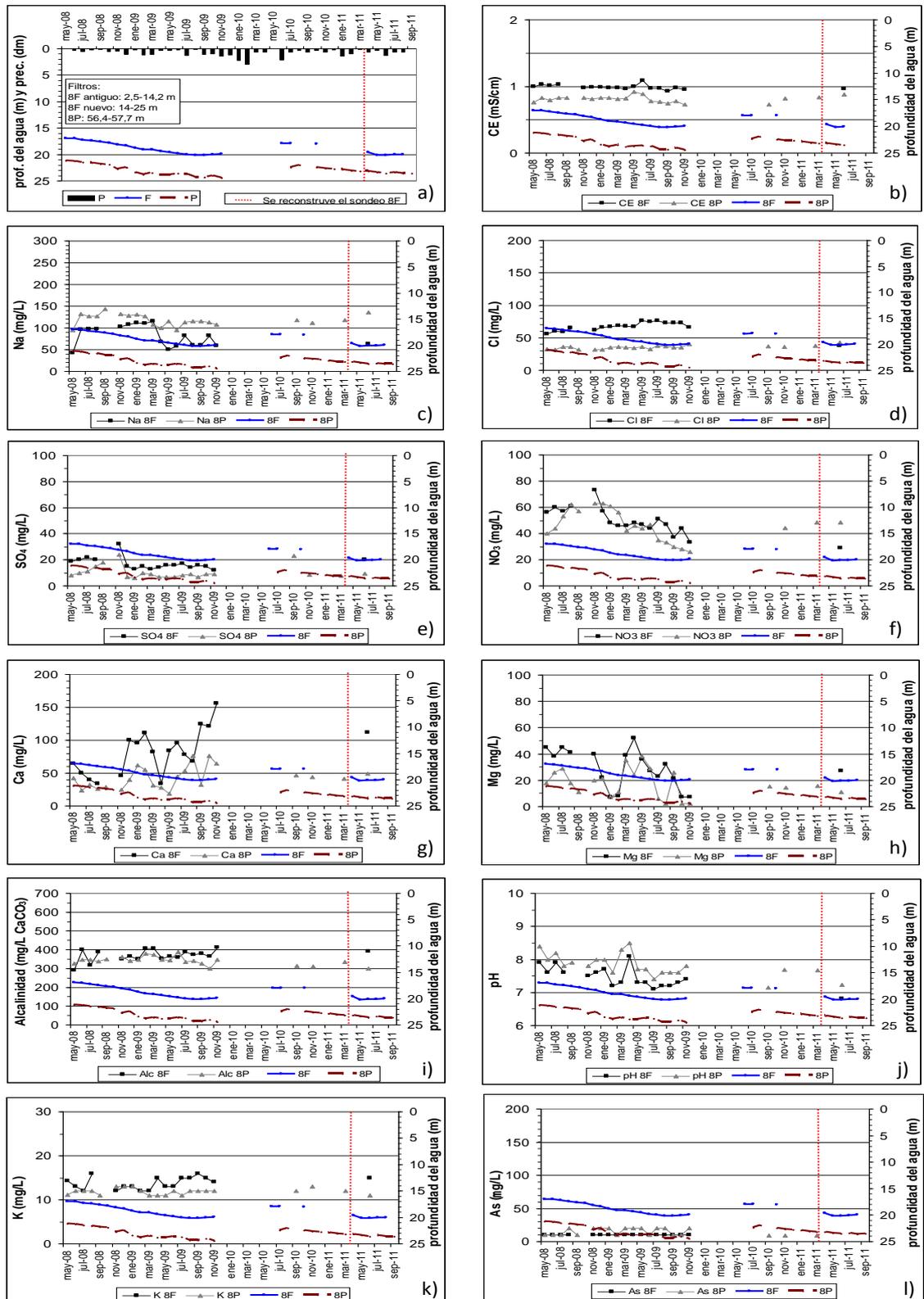


Figura AIII.5. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en los pozos 8F y 8P, red de ACUMAR.

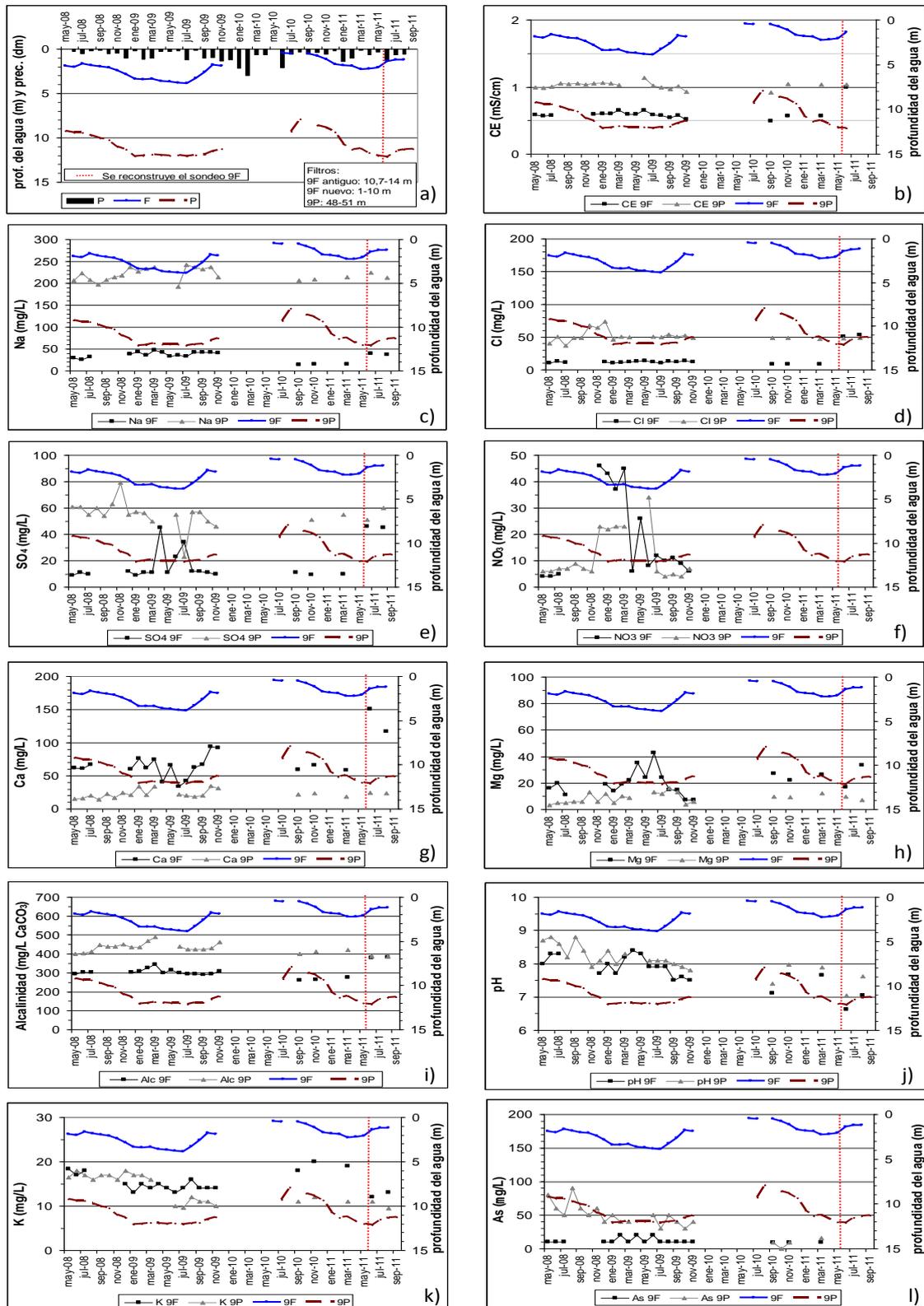


Figura AIII.6. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en los pozos 9F y 9P, red de ACUMAR.

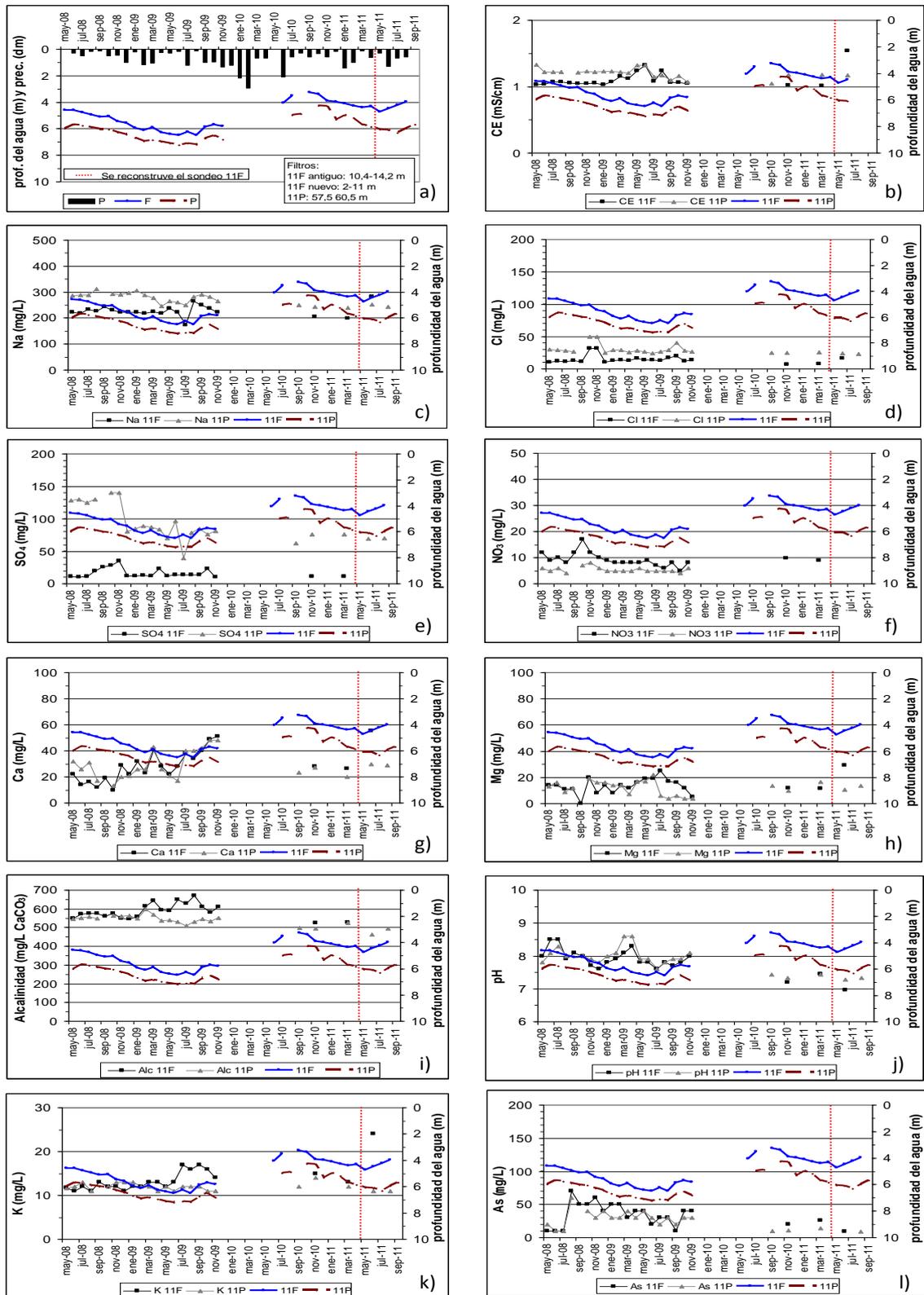


Figura AIII.7. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en los pozos 11F y 11P, red de ACUMAR.

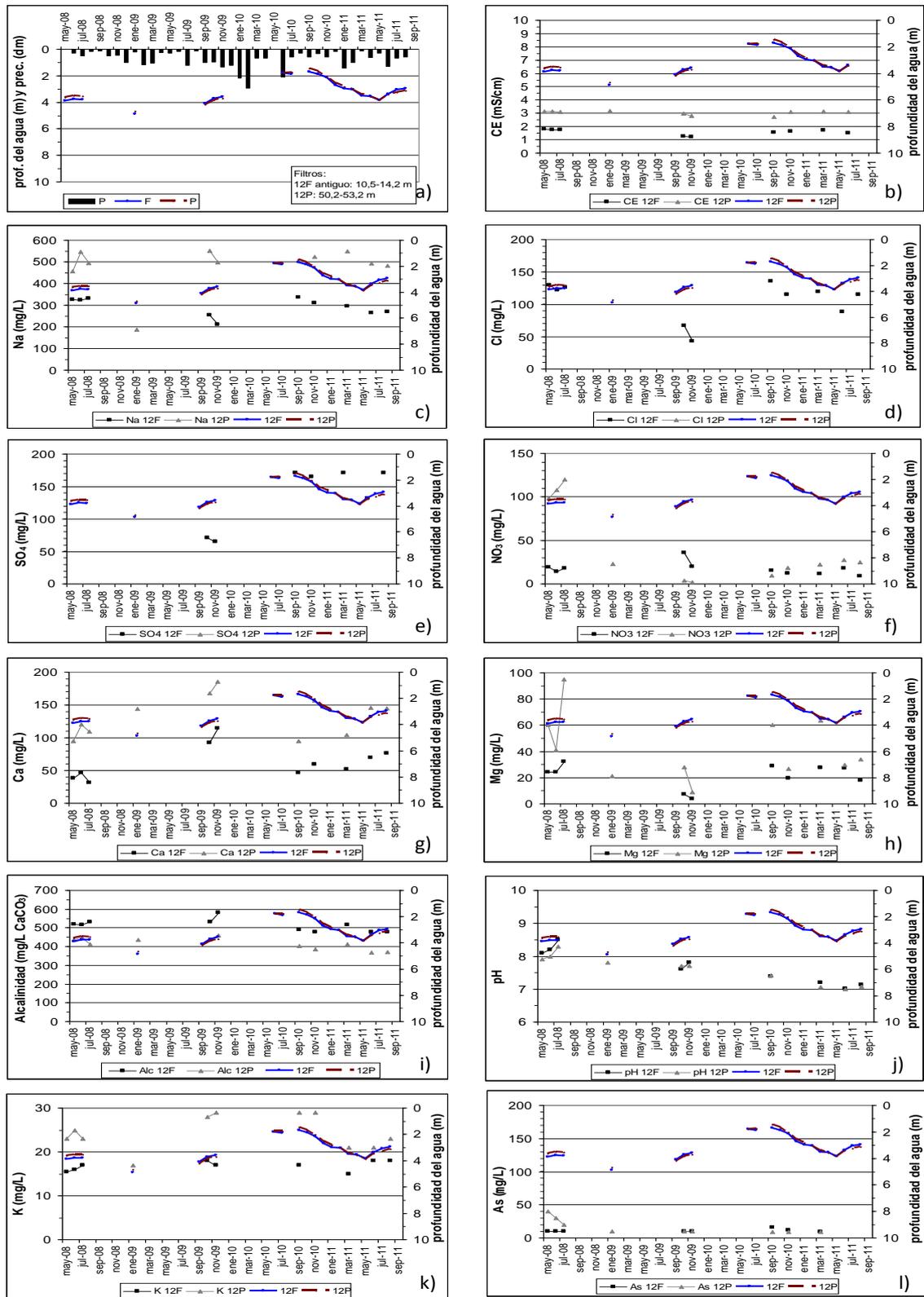


Figura AIII.8. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en los pozos 12F y 12P, red de ACUMAR.

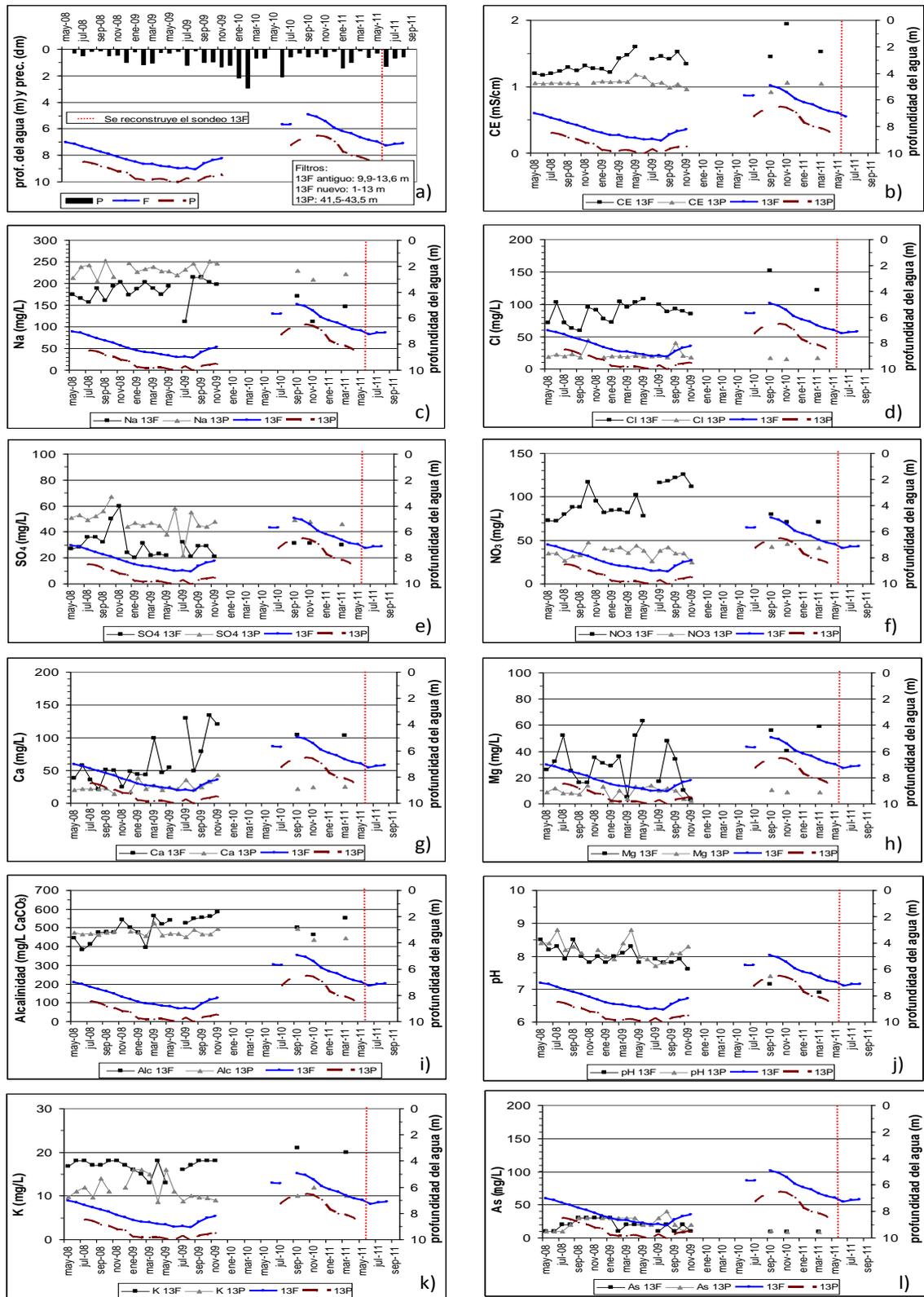


Figura AIII.9. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en los pozos 13F y 13P, red de ACUMAR.

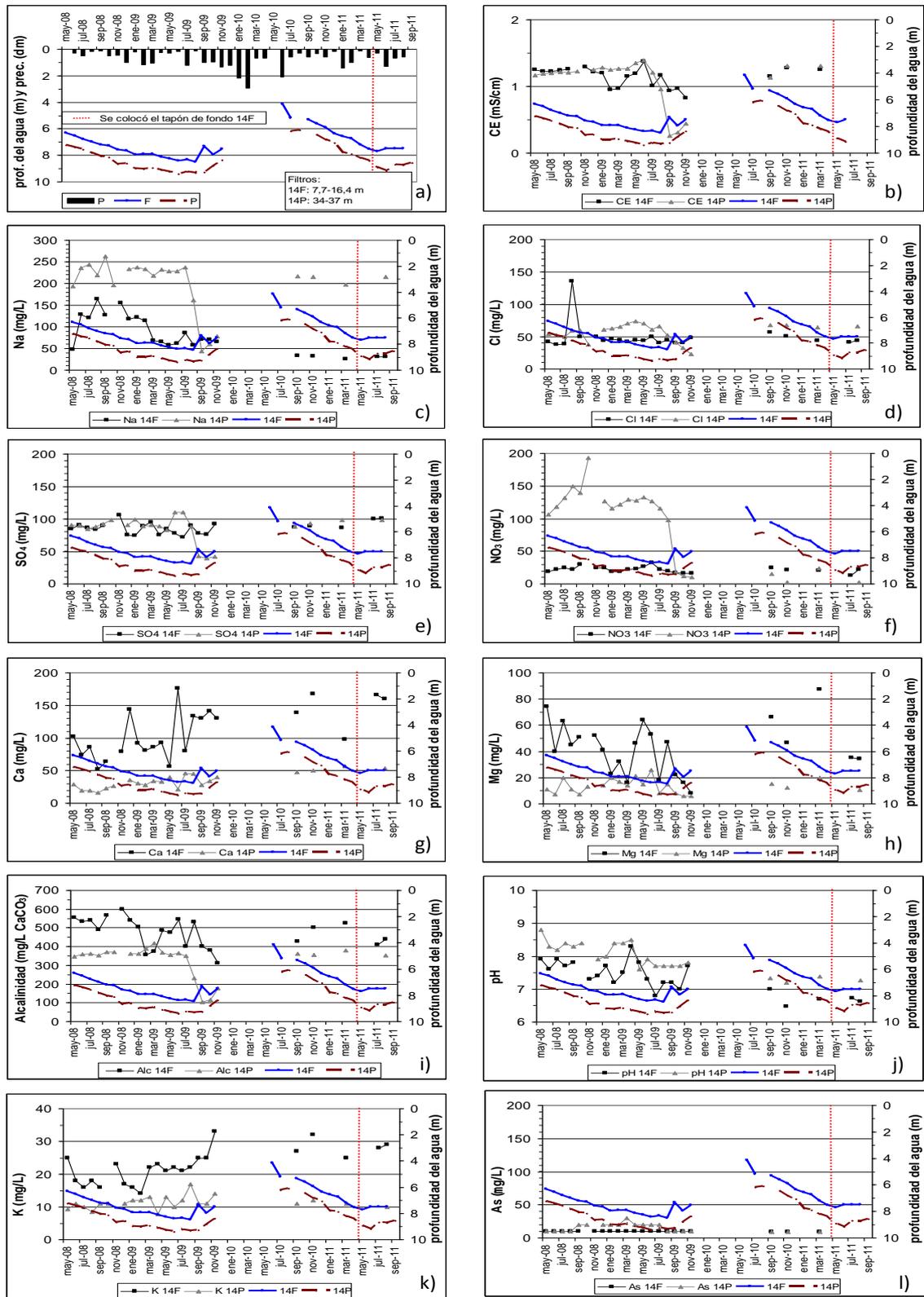


Figura AIII.10. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en los pozos 14F y 14P, red de ACUMAR.

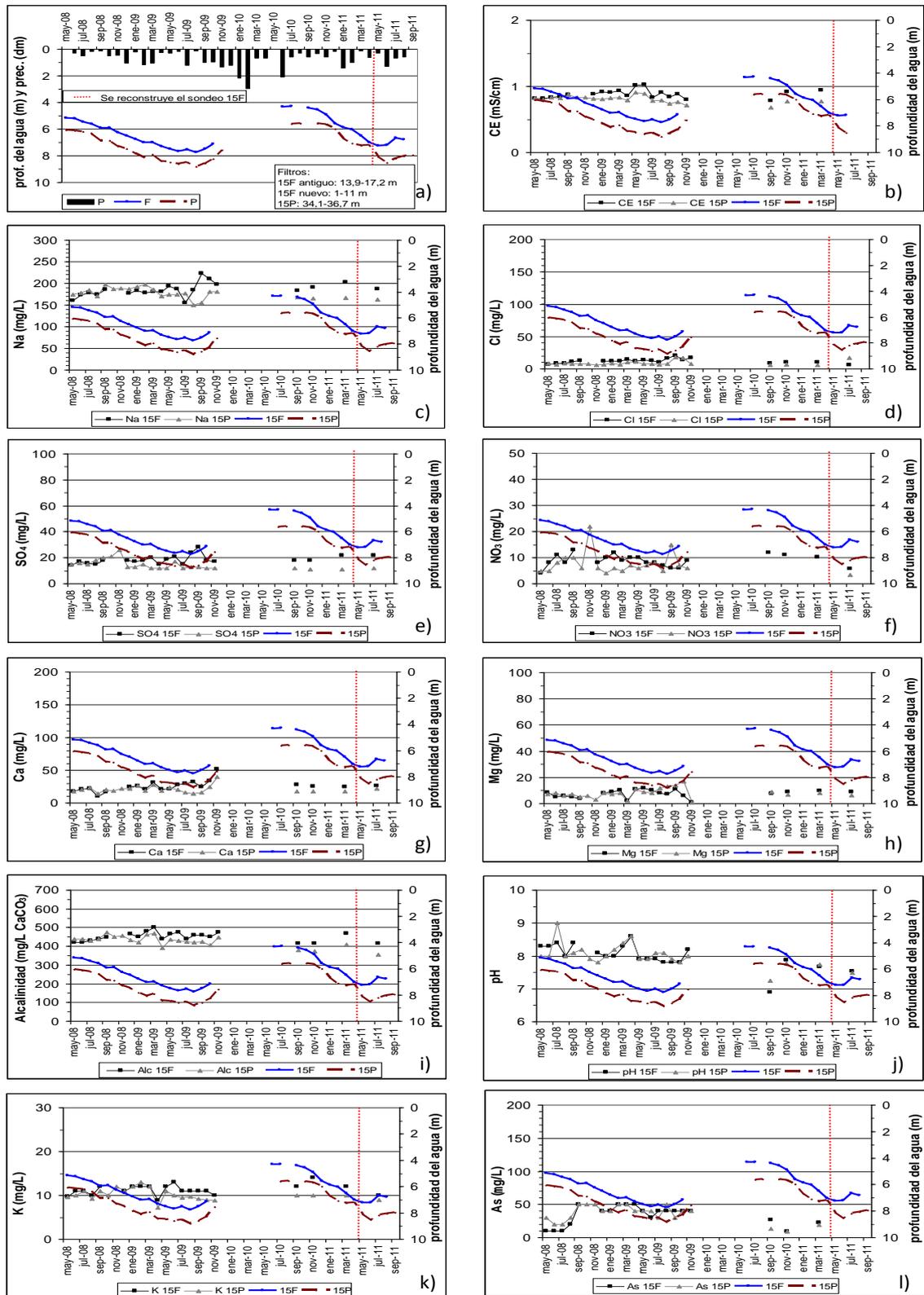


Figura AIII.11. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en los pozos 15F y 15P, red de ACUMAR.

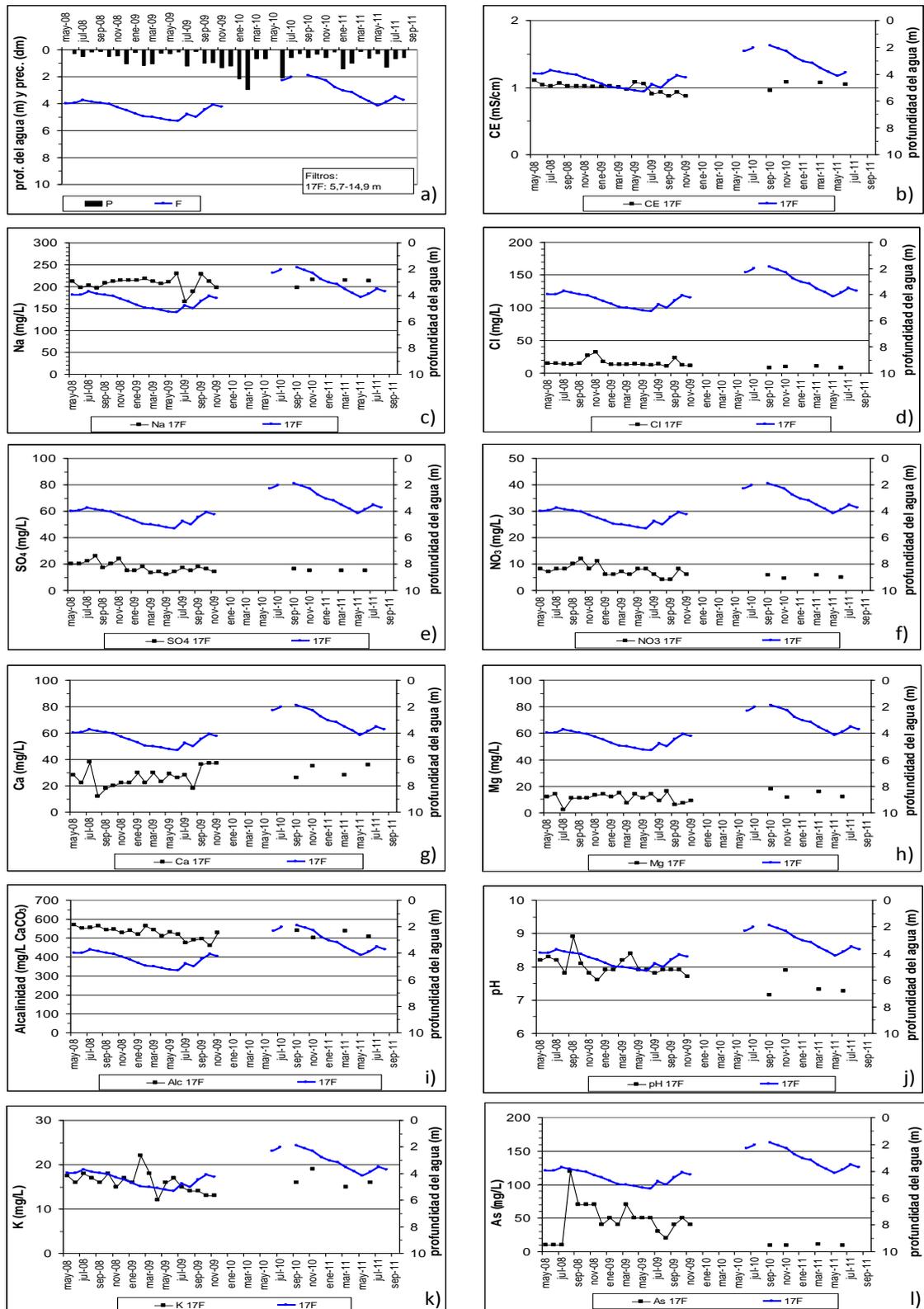


Figura AIII.12. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en el pozo 17F, red de ACUMAR.

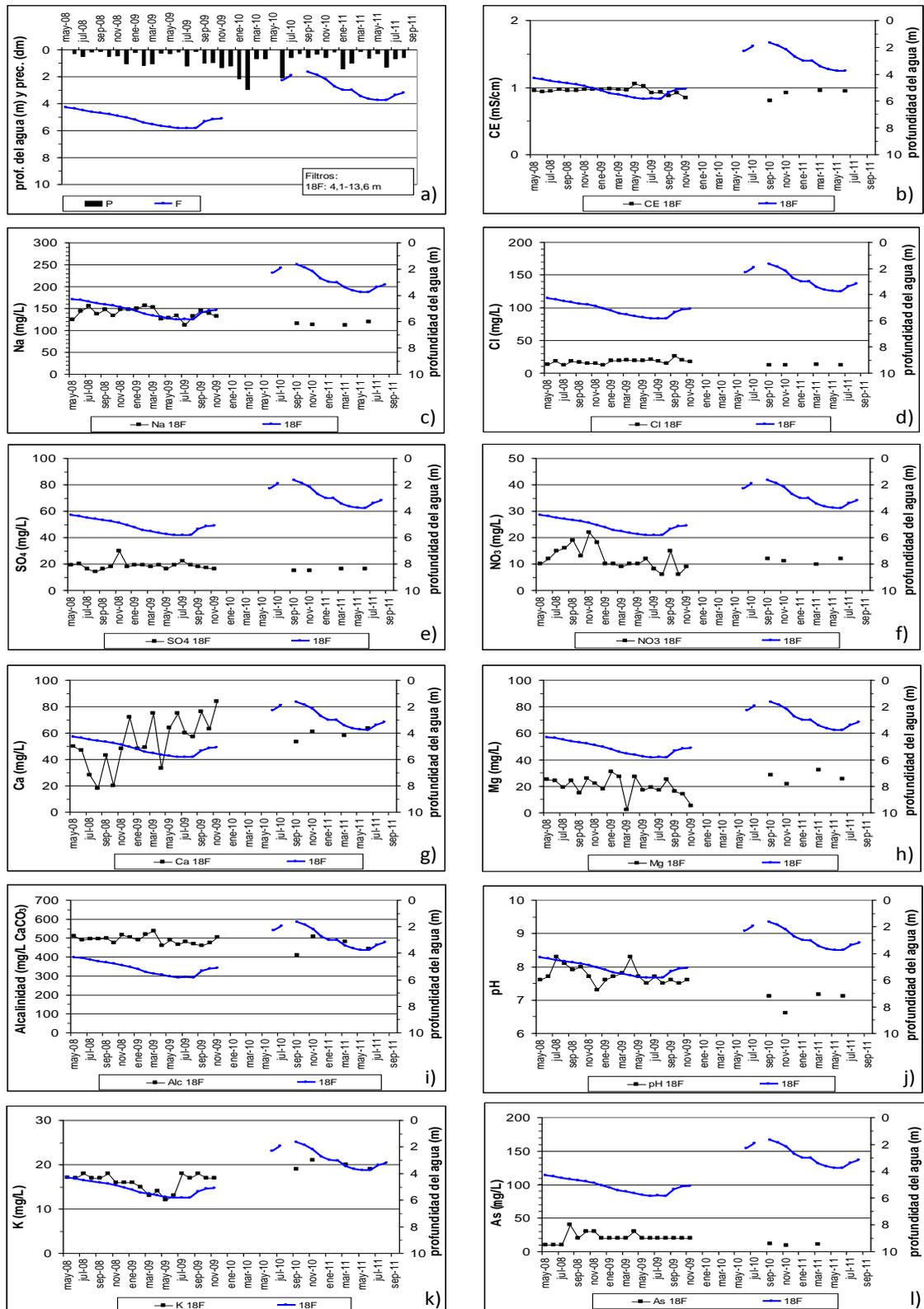


Figura AIII.13. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en el pozo 18F, red de ACUMAR.

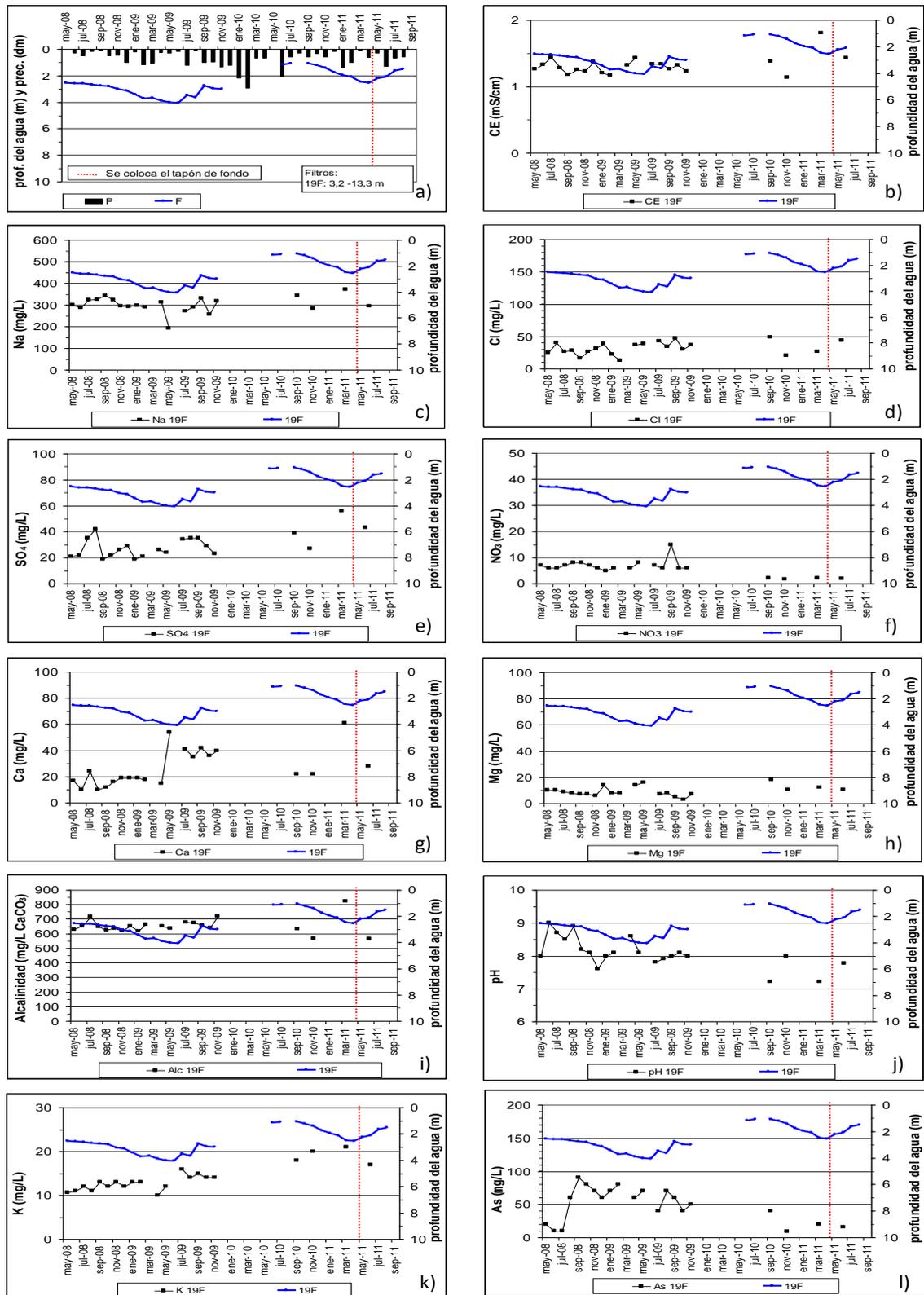


Figura AIII.14. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en el pozo 19F, red de ACUMAR.

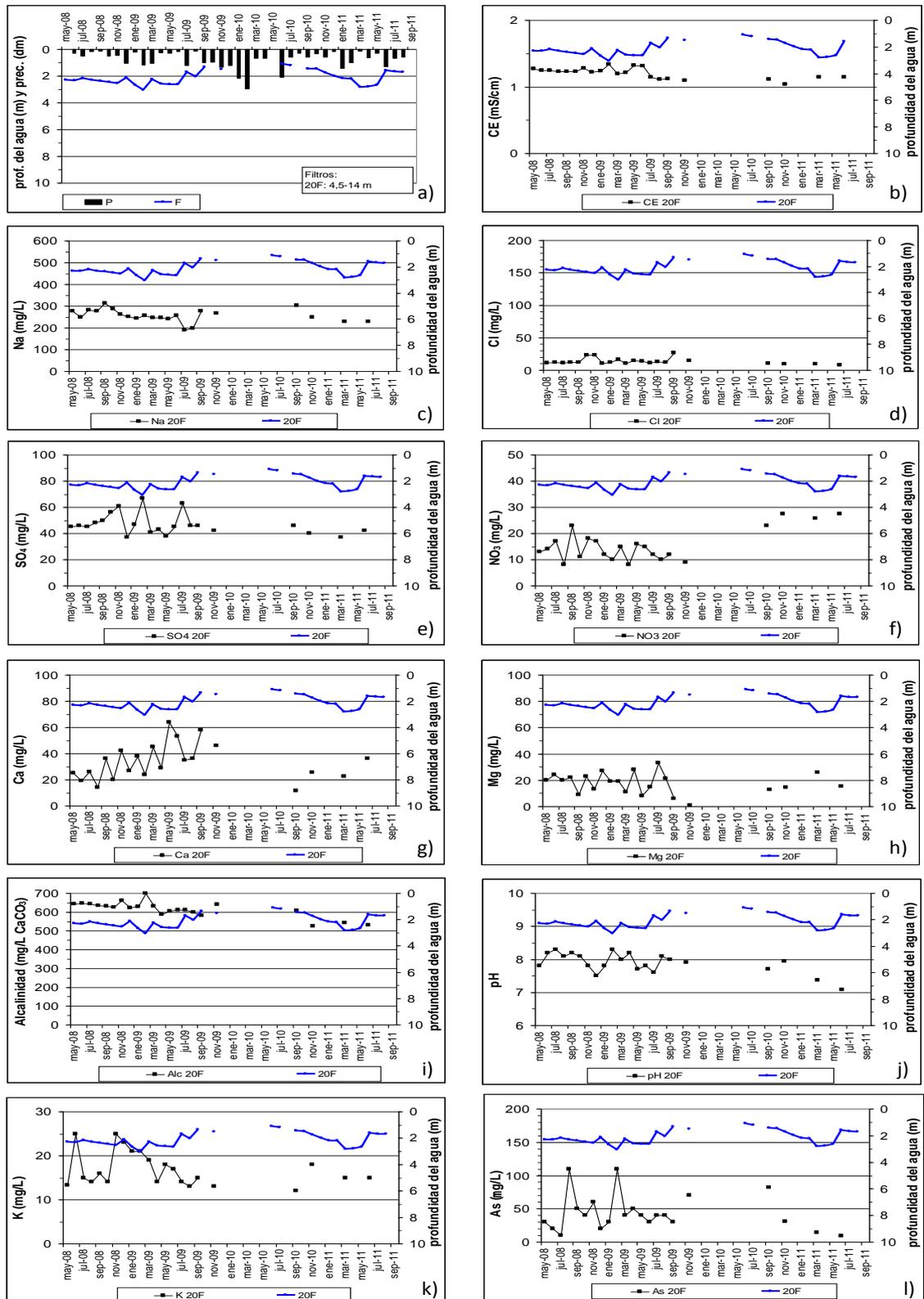


Figura AIII.15. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en el pozo 20F, red de ACUMAR.

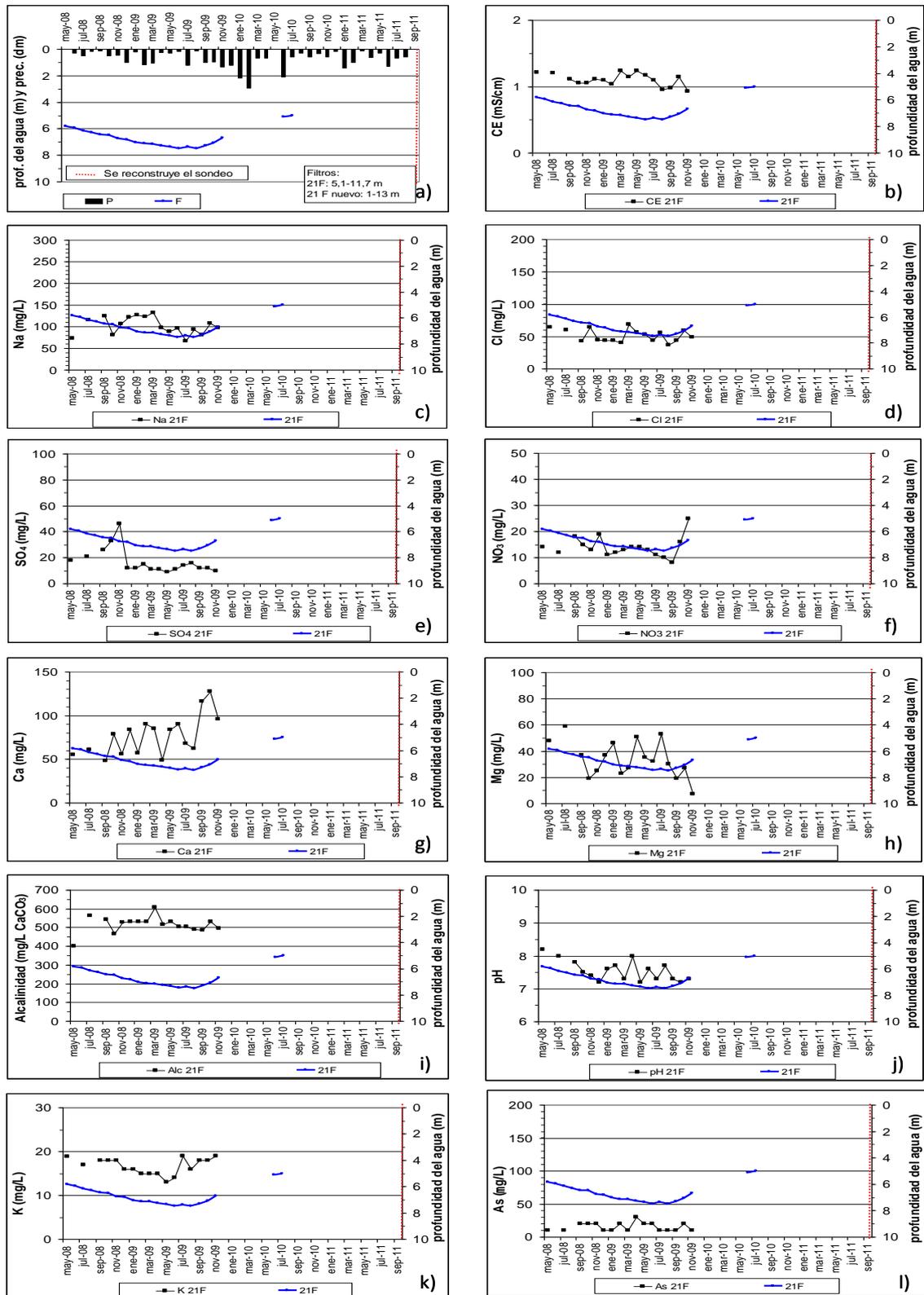


Figura AIII.16. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en el pozo 21F, red de ACUMAR.

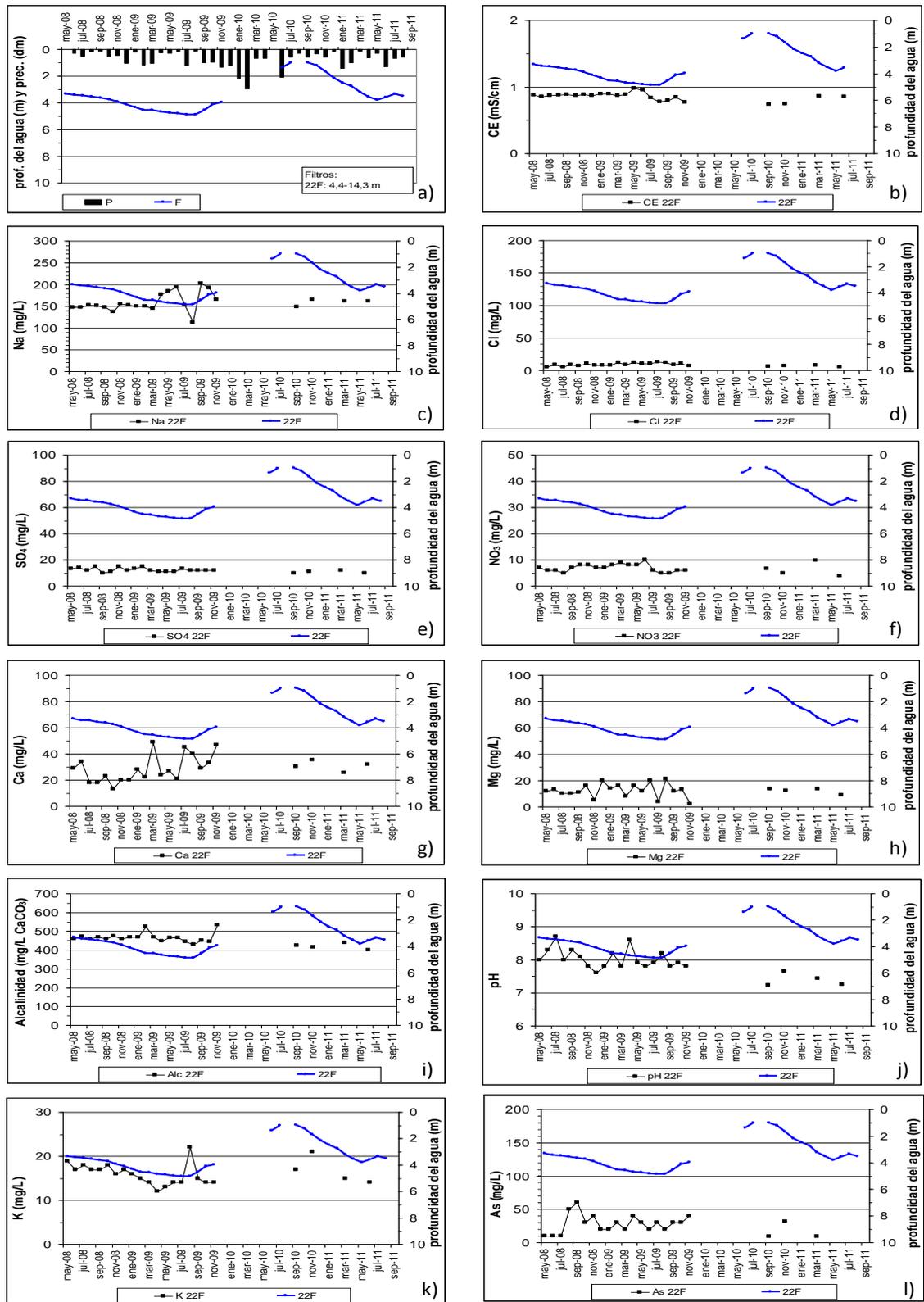


Figura AIII.17. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en el pozo 22F, red de ACUMAR.

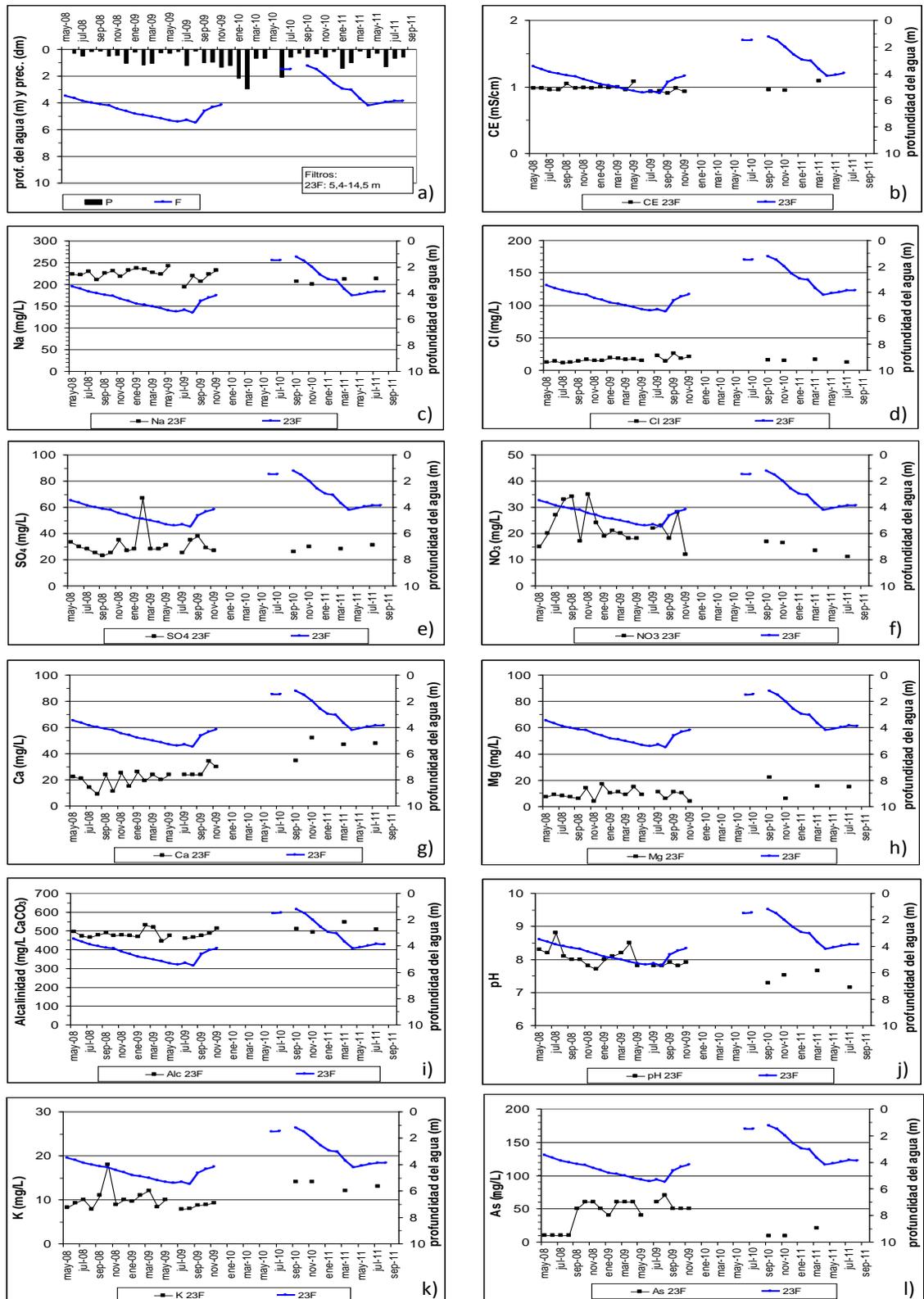


Figura AIII.18. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en el pozo 23F, red de ACUMAR.

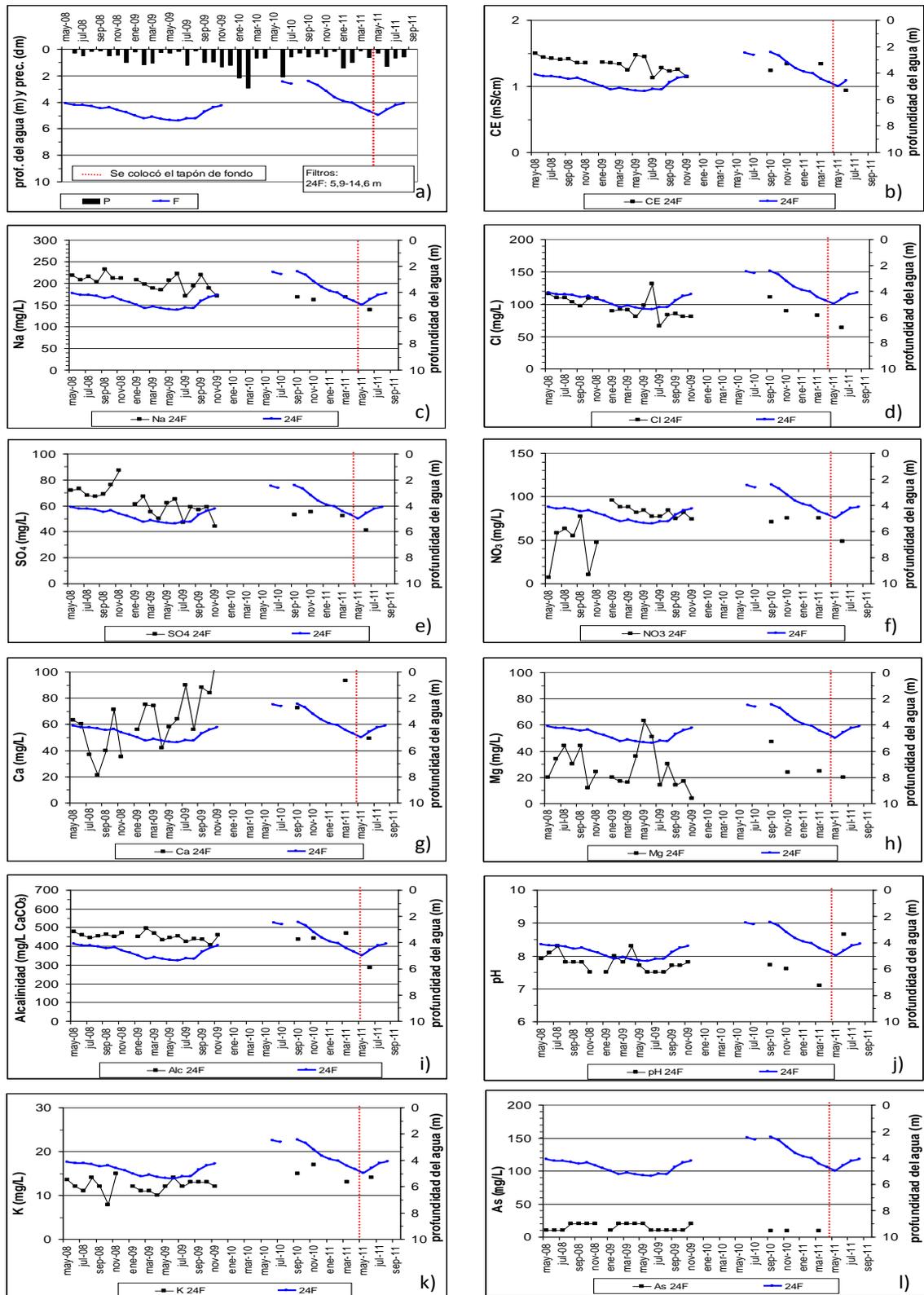


Figura AIII.19. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en el pozo 24F, red de ACUMAR.

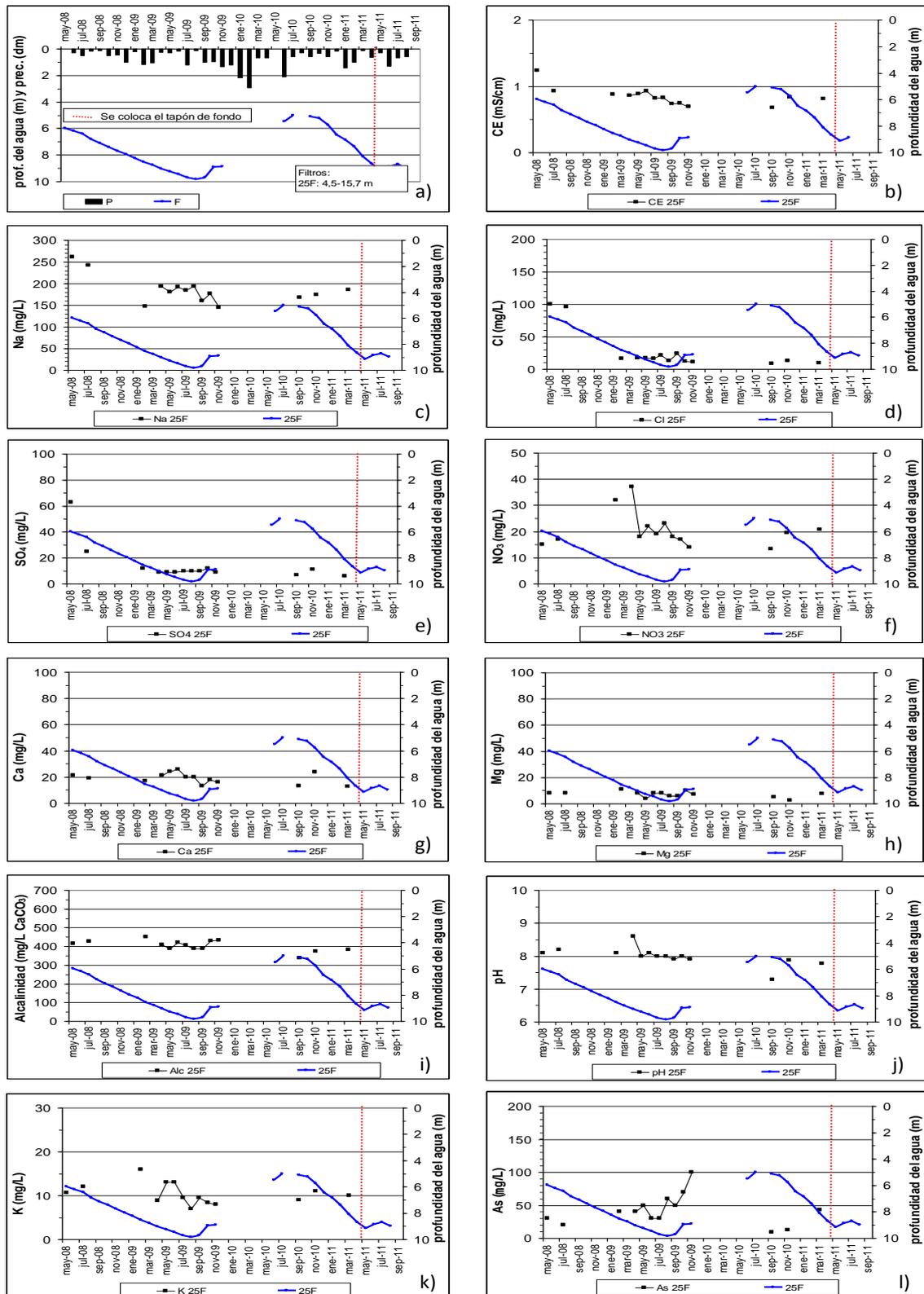


Figura AIII.20. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en el pozo 25F, red de ACUMAR.

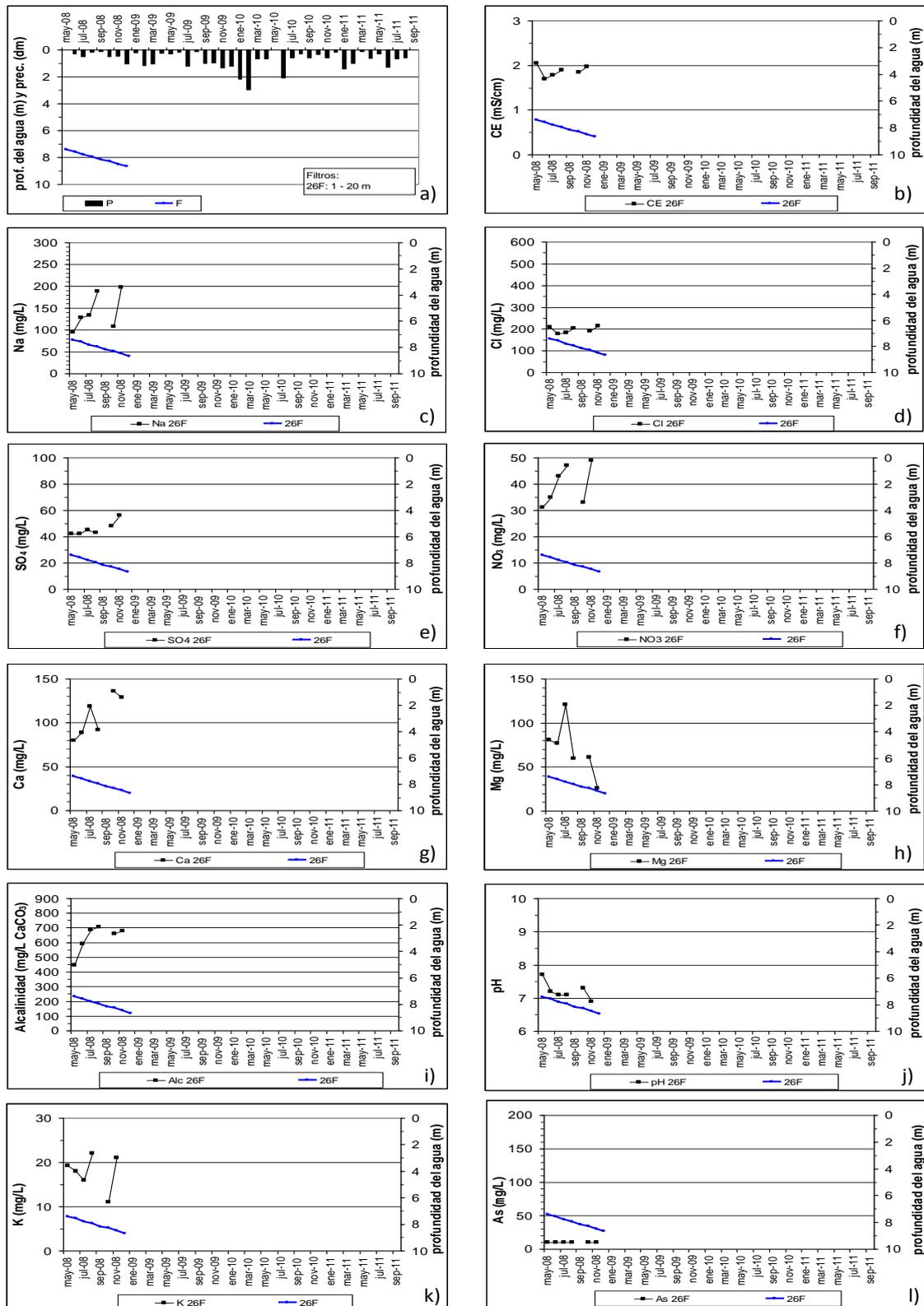


Figura AIII.21. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en el pozo 26F, red de ACUMAR.

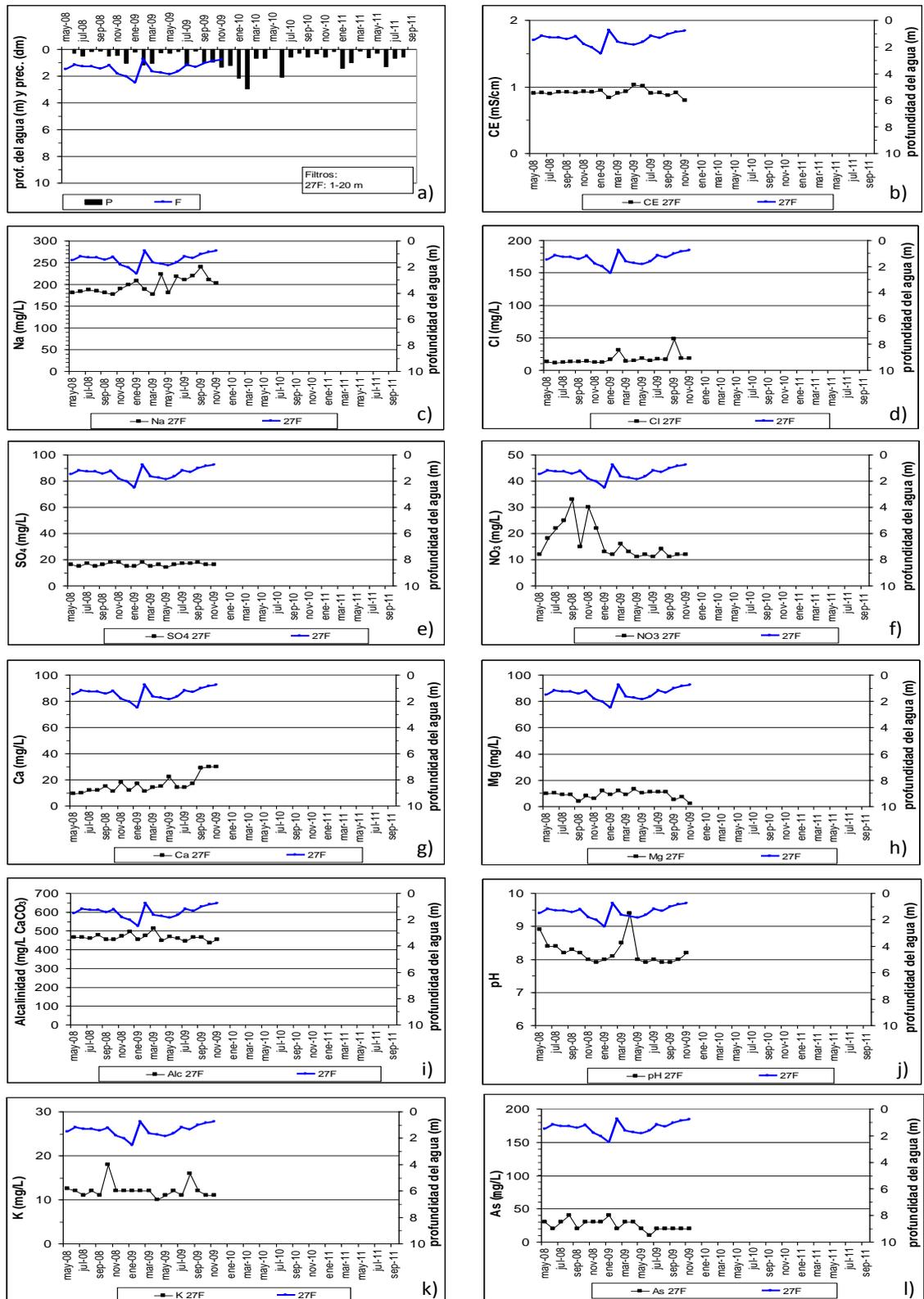


Figura AIII.22. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en el pozo 27F, red de ACUMAR.

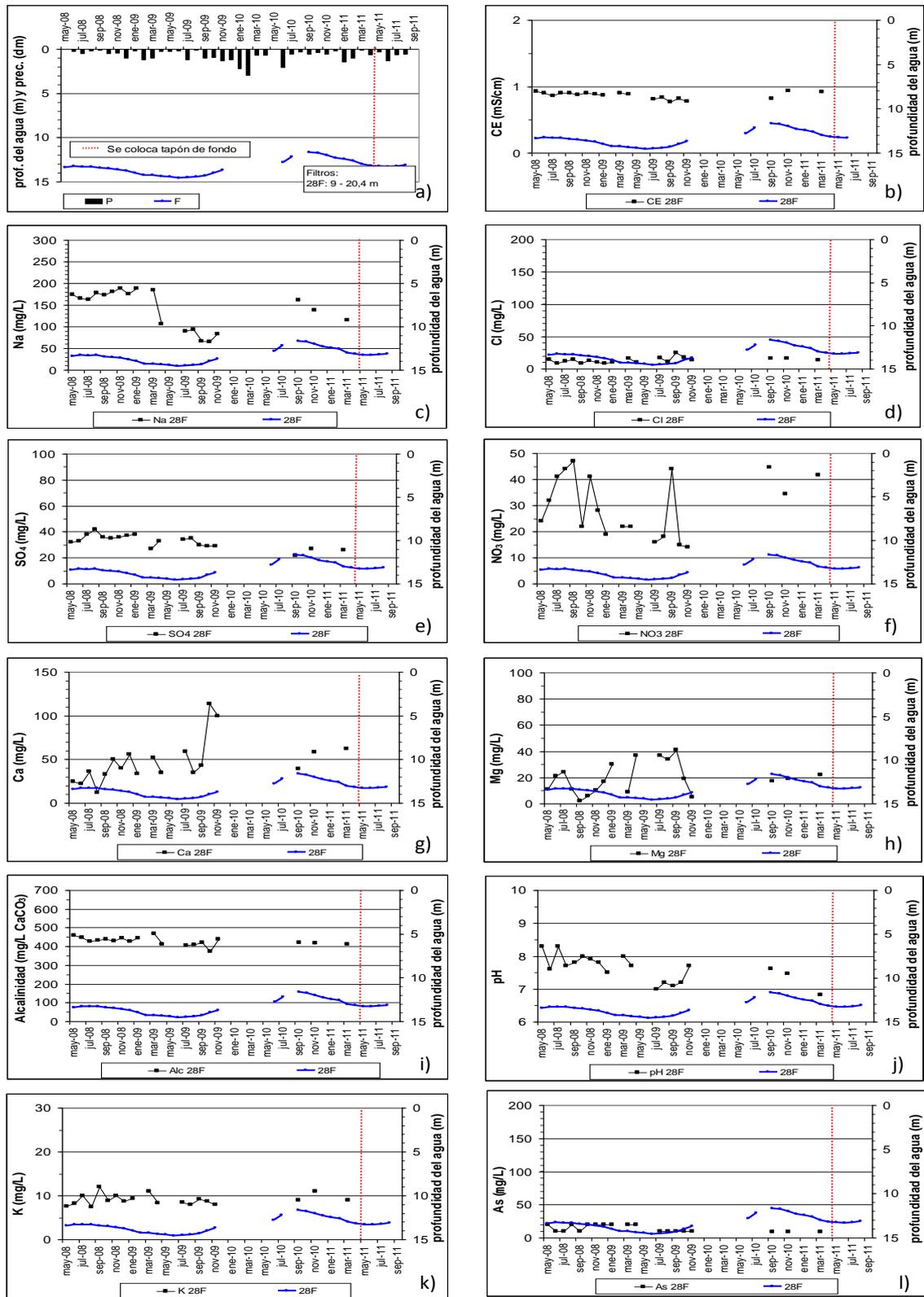


Figura AIII.23. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en el pozo 28F, red de ACUMAR.

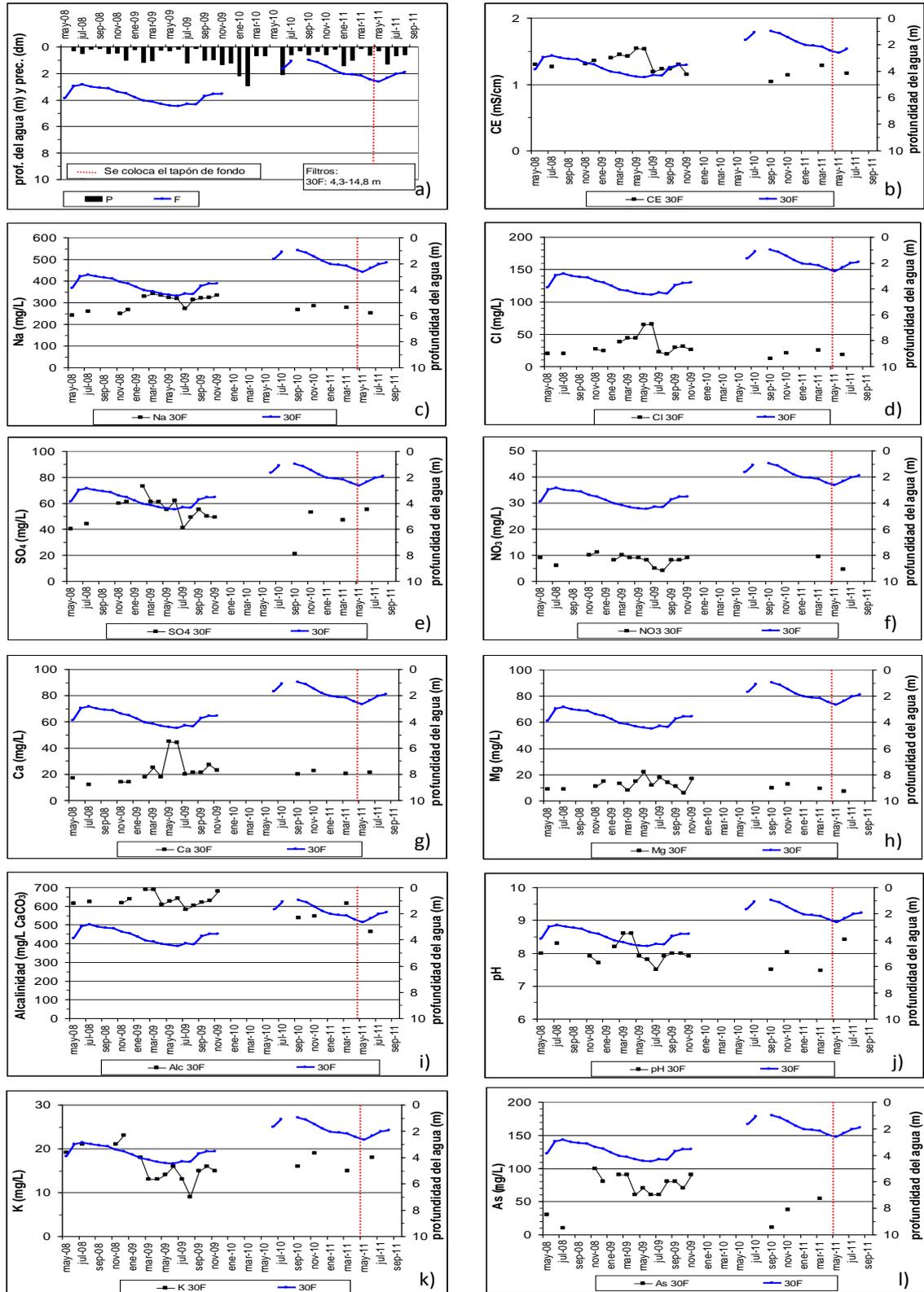


Figura AIII.24. Evolución temporal de la profundidad del agua y de las concentraciones de componentes químicos en el pozo 30F, red de ACUMAR.