

CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL C.Y.II EN LA ZONA SUR DE MADRID



Síntesis del estudio y conclusiones generales

Foto portada: Arqueta del pozo VT-2. Villamantilla (Madrid)

Impreso en el IGME. 2001

INFORME		Identificación H7- 001 - 01
		Fecha: Julio 2001
TÍTULO Caracterización de la calidad y riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en la zona de influencia del Canal de Isabel II (C.Y.II) en la zona sur de Madrid		
PROYECTO Convenio de asistencia técnica en materia de aguas subterráneas entre el I.G.M.E y el C.Y.II		
<p>RESUMEN</p> <p>A partir de datos analíticos disponibles y de los obtenidos en dos campañas específicas de muestreo, se ha realizado la caracterización hidroquímica histórica y actual de las aguas subterráneas en el conjunto de la zona de estudio que se han particularizado para las captaciones de los Sistemas Generales y Locales del C.Y.II existentes en ella, en el marco de funcionamiento hidrogeológico e hidroquímico del acuífero detrítico de Madrid.</p> <p>Evaluada la situación general de la zona en relación con los vertidos sólidos y líquidos generados en ella, se han identificado los principales focos de contaminación en el entorno inmediato de los pozos propiedad del C.Y.II y se ha estimado el riesgo de afección potencial que aquéllos pueden representar para las captaciones en servicio.</p> <p>En función de las circunstancias específicas de cada campo de pozos se propone una serie de medidas de protección y actuación relacionados con ellos.</p>		
<p>Revisión</p> <p>Nombre D. Juan Antonio López Geta</p> <p>Unidad Hidrogeología y Aguas Subterráneas</p> <p>Fecha Septiembre 2001</p>	<p>Autores D. Antonio Fernández Uría D. José M^a Ruiz Hernández D. Pedro Nieto López-Guerrero D^a. Loreto Fernández Ruiz</p> <p>Responsable D. Antonio Fernández Uría</p>	

INDICE

1. Antecedentes	1
2. Objetivos	1
3. Estructura del informe	1
4. Metodología. Trabajos realizados	3
5. Conclusiones Generales	5
5.1 Conocimiento del medio	5
5.2 El quimismo histórico	5
5.2.1 La calidad histórica en la zona de estudio ...	5
5.2.2 La calidad histórica en los Sistemas Locales	10
5.3 La calidad actual	13
5.3.1 La calidad actual en el conjunto de la zona	13
5.3.2 La calidad en los Sistemas Locales.....	21
6. Focos potenciales de contaminación.....	23
7. Contaminación detectada	23
8. Vulnerabilidad en los Sistemas Locales.....	24
9. Riesgo de contaminación	26
10. Medidas de protección	27

1. ANTECEDENTES

El 24 de septiembre de 1998 el Canal de Isabel II (C.Y.II) y el Instituto Tecnológico Geominero de España (I.T.G.E) formalizaron un Convenio específico de asistencia técnica del I.T.G.E. al C.Y.II., en el que se contemplaba la realización del estudio "**Caracterización de la calidad y riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en la zona de influencia del C.Y.II en la zona sur de Madrid**", complemento del realizado entre 1994 y 1996 –publicado en 1997- en la zona norte de la capital. Con él se completa el estudio de caracterización de la calidad y riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en la zona de influencia del C.Y.II en la facies detrítica del acuífero de Madrid.

El estudio se ha extendido a un área de unos 650 km² de la Comunidad de Madrid (Figura 1) en la que están ubicados los pozos del Sistema General de Batres y de los Sistemas Locales de Casarrubuelos, Moraleja de Enmedio, Móstoles, Fuenlabrada, Navalcarnero, Parla, Villamantilla y Villanueva de Perales cuyas captaciones –26 unidades en servicio- han sido objeto de estudio específico. En lo sucesivo se hace referencia a ellos bajo la denominación de **Sistemas Locales**.

2. OBJETIVOS

El estudio se ha planteado con los siguientes objetivos prioritarios:

- Caracterización espacial y temporal de la calidad de las aguas subterráneas en el área de estudio y, en particular, en las captaciones actualmente en servicio de los referidos Sistemas.

- Caracterización de los factores que pudieran incidir negativamente en dicha calidad habida cuenta tanto de la

vulnerabilidad del medio como de la presencia actual de focos potenciales de contaminación.

- Definición de medidas preventivas de protección a efectos de evitar o minimizar los eventuales impactos que los mencionados focos pudieran producir.

3. ESTRUCTURA DEL INFORME

La memoria del informe consta de 10 capítulos, con sus correspondientes anexos, según el siguiente:

Indice general

1. Antecedentes
2. Objetivos
3. Metodología
4. Caracterización del medio
5. Caracterización preliminar de la calidad
6. Caracterización de la calidad actual
 - 6.1. La calidad en el conjunto de la zona
 - 6.2. La calidad en los Sistemas Locales
7. Los focos potenciales de contaminación
8. Vulnerabilidad y riesgo de contaminación
9. Medidas de protección
10. Resumen y Conclusiones generales.

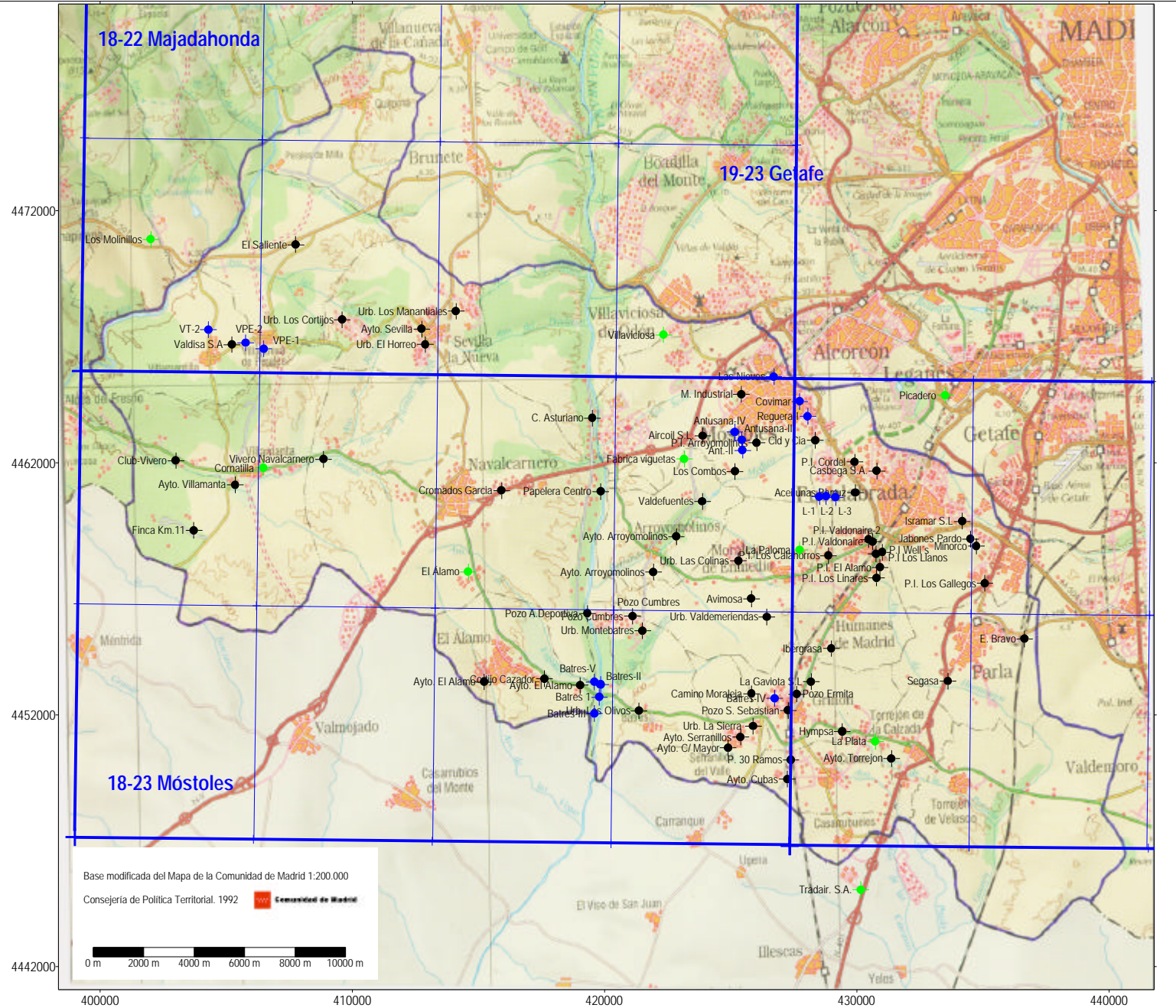
El informe, que incluye 152 cuadros, 136 figuras y 65 planos, se completa con los anexos generales de inventario y cartografía con la información básica utilizada.

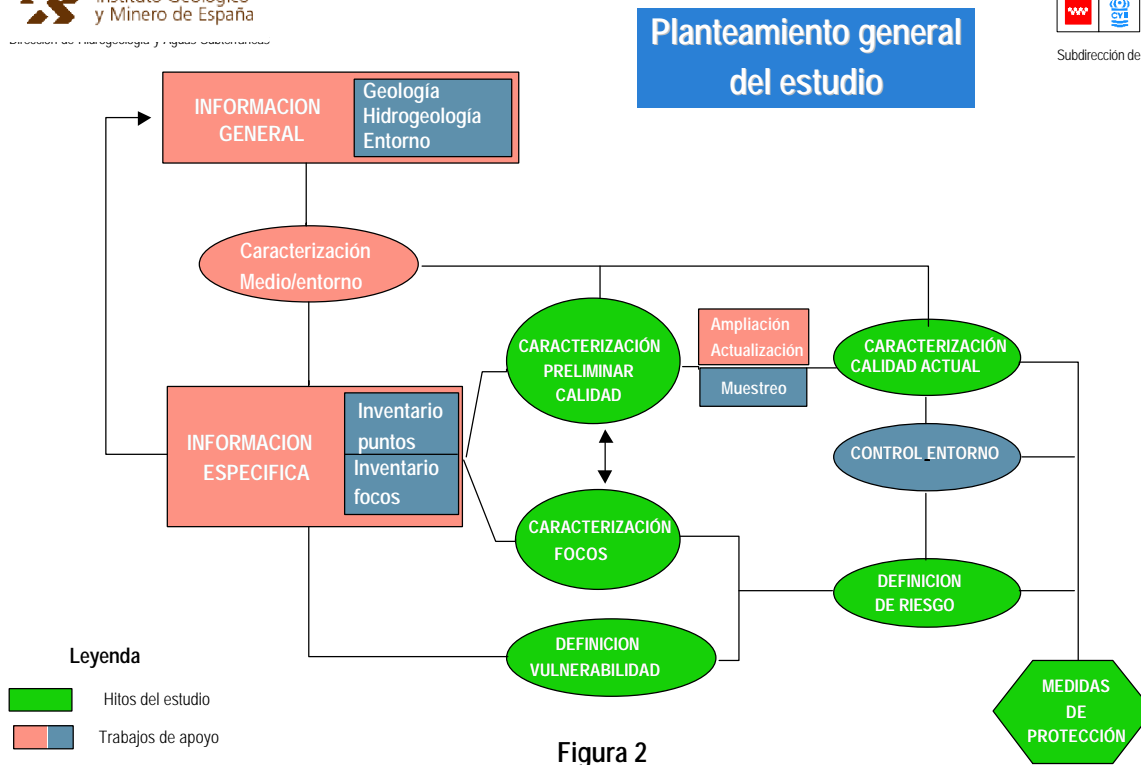
En los apartados que siguen se sintetizan los rasgos más sobresalientes del estudio y, en particular, las conclusiones más importantes derivadas del mismo.

Caracterización de la calidad y riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en el área de influencia del C.Y.II en la zona sur de Madrid.

Figura 1
Zona de estudio

- ◆ Punto muestreado
- ◆ Sondeo muestreado C.Y.II
- ◆ R.V.C. del ITGE
- Limite zona de estudio
- + Limite de octante
- + Limite de hoja 1:50000





4. METODOLOGÍA. Trabajos realizados

La metodología utilizada en la realización del estudio sigue las mismas líneas que la definida en el estudio de la zona norte de Madrid (1997), con los hitos fundamentales que se señalan en Planteamiento general del estudio (Figura 2)

El plan de trabajo que concreta dicho planteamiento incluye:

· Recopilación, análisis y síntesis de la información disponible con:

- Incorporación de la información más reciente relativa al funcionamiento hidráulico e hidroquímico de la zona –escasa y poco novedosa- así como a otros aspectos de interés.
- Obtención y análisis de inventarios generales de puntos acuíferos procedentes del ITGE, C.Y.II,

MOPTMA, COMUNIDAD DE MADRID, UNIVERSIDAD así como de empresas y particulares.

- Recopilación de datos dispersos e incompletos relativos a focos potenciales de contaminación, procedentes en su mayor parte del C.Y.II, Comunidad de Madrid y Confederación Hidrográfica del Tajo.

· Depuración y homogeneización de información analítica.

A efectos de disponer de información analítica homogénea y fiable sobre los puntos acuíferos de la zona se ha procedido a un proceso de filtrado de la información recopilada con objeto de eliminar la errónea, indeterminada, imprecisa o redundante. Ello ha permitido la selección de 601 análisis químicos no siempre completos, particularmente en lo tocante a elementos minoritarios, correspondientes a 233 puntos de muestreo. A partir de esta base analítica homogeneizada se ha efectuado el

diagnóstico sobre la “calidad histórica” del agua subterránea y su evolución temporal en la zona de estudio.

Propiedad de los puntos muestreados

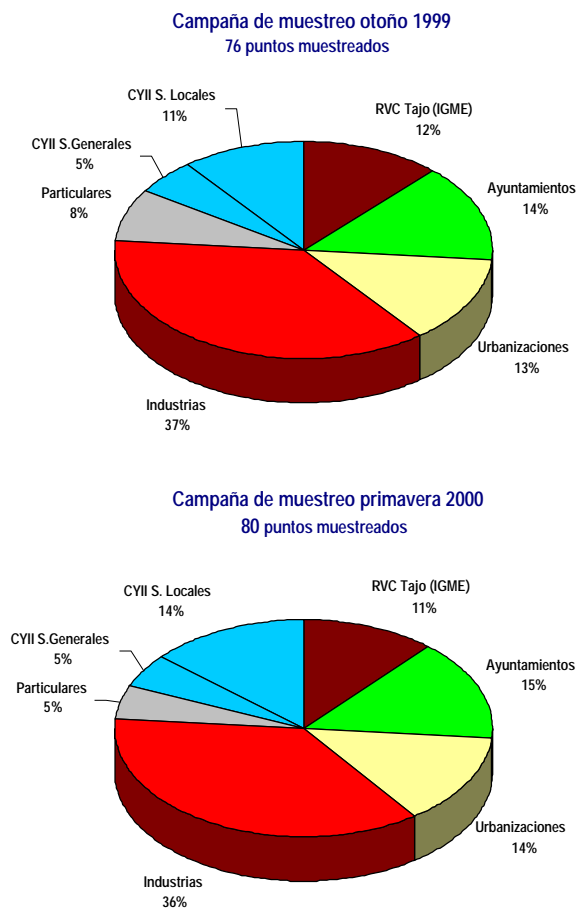


Figura 3

· Actualización de la información sobre calidad y riesgo de contaminación.

Las actividades realizadas incluyen:

- Revisión, comprobación y localización in situ de puntos de agua a fin de disponer de una cobertura espacial más homogénea que la impuesta por los puntos inventariados, muy polarizada hacia el sector meridional de la zona, en la margen izquierda del río Guadarrama, como paso previo al diseño de campañas específicas de muestreo.

- Realización de dos campañas de muestreo y toma de datos en otoño de 1999 y primavera de 2000 (Figura 3).

Los casi 160 análisis químicos completos realizados en estas campañas, con determinación de concentraciones de 32 constituyentes mayoritarios y minoritarios, ha constituido la base analítica para la definición de la “calidad actual” (1999-2000) tanto en el conjunto de la zona como en los Sistemas Locales.

- Caracterización de focos potenciales y riesgo asociado de contaminación en el conjunto de la zona de estudio y, en particular, en el entorno de unos 500 m de las captaciones de los Sistemas Locales.

La definición de riesgo potencial de contaminación en estas captaciones se ha basado en la evaluación de los siguientes factores:

- existencia de focos actuales de cierta entidad en sus inmediaciones.
- existencia de protección activa o pasiva en ellas: cementación, profundidad del primer tramo filtrante, espesor de tramos menos permeables desde el punto de vista litológico hasta el primer tramo filtrante, etc.
- existencia de indicios analíticos de contaminación achacable a los focos detectados.

- **Definición de la vulnerabilidad del medio.**

En este apartado se incluyen:

- Aplicación de procedimientos teóricos de cuantificación de la vulnerabilidad mediante cálculo de tiempos de

tránsito de un contaminante ideal desde la superficie hasta el límite superior de la zona saturada en diferentes hipótesis.

- Análisis del **grado de protección natural** de los sondeos del C.Y.II e, indirectamente, de la vulnerabilidad, en los casos en que ha sido posible, por medio de la determinación de un índice adimensional definido por el cociente entre la longitud total de tramos menos permeables hasta el primer tramo filtrante del sondeo y la profundidad del mencionado primer tramo filtrante.
- **Diseño de medidas de protección.**

Las medidas de protección propuestas se han establecido con la finalidad de ofrecer respuestas prácticas y realistas para mantener o mejorar la situación específica de los Sistemas Locales en el ámbito de incertidumbre relativa al riesgo de afección a que puedan estar sometidos por su frecuente ubicación en ámbitos urbanos o periurbanos.

5. CONCLUSIONES GENERALES

5.1. Conocimiento del medio

El análisis de la escasa documentación reciente sobre las características generales del acuífero no ha permitido aportar información sustancial novedosa sobre los modelos conceptuales de flujo, hidroquímico y de contaminación actualmente aceptados.

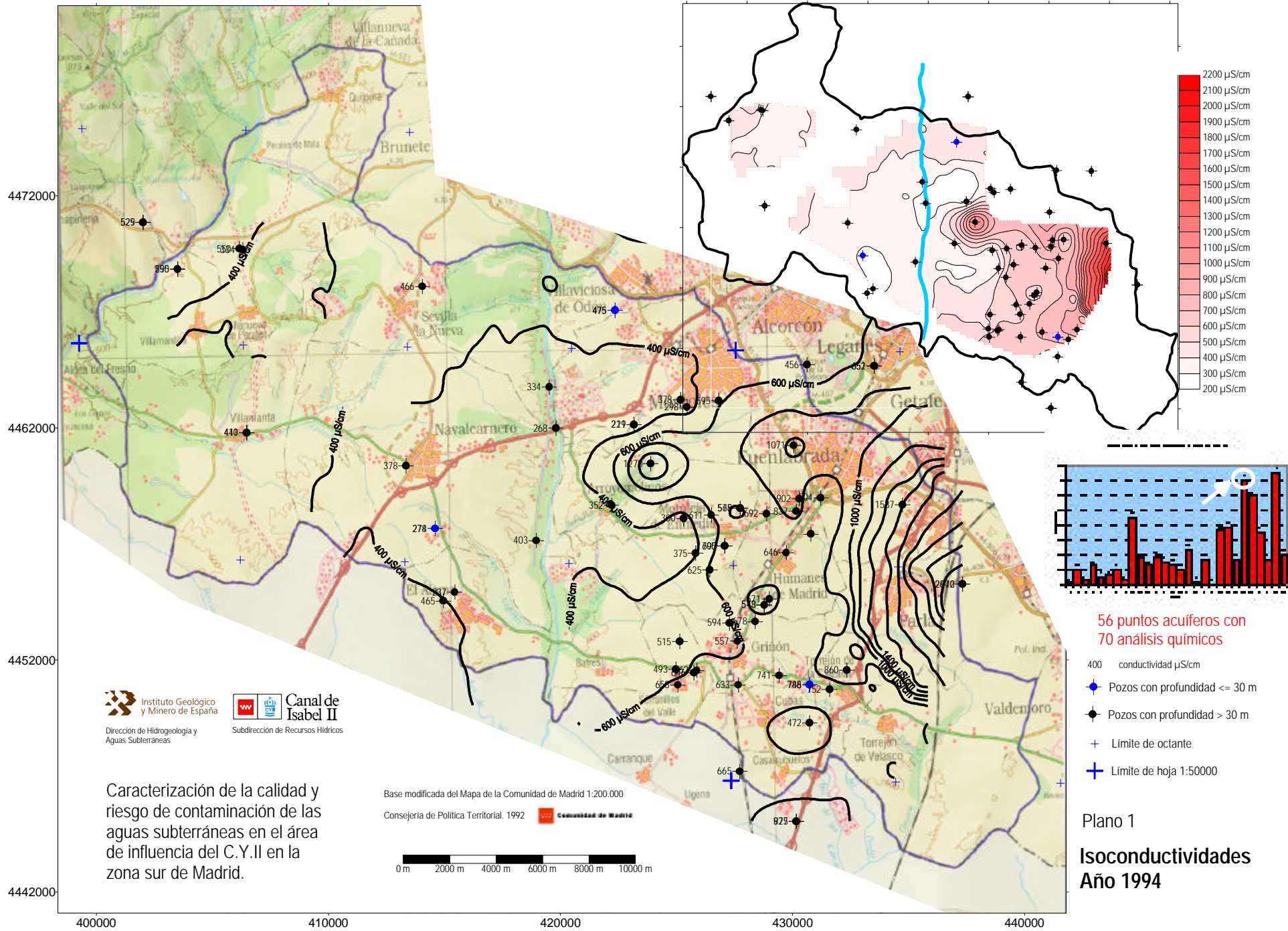
5.2. EL QUIMISMO HISTÓRICO

5.2.1. La calidad histórica en la zona de estudio

La **caracterización espacial** del quimismo histórico en la zona de estudio se ha establecido a partir de la información de 601 análisis químicos en el periodo 1972-1999, frecuentemente incompletos, correspondientes a 233 captaciones ubicadas con marcada polarización hacia las vías de comunicación, los cascos urbanos y las zonas industriales del sector oriental de la zona. El estudio de su **evolución temporal** se ha realizado a partir de 216 análisis químicos en 25 captaciones con series de al menos cinco análisis, a menudo discontinuas, en el periodo 1975-1999.

El análisis de los datos disponibles, de los que se incluyen como ilustrativos los correspondientes a 1994, fecha en que el registro es más completo y con mayor cobertura espacial, expresados en unidades convencionales de concentración de elementos mayoritarios y minoritarios (mg/L), conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y dureza (mg/L de CaCO_3), permite establecer las siguientes conclusiones, muy similares a las obtenidas en el estudio de la zona norte de Madrid:

- Con oscilaciones de concentración de constituyentes dentro del rango de valores usuales en el acuífero de Madrid, las aguas subterráneas de la zona de estudio presentan por lo común **buena calidad general**, con la configuración química que se sintetiza en el cuadro 1.



Caracterización de la calidad y riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en el área de influencia del C.Y.II en la zona sur de Madrid.

Cuadro 1. Resumen estadístico de datos de composición química histórica en el conjunto de la zona. (1994). Unidades de concentración convencionales. (C.c/P = Coeficiente de correlación con la profundidad)

Constituyente	n	Máx.	Mín.	Media	Sd	C.c/P
Cl	59	160	6	41.9	28.9	-0.29
SO ₄	64	1250	3.8	80.7	197.9	-0.22
HCO ₃	62	586	31	216.9	87.2	-0.15
NO ₃	64	80	0	26.5	18.5	-0.18
Na	64	191	13	59.7	38.2	-0.30
Mg	63	90	0.5	15.9	14.2	-0.37
Ca	64	336	0.8	56.3	52.9	-0.18
Conductividad	63	2972	219	646.5	459.5	-0.29
NO ₂	62	2.4	0	0.1	0.3	-
NH ₄	61	3.9	0	0.1	0.6	-
P ₂ O ₅	28	0.9	0	0.1	0.2	-
SiO ₂	33	65.2	0	28.2	24.0	-

- Por regla general las aguas subterráneas presentan mineralización y dureza moderadas, con predominio de las facies bicarbonatadas cálcicas (46%) y bicarbonatadas sódicas (22%); el porcentaje de detección de facies mixtas así como de cloruradas o sulfatadas cálcicas es inferior al 10%.

- La distribución espacial de la conductividad (Plano 1), con aumento progresivo hacia la facies de transición del acuífero, asociada en sus valores máximos a valores máximos de concentración de sulfatos, refleja el hecho de que la composición litológica zonal del acuífero constituye el factor de mayor peso específico en la configuración del quimismo del agua subterránea en la zona de estudio.

- A pesar de que no se ha establecido una tendencia clara de la disminución de conductividad y otros constituyentes con el aumento de profundidad de las captaciones (cuadro 1), los datos disponibles ponen de manifiesto que en las captaciones de más de 150 m de profundidad se detectan

sistemáticamente valores de conductividad y concentración de otros elementos mayoritarios no tan elevados como en captaciones menos profundas. (Figura 4).

Esto sugiere que no se produce un empeoramiento relativo de la calidad con el aumento de la profundidad de las captaciones en el segmento de acuífero explotado por éstas.

- En concentraciones variables, la presencia de nitratos es una constante en las aguas subterráneas de la zona. Este elemento, detectado en concentraciones superiores al límite permitido en el 8 % de las captaciones profundas y en el 21 % de las que tienen profundidad inferior a los 30 m, constituye la principal causa de objetabilidad, puntual y a menudo no persistente, del agua subterránea para consumo humano en la zona de estudio. Su presencia en concentraciones superiores al límite establecido está ligada predominantemente a entornos urbanos e industriales en el arco: Serranillos del Valle, Humanes, Fuenlabrada y Móstoles.

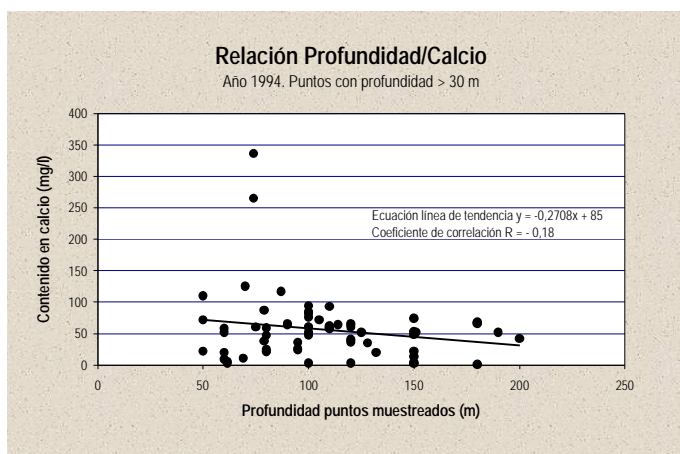
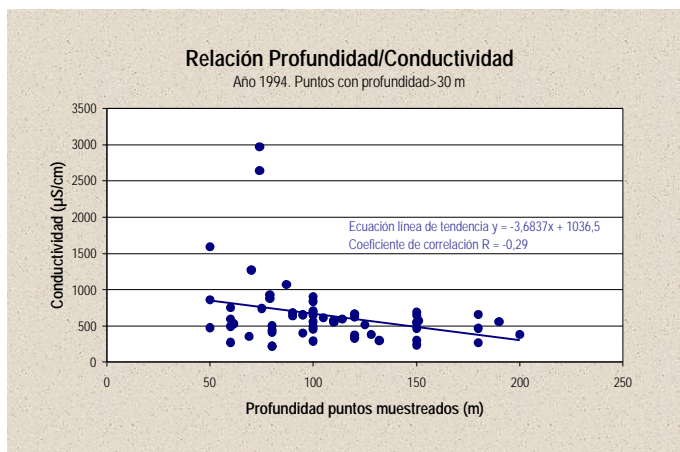


Figura 4

Limitaciones de uso menos frecuentes, esporádicas, puntuales y probablemente no persistentes, derivan de la presencia de sulfatos, magnesio, sodio y algunos elementos minoritarios en concentraciones por encima de los límites establecidos.

La evolución temporal de la composición química de las aguas subterráneas en la zona se ha caracterizado mediante el estudio de la evolución de la conductividad y del contenido en nitratos como parámetros indicativos de dicha composición.

- Se han detectado variaciones acusadas en el sentido de aumento o disminución de conductividad y concentración de nitratos tanto en el

conjunto de la serie histórica como en periodos más cortos dentro de la misma. Aunque los valores medios más frecuentes de estos parámetros (300–700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en el caso de la conductividad, y 10–50 mg/L , en el de los nitratos) se encuentran dentro de los valores habituales en el acuífero, las variaciones puntuales más frecuentes sobre los valores mínimos pueden alcanzar el rango del 100 al 200 % en el caso de la conductividad y del 100 al 300 % en el caso de los nitratos.

- Las variaciones de conductividad y nitratos, al igual que las del resto de constituyentes, no se asocian a captaciones de determinada profundidad, ni a un periodo de tiempo determinado, ni a una situación hidrogeológica o espacial concreta ni a cambios en el nivel piezométrico de las respectivas captaciones. En particular, las variaciones de conductividad se asocian a variaciones paralelas de un conjunto de iones mayoritarios que parecen excluir la incidencia predominante de un único proceso geoquímico en las mismas. Esto parece apuntar en el sentido de una notable influencia simultánea del entorno hidrogeológico e hidroquímico inmediato, específicos de cada sondeo y, probablemente, de las pautas de su explotación.

- Las tendencias y pautas de evolución de la conductividad y nitratos son múltiples y variables (Figuras 5 y 6) de modo que no pueden ser consideradas como una constante ni en una determinada captación ni en una zona concreta ni de un periodo de tiempo definido.

Tendencias en la evolución de la conductividad

Puntos acuíferos con 5 o más análisis químicos

Figura 5

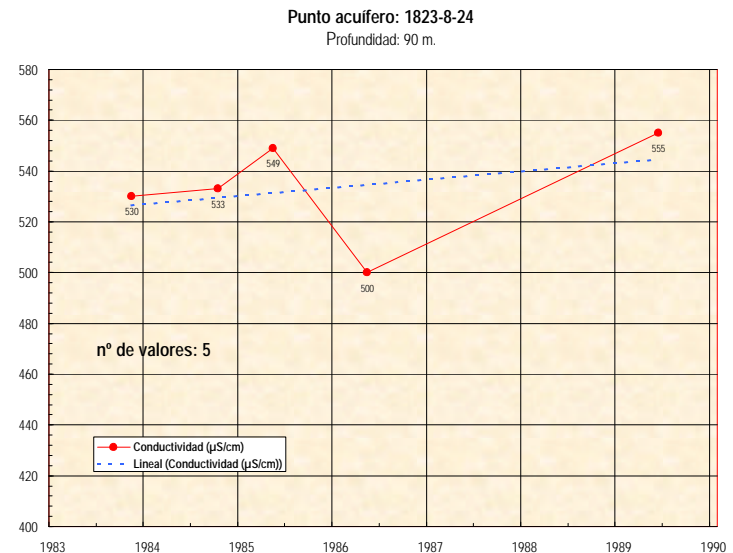
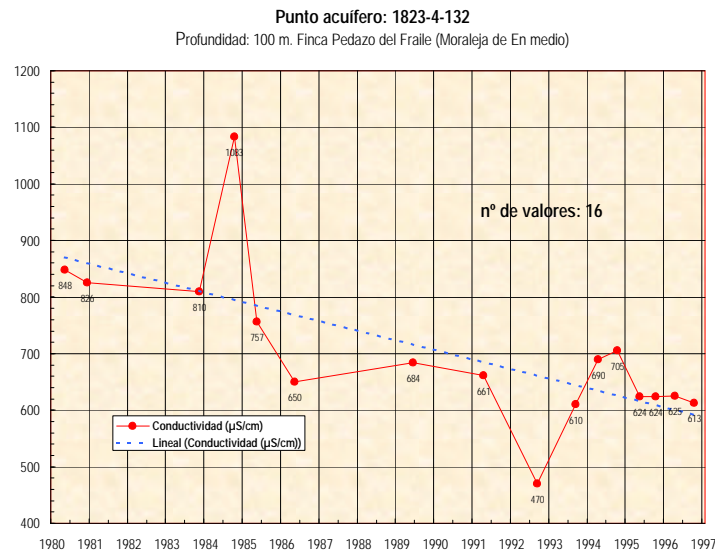
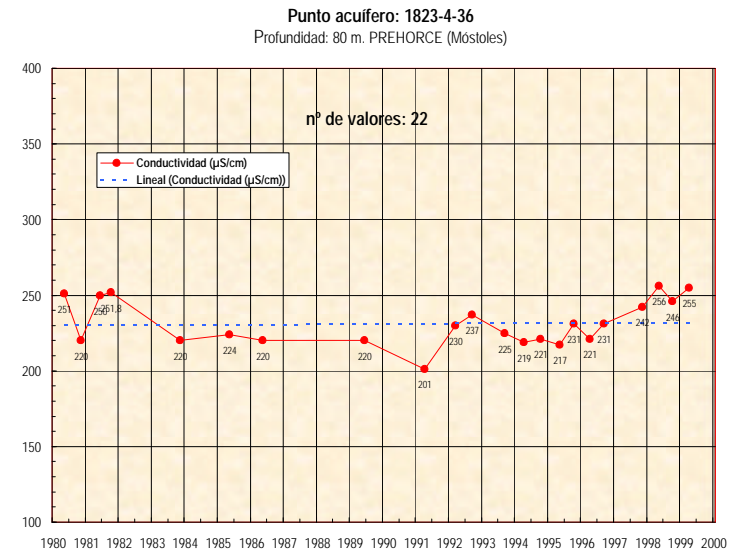
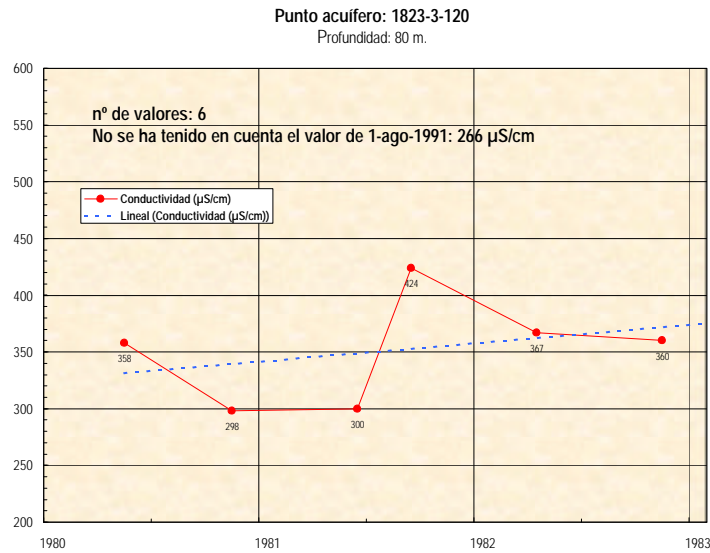











Figura 6

Pautas de variación de las concentraciones de NO₃









Datos de 2 series consecutivas

Pauta	n
	11
	13
	7
Total	31

Datos de 4 series consecutivas

Pauta	n
	1
	5
	1
	2
	1
	1
Total	11

Datos de 3 series consecutivas

Pauta	n
	1
	4
	1
	1
	1
	1
	1
	1
Total	11

5.2.2. La calidad histórica en los Sistemas Locales

La definición de la calidad histórica en los sondeos de los Sistemas Locales se ha realizado a partir de información analítica de iones mayoritarios en 28 captaciones y de iones minoritarios en 21 captaciones. Esta información corresponde a la disponible en el periodo 1973–1999 e incluye la obtenida en la campaña específica de otoño del mismo año en los sondeos de los Sistemas Locales que estaban operativos. Se dispone de 50 análisis

completos y 42 incompletos de elementos mayoritarios; excepto la correspondiente a la mencionada campaña, la información analítica sobre constituyentes minoritarios, cuando existe, es muy incompleta y poco continua en el tiempo.

El análisis de la información disponible permite establecer como más destacables las siguientes conclusiones en lo relativo a la calidad histórica en las captaciones de los Sistemas Locales:

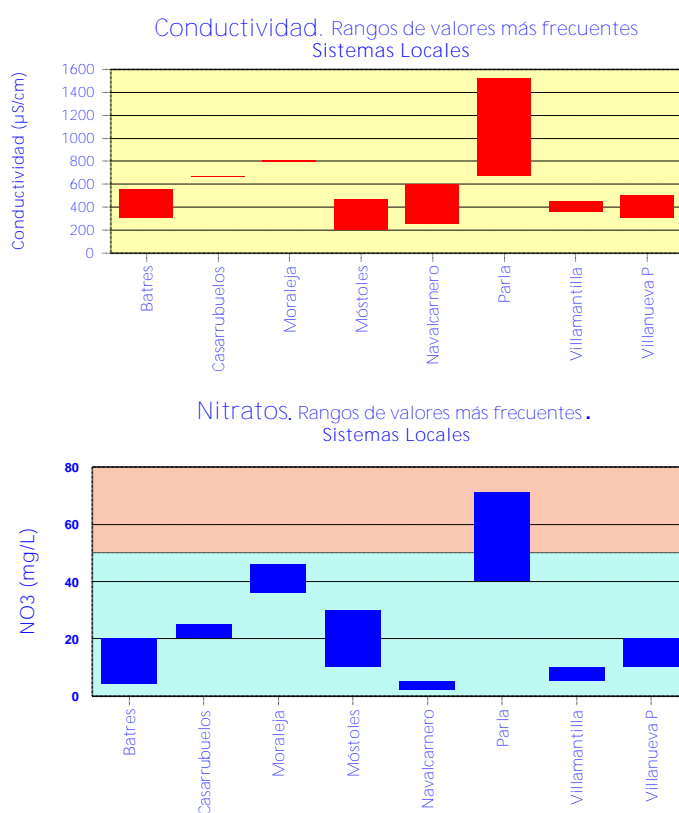


Figura 7

- La calidad histórica del agua subterránea en estas captaciones es buena en general, con los rangos de concentraciones más frecuentes que se indican en los cuadros 2 y 3 y en la figura 7 y, dureza variable con predominio de las aguas blandas (30%) o duras (30%) seguidas en frecuencia de aparición por las muy duras (25%).

Cuadro 2. Elementos mayoritarios. Rangos de concentraciones más frecuentes

	Batres		Móstoles		Villamantilla		V. de Perales		Navalcarnero		Parla		Casarrubuelos		Moraleja	
	n	Rango (mg/L)	n	Rango (mg/L)	n	Rango (mg/L)	n	Rango (mg/L)	n	Rango (mg/L)	n	Rango (mg/L)	n	Rango (mg/L)	n	Rango (mg/L)
Cl	23	10-30	23	10-30	17	30-40	6	25-50	5	40-75	2	63-113	3	40-45	2	48-52
SO ₄	19	15-40	13	20-80	8	3-8	6	0-15	7	50-90	2	112-424	3	40-45	2	82-86
HCO ₃	18	100-200	13	100-200	8	180-200	6	150-230	7	100-200	2	244-390	3	250-275	2	255-282
NO ₃	26	4-20	26	10-30	18	5-10	8	10-20	7	2-5	2	40-71	3	20-25	2	36-46
Na	19	30-80	13	20-50	8	60-70	6	20-30	7	60-70	2	100-120	3	40-60	2	50-51
Mg	19	1-20	13	1-10	8	4-6	6	4-6	6	2-6	2	34-87	3	20-20	2	16-16
Ca	19	1-60	13	20-50	8	20-40	6	50-75	7	0-10	2	40-120	3	60-70	2	88-96
K	18	0-3	13	1-2	8	0,5-2	6	0-2	7	0-1	2	3-4	3	3-5	2	3,4-3,4
Cond.	26	300-550	25	200-475	18	350-450	8	300-500	7	250-600	2	670-1520	3	660-670	2	790-811
NO ₂	11	0-0,01	10	0-0,08	15	0-0,02	5	0-0,01	6	0-0	2	0,1-03	3	0,0-0,04	2	0-0,02
NH ₄	8	0-0,01	4	0-2,5	11	0-0,03	2	0,01-0,01	6	0-0,01			3	0-0		
P ₂ O ₅	15	0-0,05	14	0,02-0,04	15	0-0,1	3	0,02-0,04	4	0-0,3						
SiO ₂	23	10-35	23	30-40	16	15-30	4	20-40	4	15-20			1	30		

Cuadro 3. Elementos minoritarios. Rangos de concentraciones más frecuentes

	Batres		Móstoles		Villamantilla		V. de Perales		Navalcarnero		Parla		Casarrubuelos		Moraleja	
	n	Rango (mg/L)	n	Rango (mg/L)	n	Rango (mg/L)	n	Rango (mg/L)	n	Rango (mg/L)	n	Rango (mg/L)	n	Rango (mg/L)	n	Rango (mg/L)
	9	0,2-0,5	1	0,16	4	0,05-0,1	2	0,2-0,3	4	0-0,4						
Li									4	0-0	1	0,4				
Fe	1	0,03	6	0,04-0,07	6	0,05-0,1	1	0,067	6	0,0-0,05			1	0,44		
Mn	2	0,01-0,02	3	0,01-0,01	6	0,02-0,03	1	0,157	6	0,0-0,01						
Cu	3	0,0002-0,0003	1	0,003	2	0,0005-0,002	2	0,005-0,005								
Zn	2	0,04-0,07	2	0,07-0,08	2	0,09-0,1	2	0,02-0,06								
Ba	3	0,05-0,08	1	0,004	2	0,003-0,007	2	0,002-0,005								
Pb	2	0,002-0,002			1	0,002	2	0,003-0,003								
Ni	3	0,002-0,003	1	0,003	2	0,001-0,004	1	0,0027								
Cd	1	0,001														
As	9	0,005-0,03	1	0,018	2	0,001-0,003										
Al	2	0,01-0,04	1	0,02	7	0,03-0,1										
Cn	2	0,007-0,008			2	0,01-0,02										
Fenoles	3	0,0001-0,0002			2	0,00006-0,0001	2	0,0001-0,0002								
HAP	1	0,00001														
Sr	2	0,02-0,4														

Sin datos de elementos minoritarios

Limitaciones de potabilidad Serie análisis históricos. Sistemas Locales

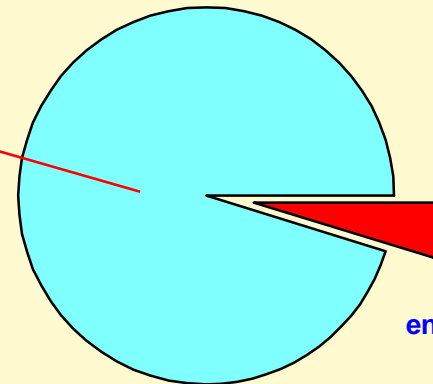
	Nº det.	Nº det > límite	I
SO4	59	1	1,69
NO3	91	2	2,20
Mg	58	1	1,70
NO2	53	4	7,50
NH4	36	3	8,30
Fe	21	3	14,20
Mn	18	2	11,00
As	12	2	16,60
Al	10	2	20,00
Total	358	20	5,20

CAMPO	Nº det. (*)	Nº det > límite	I
Batres	120	2	1,6
Casarrubuelos	19	1	5,2
Moraleja de E.	11	-	-
Móstoles	93	7	7,5
Navalcarnero	51	-	-
Parla	10	5	50,0
Villamantilla	96	4	4,1
Vill. de Perales	40	1	2,5
Total	440	20	5,0

$$I = \frac{\text{Nº determinac. > límite}}{\text{Nº determinaciones}} \times 100$$

Porcentaje de veces en que **NO SE SOBREPASAN** los límites de la R.T.S

95 %



Porcentaje de veces en que **SE SOBREPASAN** los límites de la R.T.S

5 %

(*) Sobre parámetros que tienen establecido límite en la R.T.S.

Fig: 8

- En ellas existe un notable predominio de las facies bicarbonatada cálcica (28%) y bicarbonatada sódica (24%) sobre el resto de las facies hidroquímicas. Estas facies corresponden aceptablemente a la posición hidrogeológica (zonas de recarga o descarga) de las captaciones.

- Presentan buena calidad para consumo humano y sólo de forma ocasional y generalmente no persistente presentan alguna ligera limitación por sobrepasar ligeramente alguno de los límites de concentración máxima admisible como se pone de manifiesto en la figura 8.

- En el 76% de las ocasiones pertenecen a la Clase C2-S1 por lo que no presentan exigencias notables para su utilización en riego; en el resto de las ocasiones precisan de condiciones más estrictas en cuanto a tipo de suelo y tolerancia de las plantas a que puedan ser aplicadas.

- La composición química es relativamente constante en el tiempo sin una tendencia inequívoca generalizada hacia el aumento o disminución de la mineralización del agua como se pone de manifiesto en los porcentajes de tendencias de la conductividad: crecientes en el 56 % de las ocasiones y decreciente en el 44 % de las mismas.

- Al igual que en el resto de la zona, la presencia de nitratos en los pozos de los Sistemas Locales puede considerarse como una constante en el sentido de que aparecen en todos los años del registro; no así los nitritos o amonio que aparecen y desaparecen sin pauta determinada y

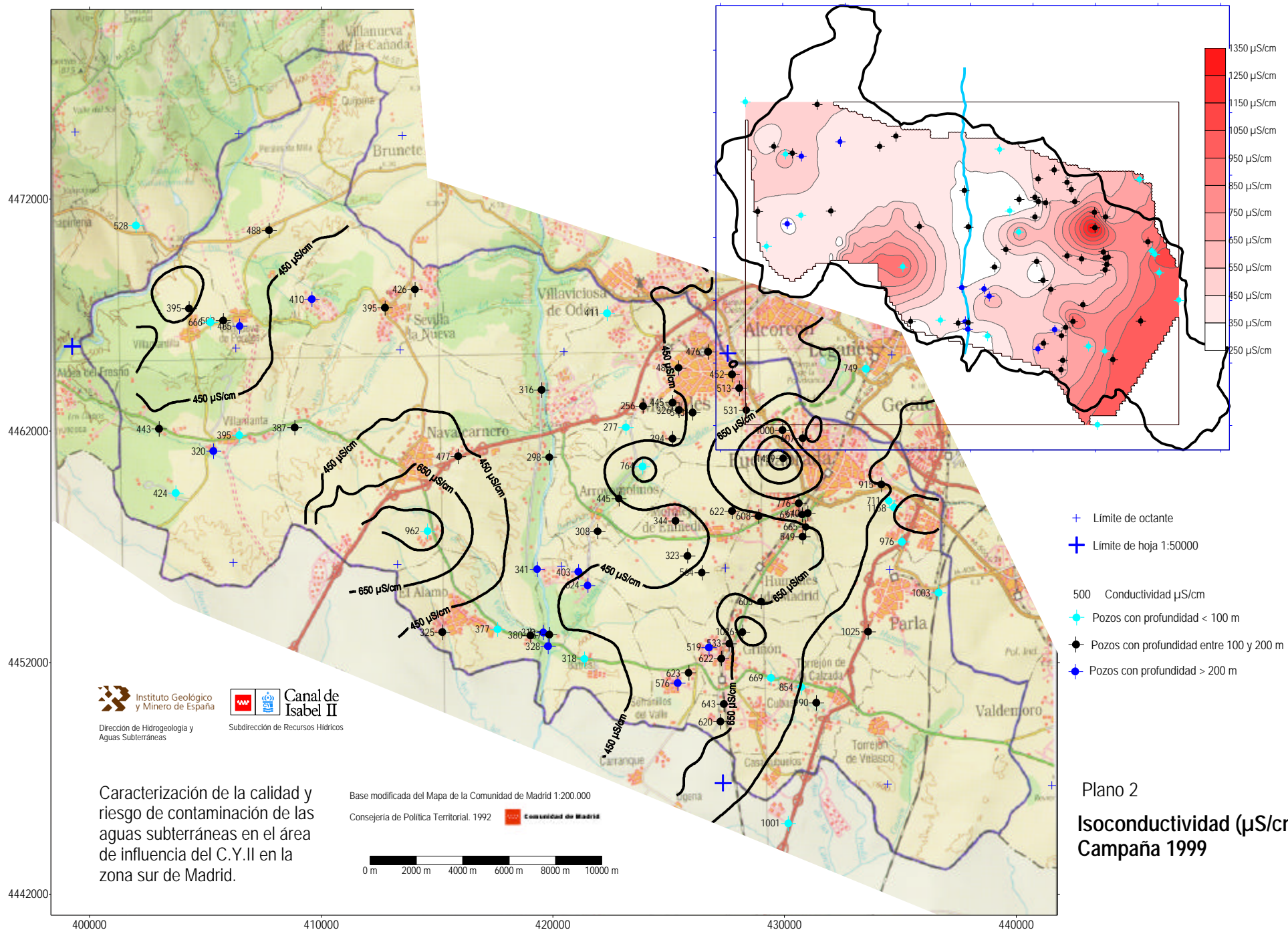
sin correlación con las concentraciones de nitratos.

5.3 LA CALIDAD ACTUAL

El análisis de la composición química actual del agua subterránea en la zona de estudio, particularizado para los sondeos de los Sistemas Locales, se ha realizado a partir de los datos de 76 análisis químicos completos de muestras de agua tomadas, en los meses de septiembre – noviembre de 1999, en captaciones concentradas en su mayor parte en la margen izquierda del Guadarrama, zona en que se sitúan los núcleos urbanos más importantes y donde se desarrolla buena parte de la actividad industrial de la Comunidad de Madrid.

5.3.1. La calidad actual en el conjunto de la zona.

Excepción hecha de ciertos casos puntuales, las aguas subterráneas de la zona, frecuentemente duras o muy duras, presentan buena calidad general, apta para todos los usos, con predominio de facies bicarbonatada cálcica y bicarbonatada sódica, rango más frecuente de conductividad entre 200 y 600 μ S/cm, con la distribución espacial que se indica en el plano 2, contenido en nitratos por lo común inferior a 50 mg/L, y concentraciones de elementos mayoritarios y minoritarios que se mantienen en rangos de pocas decenas o de centésimas/milésimas de miligramo por litro respectivamente. (Ver cuadro 4 y figura 9).



 Instituto Geológico y Minero de España
 Dirección de Hidrogeología y Aguas Subterráneas

 Canal de Isabel II
 Subdirección de Recursos Hídricos

Caracterización de la calidad y riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en el área de influencia del C.Y.II en la zona sur de Madrid.

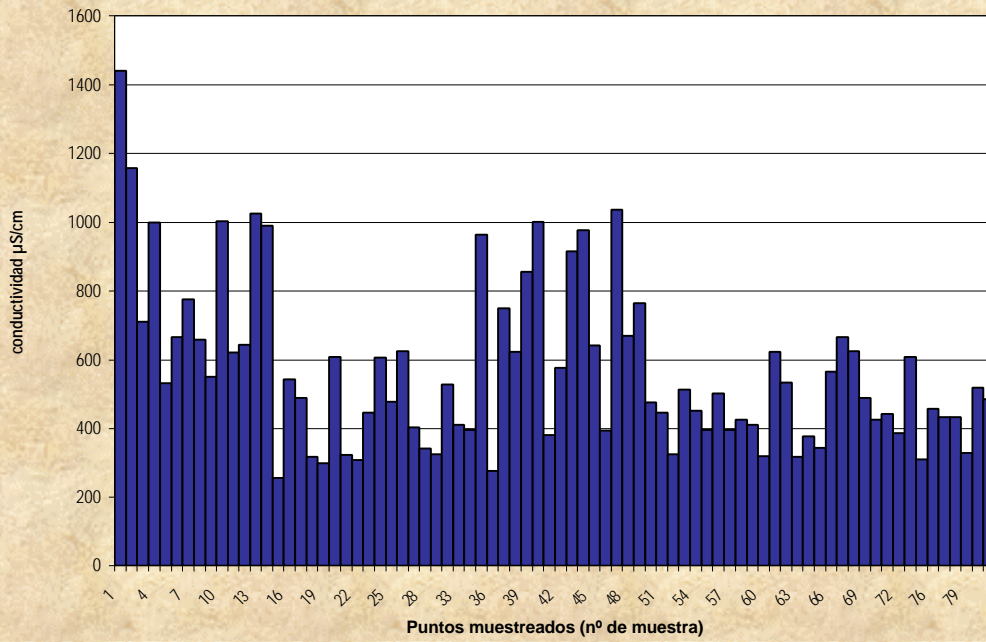
Base modificada del Mapa de la Comunidad de Madrid 1:200.000
 Consejería de Política Territorial. 1992 



- + Límite de octante
- + Límite de hoja 1:50000
- 500 Conductividad µS/cm
- ◆ Pozos con profundidad < 100 m
- ◆ Pozos con profundidad entre 100 y 200 m
- ◆ Pozos con profundidad > 200 m

Plano 2
 Isoconductividad (µS/cm)
 Campaña 1999

Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$. Campaña 99



Contenido en nitratos (mg/L) Campaña 99

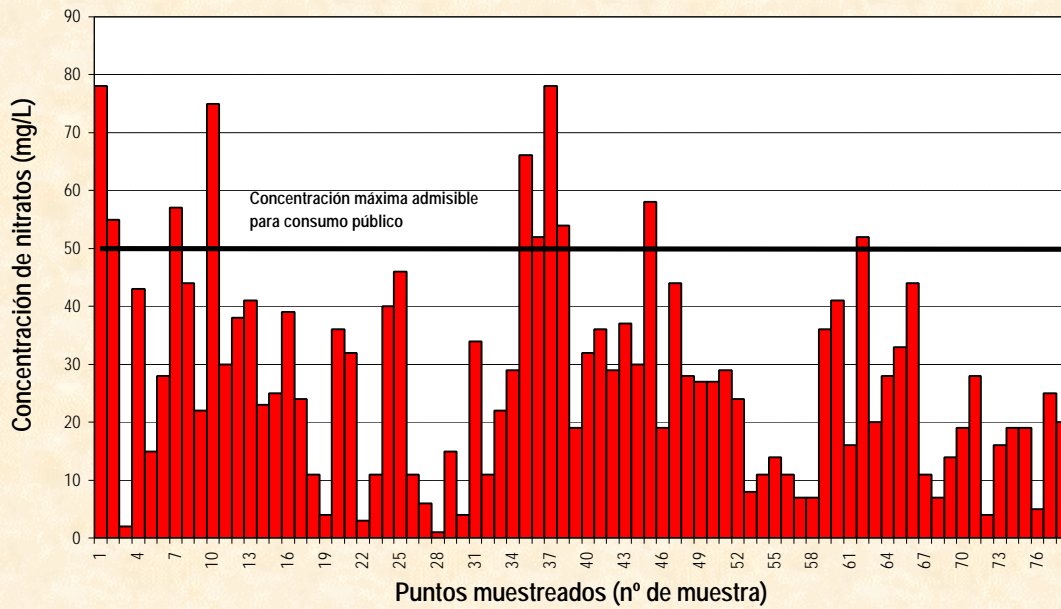


Figura 9

Cuadro 4. Caracterización química de las aguas subterráneas. (Campaña Otoño 1999)
(Datos redondeados, en mg/L)
Elementos mayoritarios

Elemento	n	Máximo	Mínimo	Media	Rango más frecuente	%
Cl	76	233	8	49	0-50	66
SO ₄	76	300	5	70	0-50	47
HCO ₃	76	556	65	202	150-250	60
NO ₃	76	78	1	28	0-20	40
Na	76	177	16	58	0-50	49
K	75	9	1	2	0-2	71
Ca	76	174	3	53	0-60	62
Mg	76	84	1	16	0-10	58
Conductividad	76	1439	256	571	200-600	61
SiO ₂	76	55	3	32	20-40	70

Elementos minoritarios

Elemento	n	Máx	Mín	Med
NO ₂	4	0.07	0.06	0.1
NH ₄	2	2.6	0.24	1.4
PO ₄	27	0.6	0.05	0.2
F	3	1	0.5	0.6
Fe	63	0.556	0.021	0.08
Mn	3	0.157	0.044	0.10
Cu	3	0.29	0.05	0.13
Zn	55	3.39	0.05	0.26

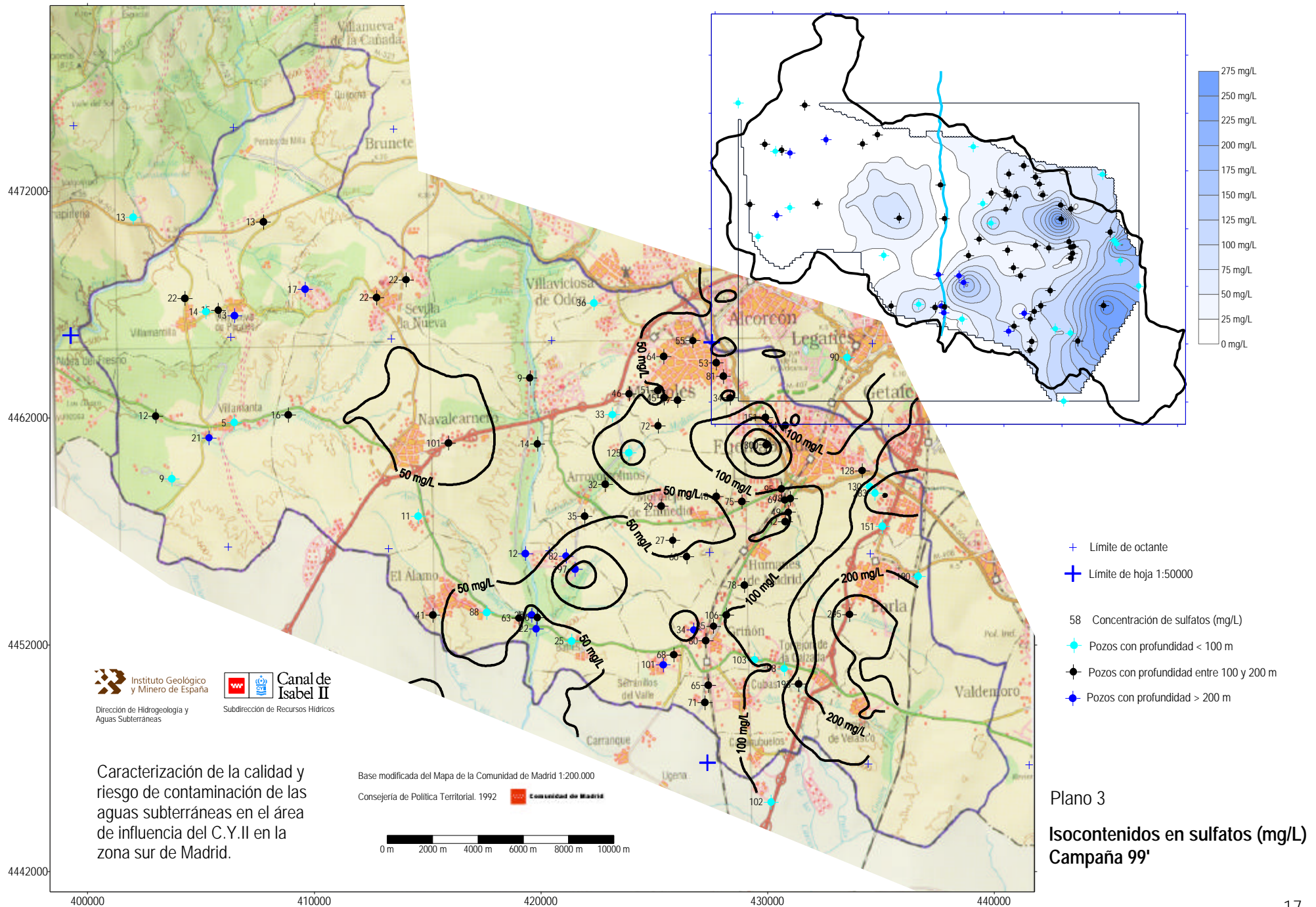
Elemento	n	Máx	Mín	Med
Pb	0	-	-	-
Cr	8	0.014	0.005	0.01
Cd	2	0.003	0.002	0.002
As	14	0.078	0.03	0.02
Se	0	-	-	-
Al	1	0.18	0.18	-
CN	1	1	1	-
Hg	0	-	-	-

Los aspectos más destacables del quimismo del agua subterránea, coincidentes en buena parte con los puestos de relieve en el estudio relativo a la zona norte del acuífero, son los siguientes:

- El factor predominante en la configuración química del agua subterránea es la composición litológica del acuífero. La influencia de la facies de transición en la zona de estudio parece extenderse de forma más o menos acusada hasta la línea imaginaria Móstoles, Moraleja de Enmedio - Serranillos del Valle, a partir de la cual se produce un incremento progresivo y generalizado de concentraciones de elementos mayoritarios, particularmente sulfatos. (Plano 3) hacia el este.
- Actuación simultánea de procesos modificadores del quimismo


entre los que pueden destacarse: precipitación de carbonatos e intercambio iónico puestos de manifiesto por la tendencia, poco evidente, a la disminución de bicarbonatos, calcio y magnesio, acompañada por la ausencia de bajas concentraciones de sodio en las captaciones más profundas (Figura 10). La tendencia a la disminución de nitratos con la profundidad (Coeficiente de correlación = - 0.41) parece apuntar a un eventual proceso de reducción de los mismos.

- Existencia de procesos notorios de aporte de sodio, magnesio y calcio complementarios de los de disolución de carbonatos o sales de tipo NaCl o CaSO₄, reflejo de la influencia del medio silicatado en que tienen lugar los procesos de formación y modificación del quimismo en el acuífero (Figura 11).



 Instituto Geológico y Minero de España
 Dirección de Hidrogeología y Aguas Subterráneas
 Canal de Isabel II
 Subdirección de Recursos Hídricos

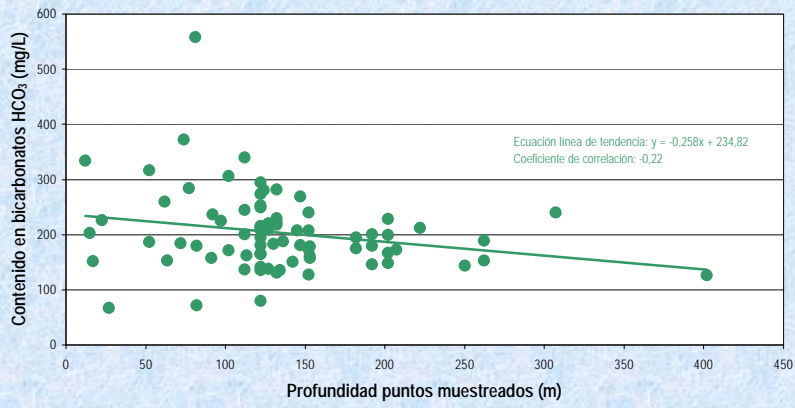
Caracterización de la calidad y riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en el área de influencia del C.Y.II en la zona sur de Madrid.

Base modificada del Mapa de la Comunidad de Madrid 1:200.000
 Consejería de Política Territorial, 1992  Comunidad de Madrid
 0m 2000m 4000m 6000m 8000m 10000m

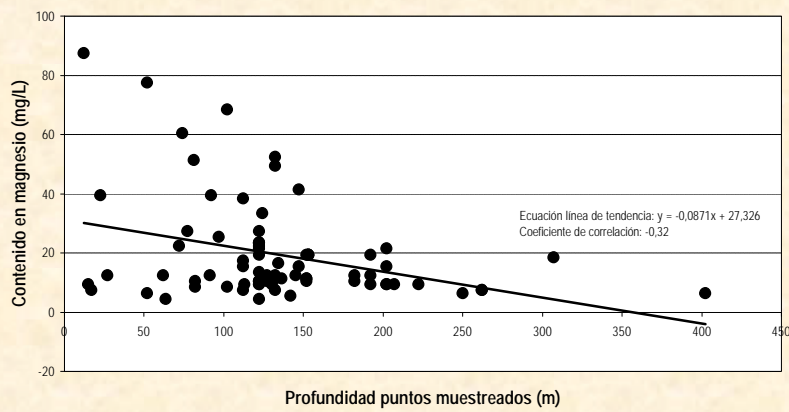
- + Límite de octante
- + Límite de hoja 1:50000
- 58 Concentración de sulfatos (mg/L)
- ◆ Pozos con profundidad < 100 m
- ◆ Pozos con profundidad entre 100 y 200 m
- ◆ Pozos con profundidad > 200 m

Plano 3
Isocontenidos en sulfatos (mg/L)
Campaña 99'

Relación Profundidad/Bicarbonatos HCO_3 Campaña 99



Relación Profundidad/Magnesio (mg/L) Campaña 99



Relación Profundidad/Sodio Campaña 99

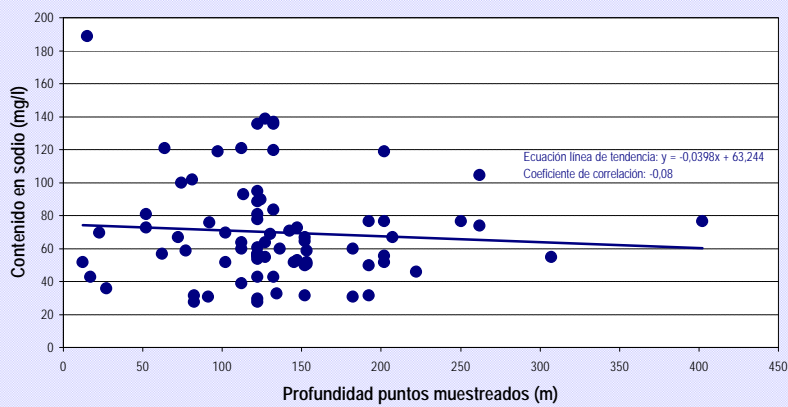


Figura 10

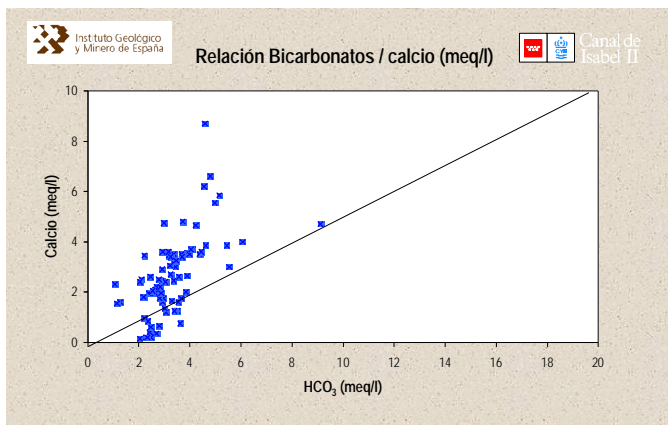
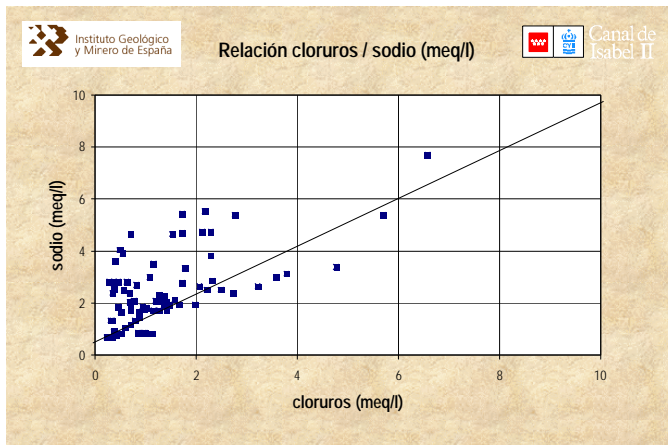


Figura 11

- **Reducida presencia de elementos minoritarios**, excepto Fe, Zn, detectados en un número significativo de muestras, y Cr y As, detectados en un número mucho más reducido de las mismas. Dadas las concentraciones observadas y la dispersión espacial de los puntos en que se han determinado, la presencia de estos elementos es atribuible en la mayor parte de las ocasiones a procesos de incorporación de estos elementos desde la matriz del acuífero.

- Las limitaciones en la potabilidad del agua derivan fundamentalmente de la presencia de SO_4 , Mg, NO_3 y Fe detectados, en concentraciones ligeramente superiores a los límites establecidos y con frecuencia no persistentes, en escasos puntos dispersos, ligados por lo general a

entornos urbanos o industriales. (Plano 4)

- No detección de indicios generalizados y significativos de procesos de contaminación de origen antrópico, en concordancia con lo señalado anteriormente.

- En consecuencia, buena calidad general de los recursos potencialmente aprovechables en el intervalo de profundidad de 50 a 400 m, zona de explotación habitual del acuífero en el área de estudio, excepción hecha, naturalmente, de los mencionados casos puntuales de limitación transitoria de potabilidad en los que no es posible determinar actualmente la amplitud del entorno hipotéticamente afectado.

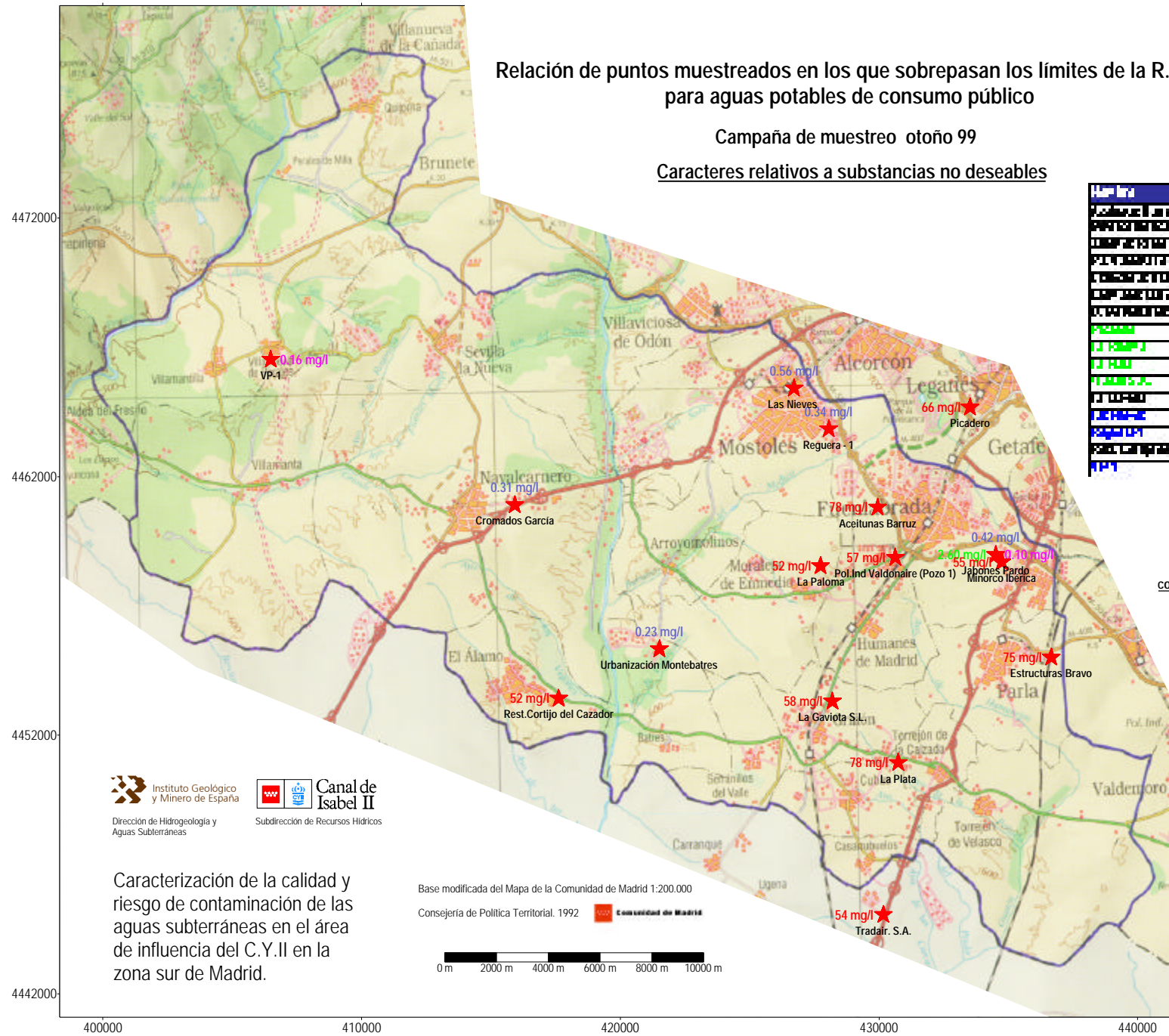
- Existencia de una situación compleja y dinámica de modificación de la composición química con frecuentes aumentos y disminuciones de concentración de constituyentes mayoritarios y minoritarios. Dado lo generalmente reducido de las mismas: 0-20 o 30 mg/L o centésimas/milésimas respectivamente, con frecuencias entre el 75 y el 90% de las ocasiones, la situación puede ser calificada como sustancialmente estable, (figura 12) sin tendencias definidas al aumento o disminución de concentraciones en áreas concretas, en captaciones de determinada profundidad o en situaciones hidrogeológicas específicas.

Relación de puntos muestreados en los que sobrepasan los límites de la R.T.S. para aguas potables de consumo público

Campaña de muestreo otoño 99

Caracteres relativos a sustancias no deseables

Alcalde	Punto	Concentración en mg/L			
		NO ₃	Fe	Mn	NH ₄
Alcalde	10	50	0,02	0,05	0,5
Alcalde	20	50	0,02	0,05	0,5
Alcalde	30	50	0,02	0,05	0,5
Alcalde	40	50	0,02	0,05	0,5
Alcalde	50	50	0,02	0,05	0,5
Alcalde	60	50	0,02	0,05	0,5
Alcalde	70	50	0,02	0,05	0,5
Alcalde	80	50	0,02	0,05	0,5
Alcalde	90	50	0,02	0,05	0,5
Alcalde	100	50	0,02	0,05	0,5
Alcalde	110	50	0,02	0,05	0,5
Alcalde	120	50	0,02	0,05	0,5
Alcalde	130	50	0,02	0,05	0,5
Alcalde	140	50	0,02	0,05	0,5
Alcalde	150	50	0,02	0,05	0,5
Alcalde	160	50	0,02	0,05	0,5
Alcalde	170	50	0,02	0,05	0,5
Alcalde	180	50	0,02	0,05	0,5
Alcalde	190	50	0,02	0,05	0,5
Alcalde	200	50	0,02	0,05	0,5



- ★ punto muestreado
- concentración máxima admisible
- > 50 mg/L: concentración de nitratos
- > 0,02 mg/L: concentración de hierro
- > 0,05 mg/L: concentración de manganeso
- > 0,5 mg/L: concentración de amonio
- + Límite de octante
- + Límite de hoja 1:50000

Instituto Geológico y Minero de España
 Dirección de Hidrogeología y Aguas Subterráneas

Canal de Isabel II
 Subdirección de Recursos Hídricos

Caracterización de la calidad y riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en el área de influencia del C.Y.II en la zona sur de Madrid.

Base modificada del Mapa de la Comunidad de Madrid 1:200.000
 Consejería de Política Territorial. 1992

Comunidad de Madrid

0 m 2000 m 4000 m 6000 m 8000 m 10000 m

Plano 4

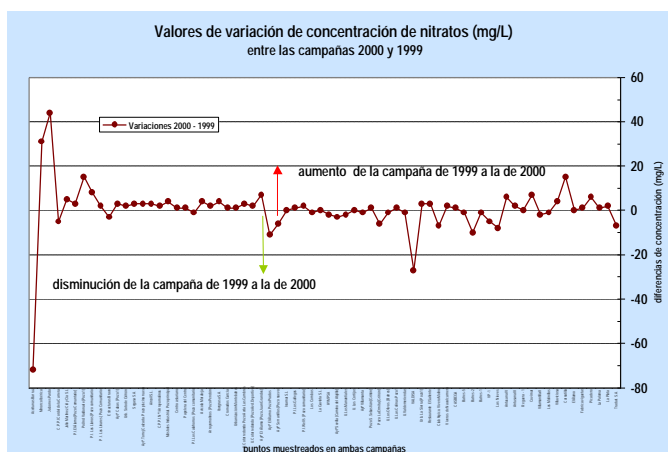
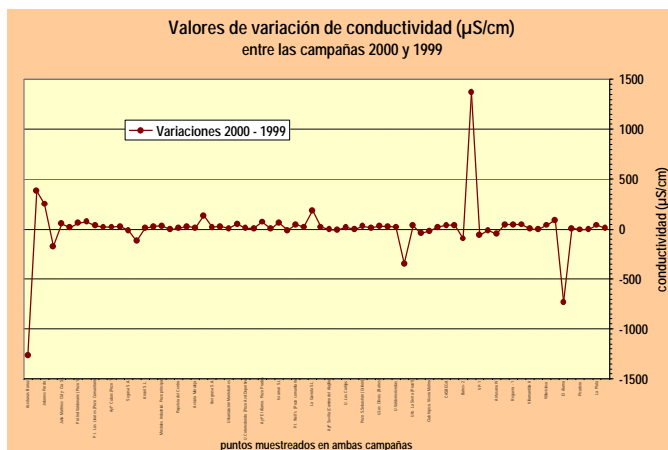


Figura 12

5.3.2. La calidad actual en los Sistemas Locales.

La calidad actual del agua subterránea en las captaciones de los Sistemas Locales se ha establecido a partir de los datos analíticos obtenidos en 12 sondeos en la campaña de muestreo de otoño de 1999. Las variaciones entre 1999 y 2000 se establecen a partir de los datos de 10 sondeos muestreados en ambas campañas.

La composición química de las aguas captadas en los sondeos de los Sistemas Locales, con reducidas concentraciones de elementos mayoritarios y minoritarios, facies bicarbonatada

cálcica y bicarbonatada sódica, dureza media y clase C2-S1, presenta **excelente calidad general para todos los usos.**

La configuración química de estas aguas queda reflejada en los cuadros siguientes:

Cuadro 5. Constituyentes mayoritarios (Datos redondeados)

Constituyente	Valores extremos (mg/L)
Cl	10 - 45
SO ₄	20 - 80
HCO ₃	120 - 220
NO ₃	5 - 30
Na	20 - 80
Mg	5 - 15
Ca	5 - 60
K	1 - 2
SiO ₂	10 - 40
Conductividad (µS/cm)	300 - 500

Cuadro 6. Constituyentes minoritarios detectados.

Constituyente	Valores extremos (mg/L)
NO ₂	0.06
PO ₄	0.08 - 0.31
Fe	0.032 - 0.556
Mn	0.157
Zn	0.06 - 1.54
As	0.02 - 0.07

Esporádica y puntualmente se presentan concentraciones de Mn (Villanueva de Perales), Fe (Móstoles) y As (Batres) ligeramente por encima del límite establecido. La presencia de estos elementos, dadas sus bajas concentraciones y la ausencia de relación evidente con focos de contaminación inmediatos, es atribuible a causas naturales.

A pesar de que los coeficientes de correlación son escasamente significativos, parece existir una cierta tendencia a la disminución de concentraciones de constituyentes mayoritarios y nitratos con el aumento de profundidad de las captaciones y una ligera tendencia al aumento de concentración de sodio en el mismo sentido.

Como en el resto de la zona, en las aguas subterráneas captadas en los sondeos de los Sistemas Locales se

advierten situaciones de variación de concentraciones en el periodo 1999–2000, tanto en el sentido de aumento como de disminución. No obstante, dada su escasa entidad en la mayor parte de las ocasiones normales - decenas de mg/l en el caso de los constituyentes mayoritarios y de décimas o centésimas de mg/L - puede decirse que la configuración del quimismo en las aguas captadas por estos sondeos no se ha modificado sustancialmente. (Cuadros 7 y 8)

Cuadro 7. Rangos más frecuentes de variación de concentraciones de elementos mayoritarios y conductividad en sondeos del C.Y.II (10 puntos muestreados en ambas campañas)

	Aumento		Disminución	
	Rango (mg/L)	%	Rango (mg/L)	%
Cl	0-15	87,5	0-15	100
SO ₄	0-10	67	0-50	85
HCO ₃	0-30	71	0-30	100
NO ₃	0-10	100	0-10	100
Na	0-50	86	0-25	100
Mg	0-5	80	0-5	80
Ca	0-20	80	0-20	80
pH			0-0,5	90
Conductividad	0-50	83	0-50	50
Residuo seco	0-50	80	0-50	80
SiO ₂	0-5	83	0-5	100

Cuadro 8. Rangos más frecuentes de variación de concentraciones de elementos minoritarios en sondeos del C.Y.II

	Aumento		Disminución	
	Rango (mg/L)	%	Rango (mg/L)	%
NO ₂	0-0,1	100	0-0,1	100
PO ₄	0-0,1	100	0-0,1	75
F	0-1	100		
Fe	0-0,2	100	0-0,2	60
Mn			0-0,2	100
Zn	0-0,1	100	0-0,1	60
Cr	0-0,05	100		
As	0-0,05	100	0-0,05	50

6. FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN

Por lo que se refiere a la presencia de focos potenciales de contaminación en el conjunto del área de estudio, lo más destacable es la persistencia de la escasez y dispersión de la información sobre los mismos, particularmente en lo relativo a los aspectos hidrogeológicos, derivada de la inexistencia de inventarios específicos.

En lo que atañe a los residuos sólidos urbanos cabe señalar que, en general, la gestión de los residuos domiciliarios y asimilados en la zona de estudio es satisfactoria. La práctica totalidad de estos residuos es eliminada en el vertedero controlado de Pinto.

Mayor esfuerzo de caracterización y control requieren los vertederos incontrolados de inertes, dispersos en la práctica totalidad de los términos municipales de la zona y ubicados a menudo en emplazamientos que no presentan condiciones hidrogeológicas adecuadas. En ellos se depositan intermitentemente, con frecuencia de forma clandestina, residuos no deseables de origen industrial, a veces tóxicos y peligrosos, lo que puede representar cierto riesgo para las aguas subterráneas por una eventual incorporación de estos elementos no deseables al acuífero.

En lo tocante a residuos líquidos agrícolas, industriales y urbanos, la información disponible a nivel regional señala como característica más peculiar la existencia en el tercio oriental de la zona de un continuo urbano-industrial, con multiplicidad de elementos y actividades potencialmente contaminantes concurrentes, desarrollados de forma explosiva durante los últimos treinta años sin la planificación, infraestructura y sensibilidad ambiental adecuadas.

Los efectos de este continuo urbano-industrial, así como los de algunas zonas agrícolas remanentes, en regresión, no han sido evaluados. Pese a la ausencia de indicios de afección generalizada atribuible a estos focos, la situación de incertidumbre sobre la potencialidad real de afección de estas zonas sobre el acuífero, derivada de carencia de estudios específicos, aconseja un control analítico generalizado de la evolución de la calidad del agua subterránea y, en lo posible, una caracterización de la afección eventualmente producida por estos focos, a efectos de adoptar las medidas oportunas.

Otro punto singular en la zona, en cuanto a potencialidad contaminadora, está constituido por el río Guadarrama cuyas relaciones con el acuífero tampoco han sido establecidas.

Los mencionados entornos urbanos o periurbanos, algunas zonas de actividad industrial intensa, la zona agrícola en las inmediaciones de Fuenlabrada e, incluso, el río Guadarrama, no caracterizados y de potencial contaminante indefinido, constituyen los principales focos potenciales de contaminación detectados en el entorno próximo de algunos sondeos de los Sistemas Locales.

7. CONTAMINACIÓN DETECTADA

La información analítica disponible no ha permitido detectar indicios evidentes y preocupantes de contaminación generalizada en la zona de estudio.

Por sus concentraciones y su dispersión buena parte de éstos indicios, puntuales y generalmente no persistentes, que pudieran reflejar alguna incidencia sobre

la calidad del agua en la zona de estudio o en alguno de los sondeos de los Sistemas Locales, son atribuibles a procesos naturales de incorporación de elementos mayoritarios (SO_4 , Mg, Zn, Fe, As) desde la matriz sólida del acuífero y no a procesos de contaminación de origen antrópico.

8. VULNERABILIDAD EN LOS SISTEMAS LOCALES.

Al igual que en el estudio relativo a la zona norte de Madrid (1997), la vulnerabilidad del medio se evalúa en función del tiempo de tránsito (T_o) de contaminantes ideales desde la superficie del terreno hasta el límite superior de la zona saturada. Para su cuantificación se ha adoptado la fórmula propuesta por la U.E que utiliza como parámetros de cuantificación de este tiempo el espesor de la zona no saturada, el contenido medio del agua en el terreno y la infiltración media anual, supuesta igual a la infiltración eficaz. Diferentes intervalos de tiempo de tránsito se hacen corresponder a "grados de vulnerabilidad" cuya

clasificación varía entre mínima ($T_o > 20$ años) y absoluta ($T_o < 1$ día).

La falta de información adecuada sobre los parámetros esenciales para la determinación de este tiempo obliga a introducir criterios e hipótesis relativamente arbitrarios, no suficientemente fundados, en la cuantificación del grado de vulnerabilidad.

En consecuencia, los resultados obtenidos, incluso los establecidos en la hipótesis más desfavorable, que contemplan la situación desde el lado de la máxima seguridad, deben ser considerados como una mera orientación preliminar sobre el grado de vulnerabilidad del agua subterránea en el acuífero.

En particular, en este sentido deben ser considerados los datos obtenidos en relación con los diferentes Campos que predicen tiempos medios de tránsito entre 10 y 20 años (vulnerabilidad baja o muy baja) o inferiores a cinco (vulnerabilidad moderada-alta) en el caso del Campo de Batres. (Cuadro 9 y figura13).

Cuadro 9. Valores medios del tiempo de tránsito en los sondeos de los Sistemas Locales.
Hipótesis: Velocidad experimental = 0.015 m/día. $T_o = E_o / V$

Campo	Criterio: espesor hasta primer tramo filtrante			Criterio: espesor hasta el nivel estático		
	Nº datos	Media (años)	Grado	Nº datos	Media (años)	Grado
Batres	6	8.6	Baja-moderada	4	4.8	Moderada-alta
Fuenlabrada	4	9.1	Baja-moderada	4	11.5	Muy baja-baja
Móstoles	1	-	-	8	10.3	Muy baja-baja
Navalcarnero	1	-	-	4	16.2	Muy baja-baja
Villamantilla	1	-	-	2	15.5	Muy baja-baja
Villanueva de Perales	-	-	-	1	-	-

Campo de pozos: **Fuenlabrada**
 Nombre: **Loranca-1**

Características técnicas

Fecha de construcción:
 Profundidad (m): **136**
 Profundidad bomba (m): **113**
 Cementación (m): **0-40**
 ¿Posee columna?: **si**
 ¿Posee esquema constructivo?: **si**

Croquis



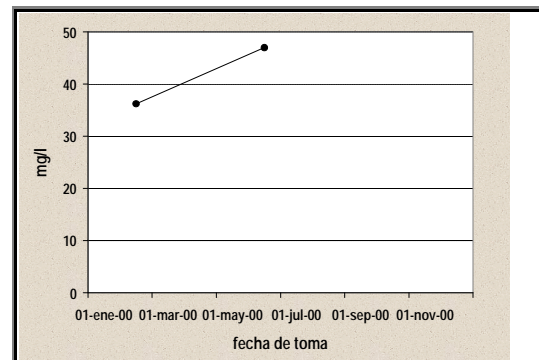
X-UTM: **428524** Y-UTM: **4460654**

Caracterización química

Concentraciones (mg/L) que sobrepasan la R.T.S

--

Evolución del contenido en nitratos (mg/L)



Características técnicas

Estado: **inactivo**
 Nivel estático (m): **60,1 (9-6-2000)**
 Nivel dinámico (m): **77 (9-6-2000)**
 Caudal (l/s): **-**



Foto Vista del sondeo y al fondo Loranca

Evolución de la conductividad (µS/cm)

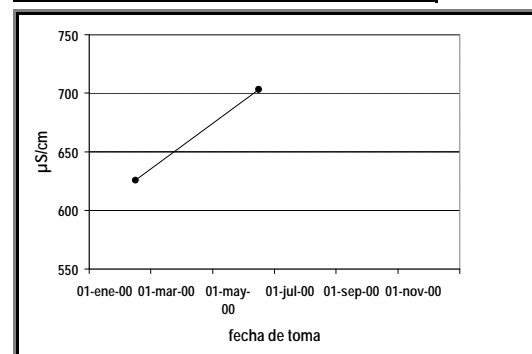
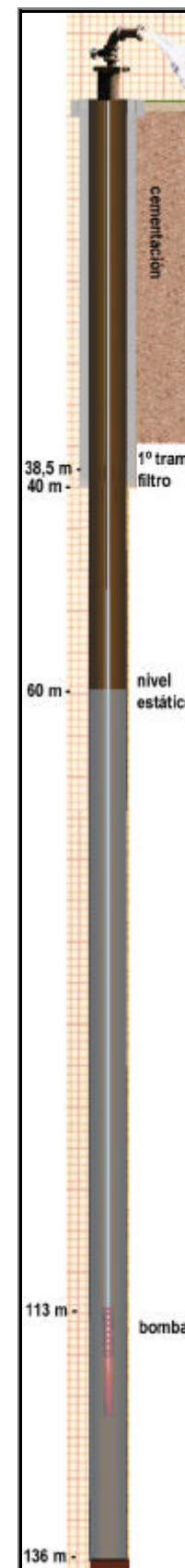
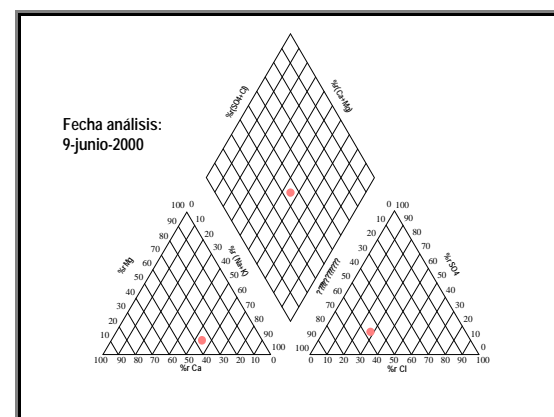


Diagrama de Piper



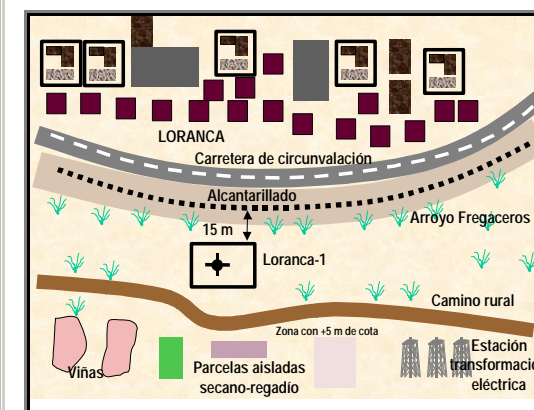
Esquema sondeo

Caracterización del riesgo de contaminación

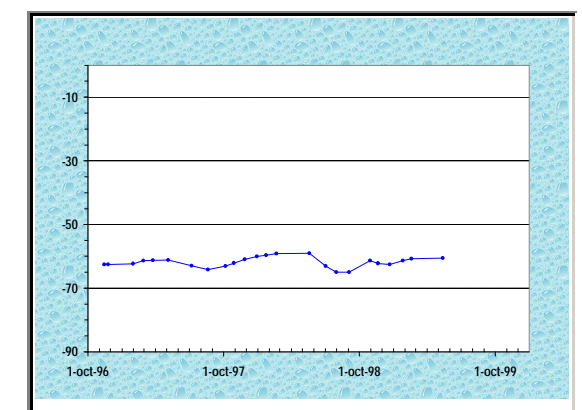


Foto 2 Interior de la arqueta y detalle del sondeo

Focos del entorno



Evolución del nivel piezométrico



Estimación de la vulnerabilidad

Profundidad primer tramo filtrante (m) **38,5** Intervalo de vulnerabilidad **0,51** $I ? ? E / P_{t1}$
 Suma de espesores de tramos menos permeables hasta el primer tramo filtrante (E) **20**
 Muy vulnerable Vulnerable Poco vulnerable Muy poco vulnerable

Diagnóstico: **Riesgo por colector y zona agrícola de regadío.** Recomendaciones: **Control analítico tras bombeo de larga duración previo a uso para abastecimiento.**

Observaciones: **Muestreo campaña junio 2000. Escasez de datos analíticos. No ha entrado en funcionamiento continuo. Junto a zona urbana en expansión. En la última campaña, el valor de nitratos está próximo al límite de la R.T.S**

Las incertidumbres sobre la posibilidad de existencia de vías preferenciales de infiltración y propagación de contaminantes, las situaciones de avance de eventuales frentes de contaminación difusa desde focos preexistentes, indeterminados por el momento, el estado de conservación de los sondeos y las posibles influencias del régimen de su explotación aconsejan cautela pese a la magnitud tranquilizadora de los referidos tiempos de tránsito y del grado de protección natural relativamente alto en los sondeos de los Sistemas Locales en que ha podido ser determinado.

9. RIESGO DE CONTAMINACIÓN

La situación de eventual riesgo de contaminación se ha evaluado exclusivamente en los 25 sondeos de los Sistemas Locales actualmente en servicio a partir de la consideración de:

- **la presencia de instalaciones, actividades o productos de actividades** susceptibles de originar focos de contaminación en el entorno de unos 500 m de los mismos.
- **el grado de vulnerabilidad del medio en el punto del sondeo**, definido por el cociente (α) entre la longitud total de tramos menos permeables hasta el primer tramo filtrante y la profundidad de éste y, finalmente.
- **la existencia de indicios analíticos** de elementos correlacionables con los focos detectados.

En la mayor parte de las ocasiones (56%) no se dispone de datos de columnas litológicas ni de esquemas constructivos de los sondeos que permitan establecer su grado de

protección o vulnerabilidad (α). En el resto, el grado de protección natural es alto o muy alto en el 24% de las ocasiones, bajo en el 16% y muy bajo en el 4%.

La ubicación de buena parte de los sondeos de los Sistemas Locales en zonas urbanas o periurbanas, en áreas relativamente próximas a polígonos industriales y, en ocasiones, en las inmediaciones del río Guadarrama y de zonas agrícolas, en las que no ha sido posible recabar más que datos verbales imprecisos y escasamente fiables sobre instalaciones, actividades, productos generados o utilizados, métodos de eliminación, etc., ha imposibilitado la caracterización de focos y ha obligado a calificarlos como de "entidad incierta" de modo que el riesgo real que pudieran constituir para los mencionados sondeos queda necesariamente indeterminado.

Precisamente por esta circunstancia, ante la eventualidad de cualquier episodio imprevisto de contaminación, el seguimiento continuo de estos sondeos, particularmente aquéllos en los que se han detectado concentraciones de algún elemento por encima o muy próximas a los límites permitidos, debe ser estricto. En esta situación se encuentran, en particular, los sondeos Loranca I, Loranca II y Loranca III del campo de pozos de Fuenlabrada, en los que se da la situación añadida de estar muy próximos a una zona agrícola tradicional con actividad consolidada desde hace muchos años y no gozar de un grado de protección natural elevado ($\alpha \cong 0.5$).

10. MEDIDAS DE PROTECCIÓN

La situación de indeterminación del entorno de riesgo de buena parte de los sondeos de los Sistemas Locales, al estar emplazados en zonas de sospechada posibilidad de eventual contaminación difusa de extensión e intensidad no definida, expuesta reiteradamente, hace cuestionable, por ineficaz e impracticable, la propuesta de aplicación de medidas de protección clásicas: diseño de redes de control en torno a las captaciones o establecimiento de perímetros de protección de las mismas. Estas medidas deben ser adoptadas en los sondeos que no se encuentren en la mencionada situación.

En el primer caso, dado que la detección y consiguiente eliminación inmediata de eventuales efectos indeseables súbitos e inesperados de episodios de contaminación sería imposible, el factor

de seguridad deseable en el suministro directo de agua procedente de estos sondeos ha de ser conseguido por control analítico periódico continuo de muy corta duración, particularmente en lo relativo a parámetros que pudieran constituir alguna limitación para la potabilidad del agua.

Aunque la ausencia de indicios específicos de contaminación persistente en la práctica totalidad de los sondeos, comentada anteriormente, confirma la situación de relativa tranquilidad, a corto o medio plazo, tras una evaluación estricta beneficio - riesgo del suministro directo de agua procedente de estos sondeos, debe ser considerada la posibilidad de sustitución de los mismos o, incluso, su clausura y puesta fuera de servicio, medidas ya adoptadas o próximas a ser tomadas por el propio C.Y.II en el caso de algunos sondeos de los Sistemas Locales.