



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

Dirección de Aguas  
Subterráneas y Geotecnia



Canal de  
Isabel II

Dirección de Producción  
Dpto. de Aguas Subterráneas

# **CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**

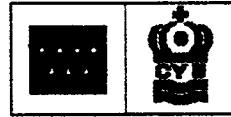
**TOMO I  
MEMORIA**

**JULIO, 1997**



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

Dirección de Aguas  
Subterráneas y Geotecnia



Canal de  
Isabel II

Dirección de Producción  
Dpto. de Aguas Subterráneas

# **CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**

**TOMO I: MEMORIA**

Madrid, 1996

**CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN DE  
LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL  
CANAL DE ISABEL II.**

**EQUIPO DE TRABAJO:**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA**

**COORDINACIÓN:**

D. ARMANDO BALLESTER RODRÍGUEZ.

**DIRECCIÓN:**

D. ANTONIO FERNÁNDEZ URÍA.

**REALIZACIÓN:**

D. ANTONIO FERNÁNDEZ URÍA.  
D. PEDRO NIETO LÓPEZ-GUERRERO.  
D<sup>a</sup> LORETO FERNÁNDEZ RUIZ.  
D. JOSÉ MARÍA RUIZ HERNÁNDEZ.  
D. PEDRO DELGADO ARENAS.

**CANAL DE ISABEL II**

**COORDINACIÓN:**

D. BERNARDO LÓPEZ-CAMACHO Y CAMACHO.  
D. JOSE ANTONIO IGLESIAS MARTÍN.

\*\*\*\*\*



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España



Canal de  
Isabel II

INDICE GENERAL

## **TOMO I.- MEMORIA**

**1.- ANTECEDENTES.**

**2.- OBJETIVOS.**

**3.- METODOLOGÍA.**

**3.0.- PLANTEAMIENTO GENERAL DEL ESTUDIO**

**3.1.- RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE.**

**3.2.- DEPURACIÓN Y HOMOGENEIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN ANALÍTICA.  
(INVENTARIO DE PUNTOS ACUÍFEROS)**

**3.2.1.- INVESTIGACIÓN DE FUENTES**

**3.2.2.- REVISIÓN DE ESTRUCTURA Y CONTENIDO**

**3.2.3.- FILTRADO DE DATOS**

**3.2.3.1.- Selección de puntos de inventario**

**3.2.3.2.- Filtrado de datos de punto**

**3.3.- CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE LA CALIDAD.**

**3.4.- ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN SOBRE CALIDAD.**

**3.4.1.- REVISIÓN Y COMPROBACIÓN DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.**

**3.4.2.- CAMPAÑAS DE MUESTREO Y TOMA DE DATOS EN CAMPO. CAMPAÑAS DE  
PRIMAVERA Y OTOÑO DE 1995.**

**3.4.3.- SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD EN LA RED DE CONTROL.**

**3.5.- RECOPIACIÓN, DEPURACIÓN Y COMPROBACIÓN DE INVENTARIOS DE  
FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN IN SITU.**

**3.6.- DEFINICIÓN DE LA CALIDAD ACTUAL. RECURSOS DE CALIDAD.**

**3.7.- DEFINICIÓN DE LA VULNERABILIDAD DEL MEDIO.**

**3.8.- DEFINICIÓN DEL RIESGO DE CONTAMINACIÓN.**

**3.9.- DISEÑO DE MEDIDAS DE PROTECCIÓN.**

**4.- CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO**

**4.1.- SINTESIS GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA**

**4.1.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO.**

**4.1.2.- EL MEDIO HIDROGEOLÓGICO :**

**4.1.2.1.- Geología.**

**4.1.2.2.- El medio sedimentario.**

**4.1.2.3.- Influencia tectónica.**

**4.1.2.4.- Mineralogía.**

**4.1.2.5.- Hidrogeología. El modelo de flujo.**

**4.2.- EL MODELO HIDROQUÍMICO CONCEPTUAL.**

**4.3.- EL MODELO DE CONTAMINACIÓN.**

**4.3.1.- FOCOS DE CONTAMINACIÓN**

**4.3.2.- ELEMENTOS CONTAMINANTES**

**4.3.3.- MECANISMOS DE CONTAMINACIÓN**

**4.3.4.- EFECTOS DETECTADOS**

**5.- CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE LA CALIDAD.**

**ANTECEDENTES.**

**5.1.- CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE LA CALIDAD EN LA ZONA DE ESTUDIO.**

**5.1.1.- LA CAMPAÑA DE PRIMAVERA DE 1983.**

**5.1.2.- LA CAMPAÑA DE PRIMAVERA DE 1991.**

**5.1.3.- CONCLUSIONES.**

**ANEXO 5.1.**

**5.2.- LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD EN EL TIEMPO.**

- 5.2.1.- EVOLUCIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD.
- 5.2.2.- EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO EN NITRATOS.
- 5.2.3.- CONCLUSIONES.

**ANEXO 5.2.**

**6.- CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD ACTUAL**

**6.1.- LA CALIDAD EN LA PRIMAVERA DEL 95**

**6.1.1.- LA CALIDAD EN EL CONJUNTO DE LA ZONA.**

- 6.1.1.1.- Características generales.
- 6.1.1.2.- Constituyentes mayoritarios :
  - Conductividad
  - Cloruros
  - Sulfatos
  - Bicarbonatos
  - Nitratos
  - Calcio
  - Sodio
  - Magnesio
  - Potasio
  - Sílice
  - Dureza
- 6.1.1.3.- Constituyentes minoritarios.
  - Flúor
  - Hierro
  - Zinc
  - Arsénico
  - Fenoles
- 6.1.1.4.- La calidad para el consumo humano.
- 6.1.1.5.- Conclusiones.

**ANEXO 6.1.1.**

**6.1.2.- LA CALIDAD ACTUAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LOS SISTEMAS GENERALES.**

- 6.1.2.1.- Constituyentes mayoritarios.
- 6.1.2.2.- Constituyentes minoritarios.
- 6.1.2.3.- Conclusiones.

**ANEXO 6.1.2.**

**6.2.- VARIACIONES DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ENTRE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO DE PRIMAVERA Y OTOÑO DE 1995.**

**6.2.1.- LAS VARIACIONES DE COMPOSICIÓN EN EL CONJUNTO DE LA ZONA.**

- 6.2.1.1.- Variación de concentración de iones mayoritarios.
- 6.2.1.2.- Variaciones de conductividad.
- 6.2.1.3.- Variaciones de nitratos.
- 6.2.1.4.- Variaciones de concentración de iones minoritarios.
- 6.2.1.5.- Aptitud del agua para consumo humano. Otoño 1995.

**ANEXO 6.2.1.**

**6.2.2.- VARIACIONES DE COMPOSICIÓN EN LOS SISTEMAS GENERALES.**

- 6.2.2.1.- Variaciones de elementos mayoritarios.
- 6.2.2.2.- Variaciones de elementos minoritarios.
- 6.2.2.3.- Aptitud del agua para consumo humano.

**ANEXO 6.2.2.**

**6.3.- LAS VARIACIONES DE COMPOSICIÓN EN LOS SISTEMAS GENERALES.  
(CAMPAÑAS DE OTOÑO DE 1995 Y ENERO DE 1996)**

- 6.3.1.- VARIACIONES DE CONSTITUYENTES MAYORITARIOS.
- 6.3.2.- VARIACIONES DE CONSTITUYENTES MINORITARIOS.
- 6.3.3.- APTITUD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

**ANEXO 6.3.1.**



**6.4.- LAS VARIACIONES HISTÓRICAS EN LOS SONDEOS DE LOS SISTEMAS GENERALES.**

**6.5.- LA SITUACIÓN HISTÓRICA EN CUANTO A POTABILIDAD EN LOS SISTEMAS GENERALES.**

**CONCLUSIONES.**

**7.- LOS FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO**

**7.1.- RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

7.1.1.- INTRODUCCIÓN

7.1.2.- GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA COMUNIDAD DE MADRID.

7.1.3.- ESTADO ACTUAL DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

7.1.4.- ELIMINACIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

7.1.5.- VERTIDO INCONTROLADO. "PUNTOS NEGROS"

7.1.6.- CONCLUSIONES.

**ANEXO 7.1**

**7.2.- RESIDUOS LÍQUIDOS AGRÍCOLAS, INDUSTRIALES Y URBANOS.**

**INTRODUCCIÓN**

7.2.1.- ACTIVIDADES ECONÓMICAS : AGRARIA, INDUSTRIAL Y URBANA EN LA ZONA DE ESTUDIO.

7.2.1.1.- La agricultura.

7.2.1.2.- La ganadería

7.2.1.3.- La industria

7.2.1.4.- Los depósitos de carburantes.

7.2.1.5.- Las vías de comunicación.

7.2.1.6.- Las aguas negras

7.2.2.- ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN EL ENTORNO DE LOS SONDEOS DE PRODUCCIÓN.  
(SISTEMAS GENERALES).

7.2.2.1.- La agricultura.

7.2.2.2.- La ganadería.

7.2.2.3.- La industria.

7.2.2.4.- Los depósitos de carburantes.

7.2.2.5.- Las vías de comunicación

7.2.2.6.- Las aguas negras.

7.2.3.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.2.3.1.- Situación general

7.2.3.2.- Situación en el entorno de los Sistemas Generales.

ANEXO 7.2.

## 8.- LA VULNERABILIDAD DEL MEDIO Y EL RIESGO DE CONTAMINACIÓN.

8.1.- VULNERABILIDAD.

8.1.1.- ANTECEDENTES. RESUMEN DE LA SITUACIÓN.

8.1.2.- SELECCIÓN DEL MÉTODO.

8.1.3.- LAS INCERTIDUMBRES EN LA APLICACIÓN DEL MÉTODO.

8.1.4.- RESULTADOS.

8.1.5.- CONCLUSIONES.

8.2.- RIESGO DE CONTAMINACIÓN.

8.2.1.- CONCLUSIONES.

ANEXO 8.2.

## 9.- MEDIDAS DE PROTECCIÓN.

9.1.- ESTABLECIMIENTO DE RED CONTROL.

9.2.- ACTUACIONES ESPECÍFICAS EN LOS SISTEMAS GENERALES.

9.3.- PERÍMETROS DE PROTECCIÓN.

9.4.- OTRAS MEDIDAS.

10.- CONCLUSIONES GENERALES.

10.1.- CONOCIMIENTO DEL MEDIO.

10.2.- QUIMISMO DE LA ZONA.

10.3.- QUIMISMO EN LOS SISTEMAS GENERALES.

10.4.- FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN.

10.5.- CONTAMINACIÓN.

10.6.- RECURSOS.

10.7.- VULNERABILIDAD.

10.8.- RIESGO DE CONTAMINACIÓN.

10.9.- MEDIDAS DE PROTECCIÓN.

11.- BIBLIOGRAFIA SELECCIONADA

## **TOMO II.- ANEXOS A LOS CAPÍTULOS**

### **ANEXO 5.1**

- 5.1.1 Distribución temporal de análisis químicos en la zona de estudio. (1971-1994)
- 5.1.2 Resumen de análisis químicos. Primavera 83
- 5.1.3 Resumen de análisis químicos. Primavera 91
- 5.1.4 Diagramas de Piper. Primavera 83
- 5.1.5 Diagramas de Piper. Primavera 91

### **ANEXO 5.2**

- 5.2.1 Resumen de análisis en puntos utilizados para el estudio de la evolución histórica
- 5.2.2 Gráficos de evolución histórica de la composición química

### **ANEXO 6.1.1**

- Resumen análisis químicos. Primavera 95
- Distribución espacial de facies hidroquímicas
- Diagramas de Piper
- Relación de facies sondeo por sondeo
- Mapa de zonación (Piper)

### **ANEXO 6.1.2**

- Resumen de análisis químicos en los Sistemas Generales. Primavera 95
- Análisis químicos utilizados de los Sistemas Generales antes de la campaña de 1995

### **ANEXO 6.2.1**

- Resumen de análisis químicos. Otoño 95
- Gráficos de variación y diferencias de concentración de constituyentes (Primavera-Otoño 95)

**ANEXO 6.2.2**

**Resumen análisis químicos en los Sistemas Generales. Otoño 95**

**ANEXO 6.3.1**

**Resumen análisis químicos. Campaña realizada por el C.Y.II en Enero 96**

**ANEXO 6.3.2**

**Gráficos de variación de constituyentes. (Otoño 95 - Enero 96)**

**ANEXO 6.3.3**

**Gráficos de variación de los Sistemas Generales. (1971 - 1996)**

**Resumen del conjunto de análisis de los Sistemas Generales del C.Y.II**

**ANEXO 7.1**

**Ficha resumen de Centros y estaciones de tratamiento**

**Diskette coordenadas**

**Información completa puntos negros caracterizados**

**Información completa puntos negros no caracterizados**

**Diskette Puntos negros**

**ANEXO 7.2**

**Fichas del Censo agrícola de 1994**

**Relación de estaciones de servicio, almacenamientos y unidades de suministro de carburantes**

**Estabulaciones ganaderas**

**Censo municipal de ganado estabulado**

**Cuestionarios recibidos sobre actividades industriales y ganaderas**

**ANEXO 8.2**

**Fichas de campo de revisión de focos**

**Fichas en DIN A-3 de los Sistemas Generales del C.Y.II**

**Fotos de situación de sondeos muestreados y focos de contaminación en las proximidades de los Sistemas Generales**

**ANEXO 9.1**

**Fichas de puntos de la red de control no pertenecientes a los Sistemas Generales**

**TOMO III. ANEXOS GENERALES.**

**ANEXO 1.- INVENTARIO DE PUNTOS MUESTREADOS.**

**Resumen de análisis históricos**

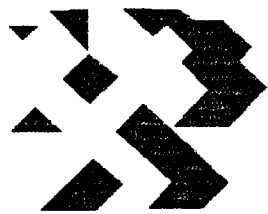
**Fichas de campo con análisis químicos originales y fichas de muestreo en campo.**

**ANEXO 2.- CARTOGRAFÍA.**

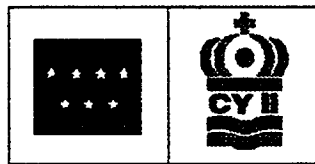
**Mapas de situación de muestras 1/50.000.**

**ANEXO 3.- BIBLIOGRAFIA.**

**Fichas bibliográficas seleccionadas.**



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España



Canal de  
Isabel II

INDICE DE CUADROS

## **CAPITULO 1. ANTECEDENTES**

- **Cuadro 1.1** Delimitación de la zona de estudio.

## **CAPITULO 4. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO**

- **Cuadro 4.1** Características hidroquímicas tipo

## **CAPITULO 5. CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE LA CALIDAD**

### **5.1 CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE LA CALIDAD**

- **Cuadro 5.1.1** Resumen estadístico de datos de conductividad y nitratos por campañas. Profundidad > 30 m.
- **Cuadro 5.1.2** Resumen estadístico de datos de conductividad y nitratos por campañas. Profundidad < 30 m.
- **Cuadro 5.1.3** Relación de puntos en que se sobrepasan los límites de la R.T.S. (Período 1971-1994).
- **Cuadro 5.1.4** Coeficientes de correlación profundidad-concentración de iones mayoritarios.
- **Cuadro 5.1.5** Coeficientes de correlación entre iones mayoritarios.
- **Cuadro 5.1.6** Distribución de facies hidroquímicas. Primavera 1983.
- **Cuadro 5.1.7** Datos estadísticos de concentración de constituyentes. Primavera 1983.
- **Cuadro 5.1.8** Valores extremos de concentración detectados en la zona. Primavera 1983.
- **Cuadro 5.1.9** Porcentaje de sondeos en que se detecta la presencia de compuestos de nitrógeno o fósforo.
- **Cuadro 5.1.10** Coeficientes de correlación entre la profundidad de las captaciones y las concentraciones de elementos mayoritarios.
- **Cuadro 5.1.11** Resumen estadístico de datos de concentración de constituyentes. Primavera 1991.
- **Cuadro 5.1.12** Valores extremos de concentración detectados en la zona. Primavera 1991.
- **Cuadro 5.1.13** Porcentaje de sondeos en que se detecta la presencia de compuestos de nitrógeno o fósforo.



- **Cuadro 5.1.14** Coeficientes de correlación entre la profundidad de las captaciones y las concentraciones de elementos mayoritarios.
- **Cuadro 5.1.15** Coeficientes de correlación entre iones.

## **CAPITULO 5.2 EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD EN EL TIEMPO**

- **Cuadro 5.2.1** Relación de puntos utilizados para el estudio de la evolución temporal de la composición química del agua.
- **Cuadro 5.2.2** Resumen estadístico de datos de conductividad.
- **Cuadro 5.2.3** Variaciones porcentuales de conductividad sobre el valor mínimo.
- **Cuadro 5.2.4** Variaciones máximas de conductividad en diversas campañas.
- **Cuadro 5.2.5** Variaciones máximas de conductividad en años consecutivos o no pero con dos análisis consecutivos.
- **Cuadro 5.2.6** Variaciones máximas de conductividad en campañas consecutivas.
- **Cuadro 5.2.7** Variaciones máximas de conductividad
- **Cuadro 5.2.8** Constituyentes asociados a variaciones bruscas de conductividad.
- **Cuadro 5.2.9** Relación entre las variaciones de nivel y las de conductividad.
- **Cuadro 5.2.10** Tendencias de la conductividad.
- **Cuadro 5.2.11** Variaciones en la potabilidad del agua.
- **Cuadro 5.2.12** Intervalos de concentración de nitratos en el primer año de la serie.
- **Cuadro 5.2.13** Intervalos de concentración de nitratos en el conjunto de la serie.
- **Cuadro 5.2.14** Datos estadísticos de concentración de nitratos.
- **Cuadro 5.2.15** Variaciones de concentración de nitratos en series de cuatro campañas consecutivas.

## **CAPITULO 6. CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD ACTUAL**

### **CAPITULO 6.1 LA CALIDAD EN LA PRIMAVERA DEL 95**

#### **CAPITULO 6.1.1 LA CALIDAD EN EL CONJUNTO DE LA ZONA**

- **Cuadro 6.1.1.1** Relación de sondeos muestreados en la campaña de primavera de 1995.
- **Cuadro 6.1.1.2** Distribución de sondeos muestreados por intervalos de profundidad.
- **Cuadro 6.1.1.3** Profundidad media de las bombas y espesor medio de los tramos situados por debajo de las bombas.
- **Cuadro 6.1.1.4** Resumen estadístico de datos de análisis químicos.
- **Cuadro 6.1.1.5** Rangos mas frecuentes de variación de concentraciones de iones mayoritarios y conductividad.
- **Cuadro 6.1.1.6** Clasificación de las aguas subterráneas por facies hidroquímicas.
- **Cuadro 6.1.1.7** Datos estadísticos de conductividad.
- **Cuadro 6.1.1.8** Distribución de conductividad por intervalos.
- **Cuadro 6.1.1.9** Distribución de conductividad por intervalos de profundidad de los sondeos.
- **Cuadro 6.1.1.10** Valores medios de conductividad clasificados por intervalos de profundidad de sondeos.
- **Cuadro 6.1.1.11** Resumen estadístico de datos de concentración de cloruros.
- **Cuadro 6.1.1.12** Distribución de cloruros por intervalos de concentración.
- **Cuadro 6.1.1.13** Resumen estadístico de datos de concentración de sulfatos.
- **Cuadro 6.1.1.14** Distribución de sulfatos por intervalos de concentración.
- **Cuadro 6.1.1.15** Resumen estadístico de datos de concentración de bicarbonatos.
- **Cuadro 6.1.1.16** Distribución de bicarbonatos por intervalos de concentración.
- **Cuadro 6.1.1.17** Resumen estadístico de datos de concentración de nitratos.

- Cuadro 6.1.1.18 Distribución de nitratos por intervalos de concentración.
- Cuadro 6.1.1.18(bis) Distribución de NO<sub>3</sub> por intervalos de profundidad de los sondeos
- Cuadro 6.1.1.19 Resumen estadístico de datos de concentración de calcio.
- Cuadro 6.1.1.20 Distribución de calcio por intervalos de concentración.
- Cuadro 6.1.1.21 Resumen estadístico de datos de concentración de sodio.
- Cuadro 6.1.1.22 Distribución de sodio por intervalos de concentración.
- Cuadro 6.1.1.23 Resumen estadístico de datos de concentración de magnesio.
- Cuadro 6.1.1.24 Distribución de magnesio por intervalos de concentración.
- Cuadro 6.1.1.25 Resumen estadístico de datos de concentración de potasio.
- Cuadro 6.1.1.26 Distribución de potasio por intervalos de concentración.
- Cuadro 6.1.1.27 Resumen estadístico de datos de concentración de sílice.
- Cuadro 6.1.1.28 Distribución de sílice por intervalos de concentración.
- Cuadro 6.1.1.29 Resumen estadístico de datos de dureza.
- Cuadro 6.1.1.30 Distribución de dureza por intervalos.
- Cuadro 6.1.1.31 Clasificación de las aguas por su dureza.
- Cuadro 6.1.1.32 Distribución de dureza por intervalos de profundidad de las captaciones.
- Cuadro 6.1.1.33 Resumen estadístico de datos de concentración de elementos minoritarios.
- Cuadro 6.1.1.34 Relación de sondeos en que se sobrepasan los límites de la R.T.S.

## **CAPITULO 6.1.2 LA CALIDAD ACTUAL EN LOS SISTEMAS GENERALES**

- Cuadro 6.1.2.1 Relación de sondeos de los Sistemas Generales muestreados en la campaña de primavera de 1995.
- Cuadro 6.1.2.2 Resumen estadístico de concentraciones de constituyentes mayoritarios en cada Sistema General.

- Cuadro 6.1.2.3 Valores extremos de concentración de elementos mayoritarios.
- Cuadro 6.1.2.4 Contraste de concentraciones medias.
- Cuadro 6.1.2.5 Intervalos de distribución de concentraciones de elementos mayoritarios. Campo de Torrelaguna.
- Cuadro 6.1.2.6 Intervalos de distribución de concentraciones de elementos mayoritarios. Campo de El Canal Bajo.
- Cuadro 6.1.2.7 Intervalos de distribución de concentraciones de elementos mayoritarios. Campo de El Canal Alto - El Goloso.
- Cuadro 6.1.2.8 Intervalos de distribución de concentraciones de elementos mayoritarios. Campo de Fuencarral
- Cuadro 6.1.2.9 Intervalos de distribución de concentraciones de elementos mayoritarios. Campo de El Plantío - Majadahonda.
- Cuadro 6.1.2.10 Intervalos de distribución de concentraciones de elementos mayoritarios. Campo de El Canal del Oeste.
- Cuadro 6.1.2.11 Intervalos de concentración más frecuentes.
- Cuadro 6.1.2.12 Facies hidroquímicas en los sondeos de los Sistemas Generales.
- Cuadro 6.1.2.13 Resumen de distribución de facies hidroquímicas en los Sistemas Generales.
- Cuadro 6.1.2.14 Clasificación de las aguas de los Sistemas Generales por su dureza.
- Cuadro 6.1.2.15 Distribución de dureza en los Sistemas Generales.
- Cuadro 6.1.2.16 Clasificación de aguas para riego. Distribución por Sistemas Generales.
- Cuadro 6.1.2.17 Clasificación de aguas por el contenido salino.
- Cuadro 6.1.2.18 Relación de sondeos en que se sobrepasan los límites de la R.T.S.
- Cuadro 6.1.2.19 Diferencias de concentración respecto a los niveles guía en muestras que no sobrepasan los límites de la R.T.S.
- Cuadro 6.1.2.20 Porcentaje de muestras que se mantienen por debajo de los niveles guía de la R.T.S.
- Cuadro 6.1.2.21 Diferencias de concentración hasta el límite de la R.T.S.
- Cuadro 6.1.2.22 Coeficientes de correlación entre iones mayoritarios y

- profundidad de los sondeos.
- Cuadro 6.1.2.23 Presencia de constituyentes minoritarios en los Sistemas Generales.
  - Cuadro 6.1.2.24 Número de sondeos en que se detecta la presencia de iones minoritarios.
  - Cuadro 6.1.2.25 Datos estadísticos y rangos de variación de concentraciones de elementos minoritarios en cada Sistema General.
  - Cuadro 6.1.2.26 Resumen estadístico sobre concentración de iones minoritarios en el conjunto de los Sistemas Generales.

## **CAPITULO 6.2 VARIACIONES DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ENTRE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO DE PRIMAVERA Y OTOÑO 95**

- Cuadro 6.2.1 Frecuencia de variación de concentraciones de elementos mayoritarios.
- Cuadro 6.2.2 Datos estadísticos y rangos de variación de concentraciones de constituyentes mayoritarios.
- Cuadro 6.2.3 Rangos más frecuentes de variación de concentraciones de constituyentes mayoritarios y conductividad.
- Cuadro 6.2.4 Variaciones medias de concentración de constituyentes mayoritarios y de conductividad.
- Cuadro 6.2.5 Relación de sondeos con variaciones de conductividad superiores a 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- Cuadro 6.2.6 Iones relacionados con variaciones de conductividad superiores a 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- Cuadro 6.2.7 Relación de sondeos con variaciones de concentración de nitratos superiores a 5 mg/l.
- Cuadro 6.2.8 Frecuencia de variación de concentraciones de elementos minoritarios.
- Cuadro 6.2.9 Datos estadísticos y rangos de variación de concentraciones de elementos minoritarios.
- Cuadro 6.2.10 Rangos más frecuentes de variación de concentración de elementos minoritarios.
- Cuadro 6.2.11 Variaciones medias de concentración de elementos minoritarios.
- Cuadro 6.2.12 Persistencia de elementos minoritarios.

- **Cuadro 6.2.13** Relación de sondeos en que se sobrepasan los límites de la R.T.S.
- **Cuadro 6.2.14** Frecuencia de detección de concentraciones superiores a los límites de la R.T.S.
- **Cuadro 6.2.15** Resumen estadístico de datos de análisis químicos. Otoño 95. Constituyentes mayoritarios. Sistemas Generales.
- **Cuadro 6.2.16-6.2.28** Datos estadísticos y rangos de a variación de concentraciones en cada Sistema General.
- **Cuadro 6.2.29** Resumen de datos estadísticos y rangos de variación de concentraciones de constituyentes mayoritarios en los Sistemas Generales.
- **Cuadro 6.2.30** Rangos más frecuentes de variación de concentraciones de elementos mayoritarios y conductividad. Sistemas Generales.
- **Cuadro 6.2.31** Variaciones medias de concentración de elementos mayoritarios. Sistemas Generales.
- **Cuadro 6.2.32** Frecuencia de variación de concentraciones de elementos minoritarios. Sistemas Generales.
- **Cuadro 6.2.33** Resumen de datos estadísticos y rangos de variación de concentraciones de elementos minoritarios. Sistemas Generales.
- **Cuadro 6.2.34** Rangos más frecuentes de variación de concentraciones de elementos minoritarios. Sistemas Generales.
- **Cuadro 6.2.35** Variaciones medias de concentración de elementos minoritarios. Sistemas Generales.
- **Cuadro 6.2.36** Relación de sondeos de los Sistemas Generales en que se sobrepasan los límites de la R.T.S. para algún constituyente.

### **CAPITULO 6.3 LAS VARIACIONES DE COMPOSICIÓN EN LOS SISTEMAS GENERALES CAMPAÑAS DE OTOÑO DE 1995 Y ENERO DE 1996**

- **Cuadro 6.3.1** Relación de sondeos muestreados en enero de 1996
- **Cuadro 6.3.2** Resumen estadístico de datos de análisis químicos en la campaña de enero de 1996.
- **Cuadro 6.3.3** Datos estadísticos y rangos de variación de concentraciones de elementos mayoritarios.
- **Cuadro 6.3.4** Rangos mas frecuentes de variación de concentraciones de constituyentes mayoritarios y conductividad. (Sistemas generales.)

- **Cuadro 6.3.5** Variaciones medias de concentración de constituyentes mayoritarios.
- **Cuadro 6.3.6** Resumen estadístico de datos de concentración de elementos minoritarios.
- **Cuadro 6.3.7** Rangos de variación de elementos minoritarios
- **Cuadro 6.3.8** Rangos mas frecuentes de variación de concentraciones de iones minoritarios.
- **Cuadro 6.3.9** Relación de puntos con concentraciones superiores a los límites de la R.T.S
- **Cuadro 6.3.10** Relación de sondeos en que se han sobrepasado alguna vez los límites de la R.T.S.
- **Cuadro 6.3.11** Resumen de la situación por campos.

## **CAPITULO 7 LOS FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO**

### **CAPITULO 7.1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.**

- **Cuadro 7.1.1** Generación de residuos por unidad de tratamiento.
- **Cuadro 7.1.2** Centros de tratamiento de residuos sólidos urbanos en la Comunidad de Madrid.
- **Cuadro 7.1.3** Caracterización de residuos sólidos urbanos en la Comunidad de Madrid.
- **Cuadro 7.1.4** Generación de neumáticos.
- **Cuadro 7.1.5** Gestión de residuos sólidos urbanos por términos municipales.
- **Cuadro 7.1.6** Vertederos y/o puntos negros caracterizados.

### **7.2 RESIDUOS LÍQUIDOS : AGRÍCOLAS, INDUSTRIALES Y URBANOS**

- **Cuadro 7.2.1** Superficie de cultivo y ganado estabulado.
- **Cuadro 7.2.2** Tipología de empresas en las zonas industriales destacables.
- **Cuadro 7.2.3** Actividad agraria evaluada en los sondeos de producción. Valoración primaria de su incidencia.
- **Cuadro 7.2.4** Actividad industrial y vías de comunicación en el entorno de los sondeos de producción.
- **Cuadro 7.2.5** Actividad urbana en el entorno de los sondeos de producción.

## CAPITULO 8 VULNERABILIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN

### 8.1 VULNERABILIDAD

- Cuadro 8.1.1 Métodos de determinación del tiempo de tránsito.
- Cuadro 8.1.2 Valores recomendados por la U.E para  $\bar{w}$ .
- Cuadro 8.1.3 Clasificación de tiempos de tránsito y grados de vulnerabilidad. ( U.E)
- Cuadro 8.1.4 Algunos datos de infiltración eficaz en el acuífero de Madrid.
- Cuadro 8.1.5 Factores de multiplicación (k) para el calculo del tiempo de tránsito.
- Cuadro 8.1.6 Valores experimentales de velocidades medias en la zona no saturada.
- Cuadro 8.1.7 Propuesta de clasificación de tiempos de tránsito y grados de vulnerabilidad.
- Cuadro 8.1.8 Tiempos de tránsito en pozos someros para diferentes valores de infiltración eficaz y contenido en humedad.
- Cuadro 8.1.9 Relación de puntos utilizados para el calculo de  $T_0$ .
- Cuadro 8.1.10 Rangos de tiempo de tránsito (años) en captaciones someras.
- Cuadro 8.1.11 Tiempos de tránsito y grados de vulnerabilidad en pozos someros. (velocidad experimental)
- Cuadro 8.1.12 Rangos de tiempo de tránsito en captaciones someras. (Veloc. Experimental.) (Resumen)
- Cuadro 8.1.13 Tiempos de tránsito en sondeos de los Sistemas Generales.
- Cuadro 8.1.14 Valores medios del tiempo de tránsito en los sondeos de los Sistemas Generales.
- Cuadro 8.1.15 Tiempos de tránsito mínimos en función del factor K. Sistemas generales.

### CAPITULO 8.2 RIESGO DE CONTAMINACIÓN.

- Cuadro 8.2.1 Relación de sondeos inspeccionados.
- Cuadro 8.2.2 Caracterización del riesgo de contaminación. Campo Torrelaguna
- Cuadro 8.2.3 Caracterización del riesgo de contaminación. Campo de Fuencarral
- Cuadro 8.2.4 Caracterización del riesgo de contaminación. Campo Canal Alto-El Goloso



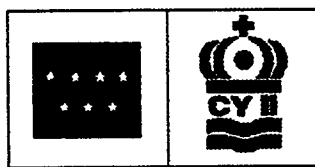
- **Cuadro 8.2.5** Caracterización del riesgo de contaminación. Campo del Canal Bajo
- **Cuadro 8.2.6** Caracterización del riesgo de contaminación. Campo El Plantío-Majadahonda
- **Cuadro 8.2.7** Caracterización del riesgo de contaminación. Campo Canal del Oeste
- **Cuadro 8.2.8** Vulnerabilidad en el conjunto de los sistemas generales.
- **Cuadro 8.2.9** Vulnerabilidad de los sondeos de los sistemas generales por campos.
- **Cuadro 8.2.10** Caracterización de focos. Torrelaguna
- **Cuadro 8.2.11** Caracterización de focos. Fuencarral
- **Cuadro 8.2.12** Caracterización de focos. Canal Alto-El Goloso
- **Cuadro 8.2.13** Caracterización de focos. Canal Bajo
- **Cuadro 8.2.14** Caracterización de focos. El Plantío-Majadahonda
- **Cuadro 8.2.15** Caracterización de focos. Canal del Oeste.
- **Cuadro 8.2.16** Relación de sondeos con eventual riesgo de contaminación.

## **CAPITULO 9 MEDIDAS DE PROTECCIÓN.**

- **Cuadro 9.1** Relación de sondeos incluidos en la red.



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España



Canal de  
Isabel II

INDICE DE FIGURAS

## **CAPITULO 1. ANTECEDENTES**

- **Figura 1.1** Zona de estudio

## **CAPITULO 3.- METODOLOGÍA**

- **Figura 3.1** Planteamiento general del estudio
- **Figura 3.2** Metodología de recopilación y análisis de la información.
- **Figura 3.3** Metodología de depuración y homogeneización de datos de inventario de calidad.
- **Figura 3.4** Procedencia de los análisis químicos en la zona de estudio.
- **Figura 3.5** Distribución espacial de puntos con análisis químicos.
- **Figura 3.6** Distribución de análisis químicos por hojas y origen
- **Figura 3.7** Naturaleza de los puntos con análisis químicos.
- **Figura 3.8** Metodología para la caracterización preliminar de la calidad.
- **Figura 3.9** Metodología para la actualización de datos de calidad. Campañas de muestreo.
- **Figura 3.10** Resultados de las campañas de muestreo.
- **Figura 3.11** Metodología de definición de la vulnerabilidad del medio.

## **CAPITULO 4.- CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO**

- **Figura 4.1** Situación de la zona de estudio.
- **Figura 4.2** Síntesis geológica.
- **Figura 4.3** Evolución del modelo conceptual de flujo.
- **Figura 4.4** El modelo de flujo actual.
- **Figura 4.5** Propuesta de nuevo modelo conceptual de flujo.

## **CAPITULO 5 CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE LA CALIDAD.**

### **5.1 CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE LA CALIDAD.**

- **Figura 5.1.0** Resumen de la situación histórica de la calidad en la zona.
- **Figura 5.1.1** Distribución temporal de análisis químicos.
- **Figura 5.1.2** Relación profundidad / conductividad y profundidad / nitratos.
- **Figura 5.1.3** Relación Cl / Na y HCO<sub>3</sub> / Mg.
- **Figura 5.1.4** Relación HCO<sub>3</sub> / Ca y SO<sub>4</sub> / Ca.

- **Figura 5.1.5** Relación profundidad/conductividad y profundidad/Ca. Sondeos con profundidad > 30 m.
- **Figura 5.1.6** Relación profundidad/conductividad y profundidad / Ca. Sondeos con profundidad < 30 m.
- **Figura 5.1.7** Relación HCO<sub>3</sub>/Ca y SO<sub>4</sub>/Ca. Sondeos prof > 30 m.
- **Figura 5.1.8** Relación HCO<sub>3</sub>/Ca y SO<sub>4</sub>/Ca. Sondeos prof < 30 m.
- **Figura 5.1.9** Relación profundidad / conductividad y profundidad / calcio. Sondeos con prof < 30 m. Primavera 91.
- **Figura 5.1.10** Relación profundidad / conductividad y profundidad / calcio. Sondeos con prof > 30 m. Primavera 91.
- **Figura 5.1.11** Relación HCO<sub>3</sub> / Ca y SO<sub>4</sub> / Ca. Sondeos con profundidad < 30 m. Primavera 1991.
- **Figura 5.1.12** Relación HCO<sub>3</sub> / Ca y SO<sub>4</sub> / Ca. Sondeos con profundidad > 30 m. Primavera 1991.

## **CAPITULO 5.2 LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD EN EL TIEMPO**

- **Figura 5.2.1** Evolución histórica en el punto 201950007
- **Figura 5.2.2** Evolución histórica en el punto 202020007
- **Figura 5.2.3** Evolución histórica en el punto 182280202
- **Figura 5.2.4** Evolución histórica en el punto 192270005
- **Figura 5.2.5** Evolución histórica en el punto 182230002
- **Figura 5.2.6** Evolución histórica en el punto 182280116
- **Figura 5.2.7** Evolución histórica en el punto 192180129
- **Figura 5.2.8** Evolución histórica en el punto 192210138
- **Figura 5.2.9** Evolución histórica en el punto 192140058
- **Figura 5.2.10** Evolución histórica en el punto 192210077
- **Figura 5.2.11** Evolución histórica en el punto 202050044
- **Figura 5.2.12** Evolución histórica en el punto 182240032
- **Figura 5.2.13** Evolución histórica en el punto 192220061
- **Figura 5.2.14** Evolución histórica en el punto 192140150
- **Figura 5.2.15** Evolución histórica en el punto 192180162
- **Figura 5.2.16** Evolución histórica en el punto 192140028
- **Figura 5.2.17** Evolución histórica en el punto 192230001
- **Figura 5.2.18** Evolución histórica en el punto 192080067
- **Figura 5.2.19** Evolución histórica en el punto 192180054
- **Figura 5.2.20** Evolución histórica en el punto 192040005
- **Figura 5.2.21** Evolución histórica en el punto 192150003

- **Figura 5.2.22** Evolución histórica en el punto 201950005
- **Figura 5.2.23** Evolución histórica en el punto 192260024
- **Figura 5.2.24** Evolución histórica en el punto 192040009
- **Figura 5.2.24 (bis)** Evolución histórica en el punto 182170009
- **Figura 5.2.25** Variaciones de conductividad y nivel piezométrico
- **Figura 5.2.26** Variaciones de conductividad y nivel piezométrico
- **Figura 5.2.27** Variaciones de conductividad y nivel piezométrico
- **Figura 5.2.28** Tendencias de conductividad
- **Figura 5.2.29** Tendencias de conductividad
- **Figura 5.2.30** Tendencias de conductividad
- **Figura 5.2.31** Tendencias de conductividad
- **Figura 5.2.32** Tendencias de conductividad
- **Figura 5.2.33** Tendencias de conductividad
- **Figura 5.2.34** Pautas de variación de nitratos por campañas.
- **Figura 5.2.35** Pautas de variación de nitratos en series de campañas consecutivas.

## **CAPITULO 6. CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD ACTUAL**

### **CAPITULO 6.1 LA CALIDAD EN LA PRIMAVERA DEL 95**

#### **CAPITULO 6.1.1 LA CALIDAD EN EL CONJUNTO DE LA ZONA**

- **Figura 6.1.1.1** Valores de conductividad en la zona.
- **Figura 6.1.1.2** Relación profundidad/conductividad para diferentes intervalos de profundidad.
- **Figura 6.1.1.3** Relación profundidad/conductividad para diferentes intervalos de profundidad.
- **Figura 6.1.1.4** Relación profundidad/conductividad.
- **Figura 6.1.1.5** Relación conductividad/sulfatos y cloruros.
- **Figura 6.1.1.6** Relación conductividad/ dureza y semisuma de aniones y cationes.
- **Figura 6.1.1.7** Relación conductividad/residuo seco.
- **Figura 6.1.1.8** Relación profundidad/cloruros.
- **Figura 6.1.1.9** Relación Cl/Na (meq/l)
- **Figura 6.1.1.10** Relación profundidad/sulfatos.
- **Figura 6.1.1.11** Relación SO<sub>4</sub>/Ca (meq/l)

- **Figura 6.1.1.12** Relación profundidad/bicarbonatos.
- **Figura 6.1.1.13** Relación  $\text{HCO}_3/\text{Ca}$  y  $\text{HCO}_3/\text{Ca}+\text{Mg}$  (meq/l)
- **Figura 6.1.1.14** Valores de nitratos en la zona.
- **Figura 6.1.1.15** Relación profundidad/nitratos para diferentes intervalos de profundidad.
- **Figura 6.1.1.16** Relación profundidad/nitratos para diferentes intervalos de profundidad.
- **Figura 6.1.1.17** Relación profundidad/nitratos.
- **Figura 6.1.1.18** Relación profundidad/calcio.
- **Figura 6.1.1.19** Relación profundidad/sodio .
- **Figura 6.1.1.20** Relación profundidad/magnesio.
- **Figura 6.1.1.21** Diagramas de estabilidad para diferentes transformaciones minerales.
- **Figura 6.1.1.22** Relación profundidad/silice.
- **Figura 6.1.1.23** Relación profundidad/dureza.

#### **CAPITULO 6.1.2 LA CALIDAD ACTUAL EN LOS SISTEMAS GENERALES**

- **Figura 6.1.2.1** Relación  $\text{SO}_4 - \text{Ca}$  (meq/l) en cada Sistema General.
- **Figura 6.1.2.2** Relación  $\text{Cl} - \text{Na}$  (meq/l) en cada Sistema General.
- **Figura 6.1.2.3** Facies hidroquímicas en el campo de Torrelaguna.
- **Figura 6.1.2.4** Facies hidroquímicas en el campo de El Canal Bajo.
- **Figura 6.1.2.5** Facies hidroquímicas en el campo de El Canal Alto-El Goloso.
- **Figura 6.1.2.6** Facies hidroquímicas en el campo de Fuencarral.
- **Figura 6.1.2.7** Facies hidroquímicas en el campo de El Plantío-Majadahonda.
- **Figura 6.1.2.8** Facies hidroquímicas en el campo del Canal del Oeste.
- **Figura 6.1.2.9** Clasificación de aguas para riego. Campos de Torrelaguna y Canal Bajo.
- **Figura 6.1.2.10** Clasificación de aguas para riego. Campos del Canal Alto y Fuencarral.
- **Figura 6.1.2.11** Clasificación de aguas para riego. Campos del Plantío - Majadahonda y Canal del Oeste.
- **Figura 6.1.2.12** Relación profundidad/conductividad en los Sistemas Generales.
- **Figura 6.1.2.13** Relación profundidad/cloruros en los Sistemas

- Generales.
- **Figura 6.1.2.14** Relación profundidad/sulfatos en los Sistemas Generales.
  - **Figura 6.1.2.15** Relación profundidad/bicarbonatos en los Sistemas Generales.
  - **Figura 6.1.2.16** Relación profundidad/nitratos en los Sistemas Generales.
  - **Figura 6.1.2.17** Relación profundidad/sodio en los Sistemas Generales.
  - **Figura 6.1.2.18** Relación profundidad/magnesio en los Sistemas Generales.
  - **Figura 6.1.2.19** Relación profundidad/calcio en los Sistemas Generales.
  - **Figura 6.1.2.20** Relación profundidad/silice en los Sistemas Generales.

## **CAPITULO 6.2 VARIACIONES DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ENTRE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO DE PRIMAVERA Y OTOÑO DE 1995**

- **Figura 6.2.1** Frecuencia de variación de concentraciones de elementos mayoritarios.
- **Figura 6.2.2** Rangos más frecuentes de variación de concentración de elementos mayoritarios y de conductividad.
- **Figura 6.2.3** Variaciones medias de concentración de elementos mayoritarios y de conductividad.
- **Figura 6.2.4** Variaciones de conductividad. Primavera - otoño.
- **Figura 6.2.5** Diferencias de conductividad. Primavera - otoño.
- **Figura 6.2.6** Variaciones de concentración de nitratos.
- **Figura 6.2.7** Frecuencia de variación de concentraciones de constituyentes minoritarios.
- **Figura 6.2.8** Rangos más frecuentes de variación de concentración de constituyentes minoritarios.
- **Figura 6.2.9** Variaciones medias de concentración de elementos minoritarios.
- **Figura 6.2.10** Variaciones de concentración de nitritos.
- **Figura 6.2.11** Frecuencia de variación de concentraciones de elementos mayoritarios. Sistemas Generales.
- **Figura 6.2.12** Rangos más frecuentes de variación de concentraciones de

- elementos mayoritarios y de conductividad. Sistemas Generales.
- **Figura 6.2.13** Variaciones medias de concentraciones de elementos mayoritarios y conductividad. Sistemas Generales.
  - **Figura 6.2.14** Frecuencia de variación de concentraciones de elementos minoritarios. Sistemas Generales.
  - **Figura 6.2.15** Rangos más frecuentes de variación de concentraciones de elementos minoritarios. Sistemas Generales.
  - **Figura 6.2.16** Variaciones medias de concentración de elementos minoritarios. Sistemas Generales.

### **6.3 LAS VARIACIONES DE COMPOSICIÓN EN LOS SISTEMAS GENERALES CAMPAÑAS DE OTOÑO DE 1995 Y ENERO DE 1996**

- **Figura 6.3.1** Variaciones en el sondeo PT-4
- **Figura 6.3.2** Variaciones en el sondeo Montevalina-7
- **Figura 6.3.3** Variaciones en el sondeo Montevalina-6
- **Figura 6.3.4** Variaciones en el sondeo G-1

## **CAPITULO 8 VULNERABILIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN**

### **CAPITULO 8.1 VULNERABILIDAD**

- **Figura 8.1.1** Ubicación de puntos someros utilizados para la determinación de Eo.
- **Figura 8.1.2** Tiempos de tránsito en los sistemas generales.

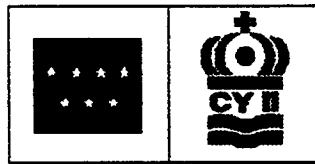
## **CAPITULO 9 MEDIDAS DE PROTECCIÓN.**

- **Figura 9.1** Red de control. Campo de Torrelaguna
- **Figura 9.2** Red de control. Campo del Canal Bajo
- **Figura 9.3** Red de control. Campo del Canal Alto y Fuencarral
- **Figura 9.4** Red de control. Campo de El Plantío-Majadahonda
- **Figura 9.5** Red de control. Campo del Canal del Oeste





Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España



Canal de  
Isabel II

INDICE DE PLANOS

## **CAPITULO 5. CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE LA CALIDAD**

### **CAPITULO 5.2 LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD EN EL TIEMPO**

- **Plano 5.2.1** Situación de puntos utilizados para el estudio de la evolución histórica de la calidad.

## **CAPITULO 6. CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD ACTUAL**

### **CAPITULO 6.1 LA CALIDAD EN LA PRIMAVERA DEL 95**

#### **CAPITULO 6.1.1 LA CALIDAD EN EL CONJUNTO DE LA ZONA**

- **Plano 6.1.1.1** Mapa de situación de muestras.
- **Plano 6.1.1.2** Mapa de distribución de facies hidroquímicas.
- **Plano 6.1.1.3** Mapa de zonación de conductividad.
- **Plano 6.1.1.4** Mapa de zonación de contenido en cloruros.
- **Plano 6.1.1.5** Mapa de zonación de contenido en sulfatos.
- **Plano 6.1.1.6** Mapa de zonación de contenido en bicarbonatos
- **Plano 6.1.1.7** Mapa de zonación de contenido en nitratos.
- **Plano 6.1.1.8** Mapa de zonación de contenido en calcio.
- **Plano 6.1.1.9** Mapa de zonación del índice de saturación con respecto a la calcita.
- **Plano 6.1.1.10** Mapa de zonación de contenido en sodio.
- **Plano 6.1.1.11** Mapa de zonación de contenido en magnesio.
- **Plano 6.1.1.12** Mapa de zonación de contenido en potasio.
- **Plano 6.1.1.13** Mapa de zonación de contenido en sílice.
- **Plano 6.1.1.14** Mapa de zonación de dureza.
- **Plano 6.1.1.15** Mapa de zonación de contenido en flúor.
- **Plano 6.1.1.16** Mapa de zonación de contenido en hierro.
- **Plano 6.1.1.17** Mapa de zonación de contenido en zinc.
- **Plano 6.1.1.18** Mapa de zonación de contenido en arsénico.
- **Plano 6.1.1.19** Mapa de zonación de contenido en fenoles.
- **Plano 6.1.1.20** Situación de sondeos con calidad de agua objetable. (caracteres fisicoquímicos)
- **Plano 6.1.1.21** Situación de sondeos con calidad de agua objetable.

- (sustancias no deseables)
- Plano 6.1.1.22 Situación de sondeos con calidad de agua objetable.  
(caracteres relativos a sustancias tóxicas)

## CAPITULO 6.1.2 LA CALIDAD ACTUAL EN LOS SISTEMAS GENERALES

- Plano 6.1.2.1 Límites R.T.S para aguas potables de consumo público. Campaña de muestreo primavera 95. Puntos de los Sistemas Generales con concentración igual o superior a la C.M.A. (R.T.S). Caracteres físico químicos
- Plano 6.1.2.2 Límites R.T.S para aguas potables de consumo público. Campaña de muestreo primavera 95. Puntos de los Sistemas Generales con concentración igual o superior a la C.M.A. (R.T.S). Caracteres relativos a sustancias no deseables
- Plano 6.1.2.3 Límites R.T.S para aguas potables de consumo público. Campaña de muestreo primavera 95. Puntos de los Sistemas Generales con concentración igual o superior a la C.M.A. (R.T.S). Caracteres relativos a sustancias tóxicas

## CAPITULO 6.2 VARIACIONES DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ENTRE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO DE PRIMAVERA Y OTOÑO DE 1995

- Plano 6.2.1 Variaciones de concentración de Cl.
- Plano 6.2.2 Variaciones de concentración de  $\text{SO}_4$ .
- Plano 6.2.3 Variaciones de concentración de  $\text{HCO}_3$ .
- Plano 6.2.4 Variaciones de concentración de Na.
- Plano 6.2.5 Variaciones de concentración de Ca.
- Plano 6.2.6 Variaciones de concentración de Mg.
- Plano 6.2.7 Variaciones de concentración de K.
- Plano 6.2.8 Variaciones de concentración de  $\text{SiO}_2$ .
- Plano 6.2.9 Variaciones de conductividad.
- Plano 6.2.10 Variaciones de concentración de  $\text{NO}_3$ .
- Plano 6.2.11 Variaciones de concentración de  $\text{NO}_2$ .

- Plano 6.2.12 Variaciones de concentración de  $P_2O_5$
- Plano 6.2.13 Variaciones de concentración de F.
- Plano 6.2.14 Variaciones de concentración de Fe.
- Plano 6.2.15 Variaciones de concentración de Zn.
- Plano 6.2.16 Variaciones de concentración de As.

## **CAPITULO 7 CARACTERIZACIÓN DE FOCOS.**

### **CAPITULO 7.1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

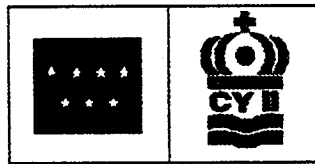
- Plano 7.1.1 Plantas y unidades de tratamiento.
- Plano 7.1.2 Vertederos de inertes.

### **CAPITULO 7.2 RESIDUOS LÍQUIDOS: AGRÍCOLAS, INDUSTRIALES Y URBANOS**

- Plano 7.2.1 Mapa de situación.
- Plano 7.2.2 Actividades agropecuarias.
- Plano 7.2.3 Actividades industriales.
- Plano 7.2.4 Actividades urbanas y pecuarias.



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España



Canal de  
Isabel II

CAPÍTULO 1  
ANTECEDENTES

## 1. ANTECEDENTES

Con fecha 29/4/94 el Canal de Isabel II (C.Y.II) y el Instituto Tecnológico Geominero de España (I.T.G.E) firmaron un Acuerdo Específico para el desarrollo de un Programa de asistencia técnica del I.T.G.E al C.Y.II.

En este Acuerdo se contempla la realización del estudio "*CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II*".

Los trabajos realizados con anterioridad en el área de Madrid no contemplaban simultáneamente estos dos aspectos de calidad y riesgo de contaminación de las aguas subterráneas y, mucho menos, se circunscribían al ámbito de actuación del Canal de Isabel II. Carecían también, lógicamente, del nivel de detalle que interesa al C.Y.II en lo referente a la situación de sus propias instalaciones de captación en los referidos aspectos. Consiguientemente no daban respuesta adecuada a las necesidades específicas del C.Y.II.

La realización del estudio mencionado materializa el interés de esta Empresa Pública en el conocimiento de la calidad del agua subterránea y en la caracterización de los eventuales focos y procesos de alteración que pudieran degradarla a fin de optimizar la gestión de este recurso en el marco de sus competencias y posibilidades y en el ámbito de su actuación.

La zona de estudio (Fig 1.1) se extiende al área de actuación del C.Y.II en el acuífero Terciario detrítico de la zona norte de Madrid y en el área de Torrelaguna, excluida el área de la sierra. Esta zona corresponde a las hojas topográficas E:1/50.000 y octantes que se relacionan en el cuadro 1.1.

Cuadro 1.1 Delimitación de la zona de estudio

HOJA	NOMBRE	Octantes	
		A. Estudio	Z. Complementaria
1821	S. Lorenzo del Escorial		7,8
1822	Villaviciosa de Odón	4	3,7,8
1919	Buitrago	8	3,4,7
1920	Torrelaguna	4	3,5,6,7,8
1921	Colmenar Viejo	2,3,6,7	1,4,5,8
1922	Madrid	1,2,5	3,4,6,7

HOJA	NOMBRE	Octantes	
		A. Estudio	Z. Complementaria
2019	Valdepeñas de la Sierra	5	1,2,6
2020	Marchamalo	1	2,5,6

Como se indica en el cuadro anterior, en esta zona se ha definido un área de estudio, correspondiente a las inmediaciones de los Sistemas Generales del C.Y.II, objeto fundamental del trabajo, y una zona complementaria, utilizada como apoyo para el cumplimiento de los objetivos señalados.

En conjunto la superficie de la zona es de unos 1800 km<sup>2</sup> de los cuales 800 km<sup>2</sup> corresponden a la zona de estudio y el resto a la zona complementaria.

Dentro de la zona son objeto de estudio específico los Sistemas Generales del C.Y.II.

Se entiende por Sistema General el conjunto de sondeos, variable en el tiempo, conectados a las instalaciones propias del C.Y.II. aprovechando la infraestructura de canalizaciones ya existentes. Los sondeos que componen el conjunto de los Sistemas Generales son propiedad del C.Y.II. y son gestionados por el mismo.

Se entiende por Sistema Local el conjunto de pozos que vierten sus aguas a los depósitos municipales y cuyo aprovechamiento incide sólo en los municipios en que están ubicados los pozos.

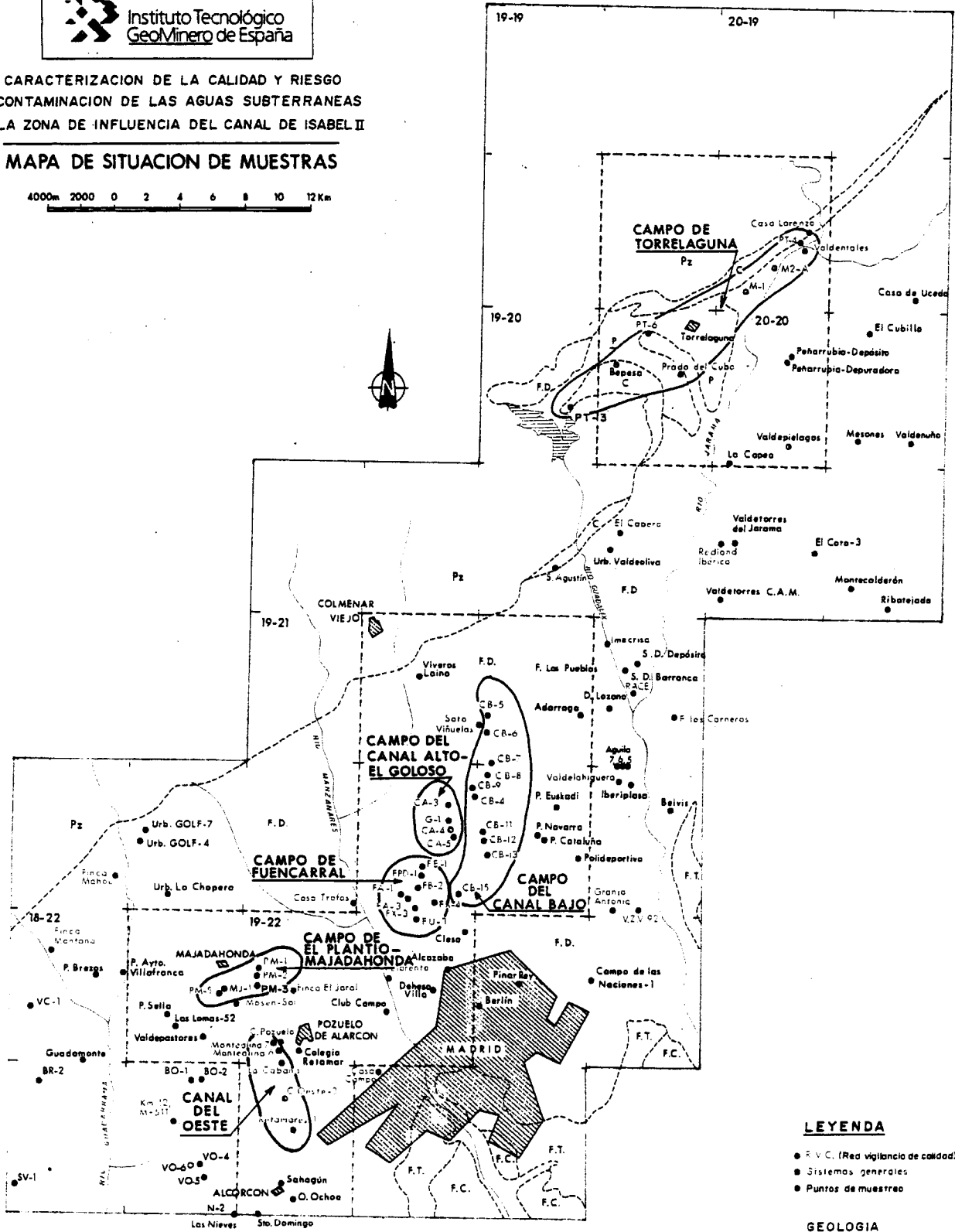
Los Sistemas Generales incluidos en la zona de estudio son los siguientes:

	1993	1995	Aportación en :
	Nº de sondeos		
<b>Fuencarral</b>	9	9	Depósito El Goloso
<b>Torrelaguna</b>	7	7	Canal de la Parra
<b>El Plantío</b>	3	3	Depósito El Plantío
<b>Valdelatas</b>	5	5	Canal Bajo
<b>El Goloso</b>	5	5	Depósito El Goloso
<b>Valdelamasa</b>	5	5	Canal Bajo
<b>El Bodonal</b>	2	2	Canal Bajo
<b>Majadahonda</b>	2	2	Depósito Majadahonda
<b>Canal del Oeste</b>	6	6	Canal del Oeste

CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II

MAPA DE SITUACION DE MUESTRAS

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12 Km



**LEYENDA**

- R.V.C. (Red vigilancia de calidad)
- Sistemas generales
- Puntos de muestra

**GEOLOGIA**

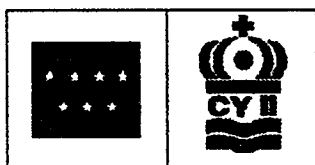
- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies cenozoica o química
- PALEOGENO**
- P. Paleógeno
  - C. Cretácico
  - Pz. Paleozoico

Fig. 1.1 ZONA DE ESTUDIO





Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España



Canal de  
Isabel II

CAPÍTULO 2  
OBJETIVOS

## **2.- OBJETIVOS**

El estudio se ha planteado con los siguientes objetivos prioritarios :

1.- Caracterización espacio-temporal de la calidad de las aguas subterráneas en el área de influencia del C.Y.II y, particularmente, en las captaciones de los Sistemas Generales.

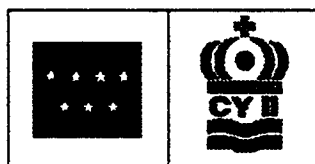
2.- Caracterización de los factores que pueden incidir negativamente en dicha calidad. Entre ellos se incluyen, por un lado, la presencia de focos potenciales de contaminación y, por otro, la propia vulnerabilidad del medio.

Objetivos subordinados a éstos se consideran

- Evaluación de recursos de calidad adecuada
- Definición de medidas de protección



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España



Canal de  
Isabel II

CAPÍTULO 3  
METODOLOGÍA

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.0 PLANTEAMIENTO GENERAL DEL ESTUDIO

El planteamiento general del estudio para la consecución de los objetivos señalados tiene como hitos más sobresalientes ( Fig 3.1 ) :

- Caracterización del medio
- Caracterización preliminar de la calidad
- Caracterización de focos
- Definición de la vulnerabilidad del medio
- Caracterización de la calidad actual
- Definición de recursos de calidad
- Definición del riesgo
- Diseño de medidas de protección entre las que se destaca el establecimiento de una red de control de calidad

Los datos de "información general", junto con los más precisos de "información específica", permiten la "caracterización del medio" (geología, hidrogeología, hidroquímica) y la definición de la "vulnerabilidad del acuífero".

La "información específica", relativa al inventario de puntos acuíferos, con la correspondiente información analítica existente, permite la "caracterización preliminar de la calidad", etapa previa a la "caracterización de la calidad actual", realizada por medio de una etapa de "ampliación y actualización" de datos mediante dos campañas de muestreo en primavera y otoño de 1995.

La "información específica" relativa al inventario de focos potenciales de contaminación, completada y actualizada *in situ*, permite la "caracterización de focos" y su clasificación. Localizados y caracterizados los focos, en lo posible, y definida la vulnerabilidad del medio, es posible definir el "riesgo de contaminación" del mismo.

Establecida la situación de la calidad de los recursos y del riesgo de afección de los mismos, se está en condiciones de concretar las "medidas de protección" más adecuadas; un aspecto esencial dentro de estas medidas es el establecimiento de una red de control de calidad que fundamente actuaciones de prevención antes que actuaciones de eliminación de impactos.

El planteamiento general del estudio se materializa en el siguiente plan de trabajo:

### **PLAN DE TRABAJO.**

- 1.- Recopilación y análisis de la información disponible.
- 2.- Depuración y homogeneización de la información analítica.
- 3.- Caracterización preliminar de la calidad.
- 4.- Actualización de la información sobre la calidad que incluye:
  - Revisión y comprobación de inventario de puntos de agua.
  - Campañas de muestreo y toma de datos en campo (primavera y otoño).
  - Seguimiento de la calidad en la red de control, previamente definida.
- 5.- Recopilación, depuración y comprobación de inventarios de focos potenciales de contaminación in situ.
- 6.- Definición de recursos de calidad.
- 7.- Definición de la vulnerabilidad del medio.
- 8.- Definición del riesgo.
- 9.- Diseño de medidas de protección.

A continuación se describen sucintamente las actividades fundamentales de cada apartado del plan de trabajo.

#### **3.1 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE**

El objetivo de esta fase es disponer de la información necesaria para la caracterización del medio hidrogeológico en la zona de estudio y realizar un diagnóstico sobre la validez y utilidad de esta

**PLANTEAMIENTO GENERAL DEL ESTUDIO**

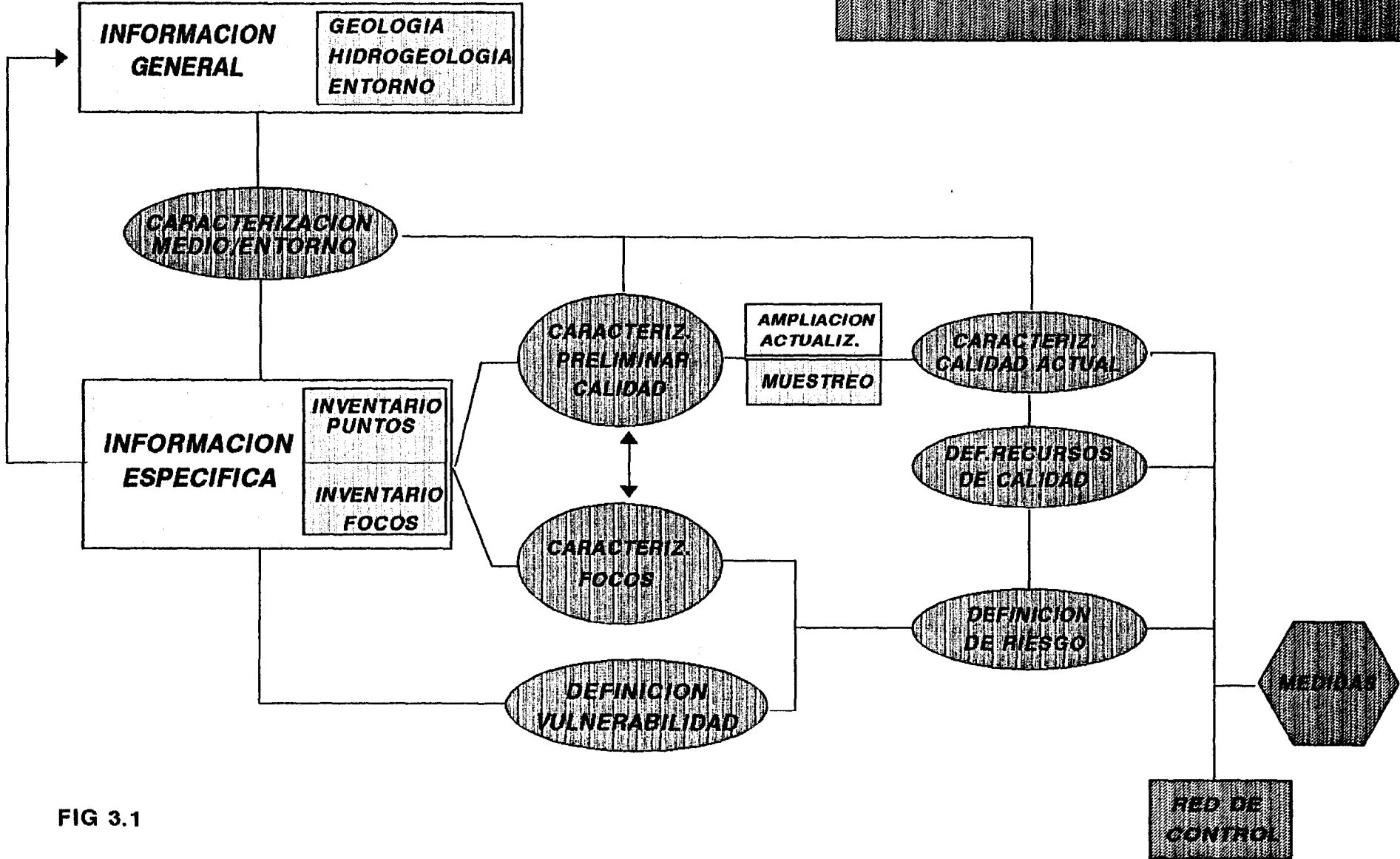


FIG 3.1

información al mismo tiempo que detectar las lagunas existentes en la misma sobre aspectos que se consideran de importancia para la realización del estudio.

Un hito esencial en esta fase es la obtención de inventarios de puntos acuíferos y de focos potenciales de contaminación.

La metodología utilizada se presenta esquemáticamente en la figura 3.2.

Tras una investigación preliminar de posibles fuentes de información y una serie de consultas previas se confeccionó una relación provisional de unidades de información clasificadas en documentos (informes, artículos, publicaciones), inventarios (puntos acuíferos, focos potenciales) y cartografía general.

La relación preliminar de documentos, compuesta inicialmente por unos 350 títulos, se redujo a unos 150 por aplicación de criterios de selección de tipo ámbito territorial (zona de estudio), temático (calidad/contaminación), fecha (últimos 15-20 años), constancia de similitud de información, etc.

Tras los oportunos contactos se procedió a la revisión de los documentos seleccionados disponibles bien en los respectivos Centros de Documentación bien, tras la solicitud de envío de la documentación de previsible interés, en gabinete.

Para cada documento considerado de cierto interés se ha cumplimentado una ficha bibliográfica en que figuran las referencias necesarias para su localización y un resumen de la información contenida.

En el Anexo 3 se incluyen las fichas de los trabajos considerados de interés y menos redundantes en la información contenida.

La información no centralizada proviene en su mayor parte de trabajos realizados en las Universidades y en diversas publicaciones de Jornadas, Simposios, Congresos, etc.

### **3.2 DEPURACIÓN Y HOMOGENEIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN ANALÍTICA. ( INVENTARIOS DE PUNTOS ACUÍFEROS)**

Los objetivos de esta fase han sido :

- Disponer de información homogénea, lo más completa y fiable posible, referente a los puntos acuíferos de la zona.
- Crear la infraestructura elemental necesaria para la caracterización de la calidad y el diseño de la futura red de control.

Para la consecución de estos objetivos se diseñó la metodología que se refleja esquemáticamente en la figura 3.3. y se comenta brevemente a continuación:

### 3.2.1 INVESTIGACIÓN DE FUENTES

La investigación de fuentes de información sobre datos de puntos acuíferos, particularmente de datos de análisis químicos, ha cubierto los siguientes tipos de fuentes :

- Inventarios generales.
- Inventarios específicos.
- Datos dispersos.

Los inventarios generales tienen carácter de infraestructura regional o nacional, están informatizados y parte de la información que contienen es contrastada y actualizada periódicamente.

Los inventarios específicos contienen información de ámbito más reducido, han sido realizados con objetivos concretos (tesis, tesinas, trabajos específicos), suelen ser en buena parte tributarios de los inventarios generales, no suelen estar informatizados y no se actualizan sistemáticamente.

Los datos dispersos son de tipo puntual, generalmente nacen de actuaciones concretas de particulares y no tienen continuidad en el tiempo.

La mayor parte de la información sobre la composición química de las aguas subterráneas (figura 3.4) procede de inventarios generales (I.T.G.E, C.Y.II, MOPTMA), complementados con los datos de inventarios específicos realizados a partir de 1980 y con datos dispersos obtenidos en esta fase del estudio o en la posterior de revisión de inventarios en campo.



# RECOPIACION Y ANALISIS DE LA INFORMACION

## METODOLOGIA

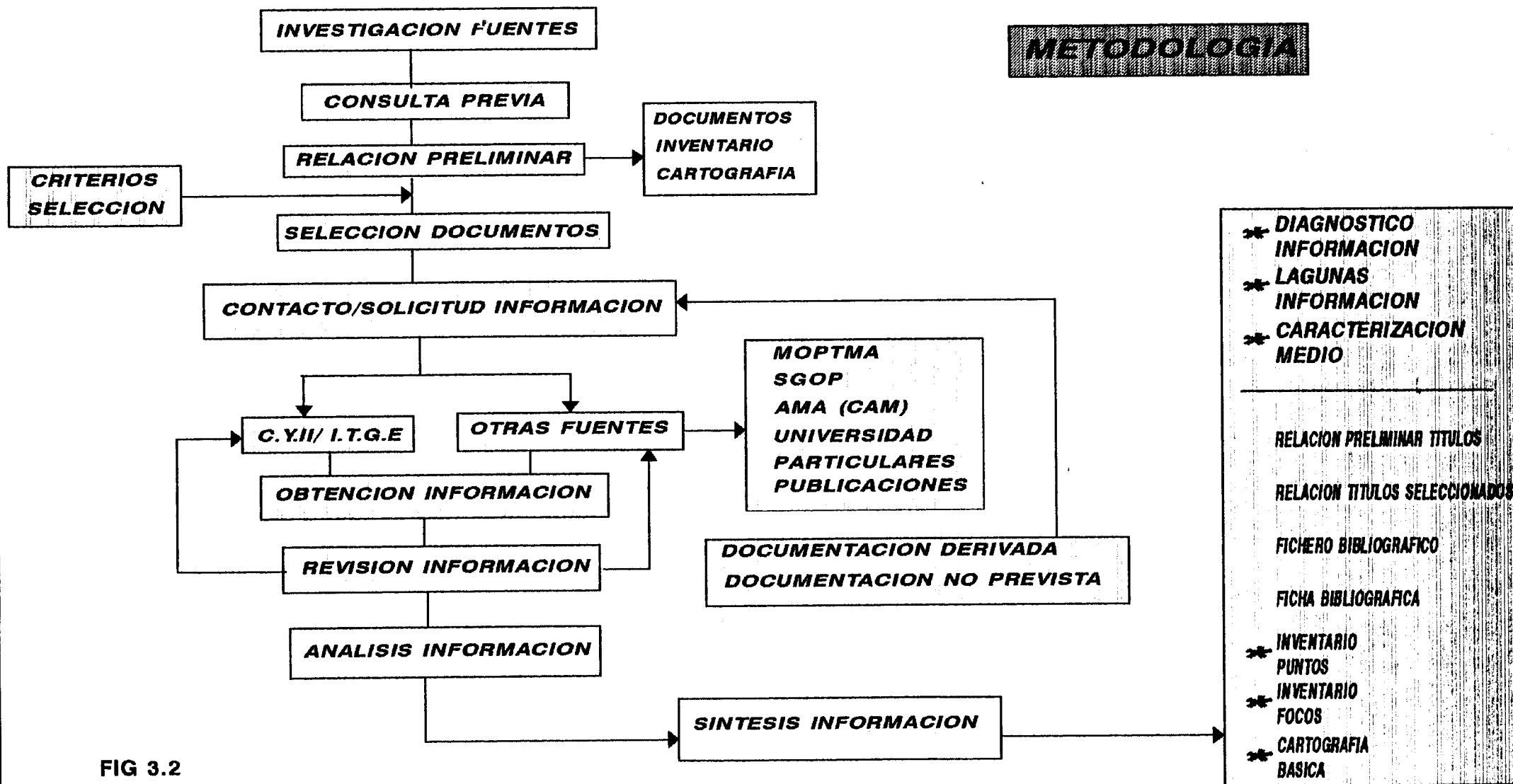


FIG 3.2

# DEPURACION Y HOMOGENEIZACION DE DATOS DE INVENTARIO DE CALIDAD METODOLOGIA

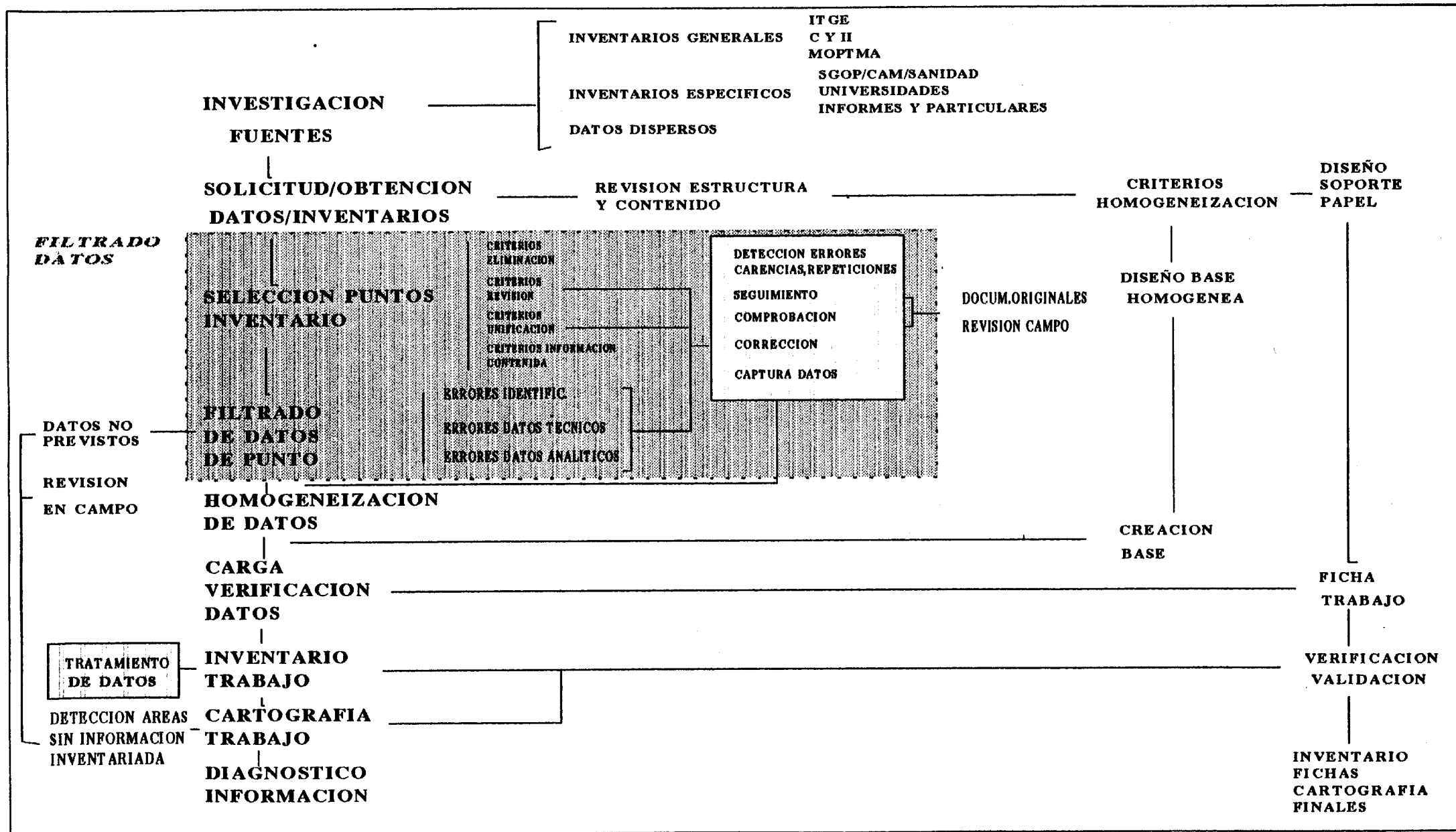


FIG 3.3

### **3.2.2 REVISIÓN DE ESTRUCTURA Y CONTENIDO**

Una vez obtenidos los datos de inventarios se ha procedido a la revisión de la estructura y contenido de las bases de datos en relación con los campos de identificación, datos técnicos y datos de análisis con el fin de establecer criterios de homogeneización para la creación de una base de datos útil para el estudio.

Estos criterios han sido, fundamentalmente, :

- Conservación de la información útil.
- Eliminación de datos de identificación sin interés para el proyecto.
- Eliminación de datos técnicos irrelevantes.
- Selección de datos analíticos sobre los que suele existir información o sobre los que, presumiblemente, se obtendrá información en la fase de muestreo.

Con estos criterios se ha procedido a la creación de una base de datos compuesta por tres ficheros correlacionables :

- Fichero MAYORITARIOS. Contiene información analítica sobre concentraciones de constituyentes mayoritarios y características fisicoquímicas del agua.
- Fichero MINORITARIOS. Contiene información analítica sobre constituyentes minoritarios.

La información contenida en estos ficheros, junto con la no incluida en los mismos por aplicación de los criterios de homogeneización, se refleja en las correspondientes fichas de inventario a las que se incorpora la información actualizada obtenida en la etapa de revisión de inventario, de caracterización preliminar de la calidad y en las campañas de muestreo.

### **3.2.3 FILTRADO DE DATOS**

El filtrado de datos tiene por objeto eliminar la información errónea, indeterminada, imprecisa o redundante.

Este filtrado se ha realizado por una doble vía :

- Selección de puntos de inventario
- Filtrado de datos relativos al punto

### 3.2.3.1 Selección de puntos de inventario

La selección de puntos a incluir en el inventario unificado se ha llevado a efecto por aplicación de los siguientes criterios:

**\* Criterios de eliminación.**

Tienen como objetivo excluir los puntos no pertenecientes a la zona de estudio y los que, estando incluidos en ella, presentan información difícilmente recuperable. Entre ellos, por ejemplo,

- puntos inidentificables o de difícil identificación.
- puntos ilocalizables o de difícil y costosa localización
- puntos desaparecidos, inutilizables o inasequibles.
- puntos con excesiva dificultad de comprobación.

Entre las causas concretas de eliminación se pueden citar:

- número de identificación inexistente, incompleto o erróneo.
- inexistencia de coordenadas.
- falta de datos indirectos de identificación: toponimia, propietario, empresa constructora, etc.
- inexistencia de representación cartográfica o inadecuación de la misma.
- inexistencia/inadecuación de croquis de situación.
- constancia de abandono, desaparición u otras causas que lo hacen irrecuperable.
- constancia de dificultades excesivas para la obtención de información (propietario no residente en las proximidades, negativa a facilitar información, zona de alto riesgo para las personas, etc.

La concurrencia de varias de estas causas, de forma que la información sea difícilmente recuperable o comprobable, implica la exclusión del punto del inventario.

**\* Criterios de revisión.**

Tienen por objeto la recuperación de puntos y su inclusión en el inventario cuando la información relativa a los mismos, incompleta, es, en principio, fácilmente contrastable o corregible bien a través de consulta de documentos originales bien en la fase de revisión de inventario en campo.

**\* Criterios de unificación.**

Son aplicables a datos presuntamente repetidos en varios inventarios. Tras la verificación de dicha coincidencia, se procede a unificar y completar, en su caso, la información relativa al punto.

**\* Criterios de información contenida.**

Se incluyen en el inventario provisional los puntos que presentan información técnica y/o analítica más completa, particularmente en relación con análisis químicos, existencia de datos de columna litológica o tramos filtrantes, niveles, explotación, etc.

### **3.2.3.2 Filtrado de datos de punto**

Una vez seleccionados los puntos a incluir en el inventario preliminar se procede al filtrado de datos relativos al punto mediante la aplicación de criterios de detección de :

- errores de identificación o situación
- errores de datos técnicos
- errores de datos analíticos

mediante la comprobación de la naturaleza del punto, coordenadas, exactitud de la representación cartográfica, contraste de niveles/profundidad, etc.

En particular, por lo que se refiere a errores analíticos, se eliminan los análisis incompletos (excepto en casos puntuales por interés de estudio de evolución histórica), los datos correspondientes al "promedio" de varios análisis, los análisis con error superior al 15 %, los que presentan claras discrepancias entre la fecha de toma y la de análisis, etc.

Tanto para el caso de la selección de puntos como para el filtrado de datos de punto el proceso general de selección aplicado ha sido :

- detección de errores, carencias o repeticiones.
- seguimiento y comprobación, en lo posible, a través de documentos originales o en la etapa de revisión en campo.
- corrección de errores
- captura de datos e incorporación a la base o a la ficha de inventario.

Los datos, homogeneizados al formato establecido y verificados, particularmente cuando no proceden de inventarios informatizados, constituyen el "inventario y fichas de trabajo". Este inventario es utilizado como punto de partida para el tratamiento de datos necesario para la caracterización de la calidad. A él se incorporan datos no previstos u obtenidos en la fase de revisión en campo y, lógicamente, los procedentes de las campañas de muestreo y análisis contempladas en el estudio.

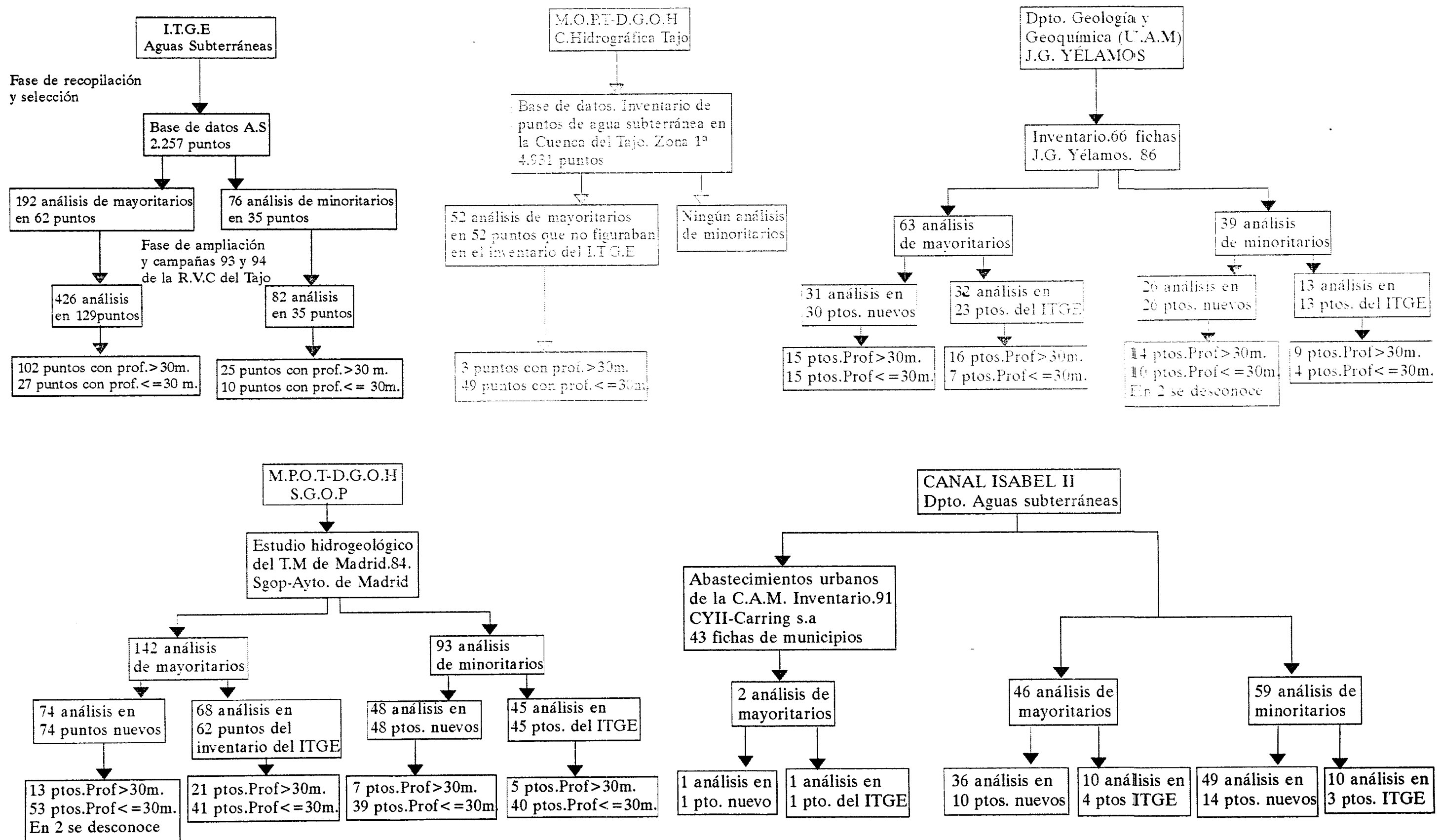
Realizadas estas campañas, verificados y validados los datos obtenidos en ellas, se obtendrá el inventario final con las correspondientes fichas completadas y actualizadas.

En la figura 3.5 se presenta la distribución espacial de los puntos con análisis que constituyen el inventario de trabajo; en las figuras 3.6 y 3.7 la distribución porcentual por hojas topográficas y por origen de la información así como por la naturaleza de los puntos inventariados, respectivamente.

### **3.3 CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE LA CALIDAD**

Tiene por objeto el conocimiento de la calidad del agua subterránea en la zona en los años anteriores a la realización de este estudio.

Esta caracterización se ha efectuado, mediante la metodología clásica de tratamiento de datos e interpretación de análisis químicos (Figura 3.8), tanto en su vertiente espacial como, por su interés, en su vertiente de evolución temporal particularmente en lo tocante a tendencias de evolución y a persistencia de ciertos constituyentes como los compuestos del nitrógeno.









Total de análisis de elementos mayoritarios: 731

Total de análisis de elementos minoritarios: 273

Figura 3.4

# Distribución espacial de los puntos con análisis químicos.

Nº de puntos=363. Nº de análisis químicos=731.

-  Sondeo > 30 m.
-  Sondeo <= 30 m.
-  Piezómetro.
-  Pozo.
-  Manantial.
-  Galería.

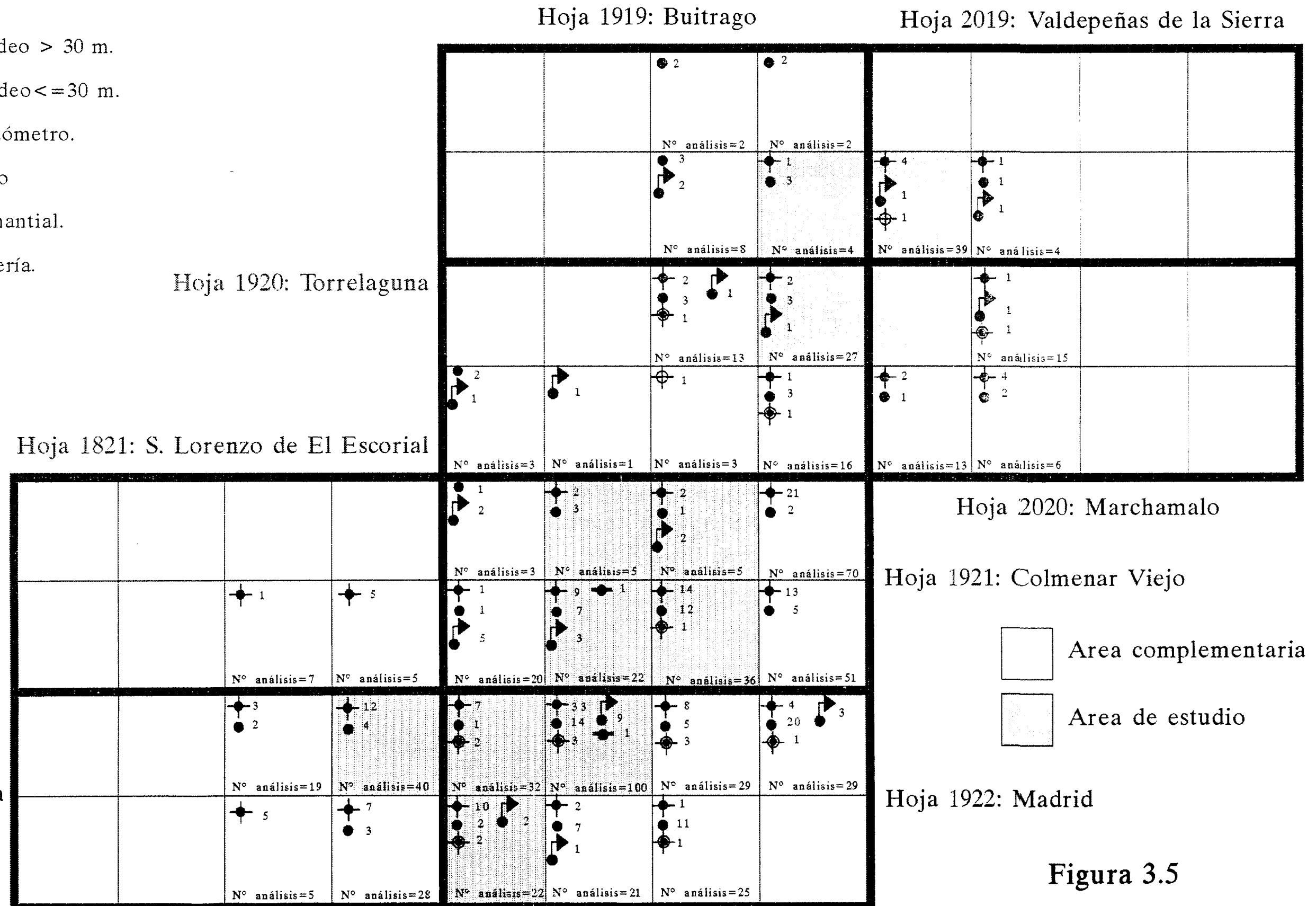
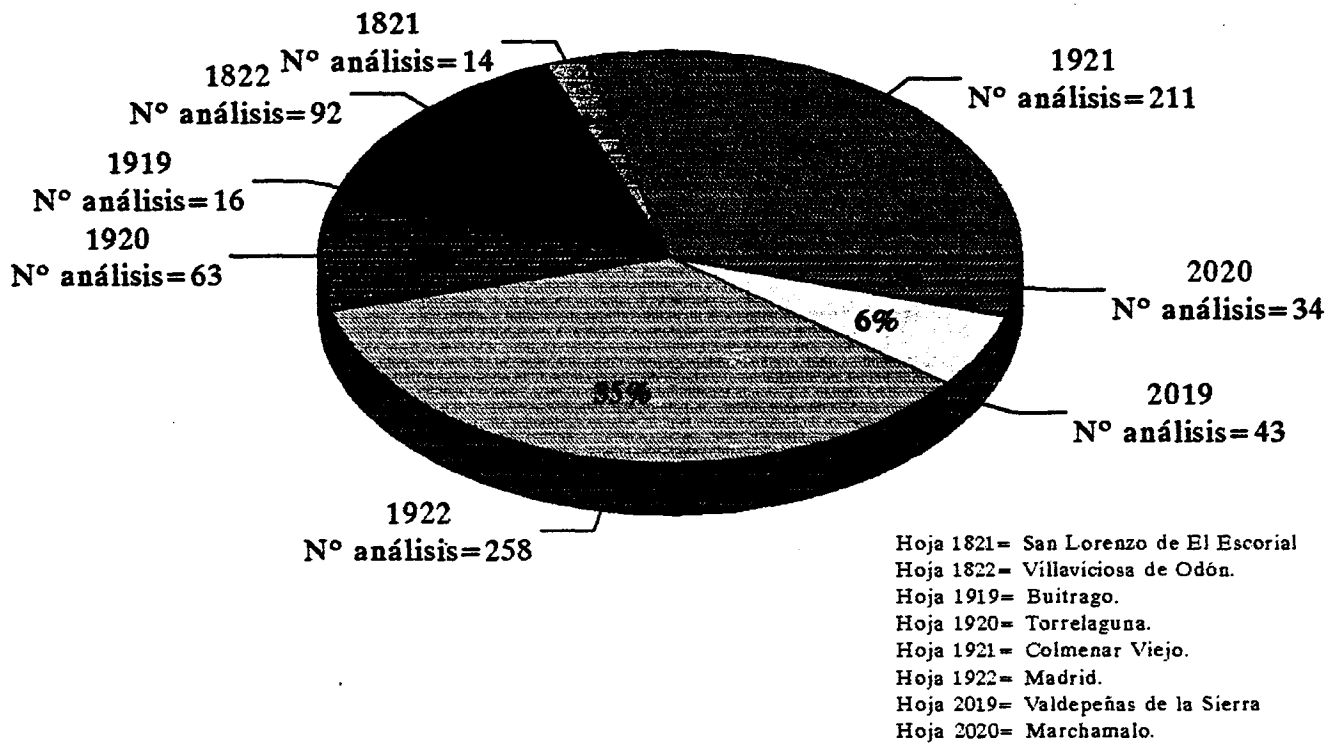


Figura 3.5



## Distribucion de análisis por hojas 1:50.000

Total de análisis químicos en la zona de estudio = 731



## Origen de los análisis químicos en la zona de estudio

Total de análisis químicos en la zona de estudio = 731

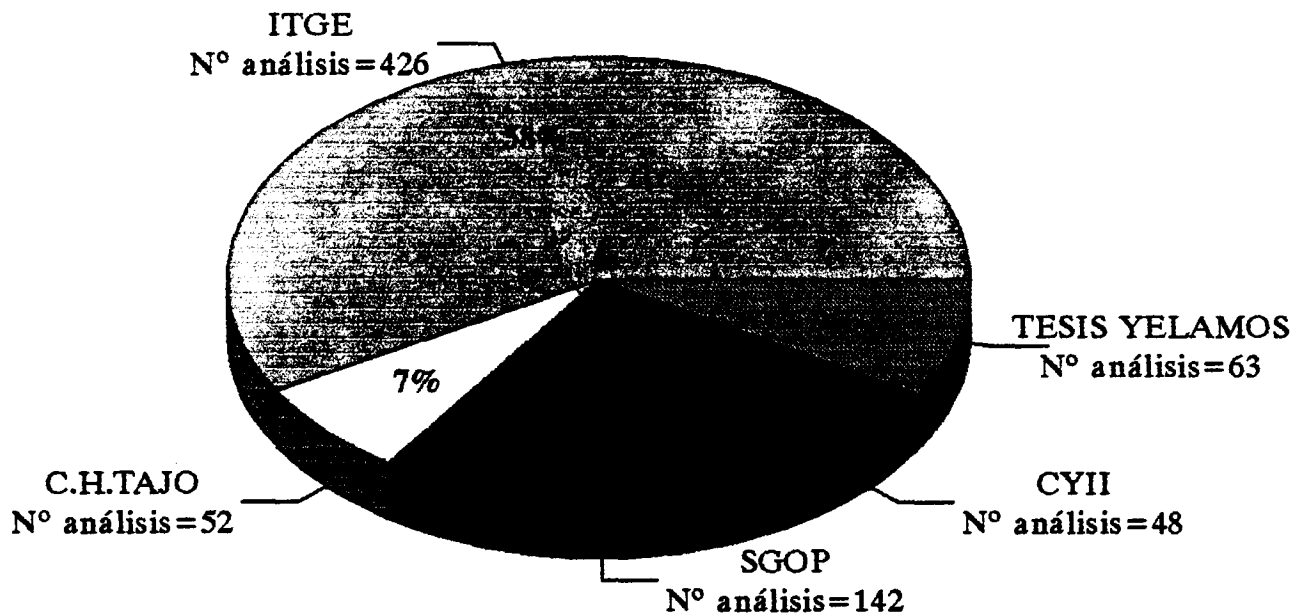


Figura 3.6



# Naturaleza de los puntos con análisis químicos. Zona de estudio

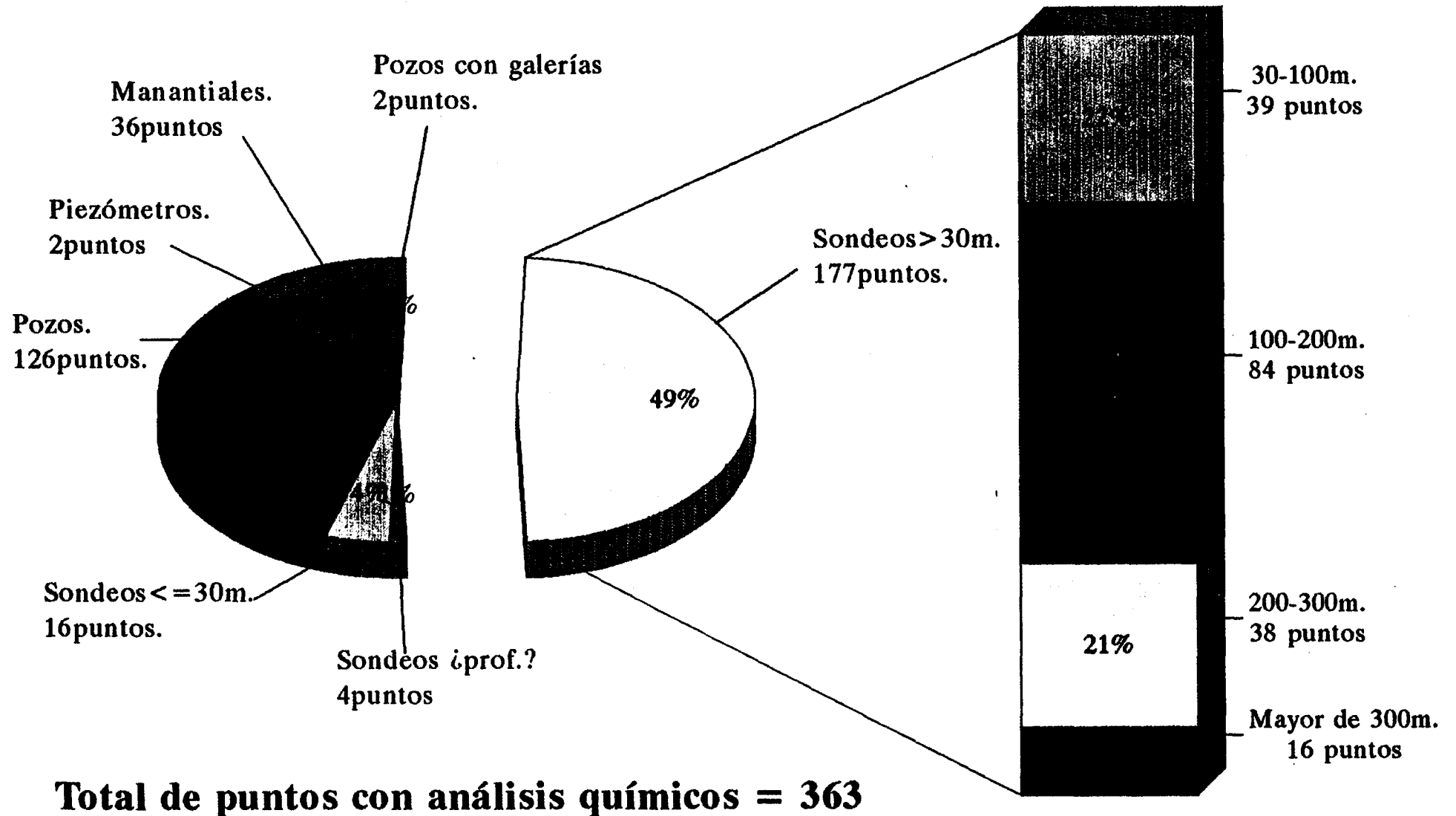


Figura 3.7

# CARACTERIZACION PRELIMINAR DE LA CALIDAD

## METODOLOGIA

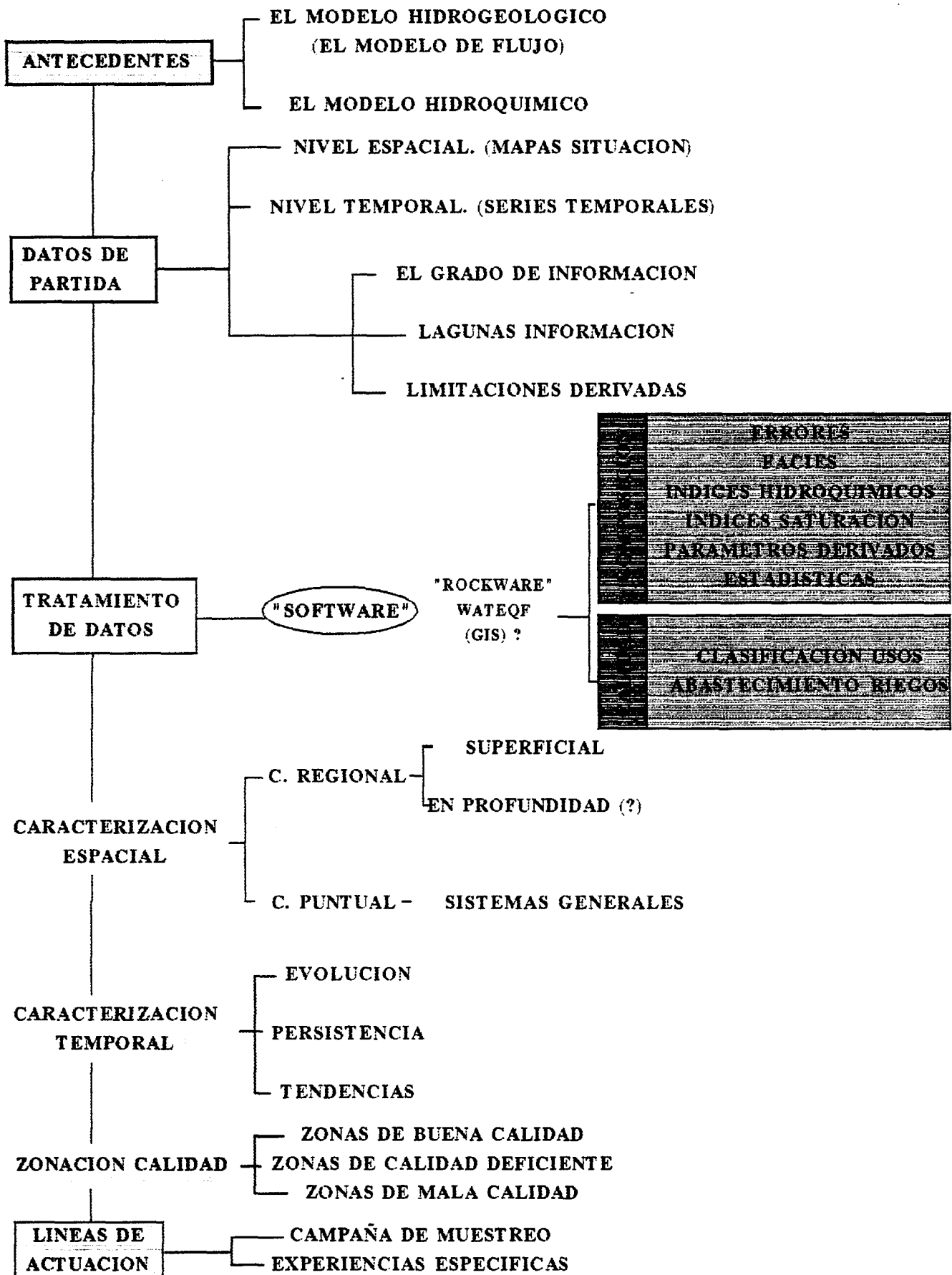


FIG 3.8

### **3.4 ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN SOBRE LA CALIDAD**

#### **3.4.1 REVISIÓN Y COMPROBACIÓN DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA**

Esta fase tiene como objetivo completar y, sobre todo, actualizar en lo posible la información sobre puntos acuíferos acerca de los cuales se dispone de información analítica, con vistas a la realización de las campañas de muestreo previstas y, secundariamente, localizar nuevos puntos de muestreo a fin de disponer, en lo posible, de una cobertura espacial más homogénea que la impuesta por los puntos inventariados, muy polarizada en la zona de estudio.

La metodología utilizada se concreta en :

- selección de puntos del inventario preliminar con indeterminaciones de ubicación, identificación, etc.
- contactos previos en caso de existir referencias suficientes como dirección del propietario, razón social de la empresa, etc.
- intento de localización in situ, en caso de imposibilidad de contactos previos.
- establecimiento de prioridades en la localización de :
  - puntos de abastecimiento no particular, de titularidad municipal, urbanizaciones, polígonos industriales, etc, en que se asegure en lo posible la existencia de una explotación continuada, la posibilidad de un mínimo control de la misma y la facilidad de contactos y acceso.
  - puntos con antecedentes de análisis
  - puntos con contraste de situación hidrogeológica (recarga/descarga)
  - puntos de mayor profundidad y mejor conocidos en lo referente a disponibilidad de columna litológica, posición de tramos filtrantes y bombas, etc.

Para cada punto visitado se ha completado la ficha de campo correspondiente a la que se ha incorporado el croquis de situación actualizado y las coordenadas definitivas contrastadas mediante G.P.S.

Asimismo se ha incorporado a la citada ficha cuanta información relativa al punto ha sido posible actualizar u obtener por primera vez. Esta información se refiere tanto a datos administrativos, como a características técnicas, datos de uso y explotación, niveles, análisis químicos, etc.

El grado de actualización de este tipo de datos y el éxito en la obtención de nuevos datos han sido escasos debido tanto al desconocimiento de los propietarios o encargados sobre las características de sus captaciones como al escaso control de las mismas que, en general, se suele mantener.

Esporádicamente se han obtenido datos fiables, con aporte documental, sobre croquis de construcción e instalación de sondeos, columnas litológicas o análisis químicos y, con frecuencia, promesas, en la mayor parte de las ocasiones no cumplidas, de envío de este tipo de información sobre captaciones de nueva realización detectadas en el curso de los trabajos de campo.

Para cada punto visitado se han determinado las condiciones de toma de datos ( medida de niveles) y de toma de muestras con apreciación de su viabilidad o dificultad así como de las circunstancias especiales que pueden influir en el muestreo.

Durante la campaña de revisión se ha tratado de obtener las correspondientes autorizaciones de los propietarios de los puntos de muestreo para esta operación y se han identificado, en lo posible, las personas responsables de facilitarla con las que se han establecido las vías de contacto personal para conseguir la máxima efectividad y rendimiento en las futuras campañas de muestreo.

Simultáneamente a la revisión de inventario de puntos acuíferos con datos de análisis se ha procedido a la localización de captaciones someras en que fuera posible la determinación del espesor de la zona no saturada del acuífero con vistas a la definición de la vulnerabilidad del mismo.

#### **3.4.2 CAMPAÑAS DE MUESTREO Y TOMA DE DATOS EN CAMPO (Primavera y Otoño)**

El objetivo de esta fase es disponer de información analítica actualizada y complementada en lo referente a parámetros de definición de la composición química del agua, fundamentalmente en lo que se refiere a constituyentes minoritarios. La realización de dos campañas en las fechas señaladas responde a un intento de contraste y de análisis de variaciones del quimismo en dos fechas de explotación diferente del acuífero.

La metodología utilizada se resume en la figura 3.9.

ACTUALIZACIÓN DE DATOS DE CUANTO  
CAMPAÑA DE MUESTREO

METODOLOGIA

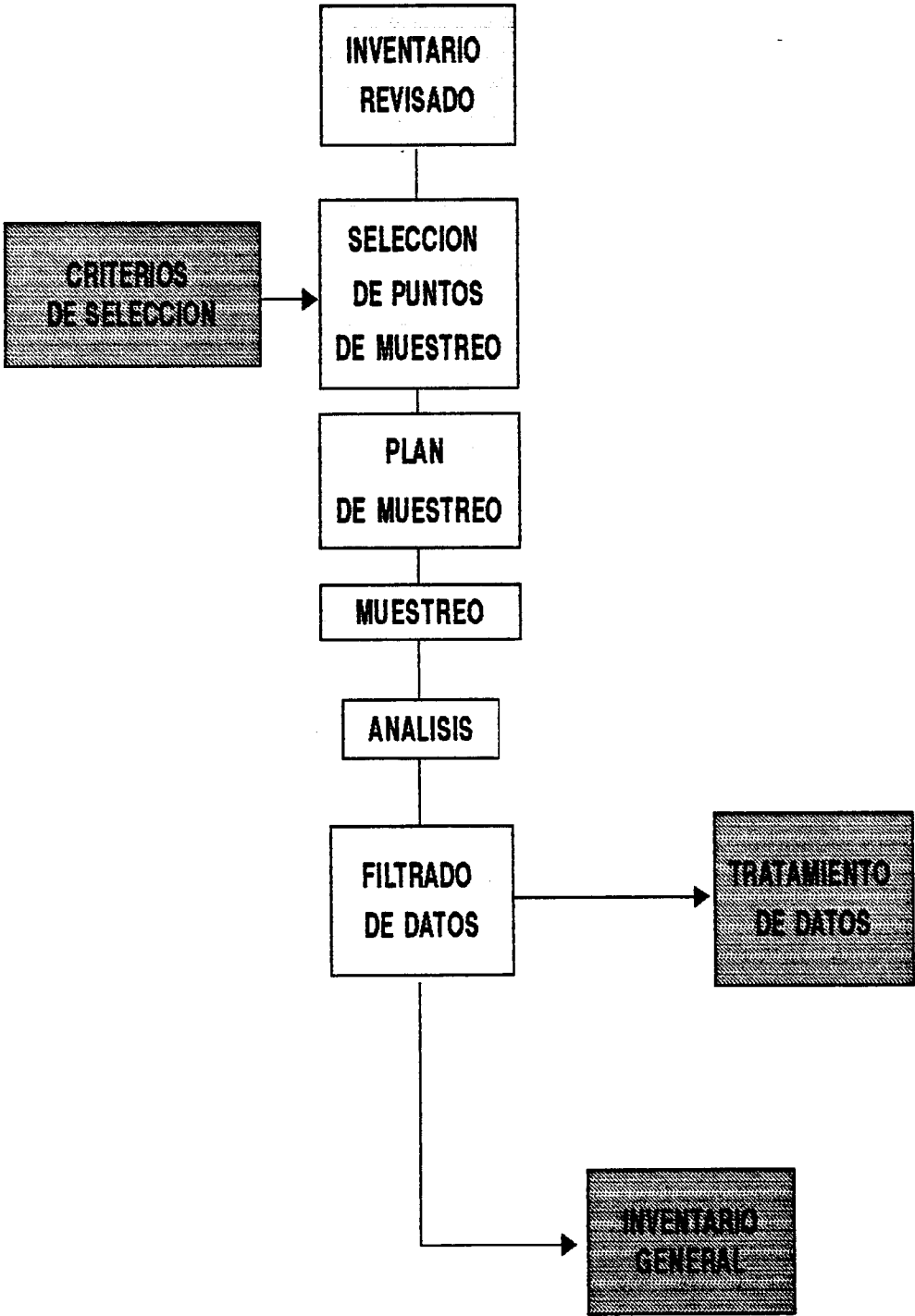


FIG 3.9

A partir del inventario revisado se ha procedido a la selección de puntos idóneos para la toma de muestras con el fin de obtener la mayor y más uniforme cobertura espacial posible, dentro de las limitaciones impuestas por la acusada polarización de los puntos inventariados hacia las principales vías de comunicación.

El interés por caracterizar lo más completamente posible la composición de las aguas subterráneas en los sondeos de los Sistemas Generales determinó la inclusión de 37 de estas captaciones en el muestreo de primavera.

Los criterios fundamentales para la elección de estos puntos han sido :

- identificación y localización inequívoca del punto
- inexistencia de referencias sobre la imposibilidad real o dificultad insalvable de muestreo
- facilidad de contacto y de seguimiento futuro
- profundidad superior a 30 m
- explotación continuada
- conocimiento de datos técnicos y analíticos lo más completo posible o, en su defecto, probabilidad de obtenerlos de forma fiable.
- situación hidrogeológica contrastable ( zonas de recarga/descarga)
- realización de muestreo previo en la campaña de primavera, para los sondeos a muestrear en otoño.

Con estos criterios se seleccionaron unos 90 puntos. En todo caso, este número quedó abierto a la posibilidad de incremento por alguna circunstancia de particular interés y, en las zonas de escasa densidad de puntos inventariados, a la posibilidad de localización en campo de nuevos puntos complementarios. Igualmente, se seleccionaron puntos alternativos ante la eventualidad de posibles dificultades de utilización de algunos de los seleccionados.

Seguidamente se procedió al diseño del "plan de muestreo" en los siguientes aspectos:

- fechas de muestreo : mayo - junio y octubre - noviembre de 1995.
- establecimiento/confirmación de contactos previos con las entidades propietarias o encargados de los sondeos seleccionados vía teléfono, fax o correspondencia.
- establecimiento de itinerarios previos de acuerdo con las previsiones de facilidad de obtención de muestras, programándose, en primer lugar, la toma de muestras en los sondeos de los Sistemas Generales.

- aplicación de la metodología de muestreo siguiendo, en lo posible, los "Procedimientos operativos para la recogida, almacenamiento y transporte de muestras" del I.T.G.E.
- recalibración semanal de aparatos de medida.
- envío diario de muestras al laboratorio del I.T.G.E.
- actualización de datos sobre captaciones muestreadas, en particular, comprobación de coordenadas mediante G.P.S.
- detección de eventuales focos de contaminación próximos a las captaciones muestreadas.

Pese al establecimiento de contactos previos para la obtención de las autorizaciones necesarias, el desconocimiento de la existencia de los sondeos en ciertas entidades locales, la ausencia u ocupaciones de administradores, encargados, etc, obligaron a realizar, en ocasiones, hasta tres o cuatro visitas para conseguir algunas de las muestras con la consiguiente necesidad de modificación de itinerarios y pérdidas de tiempo.

Esta circunstancia, junto con la conveniencia de entrega diaria de muestras en el laboratorio, determinaron una baja tasa media de muestreo de alrededor de 3-4 muestras/día.

Durante la campaña se han ido reflejando en la correspondiente ficha de campo, además de las determinaciones analíticas realizadas in situ, las peculiaridades del muestreo y actualizando hasta donde ha sido posible los datos relativos a la captación muestreada. Estas fichas de campo se incluyen en la correspondiente ficha del punto que, junto con los análisis químicos, se presentan en el Anejo de Inventario.

En la figura 3.10 se incluye una representación gráfica de los resultados obtenidos en estas campañas.

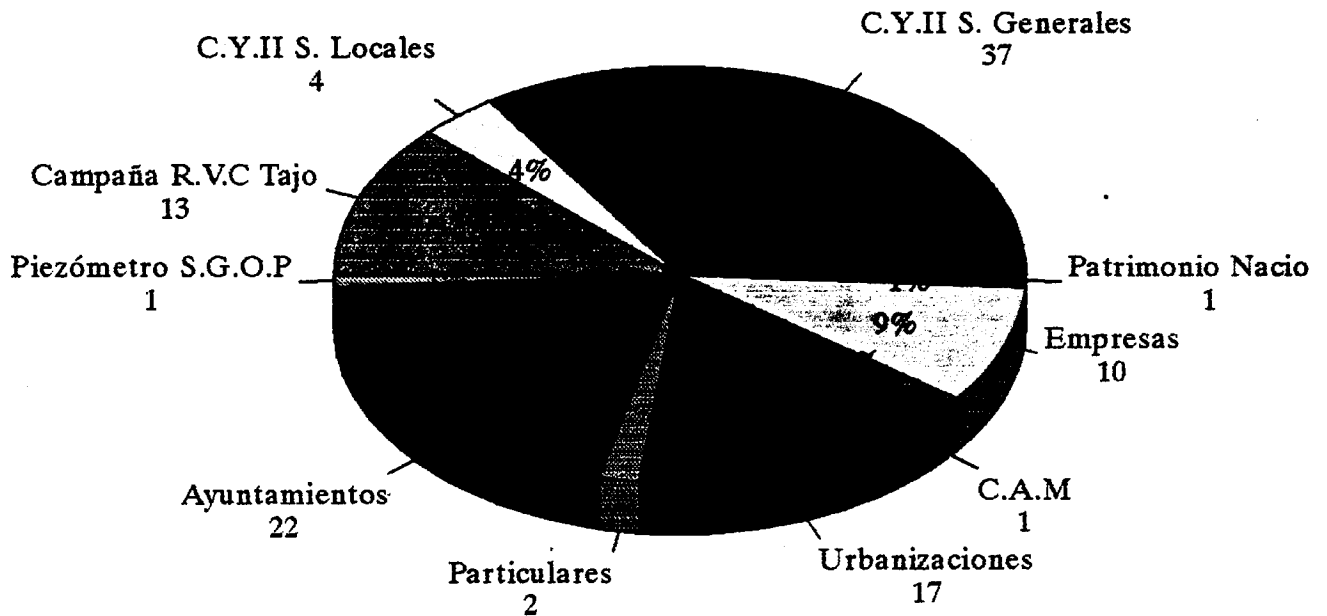
#### **3.4.3 SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD EN LA RED DE CONTROL PREVIAMENTE DEFINIDA**

Esta etapa, prevista en el plan de trabajo como complemento de las anteriores y como inicio de un seguimiento temporal continuo de las variaciones del quimismo en el entorno de los Sistemas Generales, por parte del C.Y.II, no se ha llegado a efectuar. El C.Y.II realizó en enero de 1996 un muestreo de buena parte de los sondeos de los Sistemas Generales incluidos en dicha red, con



## Campaña de muestreo. Primavera 95

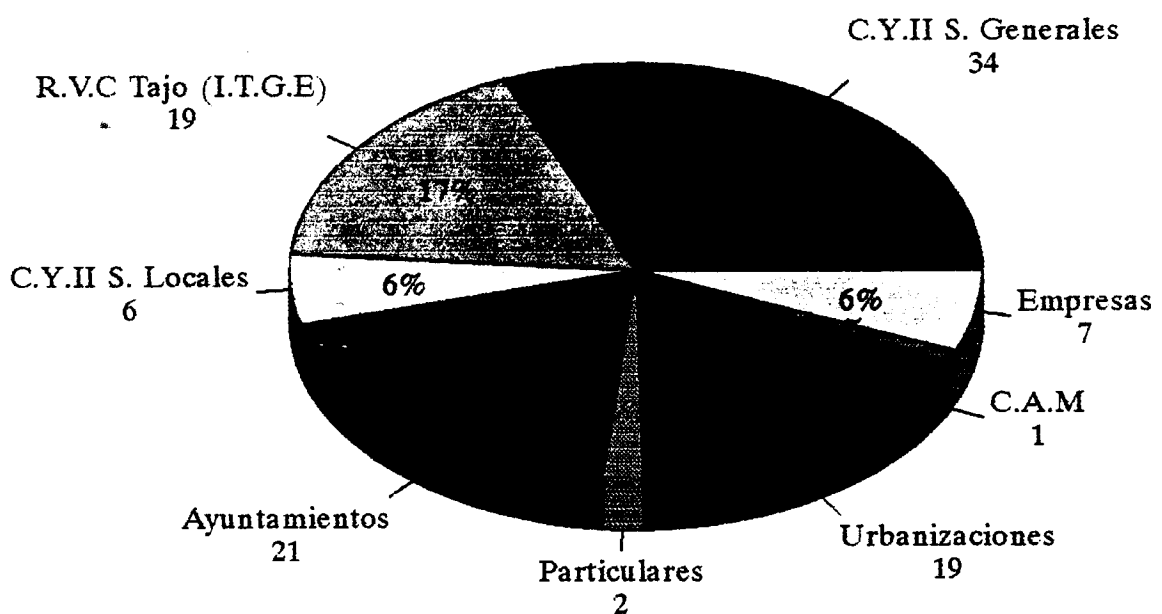
### Propiedad de los puntos muestreados



Total de puntos muestreados: 101 (13 tomados de la Campaña de la R.V.C de Tajo)

## Campaña de muestreo. Otoño 95

### Propiedad de los puntos muestreados



Total de puntos muestreados: 109 (19 tomados de la Campaña de la R.V.C del Tajo)

Figura 3.10

CONSULTA FUENTES  
BIBLIOGRAFIA  
SELECCIONADA

FICHAS BIBLIO

RECOPIACION/ANALISIS  
CRITERIOS - METODOS

DEFINICION DE VULNERABILIDAD  
METODOLOGIA

CONCEPTO ?  
METODOS  
SELECCION METODOS

CUALITATIVOS

LITOLOGIA  
PERMEABILIDAD

SEMICUANTITATIVOS

INDICE  
DRASTIC

CUANTITATIVOS  
TIEMPO  
TRANSITO

SELEC.PROCEDIMIENTOS  
CALCULO

Bachmat  
Bear  
Foster  
Fried  
U.E.

$$T_o = \frac{\theta w E_o}{I}$$

$$T_o = \frac{1}{aR} \sum_{1}^n n_i L_i$$

Espesor Z.N.S.  
Tramos tipo  
Datos tipo  
Intervalos  
Grados vuln.

DESARROLLO  
SOFTWARE

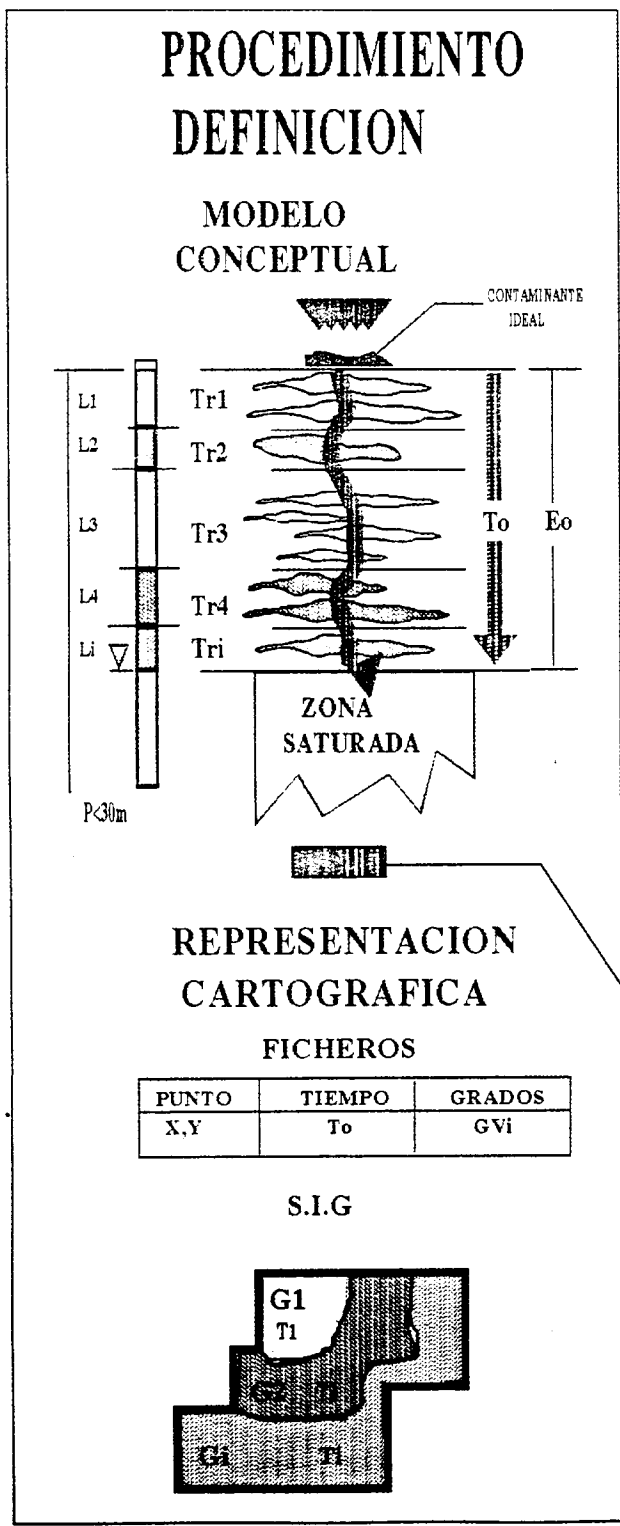
APLICACION  
SOFTWARE

Gabinete  
Medidas campo

ANALISIS  
SENSIBILIDAD

CONTRASTE  
METODOS

MAPAS DE  
VULNERABILIDAD



INTERVALO	GRADO VULNERABILIDAD	CRITERIOS	COLOR
< 1 DIA	ABSOLUTA	Z.N.S. DE ESCASO ESPESOR	
1 - 50 DIAS	MAXIMA O EXTREMA	CONTAMINANTES MICROBIOLOGICOS	
50 DIAS - 1 AÑO	MUY ALTA A ALTA	CONTAMINANTES ORGANICOS E INORGANICOS	
1 - 5 AÑOS	ALTA A MODERADA		
5 - 10 AÑOS	MODERADA A BAJA		
10 - 25 AÑOS	BAJA A MUY BAJA	PERSISTENCIA LARGO PLAZO	
> 25 AÑOS	MUY BAJA A MINIMA		

FIG 3.11

ocasión del cese de la explotación de estas captaciones.

La constancia del quimismo en estos sondeos y en el conjunto de la zona, constatada durante la etapa de análisis de variaciones entre primavera y otoño, desaconsejaron la realización de este seguimiento en la red de control.

### **3.5. RECOPIACIÓN, DEPURACIÓN Y COMPROBACIÓN DE INVENTARIOS DE FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN IN SITU**

La etapa de recopilación y depuración de inventarios de focos potenciales de contaminación en la zona de estudio ha estado radicalmente condicionada por la inexistencia de inventarios generales sistematizados. Probablemente ésta es una de las carencias más notables de infraestructura de conocimiento de que adolece la zona de estudio.

No debe olvidarse, sin embargo, que algunos trabajos de inventario y caracterización, muy avanzados en otras zonas del territorio nacional, están en período de realización en el área de estudio.

Fruto inevitable de la complejidad de situaciones y, a menudo, de la superposición de competencias y actuaciones de diferentes entidades y Organismos, la información relativa a focos potenciales de contaminación en la zona se caracteriza por su notable dispersión.

La Comunidad de Madrid - a través de la Agencia de Medio Ambiente y diversas Direcciones Generales como la de Industria, Energía y Minas, la de Agricultura y Alimentación, a través de sus Direcciones Comarcales y la de Salud Pública, el MOPTMA, el Ayuntamiento de Madrid y otros municipios, desarrollan en la actualidad planes y actuaciones parciales sobre vertidos sólidos y líquidos que, sin duda, contribuirán a paliar esta situación.

En estas circunstancias, pese al notabilísimo esfuerzo realizado y el tiempo invertido, la información que ha sido posible obtener, aún incluyendo las encuestas directas realizadas, ha sido muy escasa e incompleta.

A menudo, buena parte de esta información resulta de escasa utilidad por no ofrecer aspectos de detalle sobre localización, caracterización y gestión de los eventuales focos y, salvo casos esporádicos, por no presentar datos analíticos de cuantificación de impactos en el medio así como por considerar marginal y superficialmente los aspectos hidrogeológicos del entorno de los focos.

En consecuencia, se ha considerado imprescindible, y de mayor interés práctico, la comprobación in situ de la existencia y la apreciación de la importancia de focos potenciales de contaminación en el entorno inmediatos de las captaciones de los Sistemas Generales.

A tal efecto se realizó una campaña de revisión de focos potenciales de contaminación en las inmediaciones de estos sondeos cuyos detalles se ofrecen en el capítulo 8.

### **3.6 CALIDAD ACTUAL. DEFINICIÓN DE RECURSOS DE CALIDAD**

Se realiza con la misma metodología clásica de interpretación de análisis químicos que la fase de definición preliminar de la calidad, con el objetivo de detectar zonas con eventuales deficiencias de calidad y de ofrecer un intento de interpretación coherente del comportamiento de la composición química en la zona en el marco del modelo conceptual hidroquímico establecido.

### **3.7 DEFINICIÓN DE LA VULNERABILIDAD DEL MEDIO**

El objetivo de esta fase ha sido definir la potencialidad de contaminación del medio en función de los parámetros del acuífero.

La metodología utilizada se resume en la figura 3.11.

Tras la consulta sobre las fuentes de información relativas a la vulnerabilidad de acuíferos se ha procedido a la selección de la bibliografía más actualizada sobre el tema y a la cumplimentación de la ficha bibliográfica correspondiente a los documentos considerados más representativos.

El análisis de esta bibliografía ha permitido poner de manifiesto que :

- existen innumerables definiciones de vulnerabilidad, discrepantes en amplitud y contenido del concepto.
- no existe un procedimiento consensuado para su caracterización, cuantificación ni representación cartográfica.
- la opinión generalizada es que la vulnerabilidad debe ser definida para contaminantes

específicos en entornos hidrogeológicos concretos.

- dada la práctica imposibilidad de realización de mapas generales con este último criterio, se propende a la utilización de métodos que, aunque estrictamente no permiten una trasposición rigurosa de la vulnerabilidad a parámetros cuantificables, sí permiten reflejarla indirectamente mediante variables sencillas o combinación de las mismas.

Pese a las limitaciones que se reconocen a cualquier expresión cartográfica de la vulnerabilidad, existe una opinión casi unánime sobre la utilidad de la cartografía de vulnerabilidad, más o menos simplificada, como herramienta para la toma de decisiones de planificación y gestión.

Abandonados casi por completo los métodos basados en criterios exclusivamente cualitativos (litología y carácter más o menos permeable de las formaciones), actualmente las tendencias en la definición y la representación cartográfica de la vulnerabilidad se centran en dos líneas :

- a) línea desarrollada sobre métodos semicuantitativos basados en índices adimensionales ponderados como el índice DRASTIC.
- b) línea desarrollada sobre métodos cuantitativos basados en el cálculo del tiempo de tránsito de contaminantes desde la superficie hasta el límite superior de la zona saturada del acuífero.

Aunque ambos presentan ventajas e inconvenientes, las exigencias de disponer de estimaciones sobre los tiempos de respuesta disponibles ante un hecho eventual de contaminación o de impacto contaminante de una actuación concreta parecen augurar un mayor desarrollo a la segunda línea.

Es por ello, y por el hecho de que en la U.E. se está desarrollando actualmente esta línea, por lo que en este estudio se propone analizar la validez de métodos de representación basados en el cálculo del tiempo de tránsito.

Entre los numerosos métodos de este tipo se ha seleccionado el de la U.E por las, a priori, escasas exigencias de datos que presenta, obtenibles de forma rápida y sencilla y sin costes desproporcionados, bien por medio de sencillos trabajos de campo bien por consulta bibliográfica.

Estos métodos responden a un modelo conceptual sencillo y frecuente de contaminación: un contaminante ideal, no retenible ni degradable, emplazado en la superficie del terreno, se infiltra y se mueve a la misma velocidad que el agua.

El tiempo de tránsito de este contaminante desde la superficie hasta el límite superior de la zona saturada proporciona una medida indirecta de la vulnerabilidad del medio y, en todo caso, un orden de magnitud relativo del tiempo disponible para actuar antes de que sus efectos se propaguen y alcancen el acuífero.

Las variables consideradas son: espesor y litología de la zona no saturada, parámetros de contenido de humedad de la misma, infiltración, equivalente a lluvia útil, en condiciones naturales.

Calculado el tiempo de tránsito en una serie de puntos del acuífero, la trasposición a "grados de vulnerabilidad" se realiza mediante el establecimiento, más o menos convencional, de una correspondencia entre "intervalos" de tiempo de tránsito predefinidos y estos grados de vulnerabilidad. La representación cartográfica de los diferentes grados de vulnerabilidad se efectúa mediante la asignación de símbolos convencionales o colores a cada grado.

### **3.8 DEFINICIÓN DEL RIESGO**

El objetivo de esta fase, con vocación eminentemente práctica, es estimar las situaciones de riesgo de contaminación de las captaciones de los Sistemas Generales y clasificarlas con vistas a una mayor o menor urgencia de actuación.

Esta estimación, necesariamente preliminar dado el carácter no específico del estudio, se basa en la evaluación de las siguientes circunstancias :

- \* existencia de focos reales en las inmediaciones de los sondeos, detectada en la fase de revisión en campo, y en la apreciación de la "entidad" de los mismos.
- \* existencia de un grado de protección suficiente del sondeo, definido por la existencia de cementación, posición del primer tramo filtrante, espesor de tramos menos permeables hasta dicho primer tramo filtrante, posición del nivel estático, etc.

La ausencia de focos de magnitud apreciable (dimensiones, tipo del eventual vertido, grado de control, tiempo probable de funcionamiento, etc ) en las inmediaciones de un sondeo determina la clasificación de su situación como de "no riesgo".

La presencia de focos de cierta entidad - puntuales o de mayor extensión y potencialidad como los

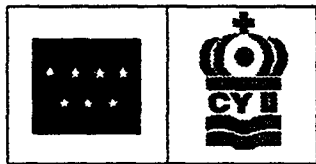
entornos de influencia urbana o industrial - en las inmediaciones de determinado sondeo, particularmente en condiciones hidrogeológicas y de protección en principio no favorables, determina la clasificación de la situación como "situación de riesgo".

### **3.9 DISEÑO DE MEDIDAS DE PROTECCIÓN**

El diseño de medidas de protección se realiza con la finalidad de ofrecer respuestas prácticas y realistas para mantener la situación específica de los Sistemas Generales en lo que son, probablemente, sus características principales : buena calidad general y ausencia de evidencias de afección antrópica y de situaciones preocupantes de riesgo de contaminación.



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España



Canal de  
Isabel II

CAPÍTULO 4  
CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO



## **4.- CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO**

### **4.1 SÍNTESIS GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA**

#### **4.1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO**

La zona de estudio, zona de influencia del Canal de Isabel II, está situada (Figura 4.1) en la Comunidad Autónoma de Madrid, que se extiende en la zona central de la denominada Fosa media del Tajo.

El relieve de la región de Madrid se desarrolla, en una sucesión monótona de formas suaves, sobre amplias llanuras surcadas por valles de encajamiento, generalmente disimétricos, de los ríos principales y los de sus afluentes, arroyos con acusado carácter estacional.

La zona presenta un suave basculamiento hacia el oeste con altitudes decrecientes desde el nordeste (800 m en el Casar de Talamanca) que se prolongan hasta el valle del Tajo (400 m). El contacto entre el Sistema Central y la cuenca, de forma casi rectilínea, se efectúa mediante un acusado escarpe conocido como el escarpe de Torrelozón.

En las proximidades del Sistema Central aparecen plataformas pedregosas (rañas) y arenosas (rampas); estas últimas se desarrollan, al N y W de Madrid, sobre materiales detríticos suavemente inclinados, con pendientes del orden del 0,4%, y ampliamente disecionados por el encajamiento de la red hidrográfica.

La zona, por su altitud, carácter continental y latitud, se encuentra en el límite del "dominio seco y subhúmedo, con tendencia a presentar caracteres de aridez, en particular a cotas inferiores a los 600-650 m.

La precipitación en la cuenca de Madrid oscila entre los 450-500 mm/año con una distribución bastante regular entre los meses de octubre a mayo; los meses más secos son los de julio-agosto, con una precipitación media inferior a los 20 mm.

Mientras la precipitación de los meses de verano representa aproximadamente del 10 al 15% de la precipitación anual, la de otoño se acerca al 30-45% de la misma.

La temperatura media anual se aproxima a los 14° C. con máxima de 20° C y mínima de 6° C. El clima, según el régimen térmico, es templado cálido y, por el régimen de precipitaciones, mediterráneo seco en la mayor parte de la cuenca y subhúmedo por encima de los 800 m.

La evapotranspiración del conjunto de la cuenca del Tajo se estima en 750-800 mm/año para una capacidad de retención de 100 mm y la evapotranspiración real en 400-500 mm/año.

La infiltración eficaz se estima en un 15-20% de la precipitación situándose el período de infiltración más probable entre octubre y abril.

La vegetación es escasa con amplia dispersión de matorros mientras que el monte bajo y restos de encinares sólo se encuentran en retazos aislados (Montes de El Pardo, Viñuelas, etc)

Los cultivos predominantes son los de secano (cereales) mientras que las zonas de regadío se encuentran más desarrolladas y extendidas en los valles fluviales.

#### **4.1.2 EL MEDIO HIDROGEOLÓGICO**

La importancia decisiva que tienen las características de un acuífero, concebido como un sistema dinámico de interacción roca-agua, en los procesos que se producen en él ha sido ampliamente reconocido.

Esta importancia se acentúa cuando se trata de establecer la relación entre el quimismo de las aguas subterráneas y los procesos que lo originan. Litología, geometría, mineralogía son factores destacados.

Es por ello que en este capítulo se pasa una breve revista a las características más sobresalientes del acuífero, haciendo mayor hincapié en las que de modo más directo pueden relacionarse con los procesos de incorporación de solutos al agua subterránea.

Se describen, pues, las características geológicas más notables (litología, tipos de facies, mineralogía, etc) y las hidrogeológicas (parámetros hidráulicos, sistema de flujo, etc) que pueden tener mayor relevancia en el estudio.

##### **4.1.2.1 Geología**

La zona de estudio se sitúa en el sector oriental del acuífero Terciario detrítico de Madrid, en la fosa media del Tajo.

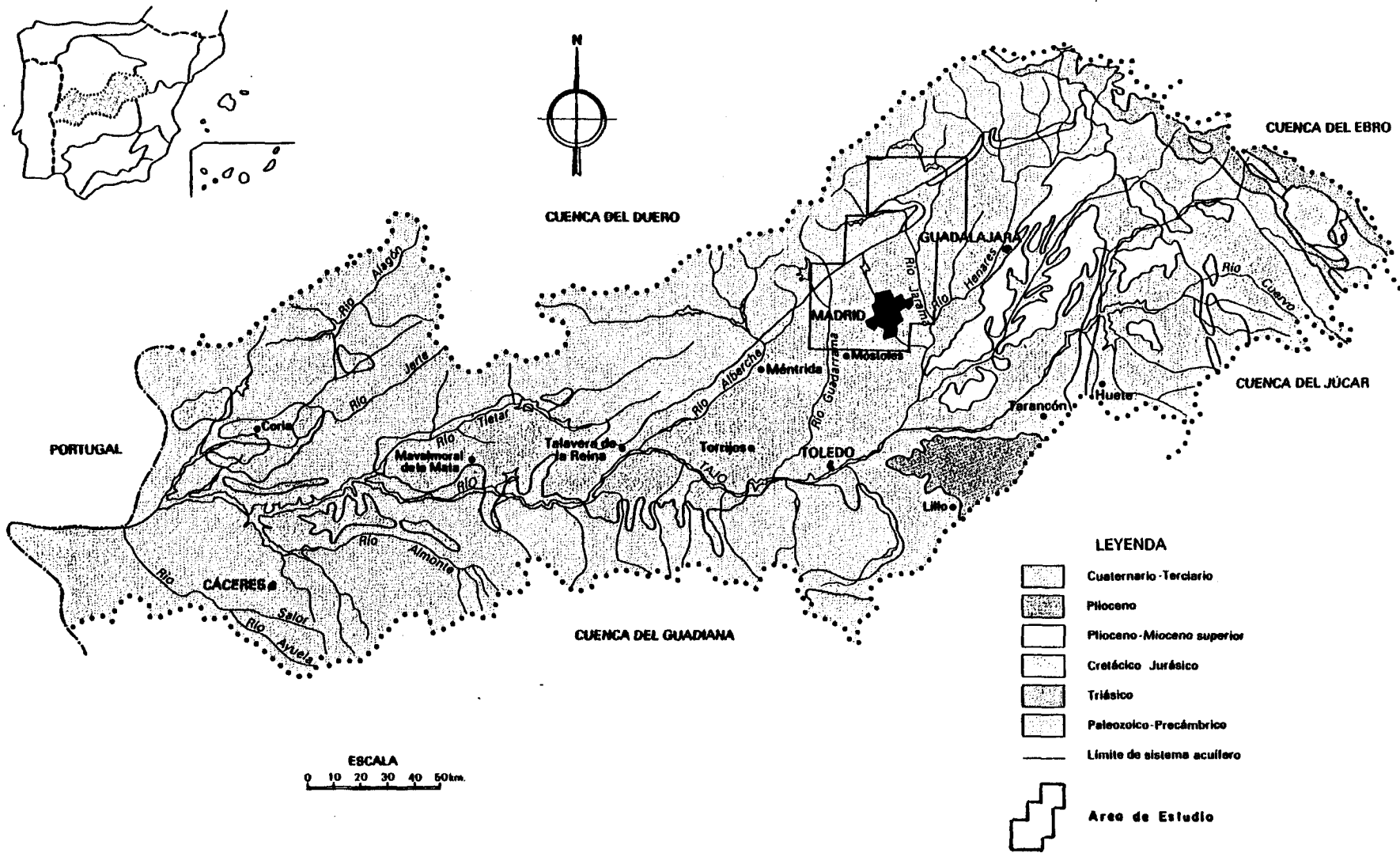


FIG. 4.1 SITUACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

Puesto que no es un estudio geológico de la zona el objetivo del trabajo, se presenta únicamente una síntesis geológica general (Figura 4.2) realizada sobre los datos más relevantes recogidos en la fase de caracterización del medio.

### **Litoestratigrafía. Facies**

La depresión tectónica del Tajo está formada por una serie de fosas y umbrales desarrolladas como consecuencia de la fracturación en bloques de un basamento plutónico rígido. Sobre ella se adapta una cobertera sedimentaria originada a partir de la denudación del zócalo aflorante en el Sistema Central y los Montes de Toledo.

El espesor de los sedimentos de relleno no es bien conocido por el momento aunque probablemente supera los 3500 m en alguna de las subfosas (Las Rozas). De los sondeos profundos realizados en la zona de estudio únicamente el sondeo Pradillo ha alcanzado el zócalo paleozoico a los 3420 m de profundidad. Los sondeos de Tres Cantos y San Sebastián ( 2414 y 2130 m ) no han alcanzado dicho zócalo.

El contacto entre el basamento aflorante en el Sistema Central y el relleno sedimentario de la cuenca se produce mediante un sistema de fallas inversas tardihercínicas que han sufrido diversas reactivaciones por movimientos tardialpínicos.

Los materiales del zócalo aflorante en el Sistema Central están formados por granitos y granodioritas de grano medio, ricos en feldespatos y biotita. En la zona oriental del macizo predominan, en cambio, los materiales metamórficos (gneises, esquistos, pizarras, etc.)

La cobertera sedimentaria está formada por materiales cretácicos, paleógenos, neógenos y cuaternarios.

Los afloramientos cretácicos en la zona oriental de la cuenca de Madrid, (Torrelaguna), son de pequeña extensión (75 km<sup>2</sup>) y están constituidos por conglomerados y arenas sobre los que se sitúan bancos margosos y calcáreos cuya potencia oscila entre 60 y 180 m. Sobre ellos, y en concordancia, se sitúan sedimentos atribuidos al Paleógeno formados por margas, arcillas y yesos coronados por bancos de conglomerados, calizas tobáceas y margas, constituyendo una "serie inferior" y conglomerados con intercalaciones de areniscas y arcillas de la "serie superior".

Los materiales neógenos, discordantes sobre el conjunto Mesozoico-Paleógeno, son los de mayor entidad tanto por su extensión como por el espesor que llegan a alcanzar.

En su conjunto, presentan gran variedad litológica y notable complejidad de caracteres sedimentarios que responden a tipos de área madre y de medio sedimentario y de deposición concretos.

En el conjunto de la zona se han diferenciado tres "facies" litológicas: detrítica o de borde, de transición y central, química o evaporítica, distribuidas desde el contacto con el zócalo hasta el centro de la cuenca.

Aunque son muchas las incertidumbres en lo tocante a situación, extensión, mineralogía, espesor, etc de estas facies se describen seguidamente dedicando mayor atención a las que constituyen la parte más superficial del acuífero, por la que circula la mayor parte del flujo subterráneo.

Atendiendo a sus características mineralógicas y de área madre común se distinguen dentro de la facies detrítica :

### **FACIES MADRID**

Su área madre es la zona NW del Sistema Central, de carácter eminentemente granítico. Comprende una serie de unidades formadas por arcosas feldespáticas, limos, arcillas y bloques y cantos de granito, gneis, etc. Las principales unidades son:

#### **\* Unidad Madrid**

Formada por arcosas feldespáticas de tamaño medio y tonos amarillentos con matriz arcillosa. Su espesor puede alcanzar los 150 m. La relación arena/arcilla para una "columna tipo" de esta unidad es de 0.76.

#### **\* Unidad Tosco**

Infrayacente a la anterior se caracteriza por el predominio de materiales arcillosos y limosos con una relación arena/arcilla de 0.50.

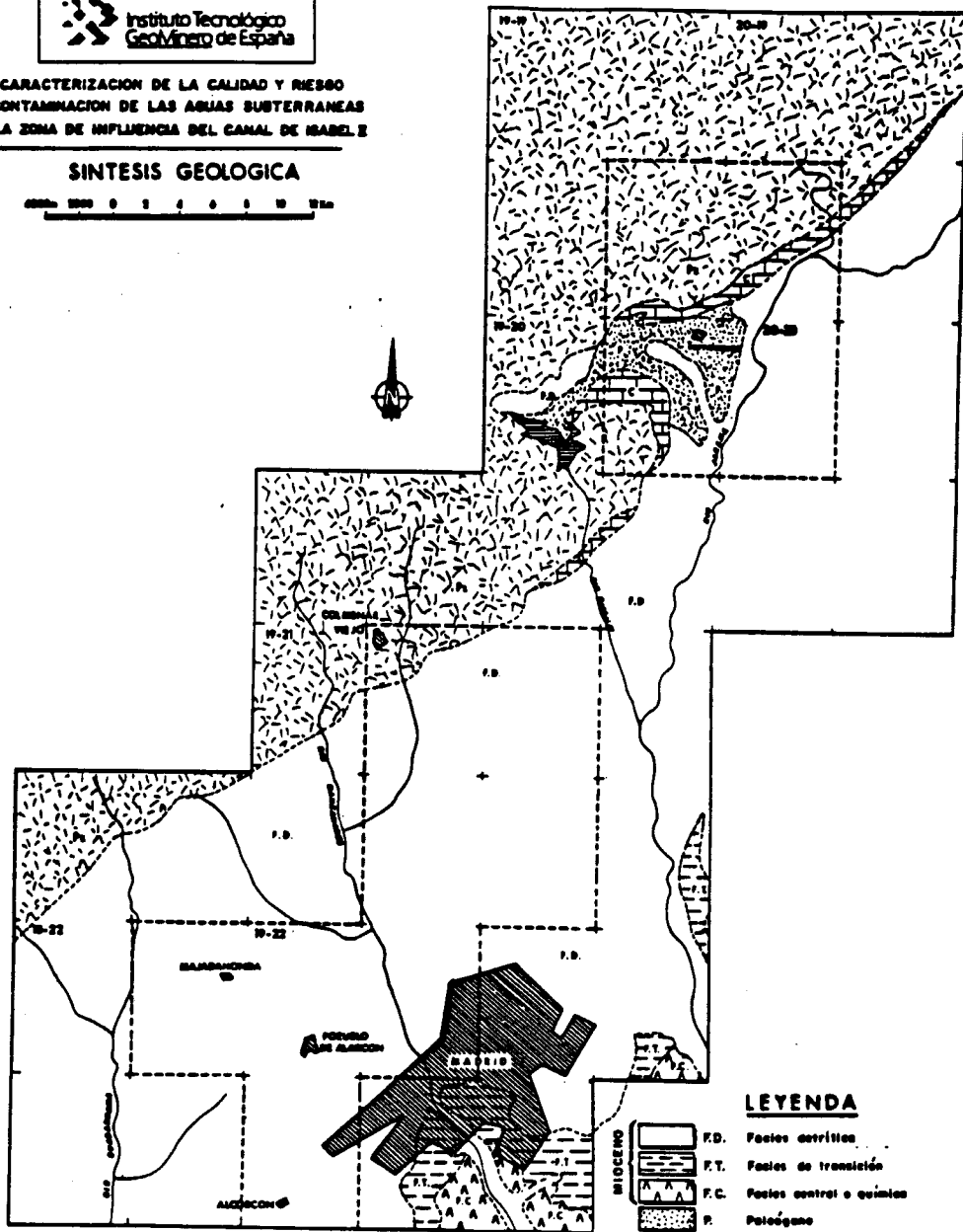
### **FACIES GUADALAJARA**

Su área madre es la zona NE del Sistema Central, de carácter eminentemente metamórfico lo que le confiere en algunos aspectos diferencias importantes en relación con la facies Madrid.

Las principales unidades son:

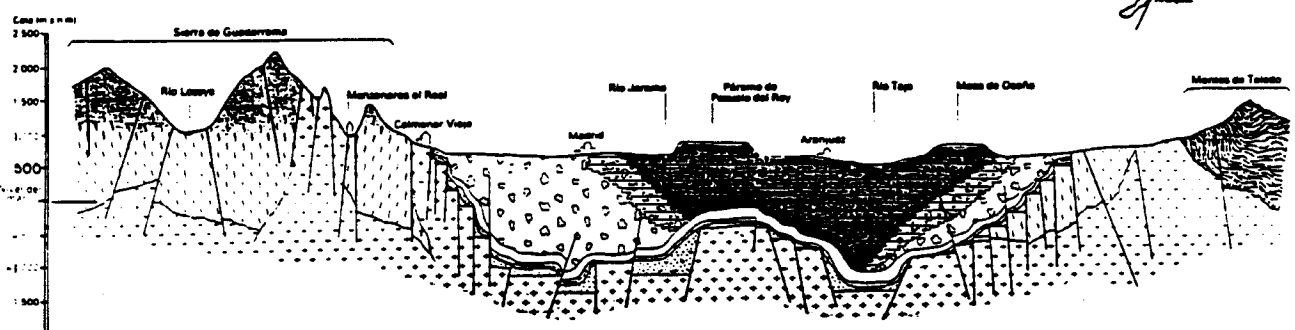
**SINTESIS GEOLOGICA**

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 Km



**LEYENDA**

[Symbol]	F.D.	Facies ferritas
[Symbol]	F.T.	Facies de transición
[Symbol]	F.C.	Facies carbonat e químicas
[Symbol]	P.	Paleógeno
[Symbol]	C.	Cretáceo
[Symbol]	Pz.	Paleozoico



**LEYENDA**

[Symbol]	Colinas del páramo
[Symbol]	Arenas, margas, yesos (Facies químicas)
[Symbol]	Arenas, arcillas, margas yesíferas (Facies de transición)
[Symbol]	Arenas (Facies ferritas de base)
[Symbol]	Arenas y margas
[Symbol]	Calizas cretácicas y jurásicas
[Symbol]	Roques graníticos
[Symbol]	Esquistos, pizarras, cuarcitas
[Symbol]	Basos

(PEDRAZA y E. ALONSO)

**FIG. 4.2**

**\* Unidad Guadalajara**

Formada por arcillas arenosas, arenas y arcosas feldespáticas con cantos de cuarcita, cuarzo, pizarras, etc. Se diferencia de la unidad Madrid en su mayor arcillosidad, con una relación arena/arcilla de 0.28, y en la ausencia de cantos de granito y gneis. Su espesor medio es de 150 m.

**\* Unidad Alcalá**

Infrayacente a la anterior, está compuesta por arcillas arenosas, limos arcillosos, arcillas margosas, etc. La relación arena/arcilla es de 0.18

La zona de separación de ambas facies puede situarse, aproximadamente, en las inmediaciones de la margen izquierda del río Jarama. Esta circunstancia determina la existencia en la zona de dos áreas con marcado contraste de permeabilidades, hecho que se refleja en las características hidrogeológicas y en las químicas de las aguas subterráneas.

La facies detrítica pasa gradualmente a la denominada Facies de transición (Unidad Anchuelo y Peñuela), mixta, en sus características, entre la facies detrítica y la facies central o química. Litológicamente está formada por limos y arcillas de tonos rojos, margas yesíferas, margas calcáreas y calizas con nódulos de sílex. Espacialmente se sitúa a lo largo de la margen izquierda del río Henares, proximidades de la confluencia de éste con el Jarama y SW de Madrid.

Dado el carácter de cambio de facies que presenta en relación con la facies detrítica, la posición, extensión, profundidad, etc a que se sitúan las interdigitaciones características de este paso gradual de una facies a otra, no son conocidas con precisión.

Los datos de sondeos confirman la presencia de materiales mixtos (margosos, yesíferos, etc) infrayacentes a los detríticos en dirección al extremo marginal de la cuenca.

Esta facies de transición pasa gradualmente a la facies química o evaporítica situada al SE de la zona de estudio, compuesta fundamentalmente por margas yesíferas y yesos.

Los materiales cuaternarios más significativos son los que constituyen las terrazas fluviales. Litológicamente están formadas por gravas, arenas, conglomerados, arenas arcillosas, limos etc. con espesores variables que puntualmente pueden alcanzar más de 30 m.

Las terrazas bajas están formadas por sedimentos de la llanura de inundación y están conectadas

hidráulicamente con el río. Las terrazas medias están separadas de las bajas por los materiales terciarios aflorantes entre ambas. Las terrazas altas aparecen a menudo como depósitos tipo "raña" siendo frecuente en ellas la presencia local de encostramientos calcáreos.

#### 4.1.2.2 El medio sedimentario

La práctica totalidad de los autores admiten que la fosa tectónica del Tajo se rellenó en un medio continental en régimen endorreico o semiendorreico con aportes detríticos provenientes de las diversas áreas madre. El mecanismo de relleno, a juzgar por las características de los sedimentos, ha sido el de coalescencia de abanicos aluviales que condiciona en buena medida las características del acuífero, como anisotropía, heterogeneidad, permeabilidad, etc.

En la facies detrítica los sedimentos más groseros y peor clasificados se sitúan en las inmediaciones del área madre, cabecera del abanico aluvial, y van disminuyendo en tamaño a medida que se alejan de esa zona.

Como consecuencia de la complejidad del medio la facies detrítica se caracteriza por la sucesión en la vertical de un conjunto de lentejones de cantos con granulometría muy variable, englobados en una matriz limoarcillosa.

En el borde de la facies distal pueden encontrarse algunos niveles de evaporitas.

El medio mixto, con influencias apreciables del medio lacustre, origina la facies de transición en el extremo de la facies distal del abanico. Los materiales están constituidos por margas yesíferas, limos, arenas y arcillas con frecuentes laminaciones y estratificaciones cruzadas.

Progresivamente, en medio de tipo lagunar, los sedimentos de la facies de transición ceden paso a materiales de tipo evaporítico en que predominan margas yesíferas, calizas margosas, yesos, sepiolita, etc.

Con la erosión de estos materiales se inicia la fase de exorreísmo de la cuenca.

#### 4.1.2.3 Influencia tectónica

A escala regional el funcionamiento hidráulico del acuífero no se considera directa y significativamente afectado por la tectónica. La influencia se manifiesta indirectamente por



condicionar tanto el espesor como la distribución vertical y horizontal de las diferentes facies que constituyen el acuífero.

#### 4.1.2.4 Mineralogía

La información de que se dispone actualmente sobre la mineralogía de las facies Madrid y Guadalajara es muy escasa tanto en lo referente a la mineralogía de los sedimentos como a la distribución espacial de la misma. Especial laguna de información en este sentido se tiene en cuanto a la naturaleza y distribución espacial de las arcillas.

La mineralogía de las facies detríticas debe corresponder a la derivada de la alteración de la roca madre, constituida por adamellitas, granitos y granodioritas, tonalitas, sienitas, pórfidos, aplitas, pegmatitas -entre las rocas plutónicas- y pizarras, gneises, esquistos, entre las metamórficas.

Se dispone de mayor información sobre la mineralogía de la facies de transición y central de la cuenca, fuera del área de estudio.

Se considera que las arcosas de la facies Guadalajara presentan un carácter menos feldespático que las de la facies Madrid. En la fracción arcillosa de estos materiales arcóscicos se ha señalado la presencia de minerales como atapulgita, caolinita, ilita y montmorillonita. La capacidad de cambio catiónico en la fracción menor de 2 micras se ha cifrado en algunas zonas puntuales en 26 meq/l.

Los procesos de génesis de minerales fibrosos de la arcilla se relacionan con la circulación del agua subterránea. Los principales procesos relacionados con esta génesis serían :

- \* procesos infiltracionales para las fases cementantes en las facies proximales,
- \* procesos edáficos de policondensación para la acumulación de fibrosos de la arcilla en la facies distal y
- \* procesos de precipitación química en las zonas palustres para los asociados a carbonatos.

El origen del proceso de formación de este tipo de minerales se sitúa en la denudación mecánica y química de los materiales del área madre. En zonas bien drenadas el primer material de alteración sería la caolinita a expensas de los feldespatos, con un aumento notable de  $\text{SiO}_2$  puesto en disolución. La biotita sufriría procesos de ilitización, liberándose en el proceso  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{K}$  y  $\text{SiO}_2$ , con incorporación de  $\text{CO}_3$  y  $\text{HCO}_3$ . Durante el proceso de acreción vertical del abanico pueden llegar a

formarse esmectitas y minerales fibrosos de la arcilla junto con carbonatos (calcita) y minerales de la sílice.

A modo de resumen la evolución de los minerales de la arcilla se efectúa en las facies arcósicas desde la caolinita hasta las esmectitas y desde éstas hasta los minerales fibrosos lo que implica un aumento del contenido en silicio.

#### 4.1.2.5 Hidrogeología. El modelo conceptual de flujo

La zona de estudio se sitúa en el sector centro-oriental del acuífero terciario detrítico de Madrid, limitado, a grandes rasgos, por el Sistema Central al NW y por los materiales de transición al SE.

La posición exacta del límite inferior del acuífero, zócalo cristalino, no es conocida por el momento. Los estudios geofísicos y los datos de los sondeos más profundos apuntan a que el espesor del acuífero puede aproximarse a los 4000 m. No obstante, la parte superior del acuífero (500-600 m. más superficiales) parece ser la más significativa en lo que se refiere al sistema de flujo.

En su conjunto, el acuífero presenta una geometría de carácter asimétrico. Se acuña de forma suave en sus bordes, sobre las facies de transición y central, mientras lo hace de forma abrupta, mediante contacto con falla con un salto de más de 1000 metros, con el Sistema Central.

El acuífero se concibe actualmente como un extenso cuerpo sedimentario formado por niveles arenosos discontinuos, poco permeables, tamaño muy variable -máximo espesor en casos excepcionales de 25 m-, y configuración lenticular, distribuidos aleatoriamente en una matriz limoarcillosa de permeabilidad mucho menor.

Los frecuentes cambios de facies, verticales y horizontales, impuestos por el mecanismo genético de coalescencia de abanicos aluviales, imponen variaciones de comportamiento hidrogeológico de detalle de los sedimentos, desde un carácter de acuífero libre o confinado a un carácter de acuitardo, con variaciones de permeabilidad y otros parámetros hidráulicos por lo que el acuífero presenta una marcada anisotropía.

Los valores de permeabilidad generalmente aceptados varían entre 0.2-0.3 m/día para la Unidad Alcalá y hasta 1-1.5 para la Unidad Madrid y siendo frecuente el de 0.7 para la Unidad Guadalajara. La anisotropía es del orden de 100 o, incluso, superior.

Los valores del coeficiente de almacenamiento son bajos y oscilan entre  $10^{-2}$  y  $10^{-3}$  (Facies Madrid) y  $10^{-4}$  y  $8 \cdot 10^{-5}$  (Facies Alcalá)

Los caudales específicos son por lo general inferiores a 1 l/s.m. Los mayores aparecen en una banda paralela al Sistema Central, situada en la zona media de la facies Madrid.

La porosidad total se suele estimar entre un 15 y un 30 % mientras que los valores de porosidad eficaz parecen poder situarse en torno al 7-10%.

Los valores de transmisividad, definidos en relación con la profundidad de las captaciones y la longitud de los tramos filtrantes, se dispersan entre 1 y 300 m<sup>2</sup>/día correspondiendo los más elevados a la facies Madrid. En las unidades Alcalá y Guadalajara oscilan entre 10 y 30 m<sup>2</sup>/día. Las velocidades de flujo, estimadas, se sitúan en torno a 0.1 - 0.3 m/día o son, incluso, menores.

El comportamiento hidráulico del acuífero ha de ser, lógicamente, muy complejo. En consecuencia, su estudio se ha ido efectuando a través de sucesivas aproximaciones de un modelo conceptual a los datos parciales de comportamiento real, disponibles en cada momento.

En este sentido las ideas sobre los procesos de recarga/descarga y del flujo entre las zonas en que éstos se producen han evolucionado notablemente.

Las primitivas ideas, que propiciaban implícitamente la teoría de discontinuidad hidráulica en el acuífero - teorías de los canales de arena y del lentejón- se revelaron incapaces de explicar la recarga puesta de manifiesto por el mantenimiento del caudal en las captaciones.

Objeciones insalvables determinaron que se abandonara el modelo de artesianismo similar al de la cuenca de París.

Las ideas actuales sobre el funcionamiento hidráulico del acuífero se basan en el concepto de continuidad hidráulica del mismo, lo que permite la explicación racional y matemática de hechos observados como variaciones de niveles piezométricos, etc.

En la figura 4.3 se presentan sucesivas etapas del modelo conceptual adoptado para la explicación del comportamiento hidráulico de la facies detrítica de la fosa del Tajo.

Hubert (1940), mediante la definición de distribución de potencial hidráulico en un medio homogéneo e isótropo, consigue explicar las variaciones de nivel piezométrico en la vertical y fenómenos de artesianismo.

Con los mismos presupuestos básicos, las ideas de Toth marcaron una evolución en el esquema de flujo propuesto, en el sentido de definir la existencia de flujos locales, intermedios y regionales,

reconociendo la influencia de la pendiente de la superficie saturada y la relación profundidad/longitud del acuífero en su comportamiento hidráulico.

La hipótesis simplista de existencia de homogeneidad e isotropía no se cumple, a la luz de las consideraciones expuestas.

El paso siguiente en cuanto a grado de complejidad del modelo conceptual, consistió en considerar el acuífero como un sistema multicapa (Llamas, 1976) formado por acuíferos y acuitardos alternantes en profundidad que, aunque constituye una simplificación notoria, introduce, en cambio, los conceptos de heterogeneidad y anisotropía antes mencionados.

Actualmente el acuífero en su conjunto se considera único, libre, heterogéneo y anisótropo aunque, a efectos de modelización matemática, se ha considerado a veces como homogéneo y semiconfinado.

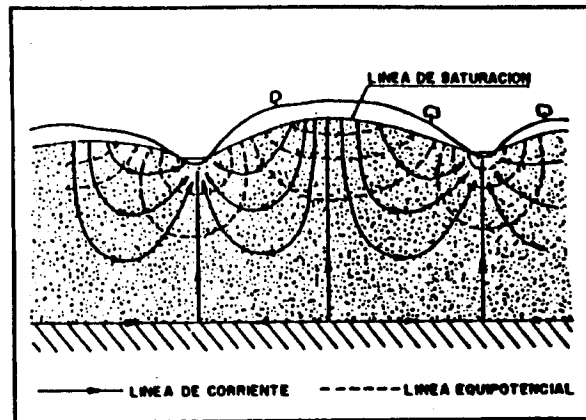
La aplicación de modelos de flujo o de transporte de masas a secciones del acuífero o, incluso, la consideración de flujo cuasi tridimensional, debido a la existencia de componentes verticales significativas, ha sido una herramienta importante para contrastar el modelo conceptual con la realidad.

El grado de concordancia con los datos disponibles parece ser aceptable a escala regional a pesar de que la modelización del conjunto del acuífero introduzca limitaciones y simplificaciones ( flujo en régimen permanente, límite de potencial constante, tamaño de los elementos discretizados, etc) Pese a estas limitaciones las principales características del modelo pueden resumirse (Fig 4.4) en :

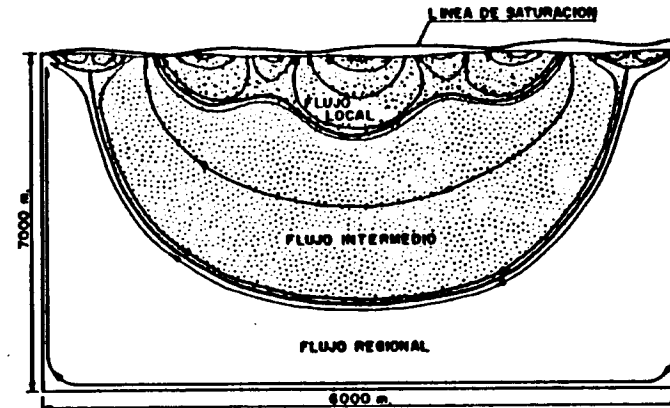
\* El flujo en el acuífero se establece aproximadamente en planos perpendiculares a los ríos. El gradiente hidráulico es del orden de 10 veces superior en el sentido transversal a los ríos que en el paralelo a ellos.

\* La recarga principal del acuífero se produce por infiltración del agua de lluvia en los interfluvios con una infiltración eficaz entre 50 y 100 mm/año. Los límites con la sierra se consideran impermeables y , en consecuencia, la recarga a través del contacto con la misma o desde la facies de transición se considera despreciable.

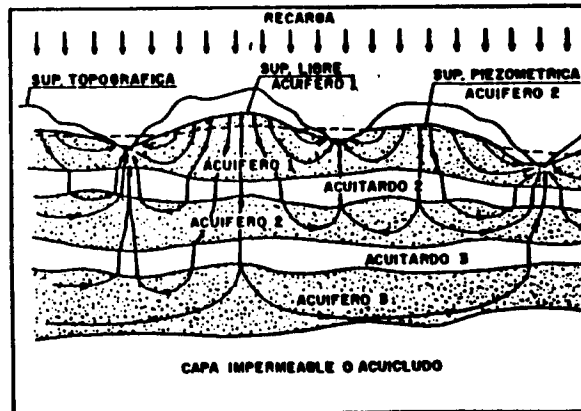
\* La descarga natural del acuífero se produce, en su mayor parte, en los valles de los ríos principales que se comportan, excepto en zonas de intenso bombeo, como ganadores. En mucha menor proporción la descarga natural se produce en manantiales, arroyos efímeros y por evapotranspiración.



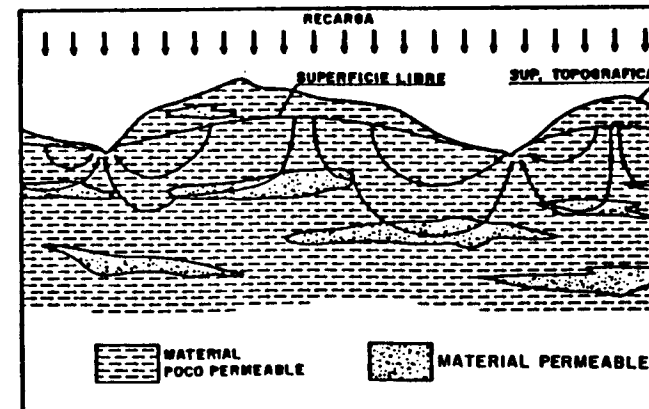
a) ESQUEMA DE FLUJO EN UN MEDIO HOMOGENEO E ISOTROPO. SEGUN HUBBERT (1940).



b) SECCION MOSTRANDO FLUJOS LOCALES, INTERMEDIOS Y REGIONALES OBTENIDOS MEDIANTE SOLUCION ANALITICA DE LA ECUACION DEL FLUJO SUBTERRANEO. SEGUN TOTH (1963)



c) ESQUEMA DE ACUIFERO MULTICAPA. SEGUN LLAMAS (1976)



d) ESQUEMA DE FLUJO LOCAL EN MEDIO HETEROGENEO (LENTEJONES MAS PERMEABLES)

FIG. 4.3 EVOLUCION DE LOS MODELOS CONCEPTUALES DE FLUJO.

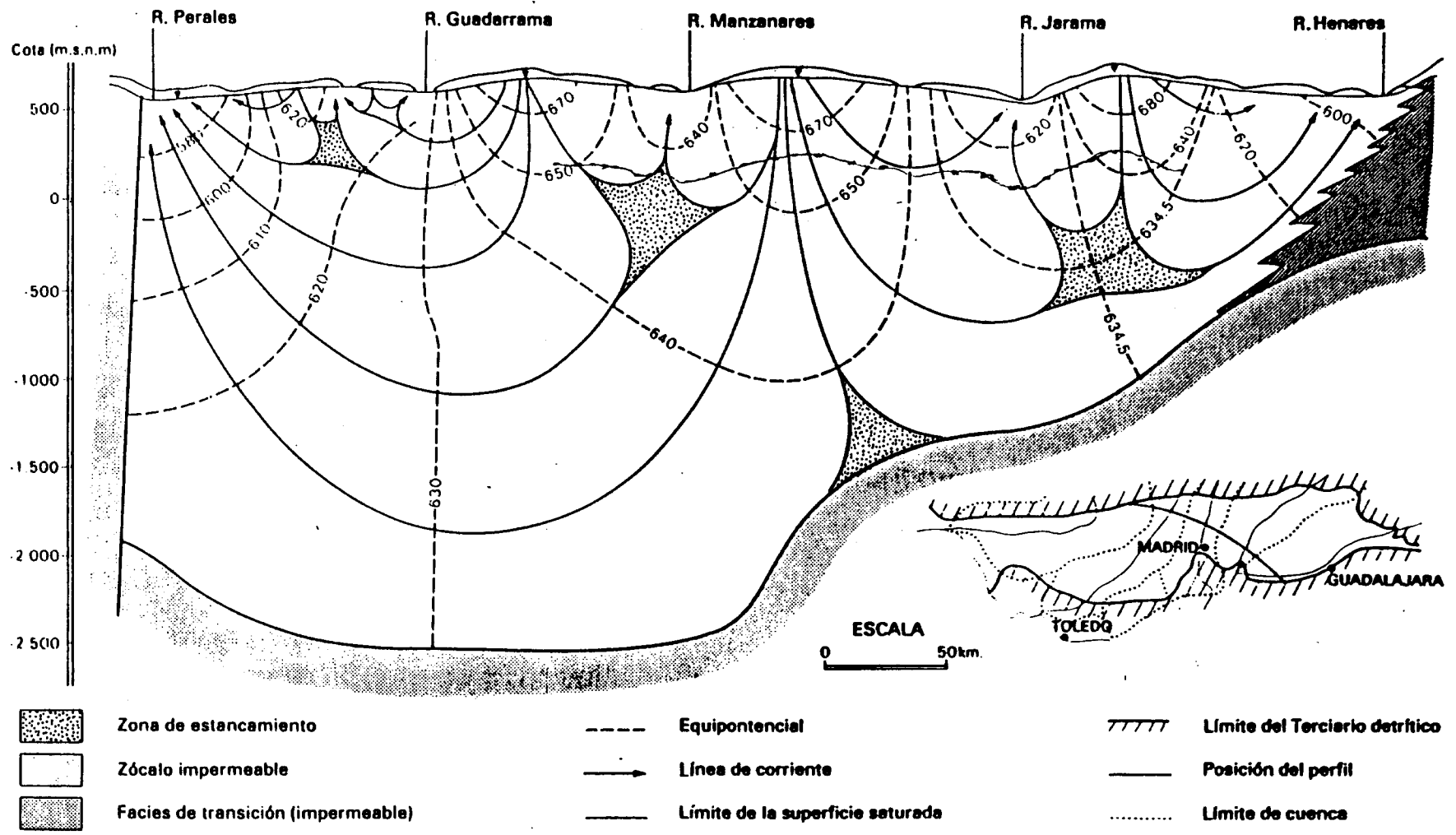


FIG. 4.4 MODELO CONCEPTUAL DE FLUJO

\* Existen flujos locales, intermedios y, probablemente, regionales produciéndose el mayor porcentaje del flujo en la zona superior del acuífero - hasta los 400-600 m de profundidad, a través de flujos locales e intermedios.

\* Los niveles piezométricos descienden al aumentar la profundidad de las captaciones en las zonas de interfluvio pero ascienden en función del mismo aumento de profundidad en los valles principales. En estas zonas es frecuente la existencia de sondeos surgentes.

\* Las zonas de descarga principal del acuífero son zonas de confluencia de líneas de flujo con diverso recorrido y, en consecuencia, con diferentes tiempos de residencia del agua en el acuífero.

\* En el acuífero existen "zonas de estancamiento". En ellas la velocidad del agua es prácticamente nula y pueden contener aguas con edad o características geoquímicas anómalas.

\* La dinámica del acuífero se considera extraordinariamente lenta. Los tiempos de residencia del agua en el acuífero suelen ser inferiores a 10000 años para las que circulan en la zona superior, pero pueden llegar a ser de cientos de miles de años si las trayectorias corresponden a flujos intermedios o regionales.

\* El modelo conceptual de flujo parece explicar aceptablemente distintos hechos observados como piezometría, distribución de temperaturas, tiempos de residencia, etc. Esta concordancia no supone, empero, una confirmación absoluta del mismo. El modelo conlleva una serie de implicaciones de carácter geoquímico cuya coherencia no se ha establecido completamente.

En la actualidad, por análisis de datos isotópicos y de explotación del acuífero, el modelo conceptual empieza a ser cuestionado y se propugna (López Vera 1994) una multiplicidad de zonas de recarga para el acuífero que, como se ilustra en la figura 4.5, se centrarían en :

\* zonas preferenciales, concentradas, correspondientes a cabeceras y cauces de primer orden de los interfluvios de los ríos principales, según la nomenclatura de Strahler (1952). En ellas la infiltración se produciría en períodos anuales preferentes (noviembre a marzo)

\* zonas de infiltración difusa en las zonas de interfluvio clásicas en que la infiltración

y la recarga sólo se producen de forma intermitente en períodos de años húmedos.

\* borde de la sierra, mediante flujo lateral a través de materiales ígneos, metamórficos y calcáreos fracturados o karstificados y el cauce de los ríos que discurren por encima del nivel freático del acuífero en las zonas de borde.

La multiplicidad de zonas de recarga del acuífero condiciona la existencia de flujos múltiples y confiere al acuífero una dinámica mucho más rápida que la admitida actualmente. Según el nuevo modelo de recarga los tiempos de residencia del agua en el acuífero podrían ser de pocas décadas, años o, incluso, meses.

#### **4.2 EL MODELO HIDROQUÍMICO CONCEPTUAL**

Los estudios hidroquímicos más recientes sobre el acuífero de Madrid han permitido conocer aceptablemente la distribución regional de concentraciones de constituyentes mayoritarios en las aguas subterráneas y sus variaciones espaciales.

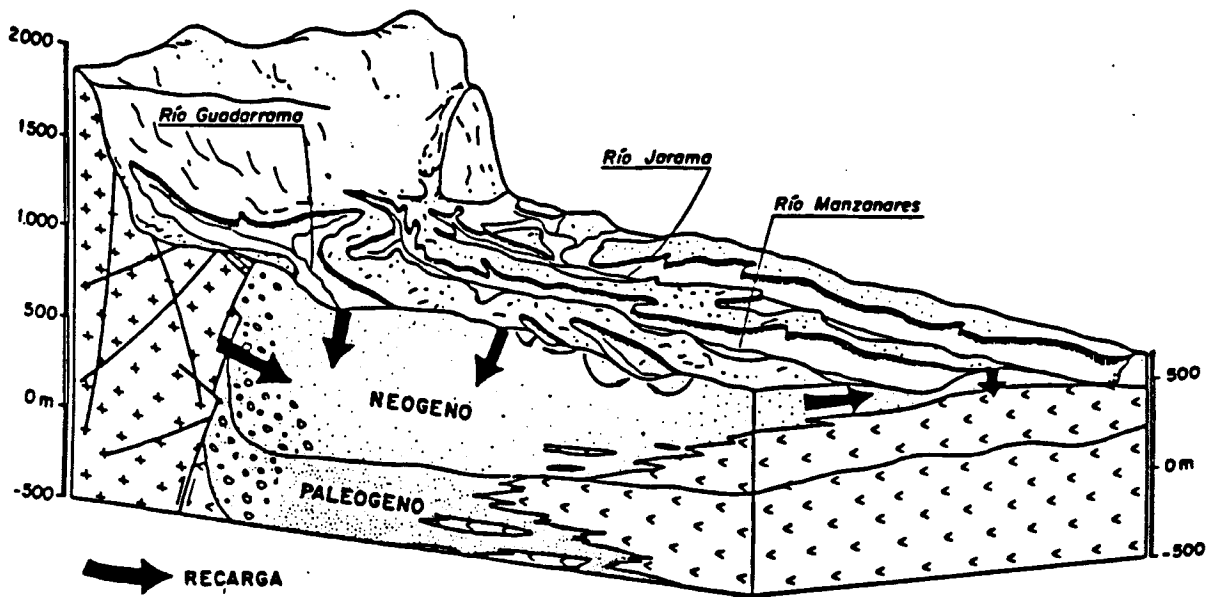
Estas variaciones se han explicado en función de una serie de procesos fisicoquímicos encuadrables en un modelo hidrogeoquímico conceptual aún en lento desarrollo. Este modelo parece coherente e integrable, a grandes rasgos, en el modelo de funcionamiento hidrodinámico general del acuífero.

El referido modelo hidroquímico se establece sobre la hipótesis simplificadora de una relativa uniformidad de los sedimentos de las facies detríticas en que, no obstante, se presentan variaciones significativas en la composición química de las aguas subterráneas y contrastes cuantificables entre las zonas de recarga y descarga.

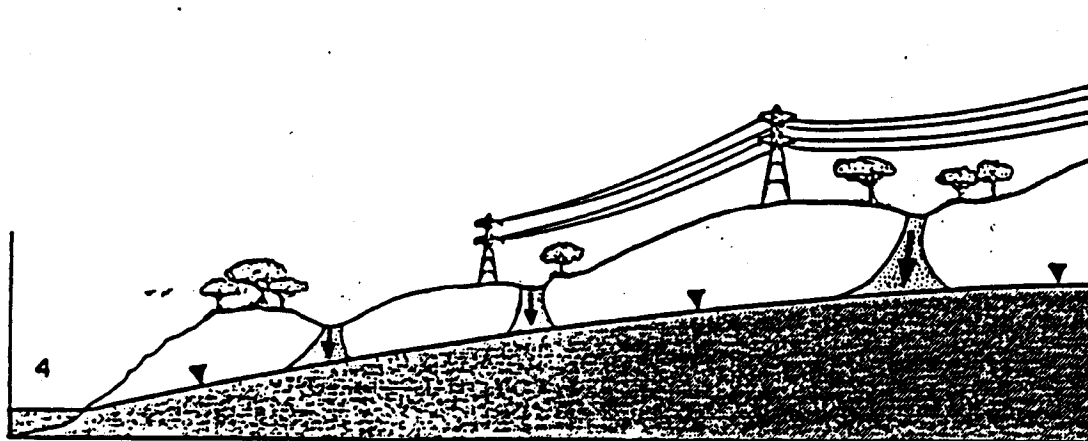
En el modelo estas variaciones se explican, fundamentalmente, por la influencia de los siguientes factores:

- litología de la zona no saturada en las áreas de recarga y de la matriz sólida del acuífero en la zona saturada,
- condicionantes del flujo, entre los que predominan la longitud y disposición de las trayectorias de flujo y el tiempo de permanencia del agua en el acuífero con procesos asociados de modificación del quimismo.





FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO DEL ACUIFERO DE MADRID



RECARGA POR INFILTRACION EN LOS INTERFLUVIOS

FIG. 4.5 PROPUESTA DE NUEVO MODELO CONCEPTUAL  
(Lopez Vera, 1994)

Los procesos geoquímicos fundamentales que intervienen en la adquisición de la configuración química del agua subterránea son :

- hidrólisis de silicatos
- disolución/precipitación de carbonatos
- intercambio iónico
- disolución de evaporitas en las proximidades de la facies de transición y, probablemente, de forma dispersa, en las zonas profundas del acuífero.
- precipitación de sílice.
- infiltración, en épocas pasadas, de aguas con quimismo y composición isotópica diferentes de las actuales.

El conjunto de estos procesos se desarrolla en tres ambientes hidroquímicos definidos a través de los cuales el agua adquiere su configuración química definitiva :

### **ATMÓSFERA**

El agua de lluvia constituye la recarga fundamental del acuífero.

Los datos de composición química del agua de lluvia son escasos en el área y, aunque parece haberse observado en la zona de Madrid un incremento de la salinidad ( $\text{SO}_4$ = fundamentalmente) por efecto de la contaminación atmosférica (automóviles, calefacciones), el impacto de este agua contaminada sobre el acuífero no ha sido todavía evaluado.

La composición química del agua de infiltración se considera, en términos generales, equivalente a la de áreas no influenciadas por la contaminación.

### **ZONA NO SATURADA**

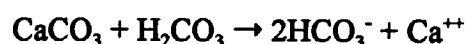
Ante la insuficiencia de datos y su escasa fiabilidad, se supone que la aportación iónica del agua de recarga es insignificante excepto en lo que se refiere al  $\text{CO}_2$ , cuya presión parcial se estima en  $10^{-3}$  bar. La concentración por evapotranspiración puede responder a un factor de 5-10.

Las principales reacciones químicas se producen en la zona más somera del acuífero (zona edáfica) debido al aumento de la  $\text{PCO}_2$ , que podría alcanzar valores de  $10^{-1.5}$  o  $10^{-2}$  bar. El pH alcanzaría valores del orden de 5 o inferiores.

En una primera aproximación la zona no saturada se comportaría como un sistema abierto con  $\text{PCO}_2$  constante.

Por debajo de la zona edáfica se consideran predominantes los siguientes procesos :

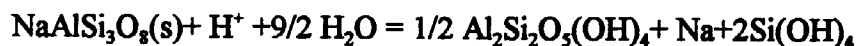
\* disolución de carbonatos hasta un eventual grado de saturación del agua en diversos minerales carbonatados. La reacción típica sería:



que conduce a un aumento del TCID,  $\text{HCO}_3^-$ , Ca y/o Mg así como del pH. La importancia del proceso dependerá de la mayor o menor proporción de minerales carbonatados existentes en los sedimentos detríticos.

\* disolución de minerales evaporíticos (halita/yeso) en las proximidades de la facies de transición. En los materiales detríticos este proceso no se considera importante por el escaso porcentaje de dichos materiales que pueden haber quedado sin lavar durante el Plioceno-Cuaternario.

\* hidrólisis de silicatos. Una reacción típica podría ser la de transformación albita-caolinita.



que se traduce en aumento de pH, de alcalinos o alcalinotérreos,  $\text{SiO}_2$  y  $\text{HCO}_3^-$  a costa de la disminución de  $\text{H}_2\text{CO}_3$ .

Como consecuencia de su paso por la zona no saturada en el agua

- aumenta la concentración de  $\text{SiO}_2$
- aumenta el contenido de alcalinos o alcalinotérreos
- aumenta el contenido de Cl y  $\text{SO}_4$  si el agua entra en contacto con halita o yeso
- la facies predominante será la bicarbonatada cálcica o magnésica

## ZONA SATURADA

Una vez alcanzada la zona saturada los procesos modificadores del quimismo predominantes

serían los siguientes:

- \* intercambio iónico con los minerales de la arcilla que conduciría, en general, a un aumento de  $\text{Na}^+$  y a una disminución de  $\text{Ca}^{++}$  y/o  $\text{Mg}^{++}$  y un aumento de pH.
- \* posible continuación de los procesos de hidrólisis de silicatos y eventuales fenómenos de precipitación de sílice o de neoformación de arcillas que se traduciría en una disminución de  $\text{SiO}_2$  disuelta.
- \* posible precipitación de carbonatos en la trayectoria descendente de las aguas como consecuencia de la disminución de la solubilidad de la calcita con el aumento de temperatura.

El proceso se traduciría en una cierta disminución del CID y del  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ . En la trayectoria ascendente puede producirse nueva disolución de carbonatos, probablemente en menor extensión, como consecuencia del menor poder agresivo de las aguas tras la hidrólisis de silicatos apuntada y la disminución de  $\text{PCO}_2$  que se produciría en sistema cerrado.

- \* posible mezcla de aguas con diferentes características (composición química,  $\text{PCO}_2$ , etc) en las zonas de descarga, zonas de confluencia de flujos con diferente recorrido, con eventuales cambios en el estado y grado de saturación de las aguas subterráneas.
- \* eventuales procesos de reducción de sulfatos, disolución secuencial, efecto de ión común, etc pueden modificar sustancialmente el quimismo de las aguas subterráneas.

En consecuencia, a lo largo de la trayectoria en la zona saturada pueden esperarse procesos como:

- disminución de los alcalinotérreos con o sin aumento de los alcalinos
- aumento de pH
- disminución de  $\text{SiO}_2$
- posible disminución de T.S.D. y C.I.D.
- el tipo de agua estará condicionado por el predominio de alguno de los procesos citados, por la influencia litológica dominante o, finalmente, por el resultado de la convergencia, superposición o actuación secuencial de estos factores.

En concordancia con lo anterior se han caracterizado los "grupos-tipo" de agua en las zonas

de recarga y descarga del acuífero. Sus principales características se exponen en el cuadro siguiente:

Cuadro 4.1 Características hidroquímicas tipo

	ÁREA RECARGA	AREA DESCARGA
<b>TIPO FLUJO</b>	Corto recorrido	Largo recorrido
<b>TIEMPO PERMANENCIA</b>	Reducido	Elevado
<b>FACIES</b>	HCO <sub>3</sub> - Ca	HCO <sub>3</sub> - Na
<b>pH</b>	6,5 - 7,5	7 - 8,5
<b>SiO<sub>2</sub></b>	> 20	< 20
<b>TSD</b>	< 300	< 400
<b>DIC</b>	< 3,5	< 3,5
<b><sup>18</sup>O</b>	- 7,5	- 9,0
<b><sup>14</sup>C</b>	> 75	< 40

Las desviaciones de esta "configuración tipo" se han atribuido a influencias litológicas locales, descargas de flujos de corto recorrido, contaminación agrícola o urbana, infiltración en condiciones climáticas diferentes, posición relativa de ciertas captaciones en el sistema de flujo, cambios de gradiente térmico, confluencia de líneas de flujo de distinto recorrido que producen zonas de mezcla, efecto de ión común, reducción de sulfatos y nitratos, existencia de pequeños niveles carbonatados, paleosuelos, que pueden producir alteraciones en la datación con <sup>14</sup>C, etc.

Aspectos muy poco conocidos son los de la evolución temporal de la composición química de las aguas subterráneas y su relación con la explotación del acuífero, la distribución y variaciones de elementos minoritarios, la eventual estratificación en profundidad, la confirmación de la existencia de zonas de estancamiento con probable quimismo anómalo, la influencia microbiológica en determinados procesos, etc.

Pese a los avances conseguidos en el conocimiento del quimismo de las aguas subterráneas de la zona y la progresiva adecuación del modelo hidroquímico conceptual a los datos de observación, la cuantificación de muchos de los procesos que gobiernan dicho quimismo y la explicación de algunas de sus peculiaridades a nivel de detalle requieren mucho más estudio.

Estos estudios han de abordarse con una información integrada mucho más completa y precisa sobre :

- el medio hidrogeológico (mineralogía, distribución de facies, características de la zona edáfica y no saturada, quimismo del agua de infiltración, etc),
- el propio modelo de flujo y características hidráulicas del acuífero,
- el esquema de su explotación y, naturalmente,
- la incidencia de factores externos al sistema (contaminación), muy poco conocidos en detalle.

### **4.3 EL MODELO CONCEPTUAL DE CONTAMINACIÓN**

Mientras para el acuífero de Madrid se ha elaborado un modelo hidroquímico conceptual coherente con el modelo de flujo, no se ha desarrollado un modelo conceptual de contaminación equivalente.

Por el momento las ideas esbozadas en este campo no constituyen un cuerpo de doctrina sólido sobre la contaminación en el acuífero detrítico de Madrid; se trata de una serie de hechos y apreciaciones fragmentarios más o menos fundados en datos escasos y dispersos.

Estos hechos y apreciaciones se refieren a los siguientes aspectos fundamentales del problema de contaminación en el acuífero :

- 1.- Presencia de focos potenciales de contaminación, puntuales o difusos. Ubicación y caracterización.
- 2.- Elementos contaminantes generados.
- 3.- Mecanismos de propagación de la contaminación en los distintos ámbitos hidrogeológicos o zonas del acuífero en el marco del modelo de flujo establecido.
- 4.- Efectos detectados. Extensión, intensidad y persistencia.

En relación con los puntos señalados anteriormente la situación puede resumirse del siguiente modo:

#### 4.3.1 FOCOS DE CONTAMINACIÓN

Los principales focos, puntuales o difusos, actuales o eventualmente desaparecidos, que se han identificado como potencialmente contaminantes son :

- procesos biológicos y geológicos naturales.
- actividades agrícolas y residuos animales.
- residuos sólidos urbanos.
- pérdidas en las redes de aguas residuales domésticas, pozos negros, fosas sépticas, etc.
- abonado de céspedes y jardines.
- lluvias contaminadas.
- actividades industriales y comerciales.

Estos focos siguen siendo calificados como "potenciales" en un reconocimiento implícito del escaso conocimiento de la afección real que provocan o han podido provocar.

La máxima potencialidad de contaminación, indeterminada casi siempre, se atribuye a las áreas urbanas y a las de entorno industrial.

En realidad, no se dispone de un inventario completo de actividades potencialmente contaminantes suficientemente caracterizadas y clasificadas por su importancia y, aún cuando existen datos dispersos, es frecuente la no consideración de los aspectos hidrogeológicos en el entorno de estas actividades.

#### 4.3.2 ELEMENTOS CONTAMINANTES GENERADOS/ELIMINADOS

La escasa cultura de prevención y conservación a nivel nacional, particularmente en el campo de las aguas subterráneas, se ha traducido en una falta considerable de estudios específicos sobre capacidad de generación de elementos contaminantes de focos concretos.

Si bien existen datos generales de tipo sintético, a nivel de municipio o de Comunidad autónoma, sobre, p.e, toneladas de residuos generados por tipos de actividad, porcentajes estimados de pérdidas en las redes de alcantarillado, número de hectáreas de regadío, número de industrias en cada campo de actividad, volumen de residuos industriales especiales (metales pesados...), número de vertederos

no controlados en un determinado dominio litológico, etc, faltan los datos de detalle sobre la capacidad de generación o eliminación de contaminantes en focos específicos y de su capacidad de afección a las aguas subterráneas, particularmente en situaciones hidrogeológicas concretas.

A menudo los escasos datos disponibles adolecen de falta de garantía y especificidad al haber sido obtenidos de la bibliografía o extrapolados de promedios teóricos de producción o eliminación según "actividades tipo".

Datos reales y actuales sobre tipos de contaminantes, volúmenes generados o eliminados, frecuencia y método de eliminación a nivel puntual específico de los principales focos son prácticamente inasequibles por las reticencias existentes por parte de los responsables de las actividades generadoras de residuos a facilitar información sobre estos aspectos.

#### 4.3.3 MECANISMOS DE CONTAMINACIÓN

Los mecanismos de propagación de la contaminación no han sido especificados aunque se admite implícitamente que deben corresponder al siguiente esquema tipo :

- \* la mayor parte de los focos generadores está emplazada en la superficie del terreno, punto inicial de la propagación de contaminantes.

Probablemente se dan casos de inyección directa de residuos líquidos en las zonas no saturada y saturada con efectos rápidos, eventualmente graves, en función del vertido de que se trate y de las peculiaridades hidrogeológicas del entorno.

- \* La propagación de contaminantes tiene lugar por advección, con una componente de flujo esencialmente vertical en la zona no saturada. No se considera la existencia de vías preferentes. Los procesos de dispersión pueden ser considerables dada la anisotropía del acuífero.

- \* La percolación de contaminantes en profundidad es muy lenta y se produce por un mecanismo de transmisión de lentejón en lentejón creando un "efecto cascada".

La profundidad alcanzada por un frente de contaminación es desconocida por lo general y su determinación está críticamente condicionada por el método de muestreo por bombeo que enmascara cualquier situación e imposibilita la adscripción de una zona contaminada a uno o varios tramos productivos situados a una profundidad determinada.



Pese a esta hipotética lentitud de propagación, no son descartables contaminaciones rápidas que pueden producirse por acceso de contaminantes a los sondeos a través de los primeros tramos filtrantes, de la porción no cementada, de zonas ranuradas o corroidas, etc, situaciones que se pueden potenciar por la presencia de pozos abandonados próximos, zanjas de drenaje, etc, particularmente cuando el espesor de la zona no saturada es escaso y los focos están muy próximos a los sondeos.

\* La retención de contaminantes se produce por mecanismos de control litológico. Como idea marco se admite que debe producirse acumulación de contaminantes en la parte más superficial del acuífero (zona no saturada).

\* Los flujos regionales no parecen tener importancia decisiva en la propagación de la contaminación. Se supone que puede tener mayor influencia el entorno hidrogeológico próximo de los focos y el régimen de explotación de los sondeos siendo probablemente determinante en la propagación de la contaminación la posición relativa del foco respecto a los sondeos y la variación de niveles en los mismos particularmente cuando el espesor no saturado es escaso.

#### **4.3.4 EFECTOS DETECTADOS**

Con frecuencia los efectos de la contaminación se han puesto de manifiesto de forma ocasional a nivel de casos singulares puntuales, detectados en estudios regionales o, esporádicamente, en estudios específicos. En estos casos se han observado valores elevados de concentración de ciertos constituyentes mayoritarios o, en contadas ocasiones, de algunos elementos minoritarios.

Es por ello que no existen elementos objetivos de juicio para pronunciarse sobre la posibilidad de contaminación extensa o generalizada de algunas zonas del acuífero.

Se admite que no se han detectado estos hipotéticos efectos generalizados, al menos en la parte más superficial del acuífero, por :

- \* concentración de focos en áreas restringidas
- \* falta de estudios sistemáticos que permitan ponerlos de manifiesto
- \* elevado grado de protección por el tipo de litología y el espesor de zona no saturada.

Casos típicos de contaminación puntual han sido la detección de compuestos nitrogenados en algunos pozos, manantiales y fuentes de Madrid, de metales pesados en Arganda, la afección del riego con aguas residuales en suelos y plantas o la afección restringida provocada por algunos vertederos.

La falta de estudios sistemáticos de estos casos no ha permitido una caracterización adecuada del impacto ocasionado. Extensión, intensidad y persistencia de estas situaciones de contaminación detectadas no se han determinado.

A nivel regional los efectos de contaminación detectados se restringen principalmente a la presencia de  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$  y de algunos elementos minoritarios estudiados en casos muy concretos. La situación en relación con el resto de elementos minoritarios simplemente se desconoce. Salvo en estudios específicos de caracterización de espacios contaminados, los análisis se limitan a iones mayoritarios.

En relación con la contaminación por  $\text{NO}_3$ , la más frecuentemente detectada, se distinguen:

- \* Áreas de recarga y zonas superficiales del acuífero en que se bombean "aguas jóvenes" que parecen estar contaminadas - de forma más o menos generalizada - por alguno o varios de los focos potenciales citados, entre ellos el casco urbano de Madrid.

- \* Áreas de descarga y zonas profundas del acuífero con "aguas antiguas" no contaminadas (bajo o nulo contenido en  $\text{NO}_3$ ) lo que se explica por:

- infiltración del agua en épocas pasadas con contenidos en  $\text{NO}_3$  inferiores a los actuales (recarga anterior a la implantación de una gran urbe como Madrid)
- posible existencia de fenómenos de reducción de  $\text{NO}_3$  en niveles profundos del acuífero.

Por lo general, excepto en algún caso de estudio de vertederos, los efectos de la contaminación se ha caracterizado en función de un solo parámetro ( $\text{NO}_3$ , por ejemplo) desligado de otros parámetros asociados cuya presencia, en caso de producirse una contaminación de determinado origen, debería manifestarse.

No existe una casuística suficiente de correlación causa-efecto entre los focos detectados y los impactos que se les atribuyen pues, en general, no se han realizado estudios específicos detallados sobre focos concretos de contaminación y sus efectos. Los efectos detectados se atribuyen, separada o conjuntamente, de forma inconcreta y escasamente fundamentada, casi siempre por argumentos de exclusión, a los focos señalados.

Por lo que se refiere a la extensión de los efectos de la contaminación, aparte de lo apuntado al principio de este apartado, conviene señalar que a menudo los efectos puntuales detectados se han extendido inadvertidamente a áreas considerables, delimitadas con poca precisión y escaso apoyo analítico, sin constancia de la extensión real de la afección, con la consiguiente magnificación del problema.

La cuestión de la persistencia de los efectos de un episodio de contaminación ya detectado no ha tenido respuesta adecuada y con frecuencia permanece indeterminada por el escaso control analítico continuo en las captaciones. Particular inquietud despierta la posibilidad de la persistencia de efectos ya producidos, pero no detectados, generados por focos eventualmente desaparecidos o "clausurados" sin la eliminación de estos eventuales efectos.

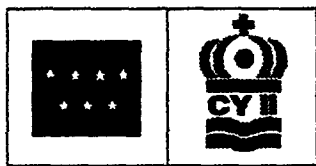
A la luz de lo expuesto queda más que clara la existencia de excesivas indeterminaciones e incertidumbres relativas al estado de contaminación del acuífero. Estas incertidumbres deben ser progresivamente eliminadas por medio de experiencias en que puedan ser controladas las principales variables que intervienen en el proceso.

En tanto estas incertidumbres no sean despejadas puede afirmarse que el estudio integral de los procesos de contaminación de las aguas subterráneas es una asignatura pendiente en relación con el acuífero de Madrid.

No obstante, dada la buena calidad general de las aguas subterráneas en la zona y la no detección de situaciones graves de contaminación generalizada, particularmente en las zonas intermedias del acuífero, puestas en evidencia en estudios anteriores y corroboradas por éste, se señala el interés de establecer medidas preventivas y de protección eficaces que permitan el mantenimiento de la calidad de este recurso valioso y de su utilización racional.



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España



Canal de  
Isabel II

**CAPÍTULO 5**  
**CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR**  
**DE LA CALIDAD**

## 5. CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE LA CALIDAD

### ANTECEDENTES

El paso previo a la caracterización de la calidad actual en la zona de estudio consiste en una revisión, necesariamente somera, de los conocimientos que sobre este tema se han ido adquiriendo en años anteriores.

Una síntesis general de estos conocimientos se ha presentado en el capítulo correspondiente a la descripción del modelo hidroquímico conceptual admitido para la zona.

La caracterización de la calidad en estudios anteriores se ha realizado bien a nivel de cuenca o intercuenca de los ríos principales, bien a nivel de estudio regional de sistema acuífero, bien a nivel de término municipal o a menor escala con finalidades, lógicamente, muy diferentes.

No se pretende hacer en este momento una síntesis pormenorizada de los resultados de estos trabajos sino, más bien, de exponer las líneas generales de la distribución del quimismo en la zona de estudio, puestas de manifiesto en ellos.

En los citados trabajos pueden encontrarse mapas de distribución espacial de conductividad, TSD, de algunos constituyentes mayoritarios (sulfatos, cloruros), de dureza, etc.

No se dispone por lo general de datos de elementos minoritarios ni de mapas de su distribución espacial, aspecto no considerado de forma sistemática en dichos trabajos ni en las determinaciones analíticas de rutina.

Los mapas de isolíneas o, mejor, las zonaciones de distribución de estos parámetros químicos establecidos en dichos mapas difieren, a veces sensiblemente, en función de los criterios elegidos para su trazado, del número de muestras disponibles y de su distribución espacial, de la profundidad de las captaciones muestreadas y hasta de la minuciosidad de los respectivos autores a la hora de establecer dichas zonaciones. Pese a ello, las líneas generales de distribución del quimismo de las aguas subterráneas, a gran escala, son razonablemente coincidentes. Planos 5.1 a 5.4.

A modo de ejemplo, en la figura 5.1.0 se incluyen mapas de síntesis sobre la distribución espacial de TSD, cloruros y sulfatos que pueden considerarse representativos del conjunto de la cartografía sobre calidad química de las aguas subterráneas relativa a la zona de estudio.

En ellos se pone de manifiesto la influencia litológica en la zona meridional y occidental de Madrid

y en el área de Torrelaguna en las que se han detectado concentraciones de constituyentes relativamente más elevadas que en las zonas adyacentes.

Esta influencia litológica se ha considerado largo tiempo como el factor determinante del quimismo de las aguas subterráneas en el acuífero de Madrid.

Otros tipos de influencias o de procesos, ya señalados en el apartado en que se describe el modelo hidroquímico conceptual, se han ido invocando para explicar el quimismo de estas aguas a medida que los datos analíticos han permitido conocer con más detalle las peculiaridades de dicho quimismo.

Hechas estas consideraciones se pasa al análisis del estado de calidad de las aguas subterráneas en la zona de estudio a partir de los datos recopilados en la fase correspondiente.

## **5.1 CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE LA CALIDAD EN LA ZONA DE ESTUDIO**

Una vez revisados y homogeneizados los datos de inventarios de puntos con análisis químicos se ha podido conocer la distribución temporal de estos datos en la zona de estudio.

En el capítulo de Metodología se han detallado los pormenores de la distribución de estos datos en función de la naturaleza de los puntos de muestreo, de su profundidad, del inventario origen del que proceden, etc.

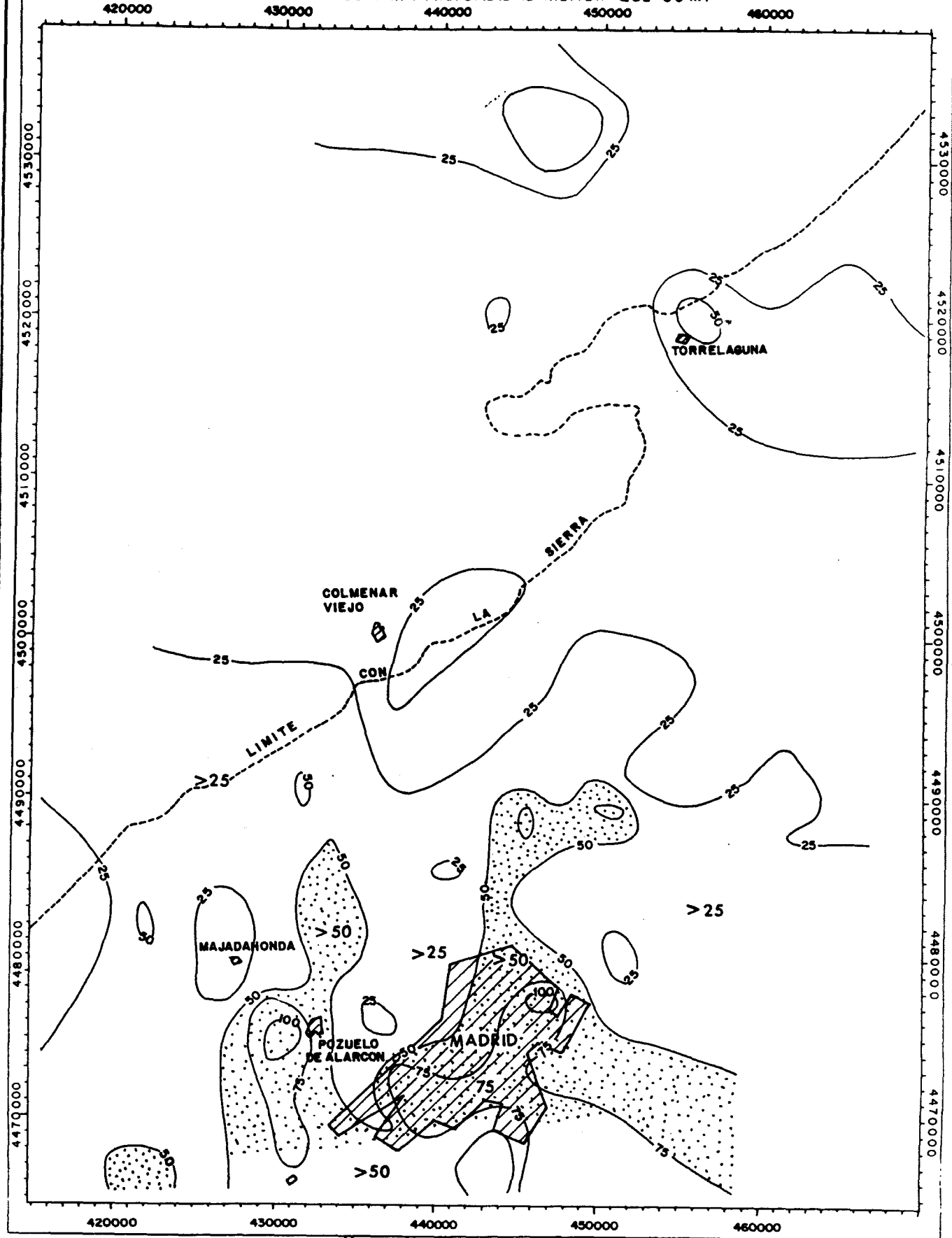
Para la caracterización preliminar de la calidad en la zona de estudio se dispone de 731 análisis químicos, no siempre completos, obtenidos en 362 puntos de muestreo; el período que abarcan estos análisis corresponde a 1971-1994.

En el anexo 5.1 se incluye, para cada punto, una relación de las fechas en que se dispone de análisis químicos en dichos puntos. En el Anexo general de inventario se incluye un resumen de estos análisis.

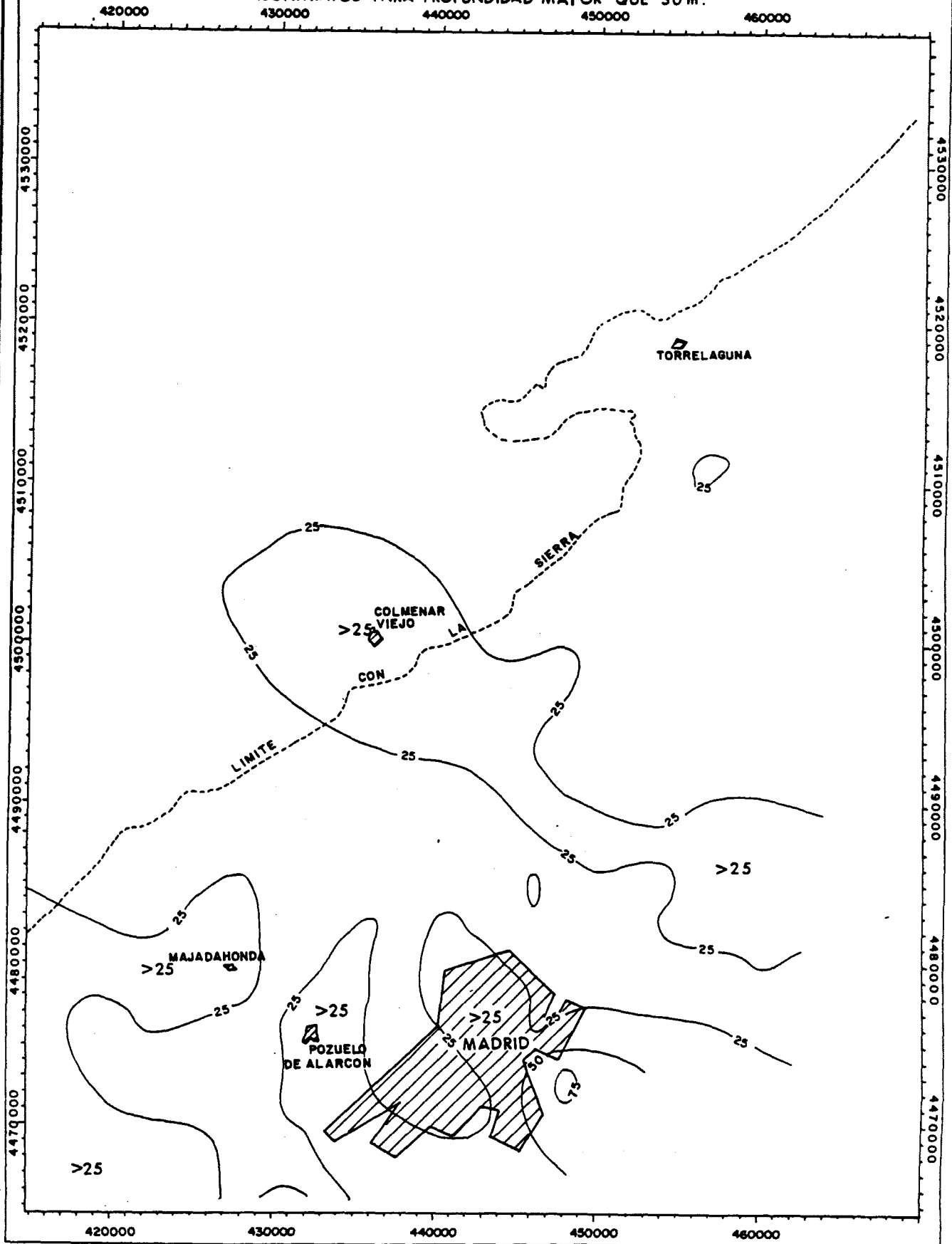
En la figura 5.1.1 se presenta un resumen de los datos disponibles, por años, clasificados en campaña de primavera y campaña de otoño. La mayor parte de los datos disponibles se concentran en los años 80-85 y 91-94.

El mayor número de análisis, por año, corresponde a 1983 - 155 análisis - y a 1991 - 76 análisis -, con acusado contraste entre el número de análisis disponibles en la campaña de primavera de esos

SITUACION HISTORICA 1980-1990  
ISONITRATOS PARA PROFUNDIDAD MENOR QUE 30 m.

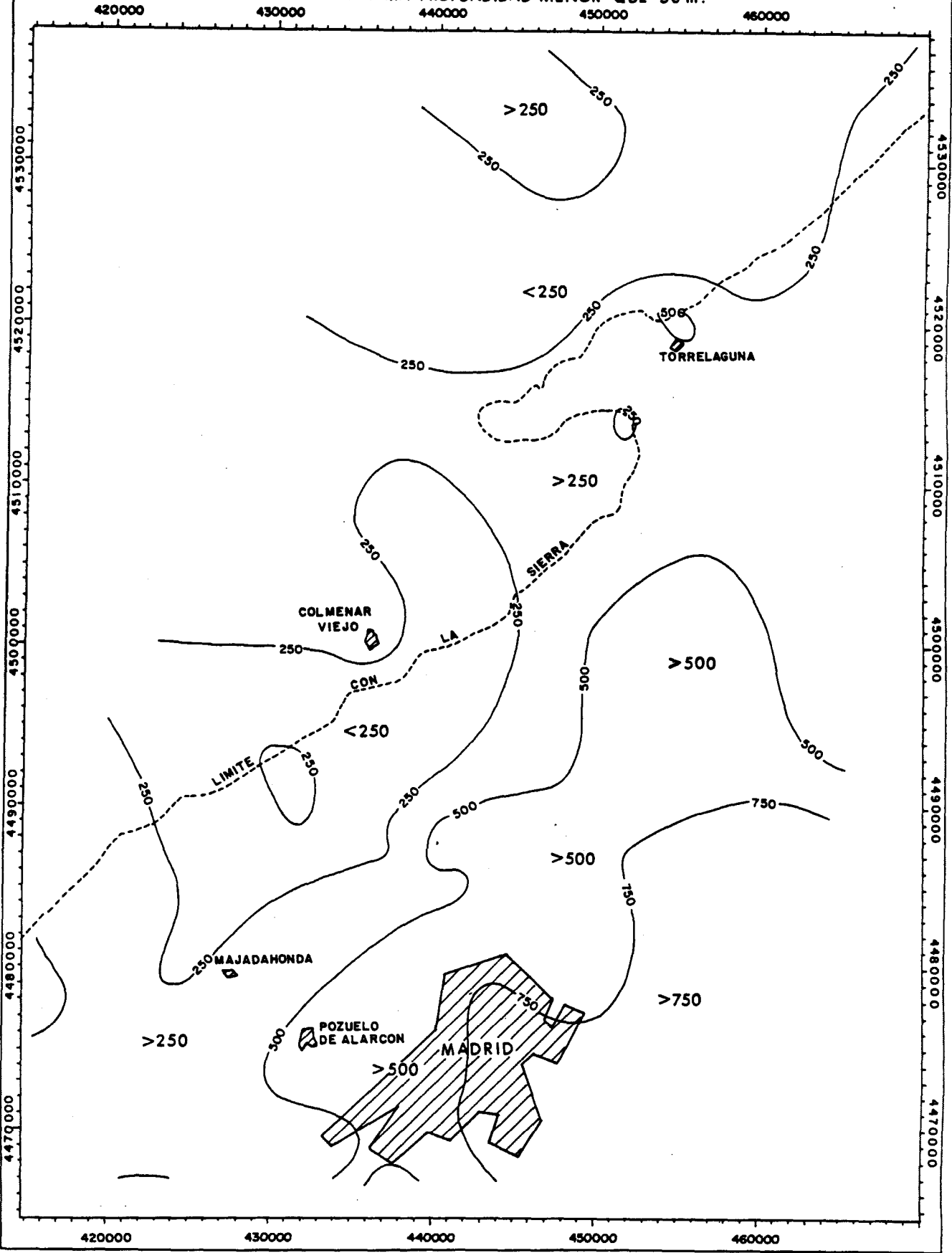


SITUACION HISTORICA 1980-1990  
ISONITRATOS PARA PROFUNDIDAD MAYOR QUE 30 m.

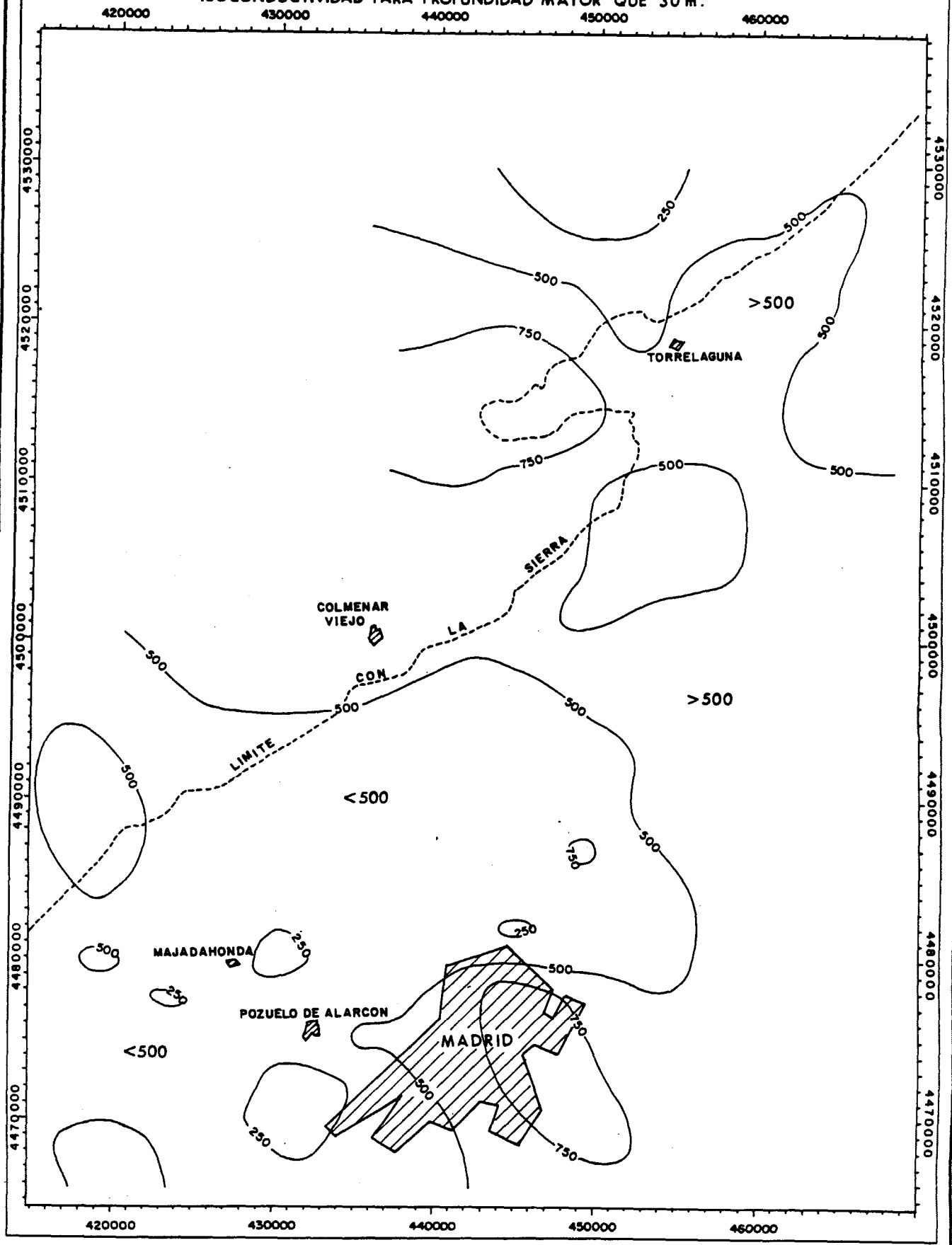




SITUACION HISTORICA 1980-1990  
ISOCONDUCTIVIDAD PARA PROFUNDIDAD MENOR QUE 30 m.



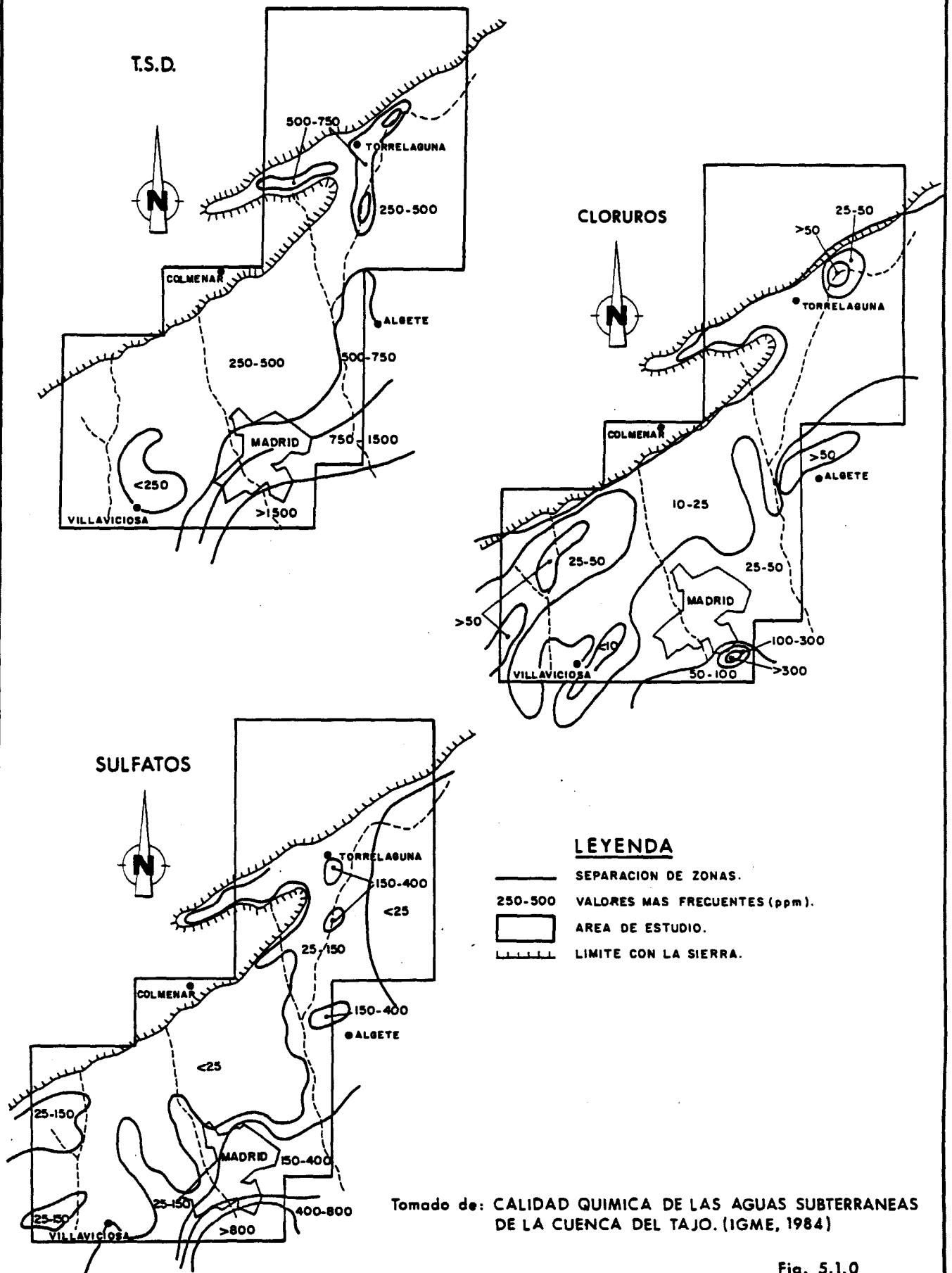
SITUACION HISTORICA 1980-1990  
ISOCONDUCTIVIDAD PARA PROFUNDIDAD MAYOR QUE 30 m.



PLANO 5.4

CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II.

RESUMEN DE LA SITUACION HISTORICA

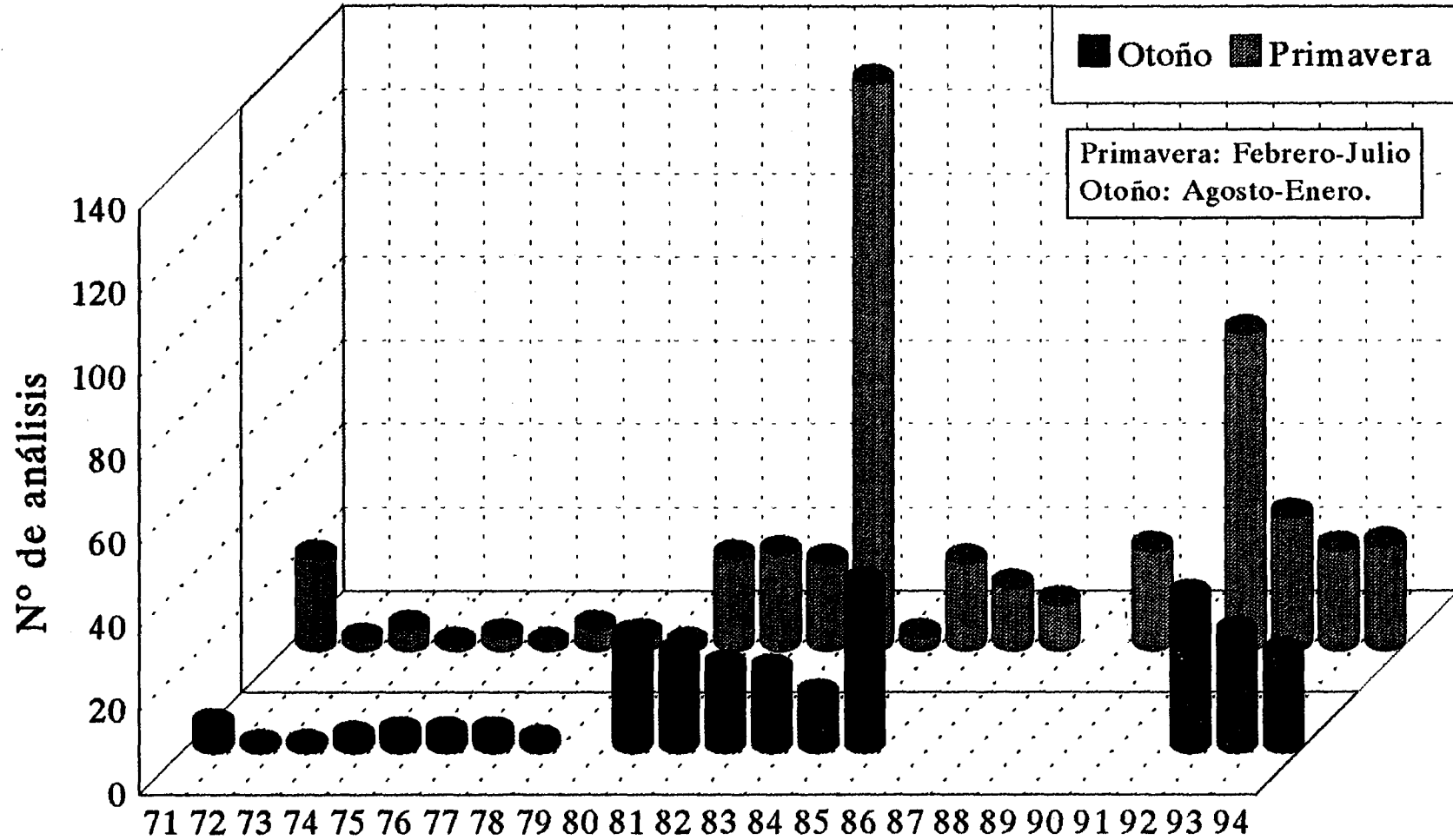


Tomado de: CALIDAD QUIMICA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS DE LA CUENCA DEL TAJO. (IGME, 1984)

Fig. 5.1.0

# Distribución temporal de análisis químicos

Zona de estudio.



<b>Primavera</b>	22	2	5	1	3	1	5	3	1	22	23	21	136	3	21	15	11		24		76	32	24	25
<b>Otoño</b>	6	1	1	3	4	4	4	2		27	23	20	19	13	40							37	28	23

Nº total de análisis=731

Años de toma

Figura 5.1.1

años frente a la de otoño.

Así, en 1983, frente a los 136 análisis de primavera, sólo se dispone de 19 análisis en la campaña de otoño. En 1991 sólo se dispone de 76 análisis en primavera.

La no coincidencia de puntos muestreados en los mismos años y en las mismas campañas dificulta notablemente la comparación del quimismo de las aguas subterráneas en esas fechas.

Dificultades añadidas provienen de la heterogeneidad de procedencia de los datos y las consiguientes incertidumbres sobre métodos de muestreo, fiabilidad de análisis, etc.

A efectos de ofrecer una panorámica muy general sobre el quimismo de las aguas subterráneas en la zona en los cuadros 5.1.1 y 5.1.2 se incluye un resumen estadístico de datos de conductividad y concentraciones de nitratos por campañas.

Más adelante se presentan datos más detallados de las campañas de primavera de los años 83 y 91 para las que se hace un estudio específico.

Aunque los datos son poco significativos a nivel estadístico y no permiten establecer conclusiones no aventuradas, merece la pena destacar que en primavera del 83 la conductividad media en las muestras de los puntos con más de 30 metros de profundidad era de 451  $\mu\text{S}/\text{cm}$  mientras que en los puntos con profundidad inferior a la citada era de 989  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

En esa misma fecha el contenido medio en nitratos, sin embargo, era de 12 mg/l en los pozos con profundidad superior a los 30 m mientras que este contenido medio era de 41.6 mg/l en los puntos con profundidad inferior a los 30 m.

En primavera de 1991 los valores medios de conductividad eran de 516  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en puntos con más de 30 m de profundidad y de 410 en puntos con profundidad inferior.

No obstante, el contenido medio en nitratos mantiene la misma tónica que en 1983: menor contenido medio en las captaciones de más de 30 m de profundidad (18 mg/l) y mayor contenido medio (29 mg/l) en los puntos de muestreo más profundos.

Por lo que se refiere a la detección de problemas de utilización del agua para consumo humano, en el cuadro 5.1.3 se incluye una relación de puntos con profundidad superior a 30 m en que se han detectado concentraciones superiores a los límites de la R.T.S en sodio, potasio, magnesio, residuo seco y nitratos en el período 1971 - 1994.

Cuadro 5.1.1 Resumen estadístico de datos de conductividad y nitratos, por campañas.

## PUNTOS CON ANALISIS QUIMICOS. Profundidad&gt;30m.

CONDUCTIVIDAD $\mu\text{S/cm}$							NO3 mg/l					
Campaña	n° análisis	Max	PUNTO (prof.)	Min	Media	ds	n° análisis	Max	PUNTO (prof.)	Min	Media	ds
Pr71	22	2639	2019-5-0011 (262)	268	763,05	477,26	0					
Ot71	6	599	2019-5-0009 (153)	347	479,67	88,72	0					
Pr72	1	1820	1922-2-0045 (250)	1820	1820,00		1	1,6	1922-2-0045 (250)	1,6	1,60	
Ot72	1	1250	1922-2-0009 (210)	1250	1250,00		1	0		0		
Pr73	3	1710	1922-2-0067 (297)	340	823,33	768,92	3	3,8	1922-2-0067 (297)	1,8	2,60	1,06
Ot73	0						0					
Pr74	1	710	1922-2-0073 (195)	710	710,00		1	66	1922-2-0073 (195)	66	66,00	
Ot74	2	357	1922-2-0071 (360)	310	333,50	33,23	2	40	1921-7-0125 (245)	0	20,00	28,28
Pr75	1	2386	1922-3-0011 (60)	2386	2386,00		2	232	1922-3-0011 (60)	11	121,50	156,27
Ot75	2	500	1922-2-0077 (161)	450	475,00	35,36	2	17	1922-2-0077 (161)	0	8,50	12,02
Pr76	1	404	1922-2-0081 (161)	404	404,00		1	36	1922-2-0081 (161)	36	36,00	
Ot76	3	644	2020-6-0028 (300)	288	439,33	183,89	4	42	1922-5-0188 (120)	0	22,00	17,36
Pr77	4	748	1921-4-0152 (40)	331	535,75	201,10	4	33	1921-4-0154 (135)	0	14,00	16,67
Ot77	3	401	1921-7-0136 (144)	244	340,33	84,36	4	23	1922-1-0167 (175)	0	13,00	9,76
Pr78	3	345	1822-8-0191 (202)	264	295,67	43,29	3	35	1822-8-0191 (202)	6	22,33	14,84
Ot78	2	358	1921-2-0010 (228)	249	303,50	77,07	2	33	1921-2-0010 (228)	25	29,00	5,66
Pr79	0						1	22	1821-8-0103 (250)	22	22,00	
Ot79	0						0					
Pr80	19	1240	2020-5-0040 (225)	227	573,05	244,42	20	69	1822-4-0140 (140)	0	19,15	18,37
Ot80	26	1039	1822-8-0097 (135)	173	459,46	176,20	25	102	1822-8-0097 (135)	0	23,28	25,95
Pr81	18	1100	1822-8-0097 (135)	200	491,67	235,66	17	120	1822-8-0097 (135)	1	22,58	30,94
Ot81	16	1239	1822-8-0097 (135)	82	483,38	250,72	16	99	1822-8-0097 (135)	0	24,44	27,77
Pr82	19	746	1922-7-0005 (35)	214	394,58	150,96	20	64	1822-4-0177 (172)	0	33,56	17,63
Ot82	12	750	1922-7-0005 (35)	300	441,08	118,61	12	84	1922-7-0005 (35)	5	36,75	29,00
Pr83	32	1610	1922-2-0009 (210)	127	451,84	283,81	37	51,6	1922-1-0159 (140)	0	12,05	14,03
Ot83	4	1070	1922-4-125 (180)	520	702,25	257,94	4	37	1922-4-0125 (180)	0	9,35	18,43
Pr84	3	647	1921-4-0028 (127)	146	413,33	252,19	2	37	1921-4-0028 (127)	13	25,00	16,97
Ot84	10	766	1922-7-0005 (35)	77	355,70	199,87	9	84	1922-7-0005 (35)	1	23,11	25,86
Pr85	17	1328	1921-4-0058 (82)	104	476,53	292,35	15	82	1922-7-0005 (35)	2	22,27	23,32
Ot85	22	1295	1922-2-0063 (198)	300	557,73	306,90	23	76	1922-2-0104 (122)	1	19,50	21,25
Pr86	12	1160	1921-4-0058 (82)	100	432,67	310,60	12	119	1922-7-0005 (35)	11	37,75	31,69
Ot86	0						0					
Pr87	9	1300	1921-4-0058 (82)	93	448,56	364,68	9	37	1921-4-0058 (82)	1	20,11	15,65
Ot87	0						0					
Pr88	0						0					
Ot88	0						0					
Pr89	20	1411	1921-4-0058 (82)	62	469,95	298,98	19	69	1922-7-0005 (35)	1	18,05	16,41
Pr89	0						0					
Pr90	0						0					
Ot90	0						0					
Pr91	24	1336	1921-4-0058 (82)	128	516,83	302,19	24	68	1921-7-0150 (80)	1	18,33	20,13
Ot91	0						0					
Pr92	29	1299	1921-4-0058 (82)	90	476,00	304,05	27	77	1922-3-0001 (130)	1	19,97	18,21
Ot92	34	1135	1921-8-0129 (70)	162	417,76	218,97	33	72	1921-8-0129 (70)	1	12,57	15,70
Pr93	22	1588	1922-3-0001 (130)	125	598,95	375,47	22	61	1922-7-0005 (35)	0	16,04	16,12
Ot93	26	1263	1922-3-0001 (130)	130	542,00	303,80	26	88	1922-3-0001 (130)	1	20,38	21,10
Pr94	23	1393	1921-4-0058 (82)	131	519,13	290,49	23	94	1922-3-0001 (130)	0	17,91	19,97
Ot94	21	1302	1922-3-0001 (130)	129	500,90	287,82	21	96	1922-3-0001 (130)	1	20,95	21,50

Cuadro 5.1.2 Resumen estadístico de datos de conductividad y nitratos por campañas.

## PUNTOS CON ANÁLISIS QUÍMICOS. Profundidad ≤ 30m.

Campaña	CONDUCTIVIDAD $\mu\text{S}/\text{cm}$						NO3 mg/l					
	n° análisis	Max	PUNTO (prof.)	Min	Media	ds	n° análisis	Max	PUNTO (prof.)	Min	Media	ds
Pr71	0						0					
Ot71	0						0					
Pr72	1	1116	1922-2-0062 (19)	1116	1116,0		1	0	1922-2-0062 (19)	0	0,0	
Ot72	0						0					
Pr73	1	2229	1922-2-0080 (20)	2229	2229,0		1	49,7	1922-2-0080 (20)	49,7	49,7	
Ot73	0						0					
Pr74	0						0					
Ot74	1	871	1922-2-0079 (23)	871	871,0		1	76	1922-2-0079 (23)	76	76,0	
Pr75	0						0					
Ot75	0						0					
Pr76	0						0					
Ot76	0						0					
Pr77	0						0					
Ot77	0						0					
Pr78	0						0					
Ot78	0						0					
Pr79	0						0					
Ot79	0						0					
Pr80	1	322	1922-8-0068 (21)	322	322,0		0	0	1922-8-0068 (21)	0	0,0	
Ot80	1	485	1921-7-0009 (30)	485	485,0		1	39	1921-7-0009 (30)	39	39,0	
Pr81	4	629	1921-4-0002 (3)	89	322,0	260,6	4	35	1921-4-0002 (3)	12	19,5	10,5
Ot81	7	1254	1922-2-0047 (0)	100	562,6	381,6	6	59	1921-2-0041 (0)	15	33,5	17,0
Pr82	1	122	1919-7-0002 (0)	122	122,0		0					
Ot82	8	1099	1921-7-0001 (9)	117	656,4	317,0	8	110	1921-8-0012 (10)	22	73,9	36,6
Pr83	91	4600	1922-7-0019 (27)	79	988,9	947,5	95	138,1	1922-3-0019 (14)	0	41,6	33,2
Ot83	16	3150	1922-4-0128 (5)	237	999,3	729,7	16	56	1922-4-0128 (5)	0	19,9	15,4
Pr84	0						0					
Ot84	3	727	1921-7-0016 (12)	94	486,0	342,5	2	68	2020-2-0007 (0)	37	52,5	21,9
Pr85	4	749	1921-7-0016 (12)	157	492,8	271,4	4	65	2020-2-0007 (0)	1	29,8	26,9
Ot85	17	2900	1922-2-0096 (1,5)	350	893,9	594,3	17	205	1922-2-0100 (10)	1,6	51,1	47,6
Pr86	3	760	1921-7-0016 (12)	440	563,3	172,1	3	74	2020-2-0007 (0)	40	61,3	18,6
Ot86	0						0					
Pr87	2	733	1921-7-0016 (12)	400	566,5	235,5	2	38	2020-2-0007 (0)	35	36,5	2,1
Ot87	0						0					
Pr88	0						0					
Ot88	0						0					
Pr89	4	570	2020-2-0007 (0)	135	325,3	185,9	4	60	2020-2-0007 (0)	1	27,0	24,5
Pr89	0						0					
Pr90	0						0					
Ot90	0						0					
Pr91	52	1400	1922-1-0077 (29,5)	50	410,7	344,3	51	200	2019-6-0003 (6)	0,8	28,8	36,9
Ot91	0						0					
Pr92	3	932	2019-5-0007 (0)	398	615,3	280,5	3	42	2020-2-0007 (0)	2	20,7	20,1
Ot92	3	580	2019-5-0007 (0)	368	464,7	107,2	3	42	2020-2-0007 (0)	6	21,0	18,7
Pr93	2	423	1822-8-0202 (15)	358	390,5	46,0	2	47	2020-2-0007 (0)	19	33,0	19,8
Ot93	2	446	1822-8-0202 (15)	382	414,0	45,3	2	47	2020-2-0007 (0)	17	32,0	21,2
Pr94	2	598	2020-2-0007 (0)	475	536,50	86,97	2	50	2020-2-0007 (0)	19	34,50	21,92
Ot94	2	477	2020-2-0007 (0)	475	476	1,4	2	50	2020-2-0007 (0)	19	34,50	21,92

Cuadro 5.1.3 Relación de puntos en que se sobrepasan los límites de la R.T.S  
(sondeos con profundidad > 30m.)

Caracteres físico-químicos SULFATOS (en mg/l)  
Concentración Máxima Admisible :250 mg/l

HOJA	OCT	PUNTO	PROF	MA.T	MEL.T	ARO.T	SO4
1822	8	0097	135		12	80	285,0
1822	8	0097	135	16	9	81	356,0
1920	3	0001	218	22	6	71	284,0
1920	3	0001	218	21	6	71	326,0
1920	3	0001	218	21	6	71	363,0
1921	4	0004	290		4	83	268,0
1921	4	0019	165		4	83	376,3
1921	7	0150	80				385,0
1921	7	0152	60		4	83	3744,0
1922	2	0009	210				381,0
1922	2	0045	250				537,0
1922	2	0067	297				361,0
1922	2	0084	40		6	83	273,0
1922	3	0001	130	24	4	91	325,0
1922	3	0001	130	21	3	92	354,0
1922	3	0001	130	23	3	93	441,0
1922	3	0001	130	2	10	93	396,0
1922	3	0001	130		4	94	375,0
1922	3	0001	130	10	10	94	388,0
1922	3	0009	43	19	5	80	355,0
1922	3	0011	60		4	75	763,0
1922	7	0005	35	2	6	89	251,0
1922	7	0005	35	22	3	93	295,0
1922	7	0005	35	23	9	93	430,0
2019	5	0011	262	24	4	71	671,0
2019	5	0011	262	5	4	71	1206,0
2020	5	0040	225	26	6	80	399,0

Caracteres físico-químicos SULFATOS (en mg/l)  
Puntos con concentración próxima a la C.M.A (250 mg/l) en un 15%

HOJA	OCT	PUNTO	PROF	MA.T	MEL.T	ARO.T	SO4
1822	4	0032	100		12	81	249,0
1920	3	0001	218	24	6	71	233,0
1920	3	0001	218	15	6	71	233,0
1922	2	0009	210		6	83	223,0
1922	2	0063	198	17	12	85	236,0
1922	2	0108	120	13	12	85	230,0
1922	3	0001	130	4	6	81	223,0
1922	7	0005	35	9	4	92	216,0
2019	5	0011	262	10	5	71	225,0

Caracteres físico-químicos MAGNESIO (en mg/l)  
Concentración Máxima Admisible :50 mg/l

HOJA	OCT	PUNTO	PROF	MA.T	MEL.T	ARO.T	Mg
1822	8	0097	135		12	80	66,0
1822	8	0097	135	16	9	81	109,0
1920	4	0009	240	3	5	91	50,0
1921	4	0019	165		4	83	81,6
1921	4	0058	82	26	9	92	53,0
1921	4	0058	82	23	3	93	53,0
1921	4	0058	82		4	94	54,0
1921	4	0058	82	11	10	94	52,0
1921	7	0152	60		4	83	196,0
1922	2	0045	250				69,8
1922	3	0001	130	23	3	93	56,0
1922	3	0009	43	19	5	80	63,0
1922	3	0011	60		4	75	111,0
1922	7	0005	35	5	6	86	51,0
1922	7	0005	35	23	9	93	56,0
2019	5	0011	262	24	4	71	80,0
2019	5	0011	262	5	4	71	94,0

Caracteres físico-químicos MAGNESIO (en mg/l)  
Puntos con concentración próxima a la C.M.A (50 mg/l) en un 15%

HOJA	OCT	PUNTO	PROF	MA.T	MEL.T	ARO.T	Mg
1920	4	0009	240	12	6	81	46,0
1920	4	0009	240	23	3	92	48,0
1920	4	0009	240	1	4	93	44,0
1920	4	0009	240	8	10	93	48,0
1921	4	0058	82	10	6	89	46,0
1921	4	0058	82	24	4	91	45,0
1921	4	0058	82	21	3	92	46,0
1921	7	0150	80				43,2
1921	8	0129	70	29	9	92	45,0
1922	3	0001	130	2	10	93	49,0
1922	3	0001	130		4	94	44,0
1922	3	0001	130	10	10	94	47,0
1922	4	0125	180	8	8	83	46,0
1922	7	0005	35	24	6	81	49,0
1922	7	0005	35	9	10	81	46,0
2019	5	0014	213	2	3	71	43,0
2019	5	0014	213	6	5	71	46,0
2019	5	0014	213	6	5	71	48,0
2019	5	0014	213	6	5	71	48,0
2020	5	0040	225	26	6	80	44,0



Cuadro 5.1.3 (continuación)

Caracteres físico-químicos SODIO (en mg/l)  
Concentración Máxima Admisible :150 mg/l

HOJA	OCT	PUNTO	PROF	DM.T	MER.T	ARO.T	Na
1921	7	0152	60		4	83	522,0
1922	2	0009	210		6	83	153,0
1922	2	0009	210				286,0
1922	2	0063	198	17	12	85	270,0

Caracteres físico-químicos SODIO (en mg/l)  
Puntos con concentración próxima a la C.M.A (150 mg/l) en un 15%

HOJA	OCT	PUNTO	PROF	DM.T	MER.T	ARO.T	Na
1921	4	0004	290		4	83	131,0
1921	4	0031	147		12	80	147,0
1921	4	0058	82		12	80	140,0
1921	4	0058	82	11	6	86	135,0
1921	4	0058	82		4	94	127,0
1921	5	0003	200	16	6	81	131,0
1921	8	0129	70	29	9	92	134,0
1921	8	0162	125	24	3	92	129,0
1921	8	0162	125		4	94	129,0
1922	2	0061	115		12	80	140,0
1922	2	0061	115				142,0
1922	2	0069	248		6	83	147,0

Caracteres físico-químicos POTASIO (en mg/l)  
Concentración Máxima Admisible :12 mg/l

HOJA	OCT	PUNTO	PROF	DM.T	MER.T	ARO.T	K
1822	8	0116	60	19	9	92	13,0
1822	8	0116	60	23	9	93	13,0
1920	4	0005	185		12	80	48,0
1921	4	0133	265		4	83	13,3
1921	5	0003	200	3	4	87	14,0
1921	8	0122	130		12	80	13,0
1922	2	0090	112	19	12	85	14,0
1922	3	0011	60		4	75	35,0

Caracteres físico-químicos POTASIO (en mg/l)  
Puntos con concentración próxima a la C.M.A (12 mg/l) en un 15%

HOJA	OCT	PUNTO	PROF	DM.T	MER.T	ARO.T	K
1922	3	0001	130	24	4	91	11,0

Caracteres físico-químicos RESIDUO SECO (en mg/l)  
Concentración Máxima Admisible :1500 mg/l

HOJA	OCT	PUNTO	PROF	DM.T	MER.T	ARO.T	RS
2019	5	0011	262	5	4	71	1800,0

Caracteres relativos a sustancias tóxicas. ARSENICO (en mg/l)  
Concentración Máxima Admisible :0,05 mg/l

HOJA	OCT	PUNTO	PROF	DM.T	MER.T	ARO.T	AS
1922	1	0180	448	27	1	93	0,0740
1922	2	0003	90	17	12	85	0,3000
1922	2	0061	115	11	12	85	0,2700

Cuadro 5.1.3 (continuación)

Caracteres relativos a sustancias no deseables. NITRATOS (en mg/l)  
 Concentración Máxima Admisible :50 mg/l

HOJA	OCT	PUNTO	PROF	MA.T	MBL.T	ABO.T	NO3
1822	3	0072	120		12	80	52,0
1822	4	0032	100	25	3	82	55,0
1822	4	0032	100	27	5	86	65,0
1822	4	0140	140	23	6	80	69,0
1822	4	0177	172	23	3	82	64,0
1822	8	0097	135		12	80	102,0
1822	8	0097	135	10	6	81	120,0
1822	8	0097	135	16	9	81	99,0
1822	8	0198	114	26	3	82	54,0
1921	3	0016	238		12	80	67,0
1921	4	0058	82	16	5	85	61,0
1921	4	0058	82	11	6	86	58,0
1921	7	0008	166		11	82	50,0
1921	7	0015	40		11	82	70,0
1921	7	0090	200		12	80	60,0
1921	7	0135	200		11	82	52,0
1921	7	0150	80				68,0
1921	8	0003	220		11	82	74,0
1921	8	0129	70	29	9	92	72,0
1922	1	0159	140		4	83	51,6
1922	2	0073	195				66,0
1922	2	0099	100	18	12	85	59,0
1922	2	0104	122	25	10	85	76,0
1922	2	0108	120	13	12	85	52,0
1922	3	0001	130	4	6	81	53,0
1922	3	0001	130	24	4	91	67,0
1922	3	0001	130	21	3	92	77,0
1922	3	0001	130	2	10	93	88,0
1922	3	0001	130		4	94	94,0
1922	3	0001	130	10	10	94	96,0
1922	3	0011	60		4	75	232,0
1922	7	0005	35	24	6	81	62,0
1922	7	0005	35	9	10	81	78,0
1922	7	0005	35	17	5	82	62,0
1922	7	0005	35	18	11	82	84,0
1922	7	0005	35	29	10	84	84,0
1922	7	0005	35	7	5	85	82,0
1922	7	0005	35	5	6	86	119,0
1922	7	0005	35	2	6	89	69,0
1922	7	0005	35	8	5	91	58,0
1922	7	0005	35	9	4	92	68,0
1922	7	0005	35	19	9	92	52,0
1922	7	0005	35	22	3	93	61,0
1922	7	0005	35	23	9	93	76,0

Caracteres relativos a sustancias no deseables. NITRATOS (en mg/l)  
 Puntos con concentración próxima a la C.M.A (50 mg/l) en un 15%

HOJA	OCT	PUNTO	PROF	MA.T	MBL.T	ABO.T	NO3
1822	3	0072	120	25	3	82	44,0
1822	4	0177	172	24	6	80	44,0
1822	7	0046	200		5	80	46,0
1921	4	0028	127	10	6	86	49,0
1921	4	0058	82	11	10	94	44,0
1921	8	0122	130		12	80	48,0
1922	3	0001	130	23	3	93	49,0

Caracteres relativos a sustancias no deseables. AMONIO (en mg/l)  
 Concentración Máxima Admisible :0,5 mg/l

HOJA	OCT	PUNTO	PROF	MA.T	MBL.T	ABO.T	NH4
1822	4	0202	490	17	11	92	1,33
1822	4	0202	490	13	11	92	0,72
1920	4	0009	240	28	9	92	1,09
1920	8	0067	135	28	9	92	0,75
1921	4	0058	82	21	3	92	0,63
1922	2	0009	210		6	83	0,56
1922	2	0069	248		6	83	0,6
1922	2	0084	40		6	83	0,53
1922	3	0001	130	26	9	92	0,63
1922	5	0202	430	26	1	93	0,96
1922	5	0202	430	26	1	93	0,89
1922	5	0202	430	26	1	93	1,08
2019	5	0005	211	28	9	92	0,52

Caracteres relativos a sustancias no deseables. AMONIO (en mg/l)  
 Puntos con concentración próxima a la C.M.A (0,5 mg/l) en un 15%

HOJA	OCT	PUNTO	PROF	MA.T	MBL.T	ABO.T	NH4
1921	4	0058	82	24	4	91	0,44
1922	1	0077	90	26	4	91	0,43
1922	2	0061	115	14	9	92	0,49
1922	3	0001	130	24	4	91	0,43
2020	5	0044	100	24	4	91	0,43

Cuadro 5.1.3 (continuación)

Caracteres relativos a sustancias no deseables. NITRITOS (en mg/l)  
Concentración Máxima Admisible :0,1 mg/l

HOJA	OCT	PUNTO	PROF	MA.T	MEL.T	ASO.T	NO2
1821	8	0099	178				0,28
1821	8	0100	200				0,25
1821	8	0101	180				0,21
1822	3	0002	43	26	4	91	0,27
1822	4	0183	404	13	6	78	0,37
1822	4	0194	200				0,16
1822	7	0075	400	3	11	77	0,16
1822	7	0078	215				0,60
1822	8	0185	162	14	9	78	0,11
1920	4	0009	240	3	5	91	0,16
1920	8	0067	135	24	4	91	1,89
1921	2	0010	228	30	11	78	0,13
1921	4	0028	127	24	4	91	0,20
1921	4	0058	82		4	94	0,13
1921	4	0150	117	24	4	91	0,78
1921	4	0157	200				0,19
1921	5	0003	200	26	4	91	0,40
1921	7	0020	64		11	82	0,16
1921	7	0125	245				0,30
1921	7	0136	144				0,39
1921	8	0054	167	24	4	91	0,17
1921	8	0054	167	1	4	92	0,18
1921	8	0122	130		12	80	0,19
1921	8	0129	70	21	4	82	0,10
1922	1	0077	90	26	4	91	0,94
1922	1	0138	80	26	4	91	0,14
1922	2	0009	210		6	83	0,16
1922	2	0077	161		4	83	0,60
1922	3	0001	130	9	6	89	0,54
1922	3	0001	130	26	9	92	1,14
1922	3	0001	130		4	94	0,13
1922	3	0016	58			84	0,21
1922	5	0192	175				0,16
1922	6	0024	240		5	80	0,30
1922	6	0024	240	3	6	81	0,20
1922	6	0024	240	8	5	91	1,99
1922	7	0005	35	17	5	82	0,20
1922	7	0005	35	18	11	82	0,26
1922	7	0005	35	8	5	91	0,22
2019	5	0005	211	17	11	82	0,23
2020	5	0040	225	26	6	80	0,16
2020	5	0044	100	24	4	91	0,17

Caracteres relativos a sustancias no deseables. NITRITOS (en mg/l)  
Puntos con concentración próxima a la C.M.A (0,1 mg/l) en un 15%

HOJA	OCT	PUNTO	PROF	MA.T	MEL.T	ASO.T	NO2
1822	4	0177	172			12	80
1921	4	0043	111	1		6	80
1921	7	0038	100			12	80
1922	6	0024	240	10		9	81

Caracteres relativos a sustancias no deseables. HIERRO (en mg/l)  
Concentración Máxima Admisible :0,2 mg/l

HOJA	OCT	PUNTO	PROF	MA.T	MEL.T	ASO.T	Fe
1922	2	0018	80	11	12	85	1,9000
1922	2	0090	112	19	12	85	0,2200
1922	2	0095	80	18	1	86	0,2900
1922	2	0110	240	27	10	85	0,4100
1922	5	0201	186	27	5	92	0,4900

Caracteres relativos a sustancias no deseables. HIERRO (en mg/l)  
Puntos con concentración próxima a la C.M.A (0,2 mg/l) en un 15%

HOJA	OCT	PUNTO	PROF	MA.T	MEL.T	ASO.T	Fe
1922	2	0099	100	18	12	85	0,1700

Caracteres relativos a sustancias no deseables. MANGANESO (en mg/l)  
Concentración Máxima Admisible :0,05 mg/l

HOJA	OCT	PUNTO	PROF	MA.T	MEL.T	ASO.T	MN
1822	4	0202	490	17	11	92	0,1200
1922	2	0018	80	11	12	85	0,0500
1922	2	0108	120	13	12	85	0,1000
1922	5	0202	430	26	1	93	0,0700
1922	5	0202	430	26	1	93	0,0800
1922	5	0202	430	26	1	93	0,0600
2019	5	0010	?	11	11	92	0,2700
2019	5	0011	262	11	11	92	0,2200
2019	5	0012	202	11	11	92	0,1500
2019	5	0013	195	11	11	92	0,0800

Caracteres relativos a sustancias no deseables. MANGANESO (en mg/l)  
Puntos con concentración próxima a la C.M.A (0,05 mg/l) en un 15%

HOJA	OCT	PUNTO	PROF	MA.T	MEL.T	ASO.T	MN
1920	4	0005	185	11	11	92	0,0400
1922	2	0110	240	27	10	85	0,0400

Como puede observarse en dicho cuadro, la primera causa de objetabilidad de las aguas subterráneas para consumo humano era, porcentualmente, la presencia de nitratos. El valor máximo detectado fue el de 232 mg/l (1975) en un sondeo de 60 m de profundidad.

Concentraciones superiores a 100 mg/l eran muy esporádicas. La mayor parte de las concentraciones que sobrepasan el límite de los 50 mg/l se mantenían en el intervalo de 50 - 70 mg/l. Sólo en siete sondeos, con profundidades comprendidas entre 82 y 200 m, la concentración de nitratos se aproxima al límite establecido en el rango del 15% inferior a dicho límite.

También porcentualmente, la segunda causa de objetabilidad de las aguas para su consumo público era la presencia de sulfatos.

En el citado cuadro puede observarse que concentraciones superiores a los 1000 mg/l sólo se han detectado esporádicamente y que las concentraciones que sobrepasaban el límite admitido de 250 mg/l se mantenían, en su mayor parte, en el rango de 300 a 400 mg/l.

En mucha menor proporción las causas de objetabilidad de las aguas subterráneas para consumo humano era la presencia de concentraciones excesivas de sodio, potasio o magnesio.

La eventual relación entre la profundidad de los sondeos de más de 30 m de profundidad y el contenido en los diferentes constituyentes mayoritarios se refleja en el cuadro 5.1.4.

Cuadro 5.1.4 Coeficientes de correlación profundidad - concentración de iones mayoritarios

Conduc	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca	SiO <sub>2</sub>
-0,09	-0,16	-0,04	0,01	-0,27	-0,02	-0,05	-0,1	-0,32

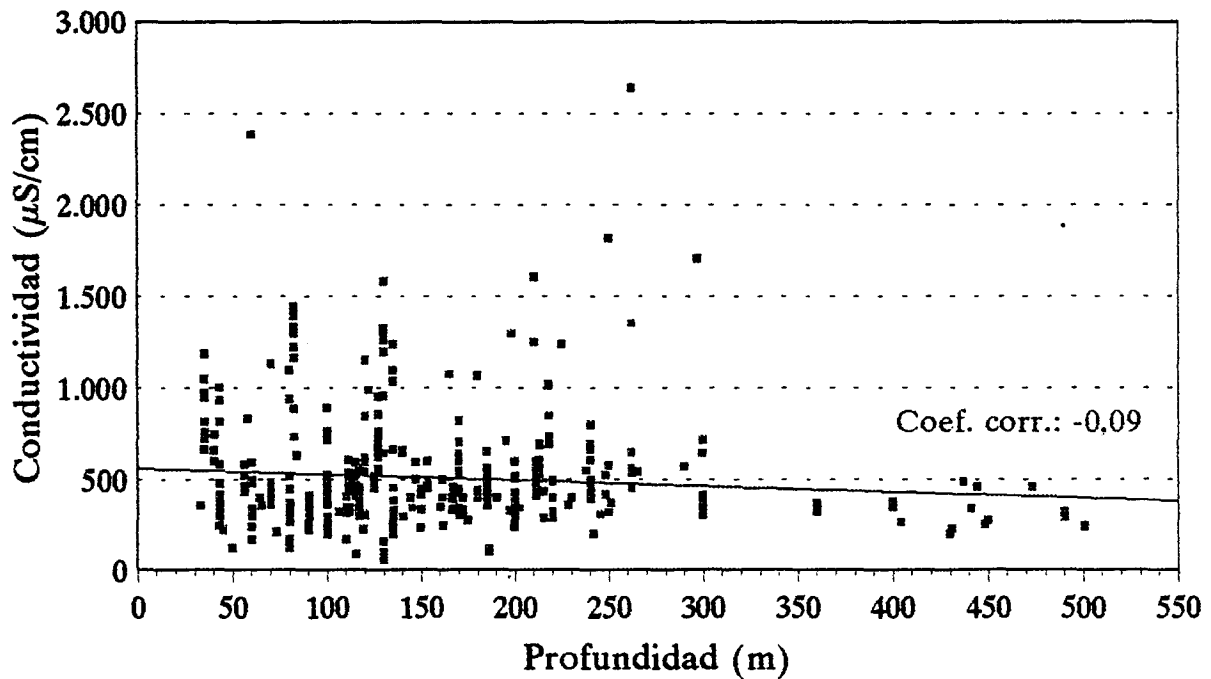
Se incluye, a modo de ejemplo, la representación gráfica de esta relación en el caso de la conductividad y el contenido en nitratos en la figura 5.1.2.

En dicho cuadro se advierte la falta de correlación entre la profundidad y las concentraciones de los diferentes iones mayoritarios.

Aunque los coeficientes de correlación no son, evidentemente significativos, parece advertirse en cualquier caso una tendencia a la correlación inversa en el sentido de ausencia de empeoramiento de la calidad con la profundidad de los sondeos.

# RELACIÓN PROFUNDIDAD/CONDUCTIVIDAD

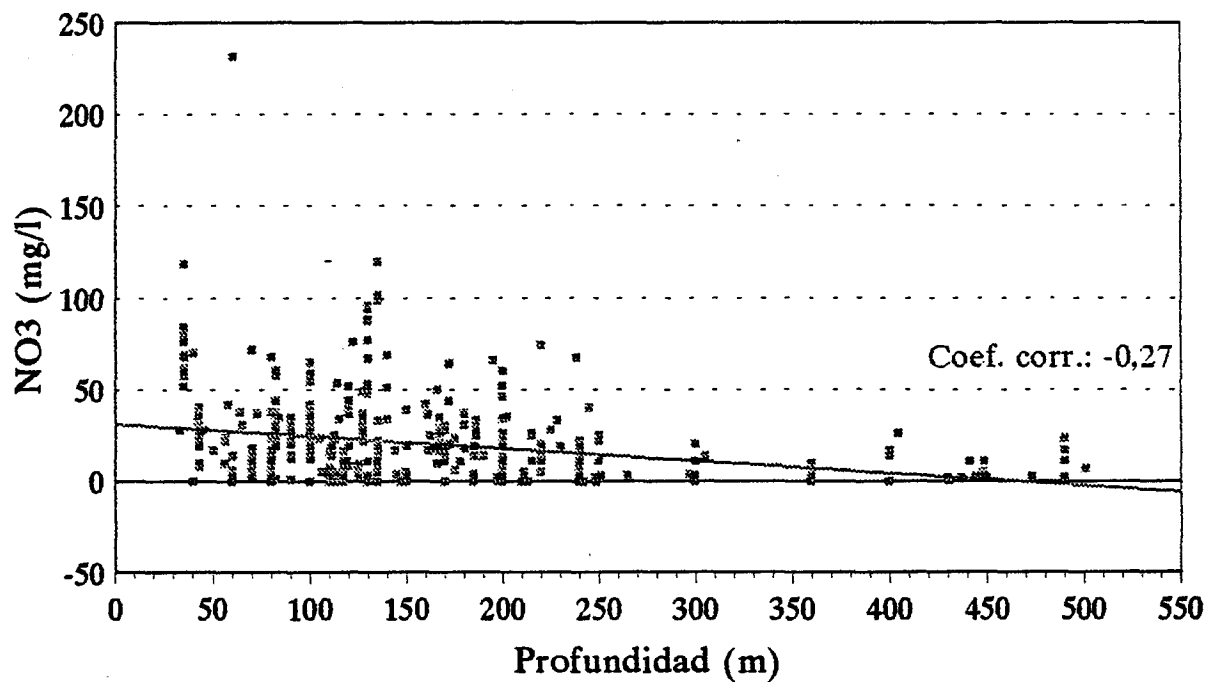
Caracterización preliminar de la calidad. Puntos con prof > 30 m.



— Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )

# RELACIÓN PROFUNDIDAD/NITRATOS

Caracterización preliminar de la calidad. Puntos con prof > 30 m.



— NO<sub>3</sub> (mg/l)

Figura 5.1.2

En la figura citada puede observarse que, en el caso de la conductividad, ésta se mantiene sistemáticamente inferior a los 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  por debajo de los 350 m y, en el caso de los nitratos, éstos no sobrepasan en general los 25 mg/l, en contraste con las captaciones de menor profundidad.

Por lo que se refiere a las relaciones entre iones es de señalar que los coeficientes de correlación son, igualmente, poco significativos como se indica en el cuadro 5.1.5. y en las figuras 5.1.3 y 5.1.4.

Cuadro 5.1.5 Coeficientes de correlación entre iones mayoritarios.

	Cl-Na	HCO <sub>3</sub> -Mg	HCO <sub>3</sub> -Ca	SO <sub>4</sub> -Ca
Coef.correlación	0,5	0,6	0,54	0,78

## CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD POR CAMPAÑAS

Dada la desigual disponibilidad de análisis a lo largo de la serie temporal de 1971 a 1994, se han elegido los años 1983 y 1991, campañas de primavera, con 136 y 76 análisis químicos, respectivamente, para caracterizar la calidad del agua en la zona en dichas fechas.

La no coincidencia de los puntos muestreados en dichas campañas y la diferente cobertura espacial de los mismos, no permite una comparación rigurosa de la situación en ambas fechas ni el establecimiento de conclusiones de detalle.

### 5.1.1 LA CAMPAÑA DE PRIMAVERA DE 1983

Como se ha indicado anteriormente, se dispone de un total de 136 análisis químicos correspondientes a dicha campaña que se incluyen en el anexo 5.1.

Se ha establecido una diferenciación por profundidades de las captaciones en un intento de contrastar de una forma muy general la situación de calidad en la zona más superficial del acuífero (profundidad de los sondeos inferior a 30 m) con la de la zona más profunda.

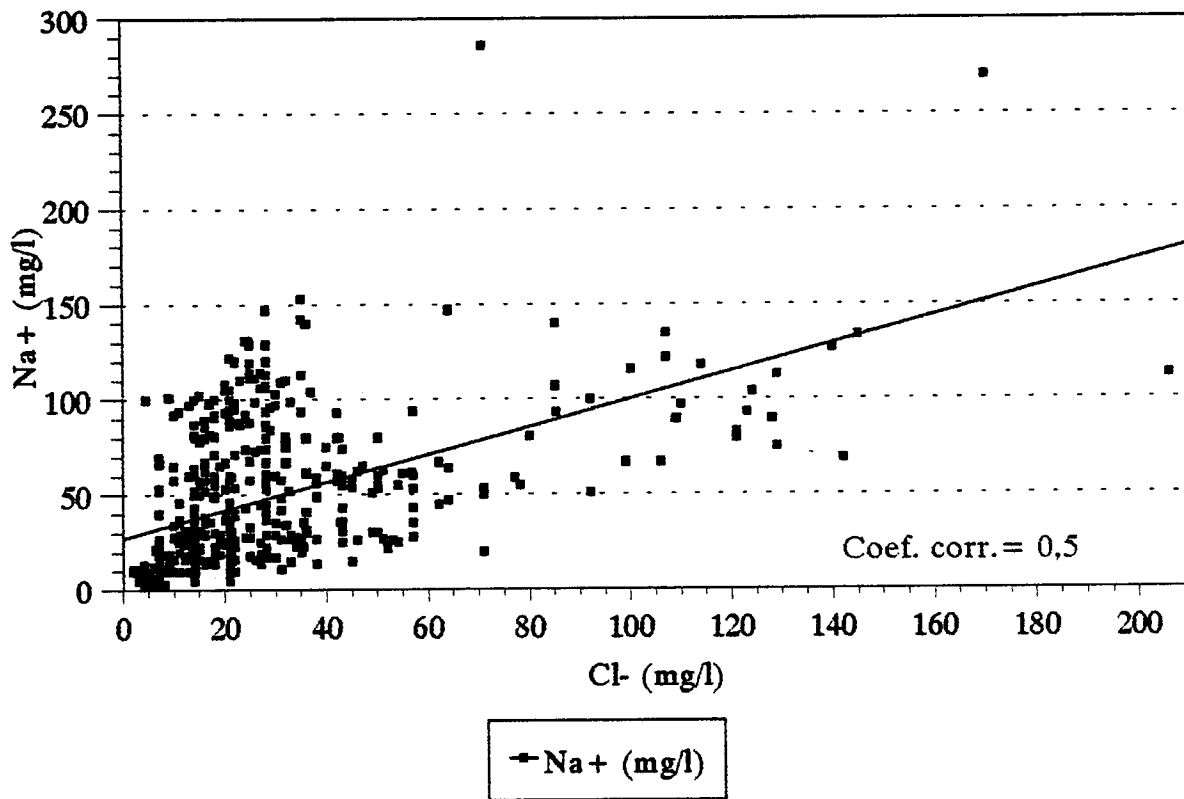
Por lo que se refiere a las facies hidroquímicas detectadas en la zona éstas se distribuyen según se indica en el cuadro 5.1.6.

Cuadro 5.1.6 Distribución de facies hidroquímicas  
(Primavera 83)

Tipo de agua	Prof<30 m.	Prof>30 m.	Total
BI - Ca	12	8	20
SULF - Ca	16	1	17
SULF - Ca Mg	14	1	15
BI - Na		15	15
SULF BI - Ca	8		8
BI - Ca Na	3	4	7
SULF BI - Ca Mg	6		6
BI SULF - Ca	4	1	5
BI SULF - Mg	3	1	4
SULF - Mg Ca	4		4
BI - Ca Mg	3	1	4
BI - Na Ca	2	1	3
SULF - Ca Na	3	1	4
SULF - Mg	3		3
BI SULF - Ca Na	2	1	3
BI - Mg Ca	2		2
BI SULF - Na		2	2
BI SULF - Ca Mg	2		2
BI SULF - Mg Na	2		2
SULF BI - Na		2	2
SULF BI - Ca Na	1	1	2
SULF BI - Na Ca	2		2
SULF BI - Mg Na	1		1
BI SULF - Na Ca	1		1
SULF - Na		1	1
SULF CLOR - Mg Ca	1		1
<b>Total análisis químicos</b>	<b>95</b>	<b>41</b>	<b>136</b>

# RELACIÓN CLORUROS/SODIO

Caracterización preliminar de la calidad. Puntos con prof. > 30 m.



# RELACIÓN BICARBONATOS/MAGNESIO

Caracterización preliminar de la calidad. Puntos con prof. > 30 m.

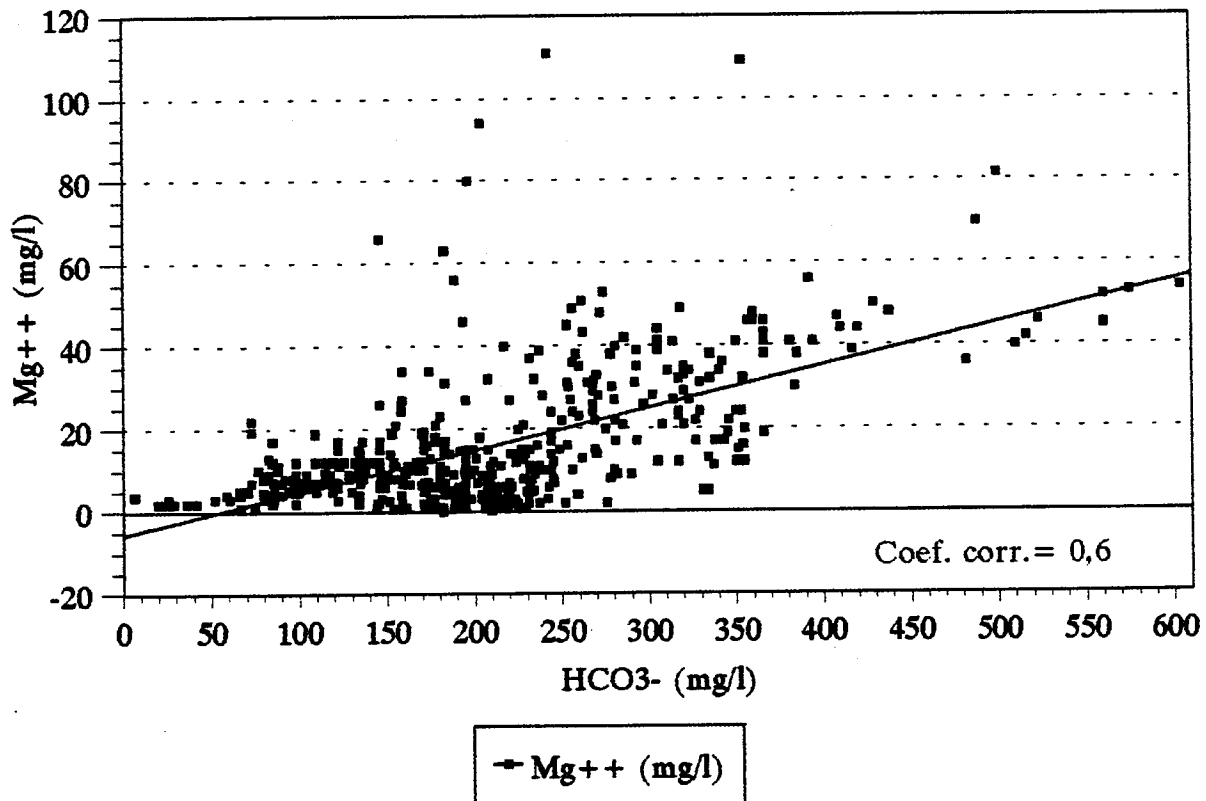
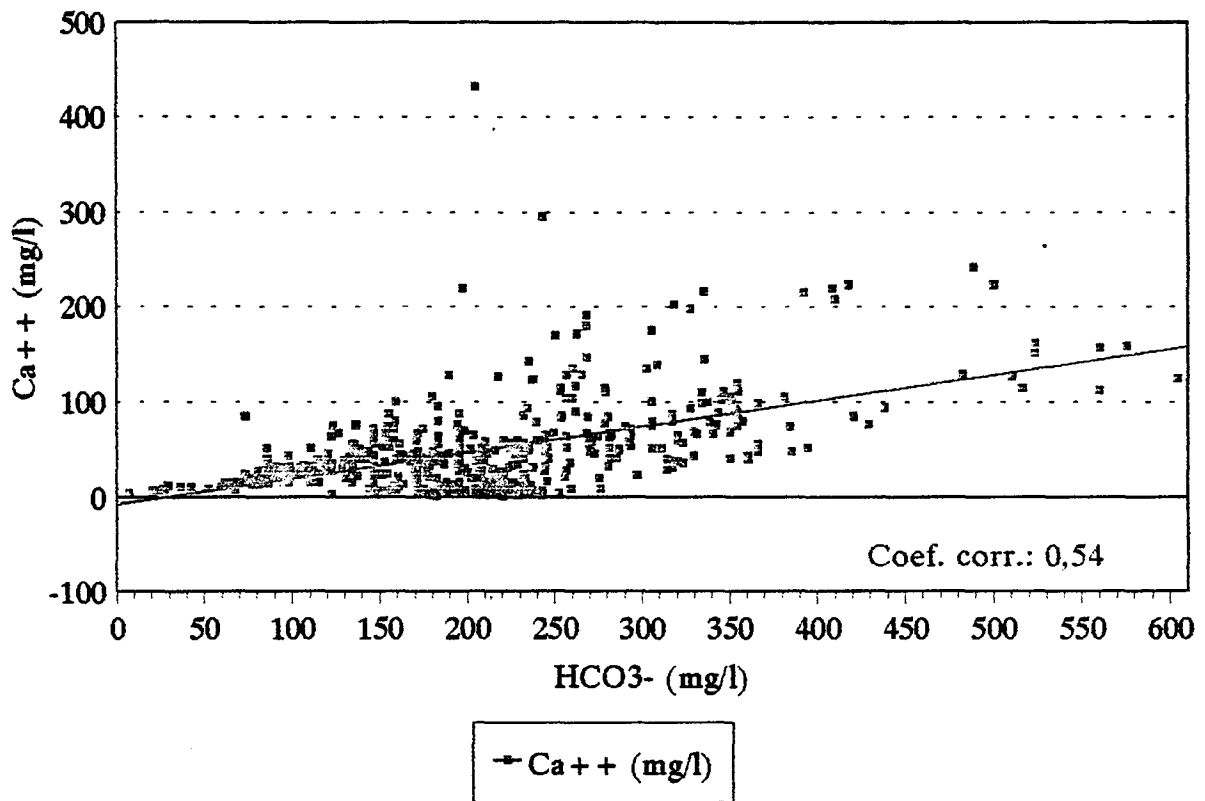


Figura 5.1.3



## RELACIÓN BICARBONATOS/CALCIO

Caracterización preliminar de la calidad. Puntos con prof > 30 m.



## RELACIÓN SULFATOS/CALCIO

Caracterización preliminar de la calidad. Puntos con prof. > 30m.

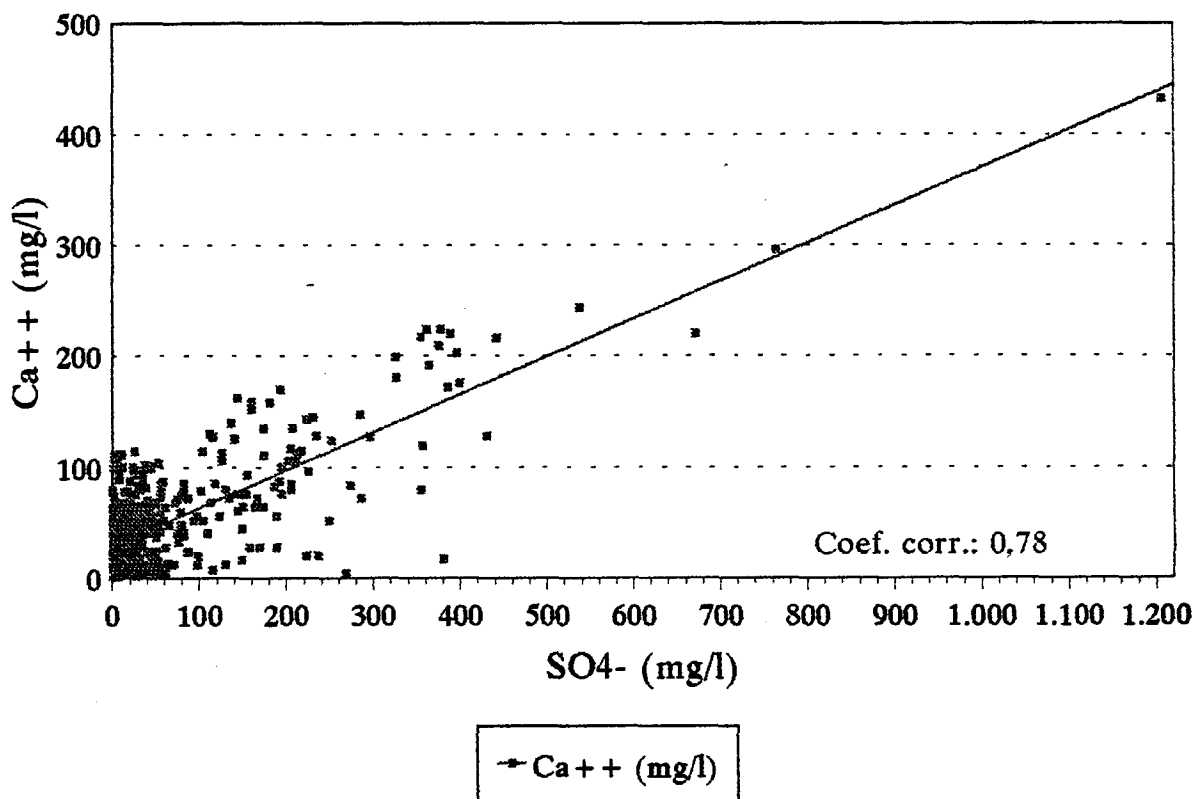


Figura 5.1.4

En el anexo 5.1 se incluyen los correspondientes diagramas de Piper, separados por profundidad de sondeos. Para su representación en estos diagramas las muestras se han distribuido de acuerdo con la zonación que se acompaña con ellos.

En dicho cuadro puede observarse que las aguas predominantes en la zona eran las bicarbonatadas cálcicas (15%), sulfatadas cálcicas (12.7 %) y bicarbonatadas sódicas (10.5 %) en el conjunto de las muestras disponibles, seguidas de facies de tipo mixto en mucha menor proporción si se exceptúan las aguas sulfatadas cálcico magnésicas (11 %) que casi igualan el porcentaje de los tipos simples. Es de destacar que el tipo bicarbonatado sódico sólo se detecta en los sondeos más profundos.

En el cuadro 5.1.7 se presenta un resumen estadístico de los datos de concentraciones de diversos constituyentes, separados por profundidades de captaciones

Cuadro 5.1.7 Datos estadísticos de constituyentes (Primavera 1983)  
(Datos redondeados)

	Profundidad > 30m.				Profundidad < 30m.			
	Max	Min	$\bar{x}$	$\sigma$	Max	Min	$\bar{x}$	$\sigma$
Cl	466	4	34	71	262	7	46	43
SO <sub>4</sub>	3744	1	164	587	3360	32	396	613
HCO <sub>3</sub>	499	73	174	73	756	37	231	148
NO <sub>3</sub>	52	0	9	18	138	0	41	33
Na	522	15	64	82	160	3	48	35
Mg	196	3	17	32	710	3	66	101
Ca	1280	1	66	179	561	12	124	136
Cond.	1610	127	451	283	4600	79	988	947
Dureza	4016	3	239	623	3800	62	587	720
NO <sub>2</sub>	0,6	0,07	0,22	0,22	0,3	0,07	0,15	0,09
NH <sub>4</sub>	0,6	0,1	0,42	0,22	1,2	0,08	0,43	0,28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5,2	0,16	2,8	1,4	9,1	0,08	2,3	1,8

Los valores extremos detectados en la zona se presentan en el cuadro 5.1.8

Cuadro 5.1.8 Valores extremos de concentración detectados en la zona. (Primavera 83)

	Max	Min
Cl	466	4,4
SO <sub>4</sub>	3744	0,8
HCO <sub>3</sub>	756	36,6
NO <sub>3</sub>	138	0
Na	522	2,9
Mg	710	2,9
Ca	1280	1,2
Cond.	4600	79
Dureza	4016	3
NO <sub>2</sub>	0,6	0,07
NH <sub>4</sub>	1,25	0,08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	9,15	0,08

La amplia variabilidad de concentraciones de elementos mayoritarios en la zona queda bien patente.

En relación con los valores medios detectados, único dato de referencia relativamente válido, conviene destacar que estos valores se mantienen sistemáticamente más altos en Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>, Ca, Mg, Conductividad y dureza en los puntos de muestreo más someros que en los de profundidad superior a los 30 m. Únicamente esta situación se invierte en el caso del sodio. Ello justifica de forma general la idea de una peor calidad en la zona más superficial del acuífero.

Por lo que se refiere a la presencia de compuestos de nitrógeno o fósforo la situación se presenta en el cuadro 5.1.9.

Cuadro 5.1.9 Porcentaje de sondeos en los que se detecta la presencia de compuestos de Nitrógeno o Fósforo.

	Profundidad < 30m. (N=95)		Profundidad >30m. (N=41)	
	n	%	n	%
NO <sub>3</sub>	82	86	30	73
NO <sub>2</sub>	24	25	6	14

	Profundidad < 30m. (N=95)		Profundidad >30m. (N=41)	
	n	%	n	%
NH <sub>4</sub>	27	28	5	12
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	78	82	12	29

Mientras el porcentaje de pozos en que se detecta la presencia de nitratos es similar en ambos casos, la relación de presencia en sondeos poco profundos en relación con los más profundos es de 2/1 en lo referente a NO<sub>2</sub> y NH<sub>4</sub> y de 3/1 en lo referente a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

La relación profundidad vs concentraciones de los elementos es escasamente significativa como se pone de manifiesto en el cuadro 5.1.10. A modo de ejemplo se incluyen las relaciones profundidad/conductividad y profundidad/calcio para los sondeos de profundidad superior e inferior a 30 m, respectivamente, en las figuras 5.1.5 y 5.1.6.

Cuadro 5.1.10 Coeficientes de correlación entre la profundidad de las captaciones y las concentraciones de elementos mayoritarios.

	Profundidad > 30m.	Profundidad < 30
Conduc.	- 0,12	0,13
Cl	- 0,20	0,18
SO <sub>4</sub>	- 0,30	0,10
HCO <sub>3</sub>	0	0,13
NO <sub>3</sub>	- 0,43	0,18
Na	0,26	0,14
Mg	- 0,36	0,14
Ca	- 0,32	0,03

Las correlaciones entre bicarbonatos y calcio, sulfatos y calcio, cloruros y sodio, bicarbonatos y magnesio, etc son escasamente significativas. El único coeficiente de correlación significativo ( $r=0.95$ ), indicativo de influencias litológicas, corresponde a la relación SO<sub>4</sub>/Ca en captaciones de menos de 30 m de profundidad. El resto de coeficientes de correlación se sitúa en valores comprendidos entre 0.6 y 0.7.

En las figuras 5.1.7 y 5.1.8 se presentan a modo de ejemplo las correlaciones entre bicarbonatos y calcio y sulfatos y calcio en las captaciones de más y menos de 30 m de profundidad.

**5.1.2 LA CAMPAÑA DE PRIMAVERA DE 1991**

En la campaña de primavera de 1991 se dispone de 76 análisis químicos que se incluyen en el anexo 5.1.

Como en el caso de la campaña de primavera de 1983 se ha establecido una diferenciación por profundidades de las captaciones (más de 30 m y menos de 30 m) en un intento de contrastar diferencias de calidad en la zona más superficial del acuífero en relación con la relativamente más profunda del mismo.

Los datos de facies hidroquímicas se presentan en los correspondientes diagramas de Piper que se incluyen en el anexo 5.1.

Como puede apreciarse en ellos predominan las facies bicarbonatadas cálcicas y bicarbonatadas sódicas en los sondeos de más de 30 m de profundidad. En los sondeos de menos de 30 m de profundidad predominan las facies bicarbonatadas cálcicas en la zona norte y existe un equilibrio porcentual aproximado de facies bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas y sulfatadas cálcicas.

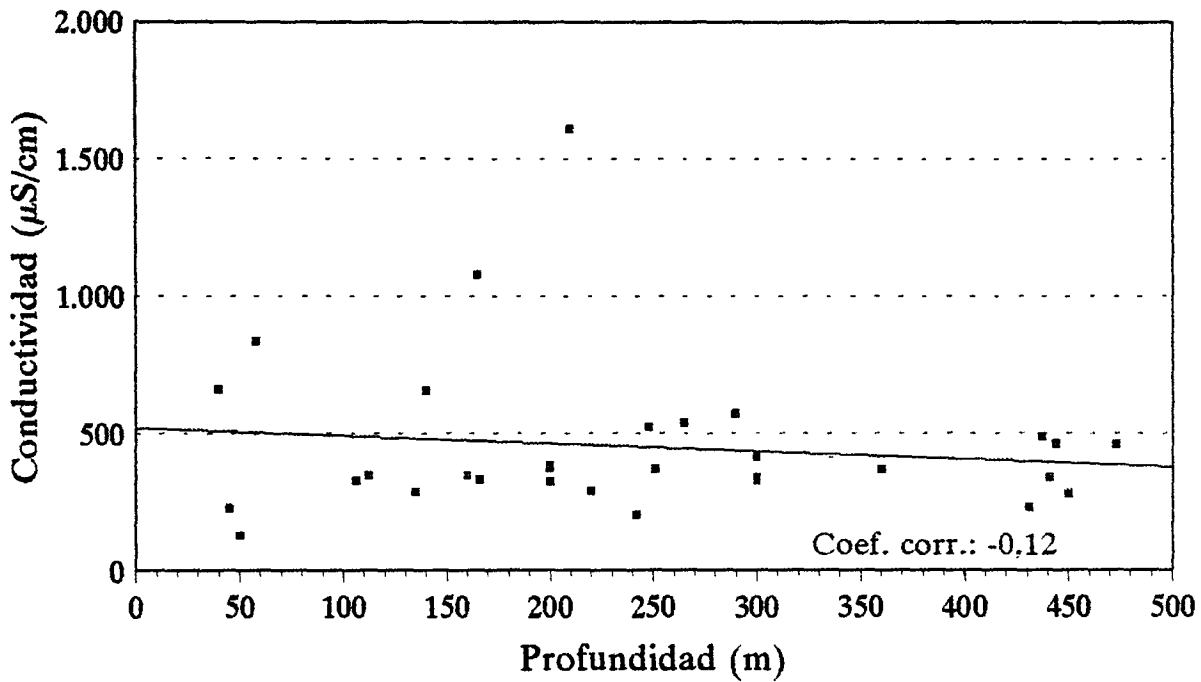
En el cuadro 5.1.11 se presenta un resumen estadístico de datos de concentración de iones mayoritarios y compuestos de nitrógeno y fósforo en esta campaña.

*Cuadro 5.1.11 Datos estadísticos de constituyentes (Primavera 1991)  
(Datos redondeados)*

	Profundidad > 30m.				Profundidad < 30m.			
	Max	Min	$\bar{x}$	$\sigma$	Max	Min	$\bar{x}$	$\sigma$
Cl	62	4	22	17	179	1	23	29
SO <sub>4</sub>	385	1	66	102	790	5	101	156
HCO <sub>3</sub>	560	80	247	110	503	12	160	120
NO <sub>3</sub>	68	1	18	20	200	1	29	36
Na	111	5	43	30	86	2	24	23
Mg	50	1	15	15	75	1	15	16
Ca	199	2	63	54	306	6	67	66
Cond.	1336	128	516	302	1400	50	410	344
Dureza	610	9	218	184	1005	17	227	224
NO <sub>2</sub>	2	0,08	0,5	0,6	1,17	0,16	0,66	0,7

# RELACIÓN PROFUNDIDAD/CONDUCTIVIDAD

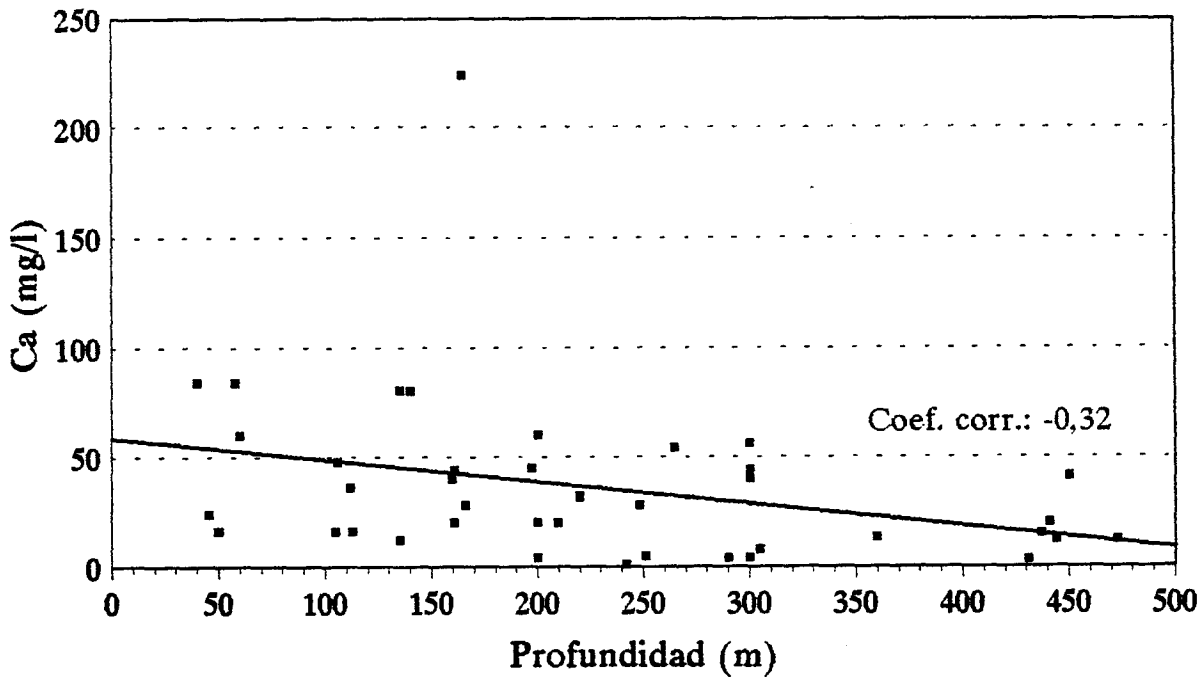
Primavera 83. Puntos con prof. > 30 m.



— Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )

# RELACIÓN PROFUNDIDAD/CALCIO

Primavera 83. Puntos con prof. > 30 m.

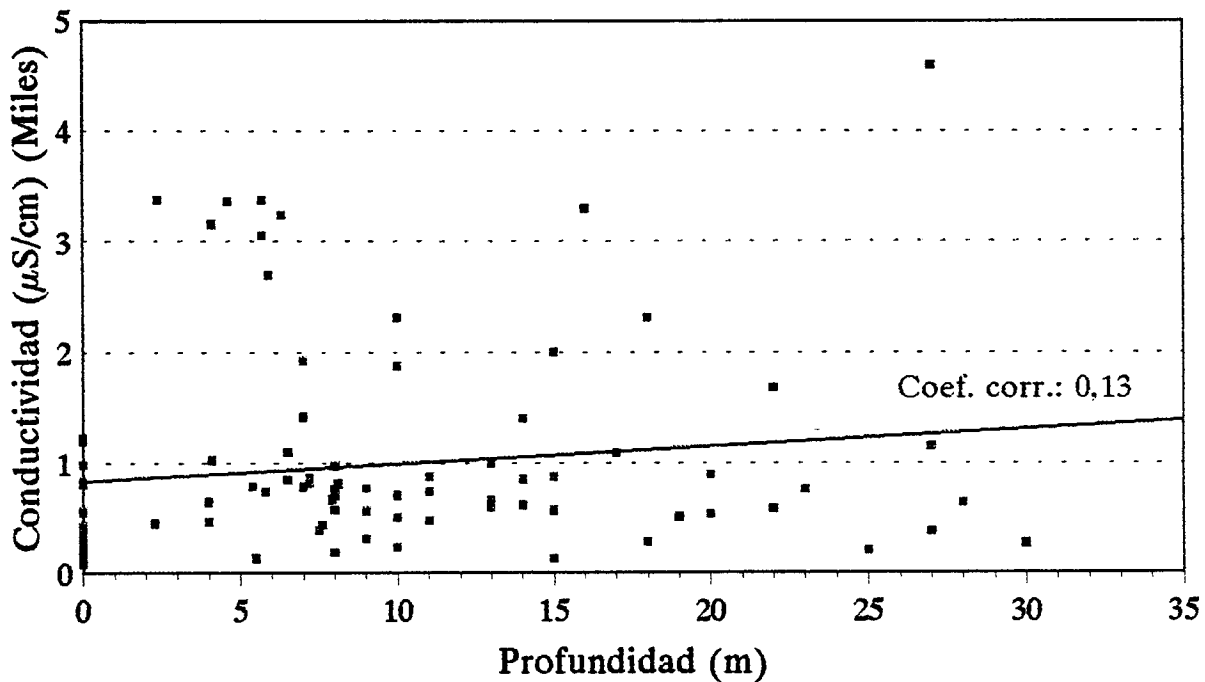


— Ca++ (mg/l)

Figura 5.1.5

# RELACIÓN PROFUNDIDAD/CONDUCTIVIDAD

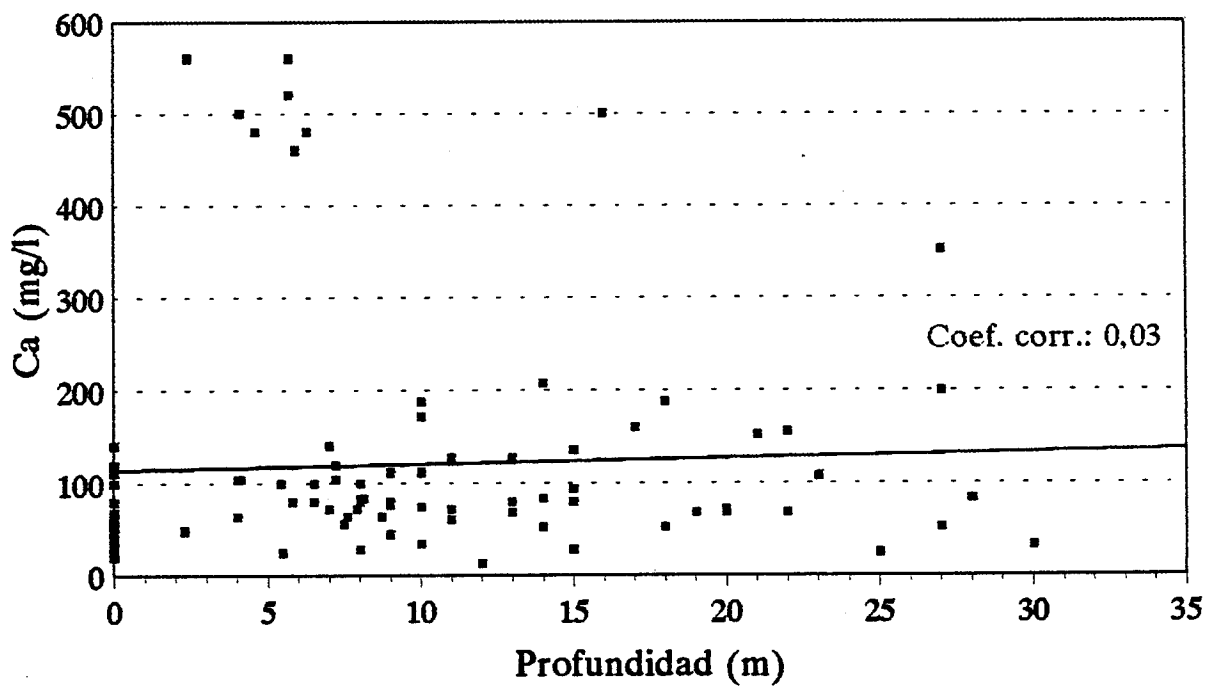
Primavera 83. Puntos con prof.  $\leq 30$  m.



— Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )

# RELACIÓN PROFUNDIDAD/CALCIO

Primavera 83. Puntos con prof.  $\leq 30$  m.

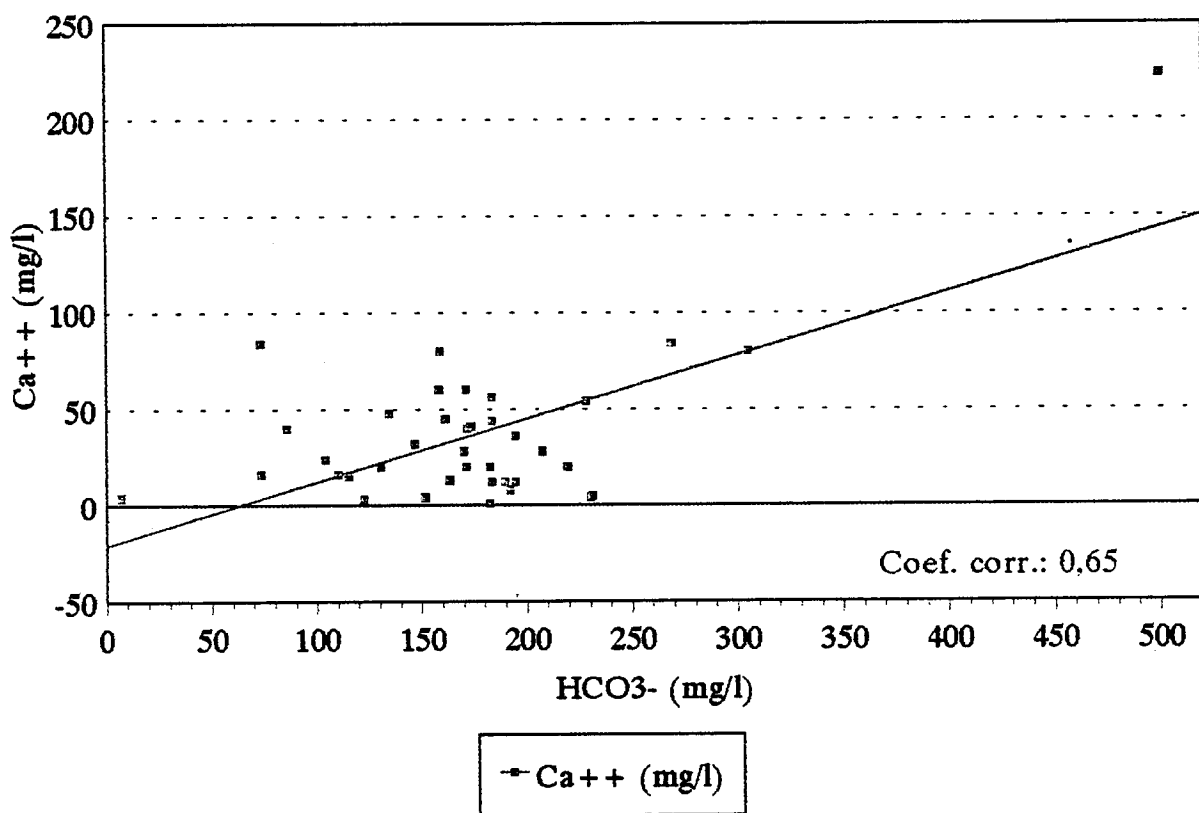


— Ca (mg/l)

Figura 5.1.6

# RELACIÓN BICARBONATOS/CALCIO

Primavera 83. Puntos con prof. > 30 m.



# RELACIÓN SULFATOS/CALCIO

Primavera 83. Puntos con prof. > 30 m.

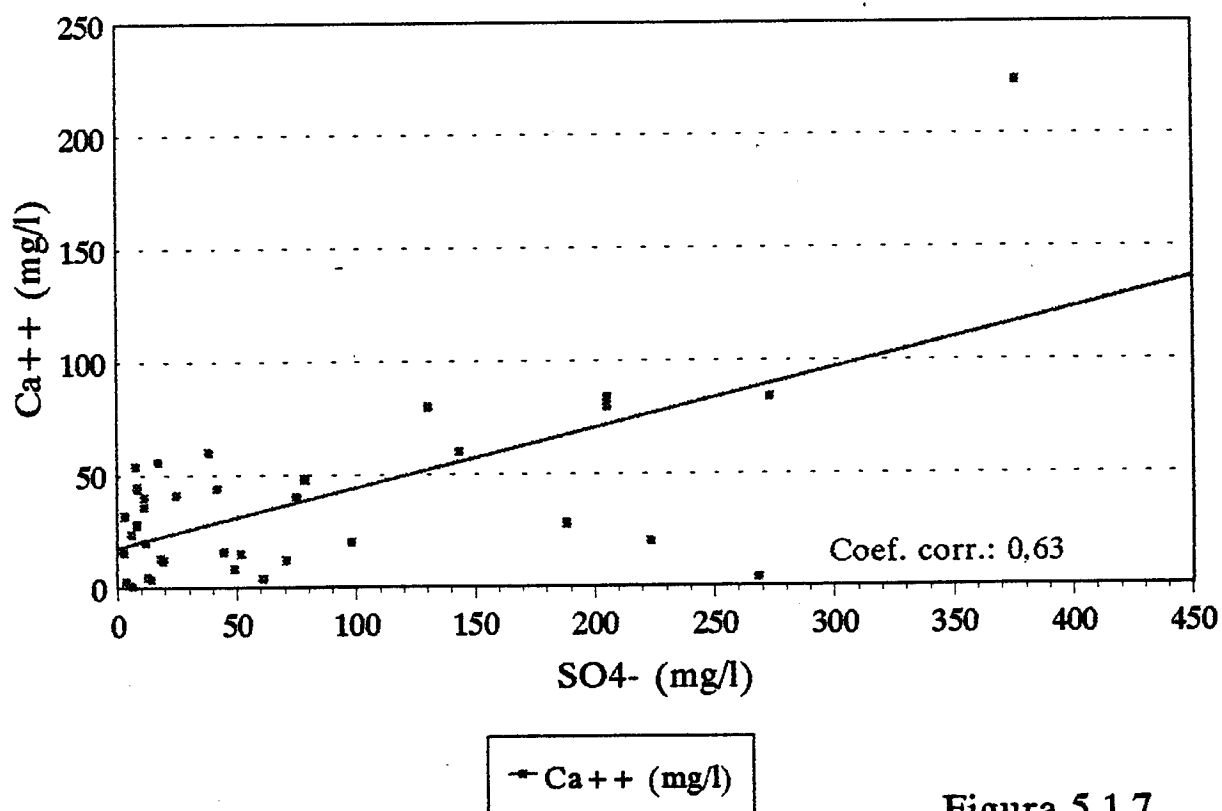
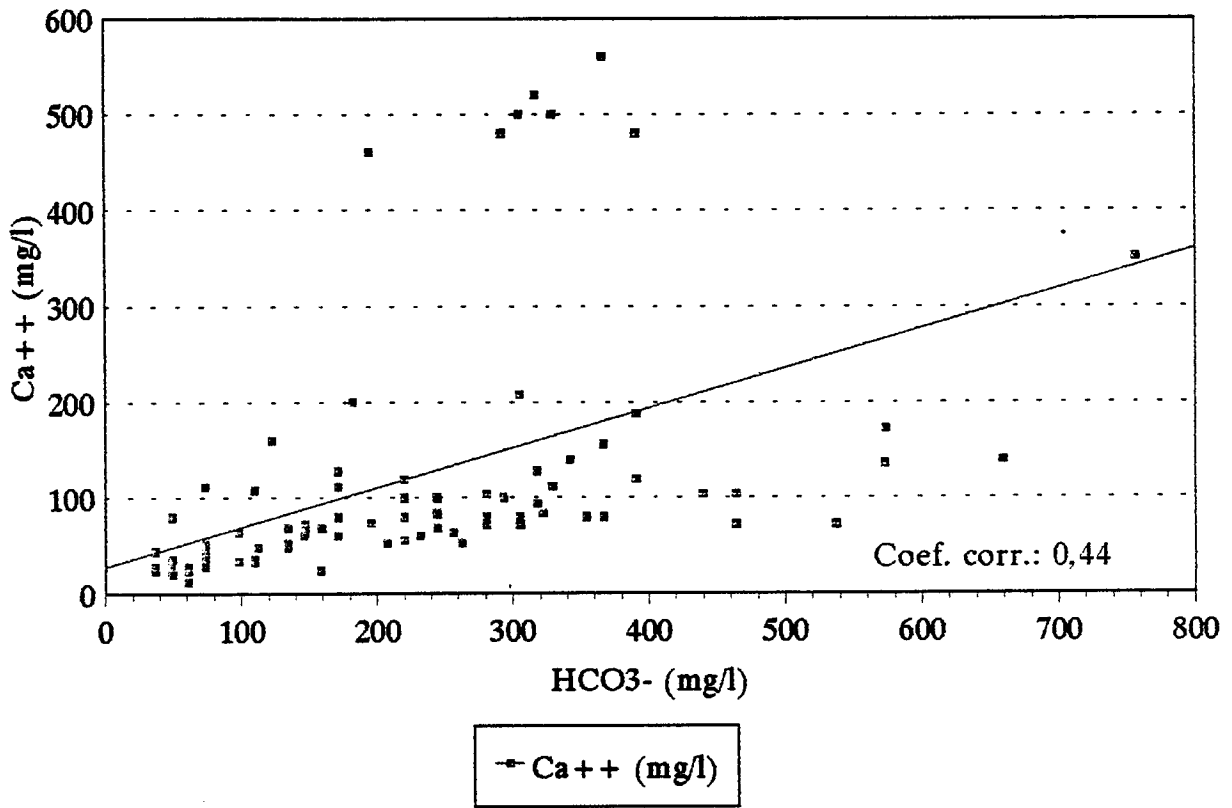


Figura 5.1.7



# RELACIÓN BICARBONATOS/CALCIO

Primavera 83. Puntos con prof.  $\leq 30$  m.



# RELACIÓN SULFATOS/CALCIO

Primavera 83. Puntos con prof.  $\leq 30$  m.

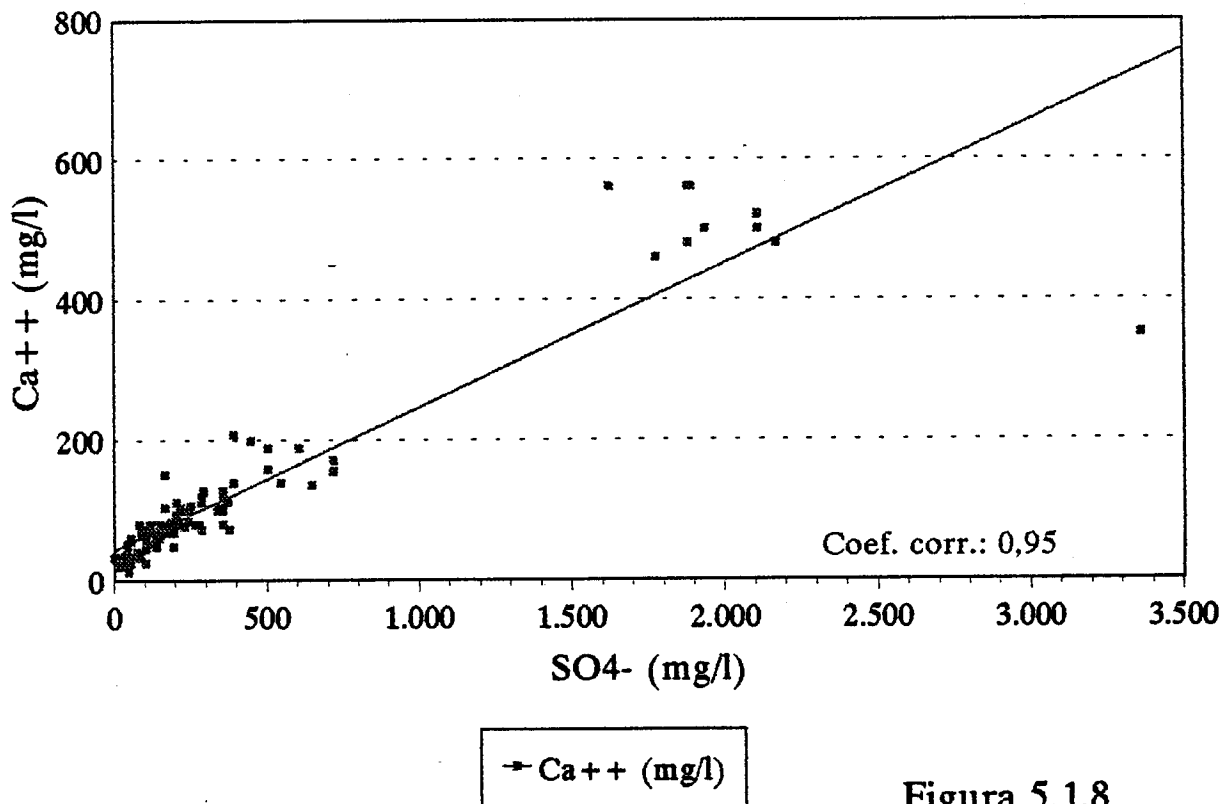


Figura 5.1.8

	Profundidad > 30m.				Profundidad < 30m.			
	Max	Min	$\bar{x}$	$\sigma$	Max	Min	$\bar{x}$	$\sigma$
NH <sub>4</sub>	0,44	0,03	0,2	0,1	0,1	0,03	0,06	0,04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,84	0,12	0,3	0,2	1,03	0,12	0,57	0,6

Los valores extremos de estos constituyentes se reflejan en el cuadro 5.1.12.

Cuadro 5.1.12 Valores extremos de concentración detectados en la zona (Primavera 91)

	Max	Min
Cl	62	1
SO <sub>4</sub>	790	1
HCO <sub>3</sub>	560	80
NO <sub>3</sub>	200	1
Na	111	2
Mg	75	1
Ca	306	2
Cond.	1400	50
Dureza	1005	9
NO <sub>2</sub>	2	0,08
NH <sub>4</sub>	0,44	0,03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,03	0,12

Aparte de la variabilidad de concentraciones es de destacar la presencia de nitratos en concentración media inferior en los pozos más profundos (18 mg/l) que en los más someros (29 mg/l). Es igualmente destacable que prácticamente en el 100 % de los sondeos tanto someros como más profundos se detecta la presencia de nitratos en las concentraciones aludidas.

No se dispone de datos suficientes en los sondeos de menos de 30 m en relación con la presencia de NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub> y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Es notable el hecho de que en las captaciones de más de 30 m de profundidad se detecte la presencia de estos compuestos con la elevada frecuencia que se indica en el cuadro 5.1.13.

Cuadro 5.1.13 Porcentaje de sondeos en los que se detecta la presencia de compuestos de Nitrógeno o Fósforo.

	Profundidad < 30m. (N=52)		Profundidad >30m. (N=24)	
	n	%	n	%
NO <sub>3</sub>	51	98	24	100
NO <sub>2</sub>	2	*	14	58
NH <sub>4</sub>	2	*	20	83
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2	*	10	41

(\*) En el resto de análisis no se ha analizado.

La práctica independencia de las concentraciones de los diversos constituyentes en relación con la profundidad de las captaciones se pone de manifiesto en el cuadro 5.1.14.

Cuadro 5.1.14 Coeficientes de correlación entre la profundidad de las captaciones y las concentraciones de elementos mayoritarios.

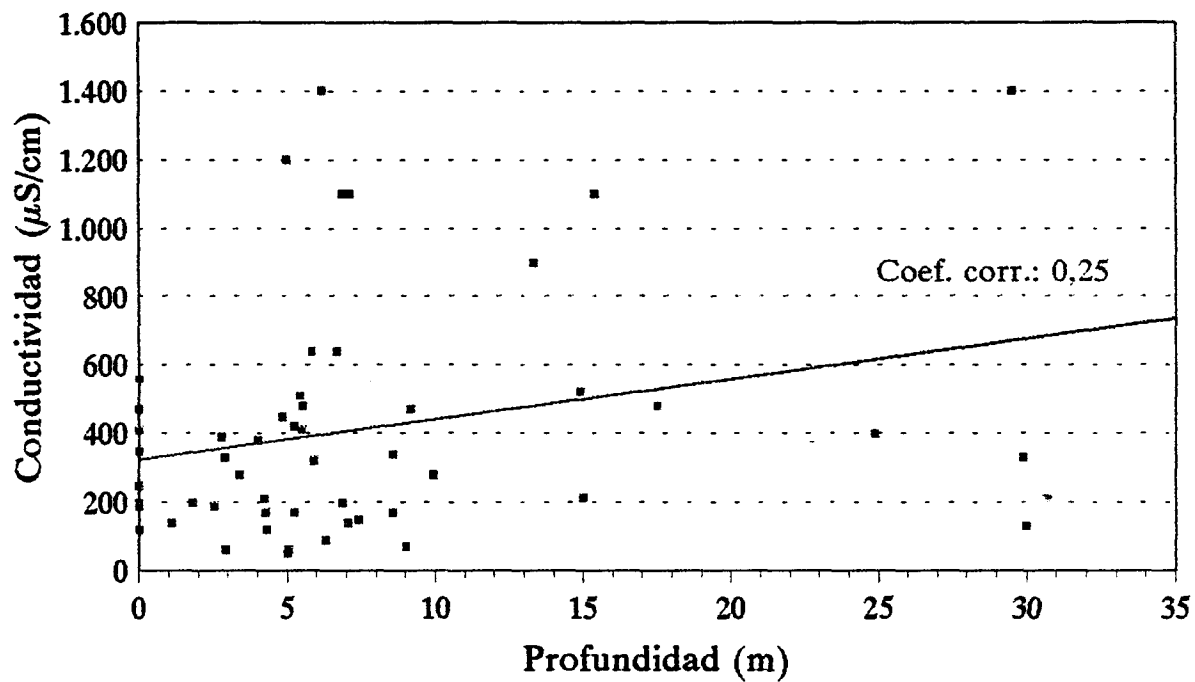
	Profundidad > 30m.	Profundidad < 30
Conduc.	- 0,04	0,25
Cl	- 0,15	0,19
SO <sub>4</sub>	- 0,22	0,25
HCO <sub>3</sub>	0,28	0,18
NO <sub>3</sub>	- 0,36	0,22
Na	0,07	0,40
Mg	0,15	0,24
Ca	- 0,14	0,20

A modo de ejemplo se incluyen en las figuras 5.1.9 y 5.1.10 las representaciones gráficas de algunas de estas relaciones.

En el cuadro 5.1.15 se presentan los datos de coeficientes de correlación entre bicarbonatos, sulfatos, cloruros, calcio, magnesio y sodio en las muestras de aguas procedentes de sondeos de más y menos de 30 m de profundidad, significativos en el caso de los sulfatos y el calcio para los que dicho coeficiente sobrepasa el valor de 0.8. En las figuras 5.1.11 y 5.1.12 se incluyen algunas de estas relaciones.

# RELACIÓN PROFUNDIDAD/CONDUCTIVIDAD

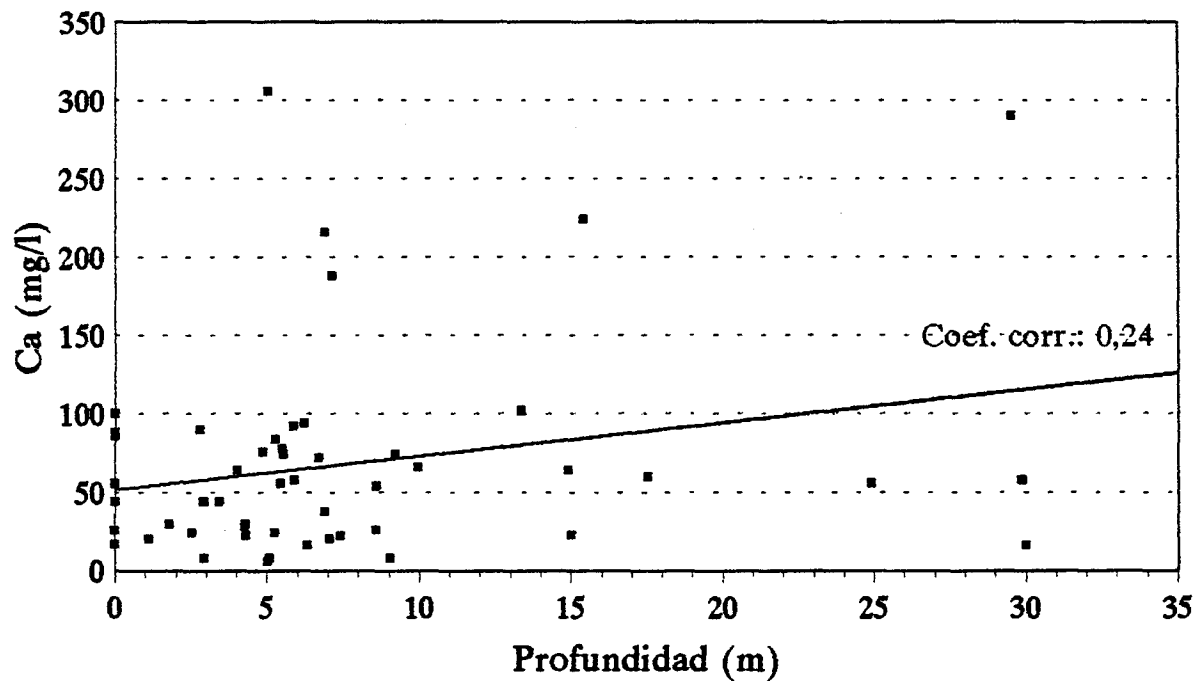
Primavera 91. Puntos con prof.  $\leq 30$  m.



→ Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )

# RELACIÓN PROFUNDIDAD/CALCIO

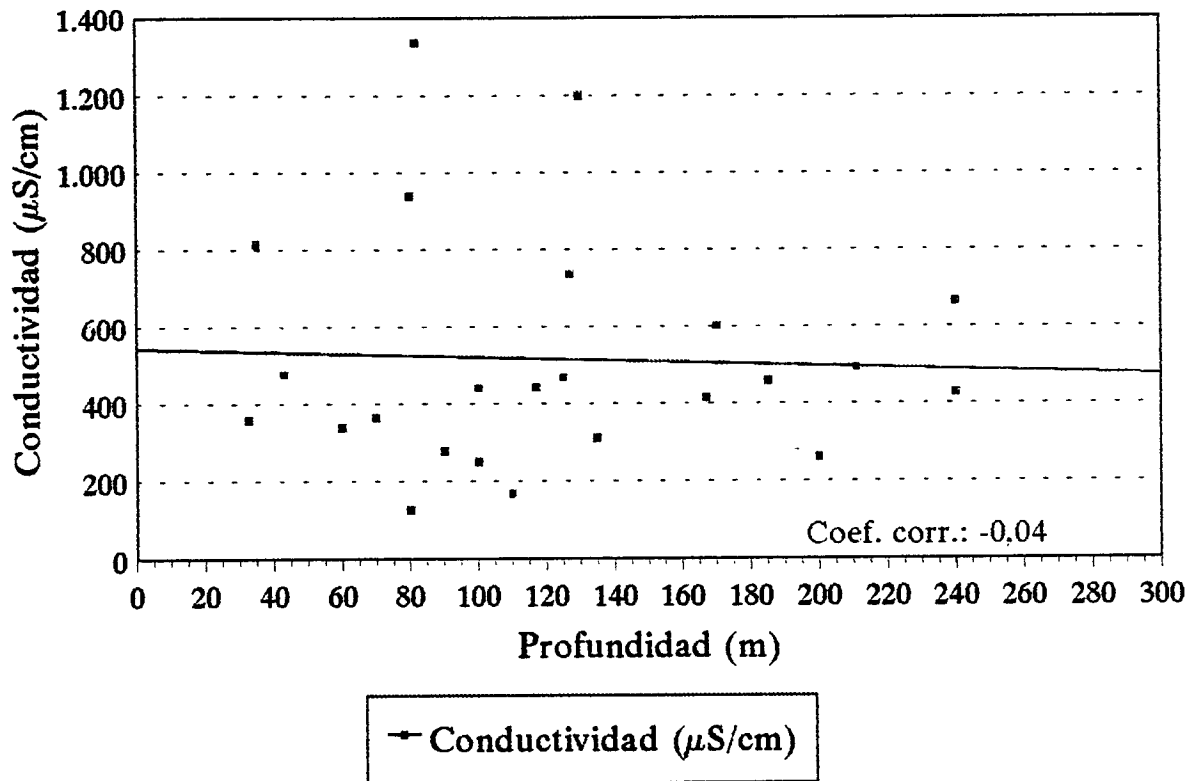
Primavera 91. Puntos con prof.  $\leq 30$  m.



→ Ca (mg/l)

Figura 5.1.9

Primavera 91. Puntos con prof. > 30 m.



Primavera 91. Puntos con prof. > 30 m.

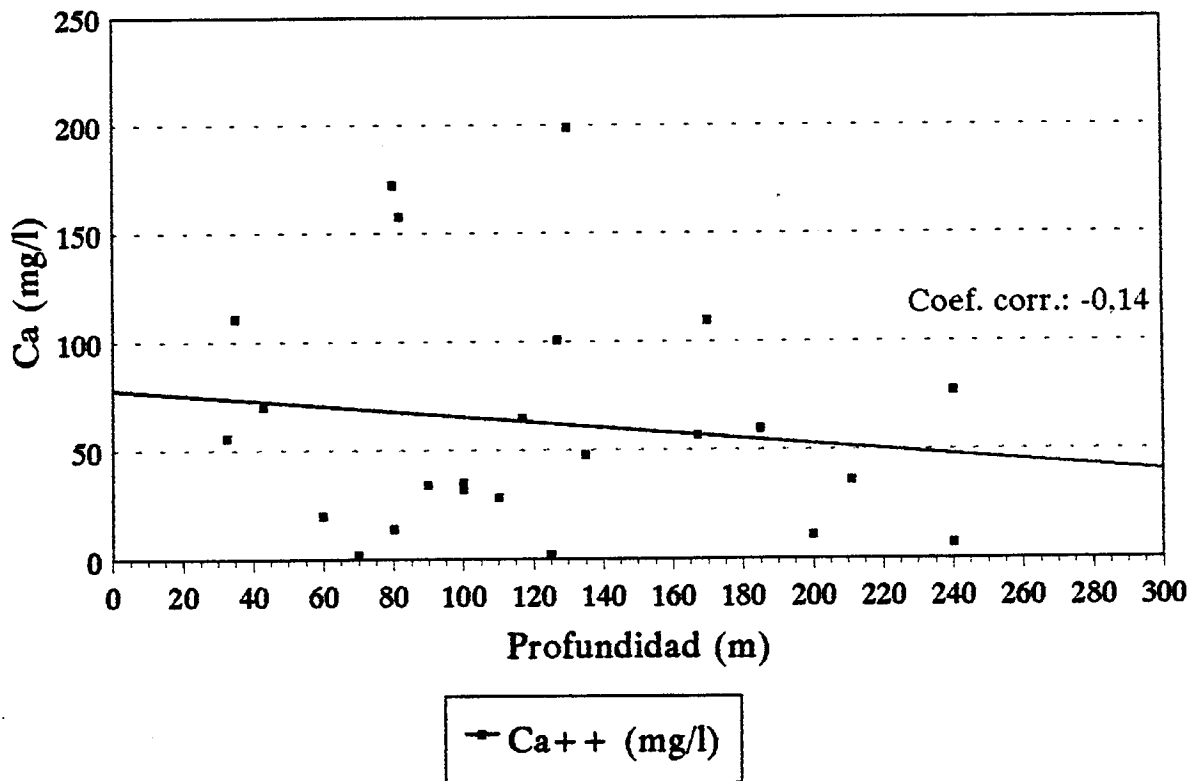
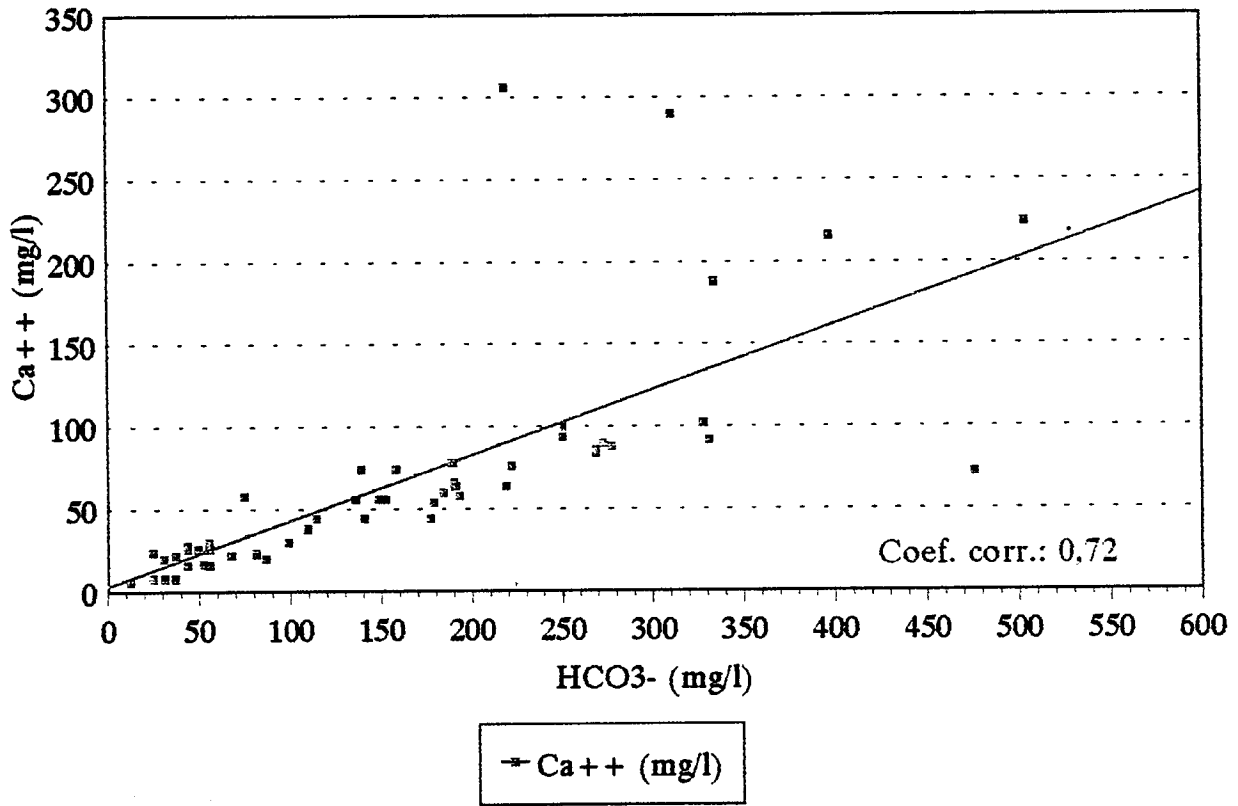


Figura 5.1.10

# RELACIÓN BICARBONATOS/CALCIO

Primavera 91. Puntos con prof.  $\leq 30$  m.



# RELACIÓN SULFATOS/CALCIO

Primavera 91. Puntos con prof.  $\leq 30$  m.

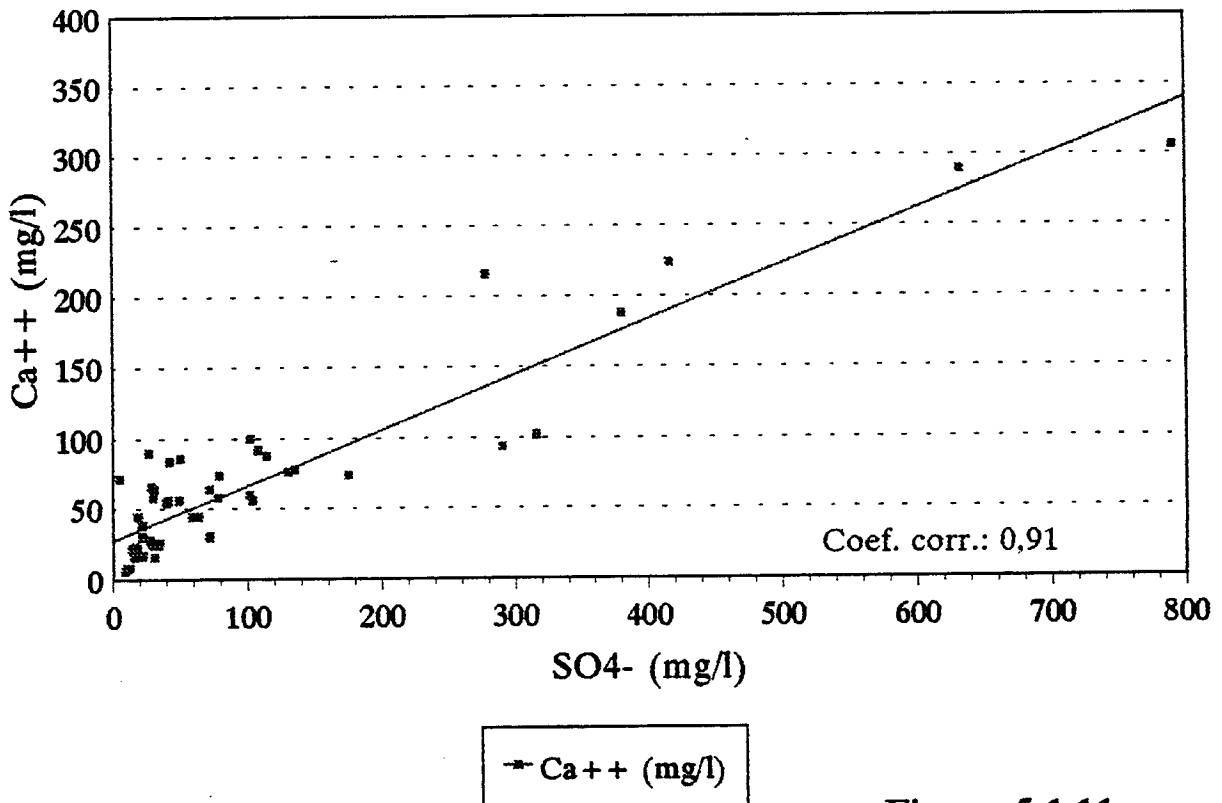
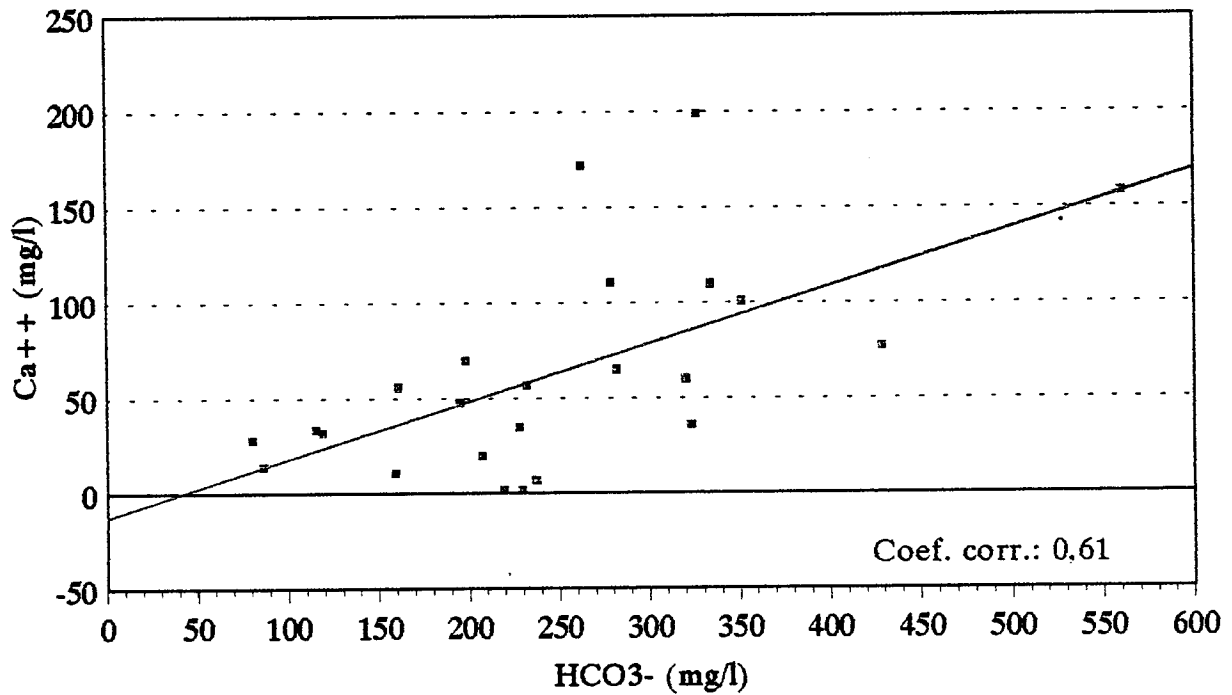


Figura 5.1.11

# RELACIÓN BICARBONATOS/CALCIO

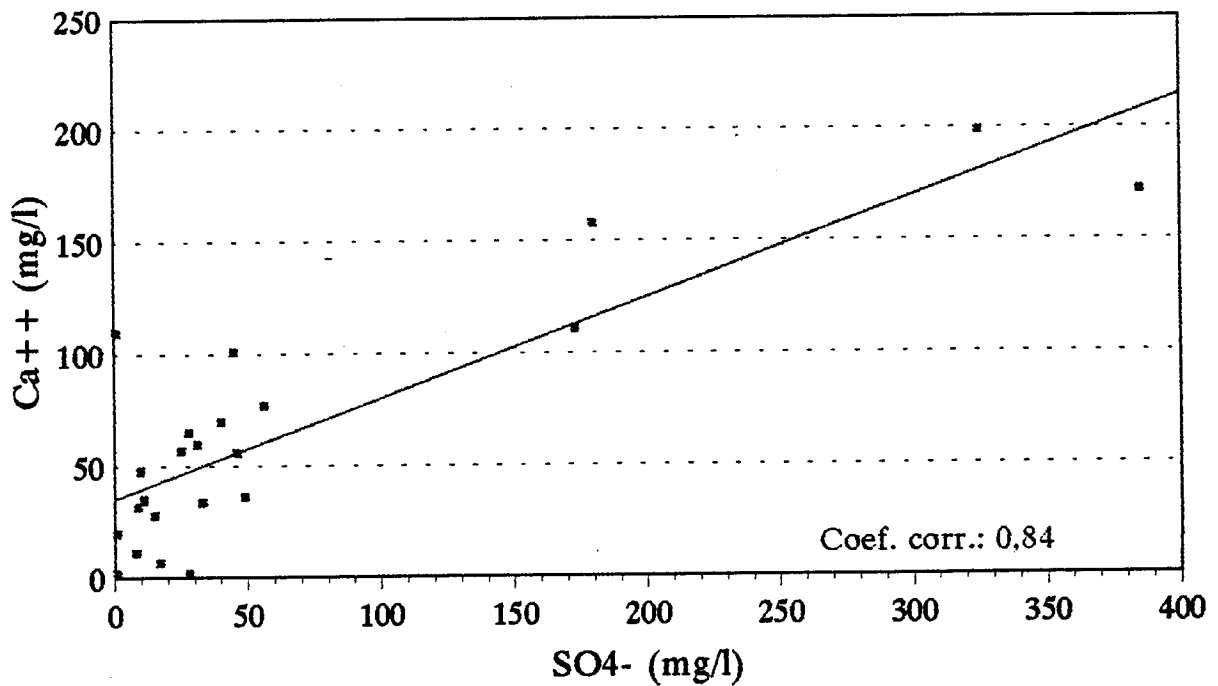
Primavera 91. Puntos con prof. > 30 m.



→ Ca++ (mg/l)

# RELACIÓN SULFATOS/CALCIO

Primavera 91. Puntos con prof. > 30 m.



→ Ca++ (mg/l)

Figura 5.1.12

Cuadro 5.1.15 Coeficientes de correlación entre iones.

	Profundidad > 30m.	Profundidad < 30m.
HCO <sub>3</sub> /Ca	0,61	0,72
HCO <sub>3</sub> /Mg	0,72	0,70
SO <sub>4</sub> /Ca	0,84	0,91
Cl/Na	0,37	0,74

### 5.1.3 CONCLUSIONES

A modo de conclusión puede afirmarse que en las campañas de primavera de 1983 y 1991 :

- ✓ se detectan aguas predominantemente bicarbonatadas cálcicas, sulfatadas cálcicas y bicarbonatadas sódicas
- ✓ existe una amplia variación de concentraciones de elementos mayoritarios, con valores medios usuales en este tipo de acuífero.
- ✓ es frecuente la presencia de compuestos de nitrógeno y fósforo en bajas concentraciones, por lo general, particularmente en la zona más somera del acuífero.
- ✓ no se evidencia una correlación significativa de concentraciones de constituyentes con la profundidad de los sondeos.
- ✓ ausencia de correlación significativa entre diferentes iones con mayor correlación entre sulfatos y calcio.



## 5.2 LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD EN EL TIEMPO

El estudio de la evolución temporal de la composición química de las aguas subterráneas es uno de los aspectos menos analizados en los trabajos sobre el quimismo de la zona.

Ello es debido a la generalizada falta de control continuo de la composición química de las aguas subterráneas en los estudios realizados; en ellos, exceptuados los controles de rutina de la red de calidad, las campañas de muestreo carecen de continuidad y, en consecuencia, las series disponibles son escasas, cortas y a menudo discontinuas.

Este aspecto de la variación temporal del quimismo de las aguas subterráneas en la zona se aborda a continuación.

Depurado el inventario de puntos acuíferos, se ha procedido a la selección de aquéllos en que se dispone de series de más de cinco análisis a fin de caracterizar, en lo posible, la evolución de la composición química y, consiguientemente, de la calidad en el tiempo.

Se dispone de 24 puntos que cumplen esta condición. La relación de los mismos, junto con la especificación del período en que se dispone de análisis y el número de estos se incluye en el cuadro 5.2.1. Los datos de análisis correspondientes a estos puntos se incluyen en el Anexo 5.2.

*Cuadro 5.2.1 Relación de puntos utilizados para el estudio de la evolución temporal de la composición química del agua.*

Punto	Prof (m)	Serie	Nº análisis
2019-5-0007	0	84-92	6
2020-2-0007	0	84-93	10
1822-8-0202	15	85-93	8
1922-7-0005	35	81-93	13
1822-3-0002	43	82-93	11
1822-8-0116	60	89-93	6
1921-8-0129	70	80-93	15
1922-1-0138	80	80-93	11
1921-4-0058	82	80-93	10
1922-1-0077	90	80-93	9
2020-5-0044	100	84-93	9

Punto	Prof (m)	Serie	N° análisis
1822-4-0032	100	80-93	15
1922-2-0061	115	80-93	7
1921-4-0150	117	81-93	12
1921-8-0162	125	81-93	7
1921-4-0028	127	80-93	11
1922-3-0001	130	81-93	12
1920-8-0067	135	80-93	10
1921-8-0054	167	80-93	7
1920-4-0005	185	80-93	12
1921-5-0003	200	81-93	12
2019-5-0005	211	82-93	9
1922-6-0024	240	80-93	9
1920-4-0009	240	80-93	8
<b>Total análisis:</b>			<b>239</b>

Sintéticamente la información disponible se resume de la siguiente forma:

Serie	N° de puntos
6-10 análisis	14
Más de 10 análisis	10

Las profundidades de las captaciones a que corresponden estos análisis oscilan entre 0 m. (manantiales) y 240 m.

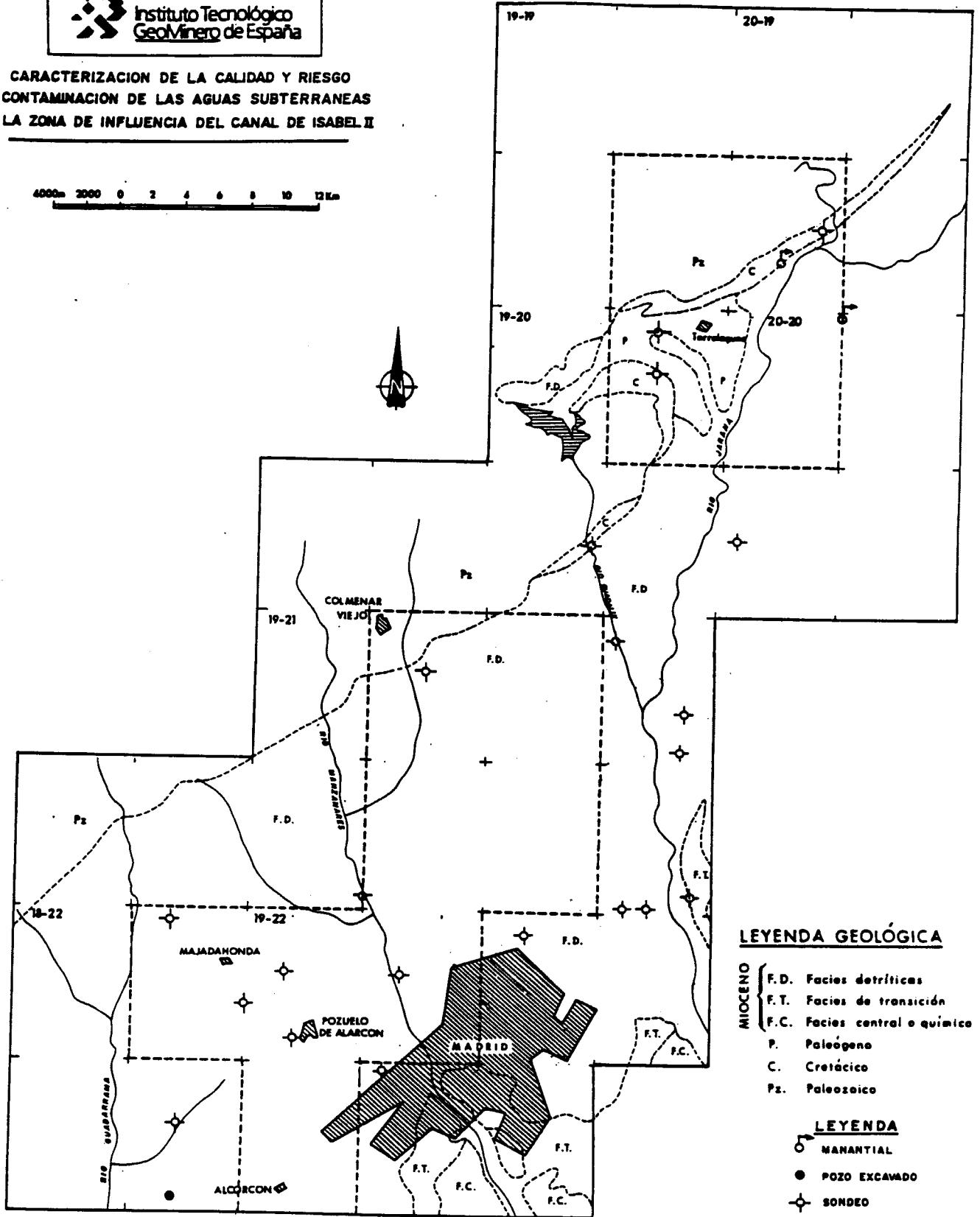
El período de análisis se extiende, de forma discontinua, desde 1980 a 1994. La totalidad de los puntos considerados pertenece a la red de control del I.T.G.E.

La distribución espacial de estos puntos queda reflejada en el plano 5.2.1.

Como parámetros indicativos simples de la evolución de la composición química de las aguas subterráneas en estos puntos se consideran únicamente la conductividad eléctrica y el contenido en nitratos.

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**


4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12Km



**LEYENDA GEOLOGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- Pz. Paleozoico**
- P. Paleógeno
  - C. Cretácico

**LEYENDA**

-  MANANTIAL
-  POZO EXCAMADO
-  SONDEO

SITUACION DE PUNTOS UTILIZADOS PARA EL ESTUDIO DE EVOLUCION HISTORICA DE LA CALIDAD

### 5.2.1 EVOLUCIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD.

En el cuadro 5.2.2 se presenta un resumen estadístico sobre este parámetro.

En las figuras 5.2.1 a 5.2.24 (Anexo 5.2) se incluye la representación gráfica de la evolución de iones mayoritarios, conductividad, SiO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, K, NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub> y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en los puntos considerados. Aunque en dichas figuras se han incluido los datos de 1994, éstos no se han considerado en el tratamiento de datos.

Los valores máximos del conjunto de la serie de datos de conductividad (cuadro 5.2.2) oscilan entre 173 y 1588 µS/cm; los valores mínimos lo hacen entre 62 y 732 µS/cm en tanto que los valores medios se distribuyen en el rango de 144 a 1206 µS/cm, si bien los valores medios más frecuentes están comprendidos entre 300 y 500 µS/cm.

Los valores extremos de la serie corresponden a 62 y 1588 µS/cm. Dentro de este amplio margen de variación de conductividad hay que destacar que se producen, para cada punto, variaciones positivas o negativas (aumento o disminución) muy acusadas en relación con los valores mínimos correspondientes como se indica en el cuadro 5.2.3 :

Cuadro 5.2.3 Variaciones porcentuales de conductividad sobre el valor mínimo.

	Nº de puntos	Intervalo (%)
Variaciones inferiores al 100%	15	16-97
Variaciones entre el 100 y el 500%	6	126-283
Variaciones entre el 500 y el 1000%	2	557-891
Variaciones superiores al 1000%	1	2461

Estas variaciones porcentuales corresponden a diferencias máximas de conductividad comprendidas entre 48 y 1526 µS/cm, detectadas en los puntos 1922-1-0138 y 1922-3-0001 respectivamente. (Cuadro 5.2.2)

Las variaciones detectadas en el conjunto de las series ponen de manifiesto el hecho de la acusada variabilidad de la conductividad en los puntos seleccionados.

Esta variabilidad se constata, igualmente, en relación con los valores medios de cada punto que oscilan entre 144 y 1206 µS/cm.

Resumen estadístico de datos de Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ ).  
(Cifras redondeadas)

Punto	prof (m)	N° análisis	max	min	Diferencia	%variación sobre mínimo	media	ds	Desviación sobre la media	
									(media-min)	(max-media)
1821-7-0009	170	9	821	346	475	137,3	613,9	127,0	267,9	207,1
1822-3-0002	43	13	478	249	229	92,0	364,2	58,8	115,2	113,8
1822-4-0032	100	17	767	200	567	283,5	296,4	126,0	96,4	470,6
1822-8-0116	60	8	593	170	423	248,8	389,6	147,8	219,6	203,4
1822-8-0202	15	10	516	215	301	140,0	412,1	102,8	197,1	103,9
1920-4-0005	185	14	654	358	296	82,7	495,3	71,9	137,3	158,7
1920-4-0009	240	9	798	435	363	83,4	582,9	132,3	147,9	215,1
1920-8-0067	135	12	456	201	255	126,9	293,1	64,5	92,1	162,9
1921-4-0028	127	13	950	537	413	76,9	714,1	112,2	177,1	235,9
1921-4-0058	82	12	1446	732	714	97,5	1223,1	215,7	491,1	222,9
1921-4-0150	117	14	547	300	247	82,3	373,6	70,2	73,6	173,4
1921-5-0003	200	14	600	263	337	128,1	414,4	76,4	151,4	185,6
1921-8-0054	167	9	458	393	65	16,5	422,4	20,0	29,4	35,6
1921-8-0129	70	15	1135	367	768	209,3	458,9	189,2	91,9	676,1
1921-8-0162	125	9	519	455	64	14,1	485,0	22,6	30,0	34,0
1922-1-0077	90	11	413	222	191	86,0	315,5	59,5	93,5	97,5
1922-1-0138	80	13	173	125	48	38,4	142,1	14,3	17,1	30,9
1922-2-0061	115	9	592	90	502	557,8	447,7	148,1	357,7	144,3
1922-3-0001	130	14	1588	62	1526	2461,3	685,0	623,3	623,0	903,0
1922-6-0024	240	11	491	393	98	24,9	441,0	36,1	48,0	50,0
1922-7-0005	35	13	1188	664	524	78,9	841,8	153,3	177,8	346,2
2019-5-0005	211	11	600	413	187	45,3	508,7	56,0	95,7	91,3
2019-5-0007	0	6	932	94	838	891,5	336,5	344,1	242,5	595,5
2020-2-0007	0	12	673	348	325	93,4	470,8	117,6	122,8	202,3
2020-5-0044	100	11	527	391	136	34,8	446,2	38,1	55,2	80,8

Las desviaciones de los valores mínimos en relación con la media en cada punto oscilan entre 19 y 517  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en tanto que las de los valores máximos en relación con la media oscilan entre 36 y 1008  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

La variabilidad detectada en el conjunto de las series se pone de manifiesto, igualmente, al considerar las variaciones máximas que se producen en el mismo punto en dos años con datos de análisis (consecutivos o no) como se refleja en las figuras 5.2.1 a 5.2.24 y en el cuadro 5.2.4.

Estas variaciones se detectan en períodos de tiempo muy diferentes que oscilan entre seis meses a casi cinco años y se producen en diversos puntos de la serie temporal aunque se detectan con mayor frecuencia desde de 1990, fecha a partir de la cual la serie es más completa. (Cuadro 5.2.4)

Esta situación se resume en el cuadro 5.2.5.

Cuadro 5.2.5 Variaciones máximas de conductividad en años consecutivos o no pero con dos análisis consecutivos.

Captaciones	Variaciones positivas				Variaciones negativas			
	n	Max	Med	Min	n	Max	Med	Min
Prof <150m.	10	1138	385	43	8	-512	-234	-39
Prof 150-240m.	4	191	102	43	2	-198	-183	-168

Asimismo dicha variabilidad se detecta en los datos de campañas consecutivas (mismo año - primavera/otoño) o años consecutivos (otoño/ primavera año siguiente) como queda reflejado en el cuadro 5.2.6 :

Cuadro 5.2.6 Variaciones máximas de conductividad en campañas consecutivas (En el mismo año o en años consecutivos.) (Tres últimas campañas)

Captaciones	Variaciones positivas				Variaciones negativas			
	n	Max	Med	Min	n	Max	Med	Min
Prof <150m.	10	1426	411	5	7	-352	-120	-30
Prof 150-240m.	3	167	161	156	3	-341	-148	-52

Para el conjunto de estas dos situaciones (variaciones en años consecutivos o no y variaciones en campañas consecutivas) el resumen es el siguiente ( cuadro 5.2.7):

Cuadro 5.2.4

## VARIACIONES MAXIMAS DE CONDUCTIVIDAD EN DIVERSAS CAMPAÑAS

N° Punto	Prof (m)	VARIACION EN AÑOS CONSECUTIVOS O NO			VARIACION EN CAMPANAS CONSECUTIVAS		
		Variación	Difer.	Fecha	Variación	Difer.	Fecha
201950007	0	121-932	811	P91-P92	932-580	-352	P92-O92
202020007	0	570-348	-222	P89-P91	358-382	24	P93-O93
182280202	15	215-516	301	P91-P92	516-446	-70	P92-O92
192270005	35	758-1188	430	O92-O93	976-758	-218	P92-O92
182230002	43	249-417	168	P87-P89	371-309	-62	P93-O93
182280116	60	483-240	-243	O92-O93	240-593	353	P93-O93
192180129	70	400-457	57	P86-P87	373-1135	762	P92-O92
192210138	80	164-125	-39	O92-O93	125-130	5	P93-O93
192140058	82	732-1328	596	O80-985	885-1446	561	O92-P93
192210077	90	280-383	103	P91-O92	-	-	-
202050044	100	430-473	43	P86-P89	391-527	136	P93-O93
182240032	100	767-255	-512	O81-P82	266-281	15	P93-O93
192220061	115	465-90	-375	O85-P92	90-531	441	P92-O92
192140150	117	340-547	207	P87-P89	403-327	-76	P92-O92
192180162	125	518-470	-48	P89-P91	485-455	-30	P92-O92
192140028	127	857-560	-297	O92-O93	560-950	390	P93-O93
192230001	130	62-1200	1138	P89-P91	162-1588	1426	O92-P93
192080067	135	456-316	-140	P80-O80	313-280	-33	P91-P92
192180054	167	415-458	43	P91-P92	458-405	-53	P92-O92
192040005	185	556-358	-192	P80-O80	400-560	160	P92-O92
192150003	200	431-263	-168	P89-P91	263-430	167	P91-P92
201950005	211	450-564	114	O82-O85	444-600	156	O92-P93
192260024	240	430-491	61	P91-P92	491-439	-52	P92-O92
192040009	240	474-665	191	O81-P91	457-798	-341	O92-P93

P91 = Primavera 91

O92 = Otoño 92

Cuadro 5.2.7 Variaciones máximas de conductividad

Captaciones	Variaciones positivas				Variaciones negativas			
	n	Max	Med	Min	n	Max	Med	Min
Prof <150m.	20	1426	400	5	15	-515	-181	-30
Prof 150-240m.	7	191	127	43	5	-341	-162	-52

La conclusión es clara. En los puntos considerados se producen notables variaciones de conductividad tanto si se considera la correspondiente serie interanual como si se consideran años con análisis consecutivos o datos de campañas consecutivas (en el mismo año o años consecutivos - otoño de un año y primavera del siguiente -) como queda reflejado en el cuadro 5.2.4. en el que se incluyen las fechas en que se detectan las variaciones máximas.

Estas variaciones se detectan en pozos con muy diversa profundidad aunque parecen ser de menor entidad en los pozos más profundos en los que se detectan valores máximos y medios inferiores a los de los pozos menos profundos aunque las variaciones mínimas son más acusadas en estos.

Como puede observarse en los gráficos de evolución (figuras 5.2.1 a 24) y en el cuadro 5.2.8 las variaciones de conductividad por lo general van asociadas frecuentemente a variaciones en el mismo sentido (aumento/disminución) de un conjunto más o menos extenso de iones mayoritarios y no a variaciones aisladas de un único ión.

Cuadro 5.2.8 Constituyentes asociados a variaciones bruscas de conductividad mas significativas en la serie.

PUNTO	PROF(m)	CONSTITUYENTES	FECHAS
2019-5-0007	0	SO <sub>4</sub> , HCO <sub>3</sub> , Cl, Ca, NO <sub>3</sub>	P92, O92
2020-2-0007	0	HCO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub> , Mg, NO <sub>3</sub>	P89, P91
1822-8-0202	15	HCO <sub>3</sub> , Ca, Na	P91, P92
1922-7-0005	35	SO <sub>4</sub> , Ca, Na	O92, P93
1822-3-0002	43		
1822-8-0116	60	HCO <sub>3</sub> , Ca, Na	P93, O93
1921-8-0129	70	SO <sub>4</sub> , CL, HCO <sub>3</sub> , Ca, Mg, Na	P92, O92
1922-1-0138	80	HCO <sub>3</sub> , Ca, Mg	P92, P93
1921-4-0058	82	HCO <sub>3</sub> , Ca	O92, P93
1922-1-0077	90	Cl, Na	P91, O92



PUNTO	PROF(m)	CONSTITUYENTES	FECHAS
2020-5-0044	100	HCO <sub>3</sub> , Cl, SO <sub>4</sub> , Ca, Na	P93, O93
1822-4-0032	100	SO <sub>4</sub> , HCO <sub>3</sub> , Cl, Na, Ca	O81, P82
1922-2-0061	115	HCO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub> , Cl, Na	P92, O92
1921-4-0150	117	HCO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub> , Ca, Mg	P87, O89
1921-8-0162	125	SO <sub>4</sub> , Ca	P89, P91
1921-4-0028	127	Cl, SO <sub>4</sub> , Ca, Na	P93, O93
1922-3-0001	130	SO <sub>4</sub> , HCO <sub>3</sub> , Ca, Na, Mg	O92, P93
1920-8-0067	135	HCO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub> , Ca, Mg	P80, O80
1921-8-0054	167	-	-
1920-4-0005	185	HCO <sub>3</sub> , Ca, Mg	P80, O80
1921-5-0003	200	SO <sub>4</sub> , Cl, Na, Ca	P89, P91
2019-5-0005	211	SO <sub>4</sub> , HCO <sub>3</sub> , Ca	P92, P93
1922-6-0024	240	Cl, SO <sub>4</sub> , Ca, Mg	P91, P92
1920-4-0009	240	HCO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub> , Ca, Mg	O92, P93

Esto parece indicar que se producen cambios de quimismo asociados a un conjunto de procesos que condiciona la totalidad de la configuración iónica y no a procesos específicos aislados que condicionan variaciones acusadas de un ión o parámetro determinado (p.e. disolución de yesos, precipitación de calcita, etc)

Por lo que se refiere a la posibilidad de una eventual relación de las variaciones de conductividad con las de nivel cabe decir que para las máximas variaciones de conductividad observadas en dos campañas con análisis consecutivos (últimos tres años de la serie) no se observan correlaciones directas con las variaciones de nivel como se deduce del cuadro 5.2.9 y las figuras 5.2.25 a 5.2.27 en que se presentan los casos de variaciones de conductividad y nivel en los puntos en que se dispone de ambas medidas.

Cuadro 5.2.9 Relación entre las variaciones de nivel y las de conductividad en puntos seleccionados.

Punto	Prof (m)	Fecha	Variac. nivel	Variac. conductividad
1822-8-0116	60	O92-P93	+1	-243
		P93-O93	-5	+353
1921-8-0129	70	P92-O92	-0,5	+762



RELACION ENTRE VARIACIONES DE NIVEL Y CONDUCTIVIDAD

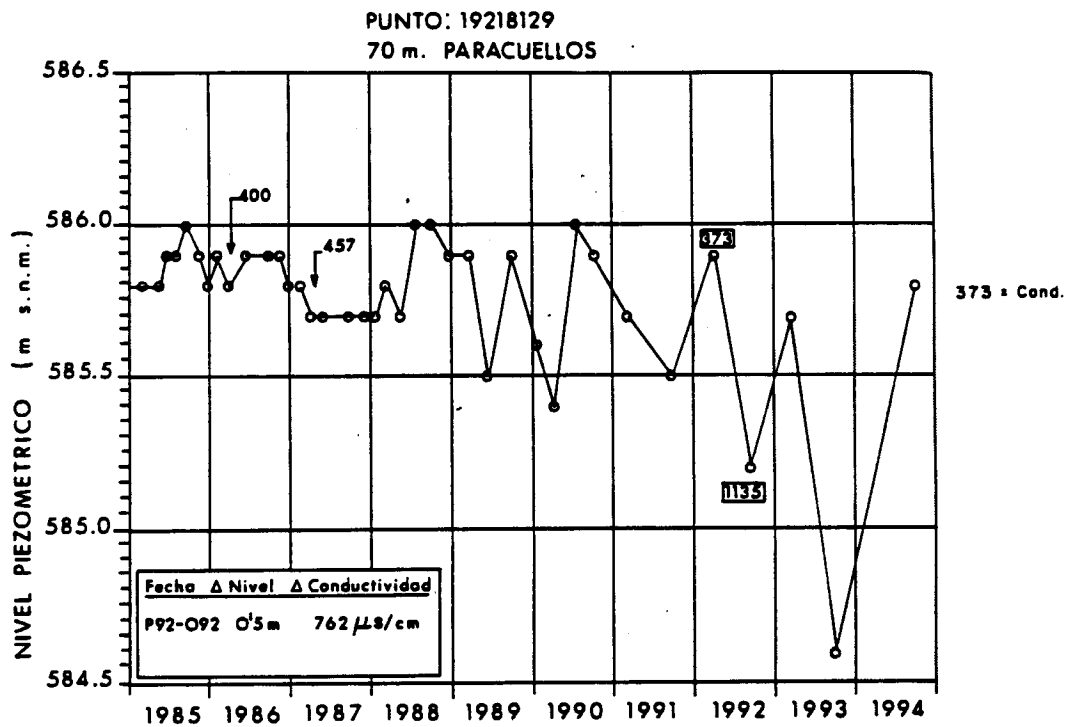
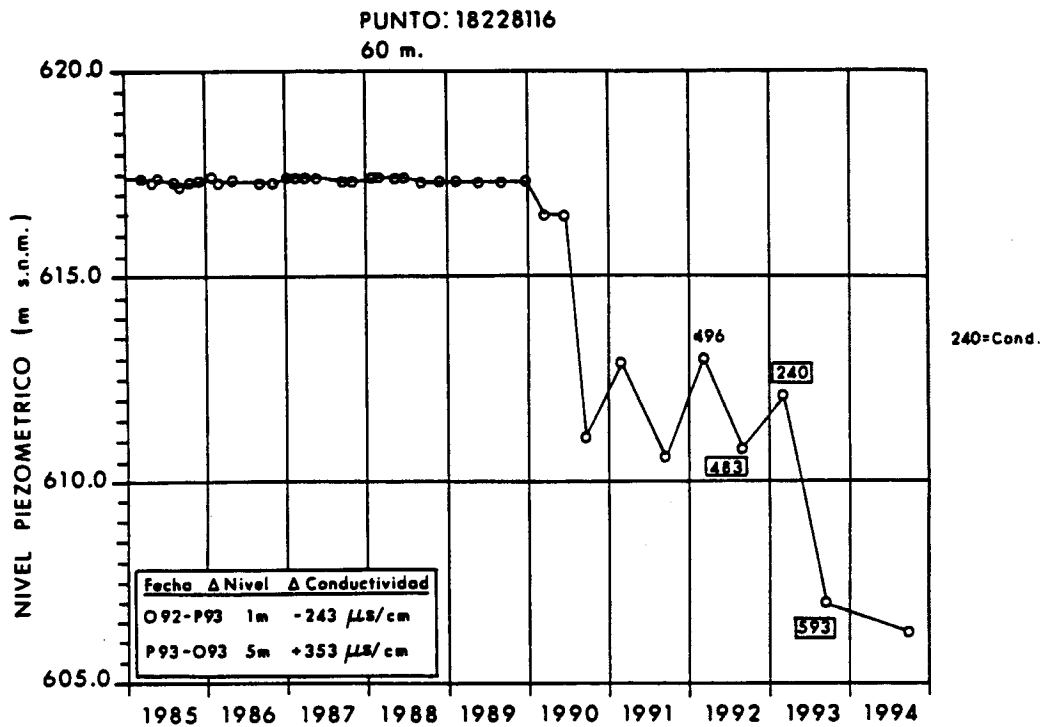


Fig. 5.2.25



RELACION ENTRE VARIACIONES DE NIVEL Y CONDUCTIVIDAD

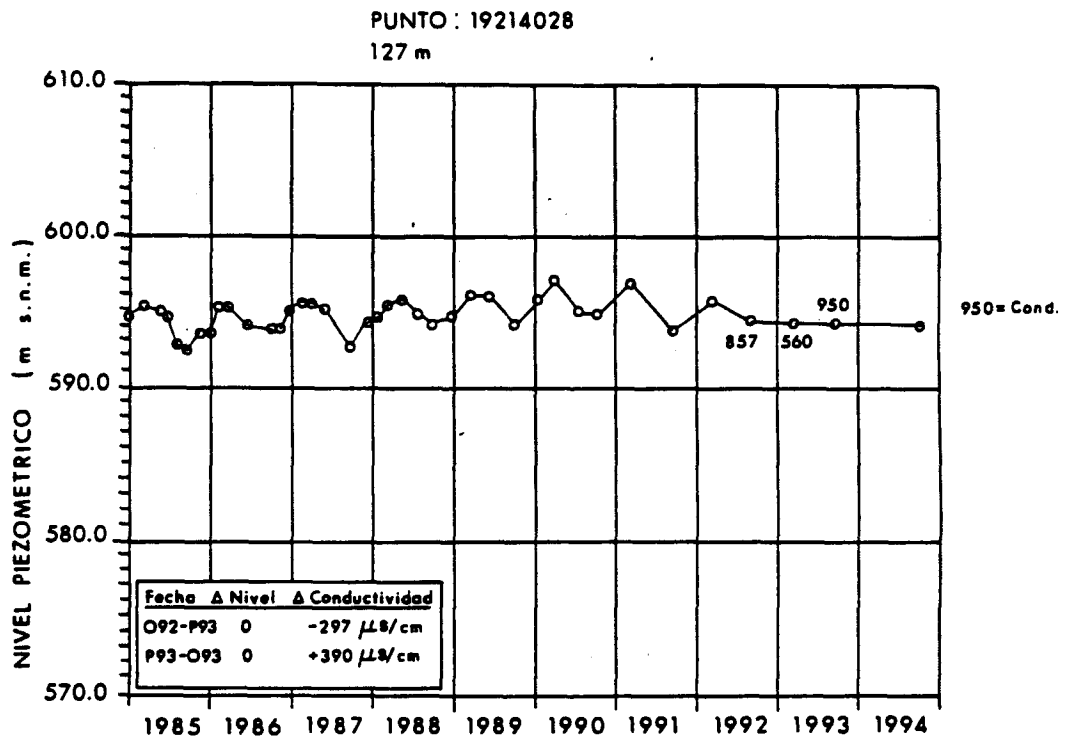
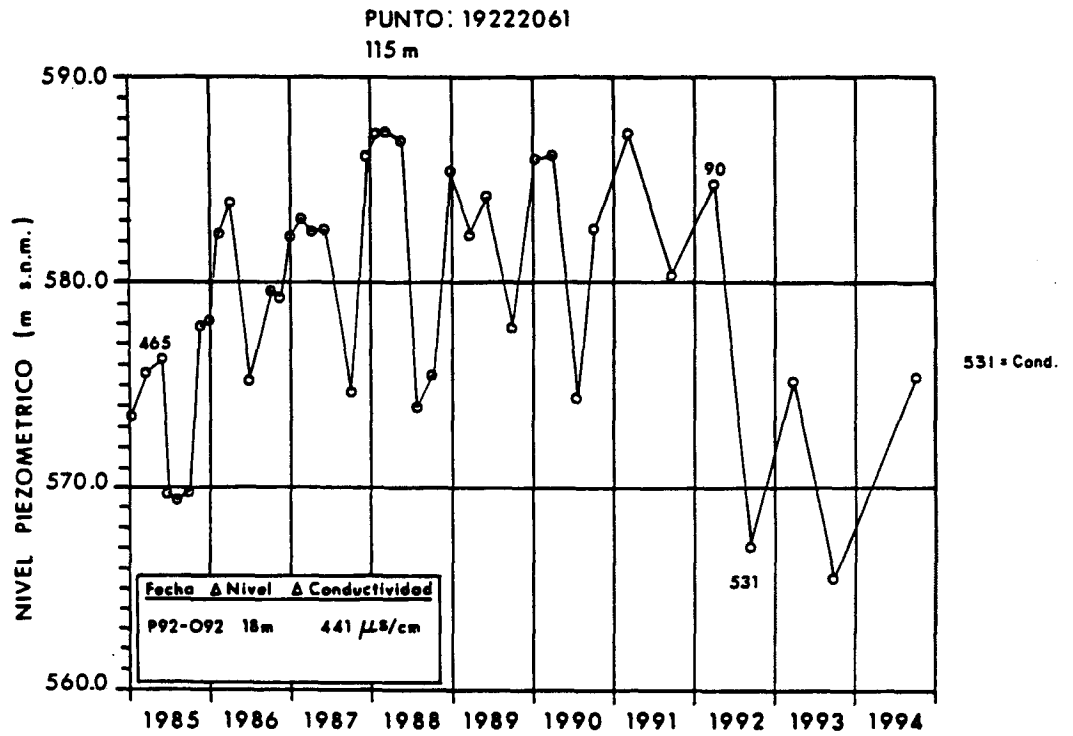


Fig. 5.2.26



RELACION ENTRE VARIACIONES DE NIVEL Y CONDUCTIVIDAD

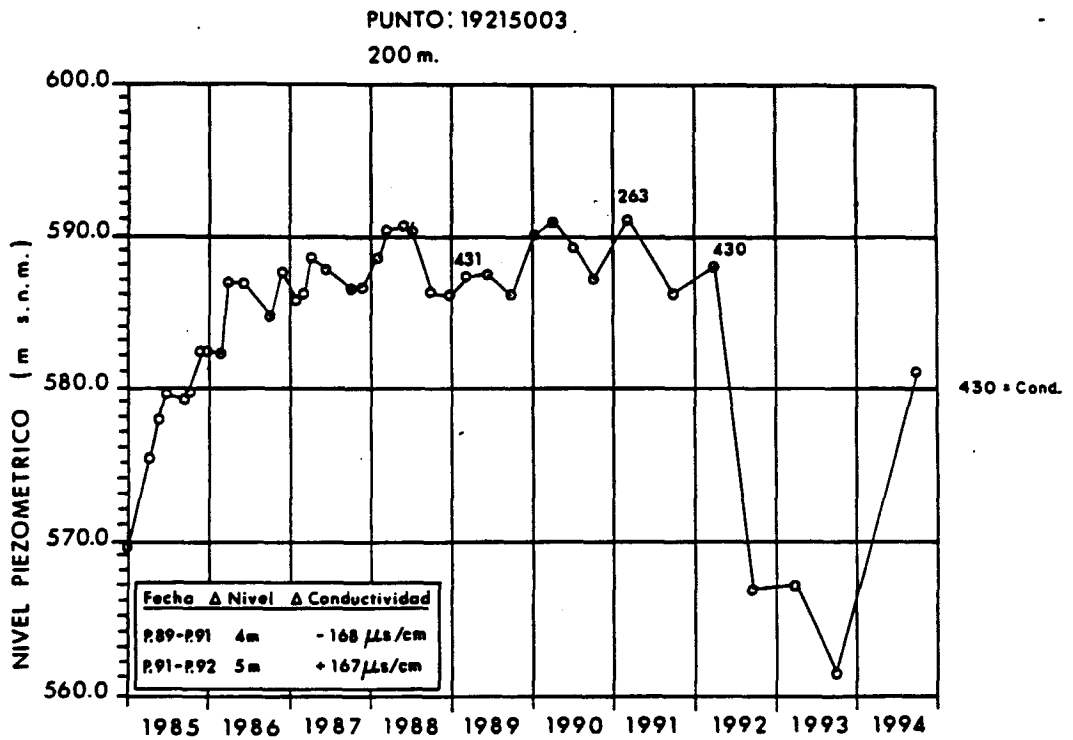
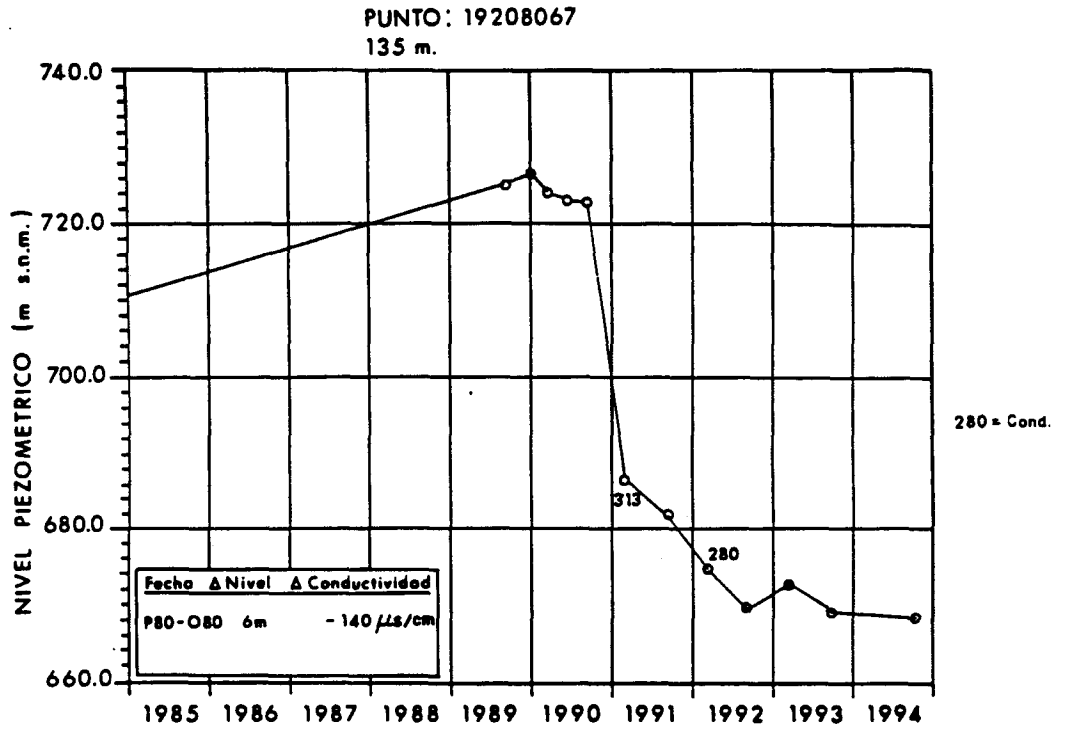


Fig. 5.2.27

Punto	Prof (m)	Fecha	Variac. nivel	Variac. conductividad
1922-2-0061	115	P92-O92	-18	+441
1921-4-0028	127	O92-P93	0	-297
			0	+390
1920-8-0067	135	P80-O80	6	-140
1921-5-0003	200	P89-P91	4	-168
		P91-P92	5	+167

Es de destacar el caso del piezómetro 1921-8-0129 en que, sin diferencia de nivel apreciable, se produce un incremento de conductividad de +762  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en un mismo año. En el mismo sentido se puede destacar el punto 1921-4-0028.

Las pautas de variación de la conductividad definidas por las tendencias observadas son diversas como se puede constatar en las figuras 5.2.28 a 33.

Aparte de singularidades específicas ocasionales, realmente llamativas en algunos puntos y campañas, y de cierta subjetividad en la forma de definición de estas tendencias, las pautas de variación detectadas para el conjunto de la serie 1980 - 93 son las que se presentan de forma simplificada en el cuadro 5.2.10.

Porcentualmente la tendencia más frecuente (37 % de las ocasiones ) es la tendencia al ascenso de la conductividad a lo largo de la serie. Las tendencias al descenso, a la constancia o al descenso y posterior aumento de conductividad en algún punto de la serie se presentan, cada una, en un 12 % de las ocasiones. El resto de tendencias-tipo representan sólo el 4% de las observadas, de forma individual.

Cada tipo de tendencia específica no es propio de un tipo determinado de captación ni parece poder asignarse a una profundidad de sondeo concreta ni a una localización espacial ni a una situación hidrogeológica determinada.

Tampoco puede ser asociado con una determinada situación o metodología de muestreo o al cambio de la misma que, para cada punto, se ha mantenido constante a lo largo del tiempo.

Las pautas observadas y las acusadas variaciones de conductividad cuestionan seriamente la propiedad de la definición de tendencias cuando esta definición se basa en muestras semestrales o de menor frecuencia en series cortas e incompletas.

Las oscilaciones pronunciadas de concentraciones de determinados constituyentes a lo largo del tiempo pueden traducirse, lógicamente, en variaciones de calidad, especialmente importantes cuando se trata de abastecimiento humano.

Esta situación de variación de calidad, cuando se produce, no suele ser permanente y se asocia a situaciones en que sulfatos, magnesio o conductividad o nitratos sobrepasan esporádicamente los límites de la R.T.S. (B.O.E. 20/9/90)

En el cuadro 5.2.11 se señalan algunos ejemplos de captaciones en que se observa esta situación de cambio de calidad y, consiguientemente en la potabilidad del agua, y las fechas en que se produce.

Cuadro 5.2.11 Variaciones en la potabilidad del agua

Punto	Ión	Concentración anterior		Fecha en que se sobrepasa el límite	Concentr.
		mg/l	Fecha		
1822-4-0032 (100m.)	SO <sub>4</sub>	17	9/81	12/81	249(*)
	NO <sub>3</sub>	35	12/81	3/82	55
	NO <sub>3</sub>	31	5/85	5/86	65
1922-3-0001 (130m.)	SO <sub>4</sub>	5	6/89	4/91	325
	SO <sub>4</sub>	5	9/92	3/93	441
	Mg	2	6/89	3/93	56
	Conduc	162	9/92	3/93	1588

(\*) Se incluye por alcanzar prácticamente el límite establecido.

Otros puntos en que se producen situaciones similares, en que están involucrados fundamentalmente sulfatos, magnesio y nitratos son los números 1922-7-0005, 1921-4-0058 o 2019-5-0007 con profundidades de 35, 82 y 0 m (manantial), respectivamente.

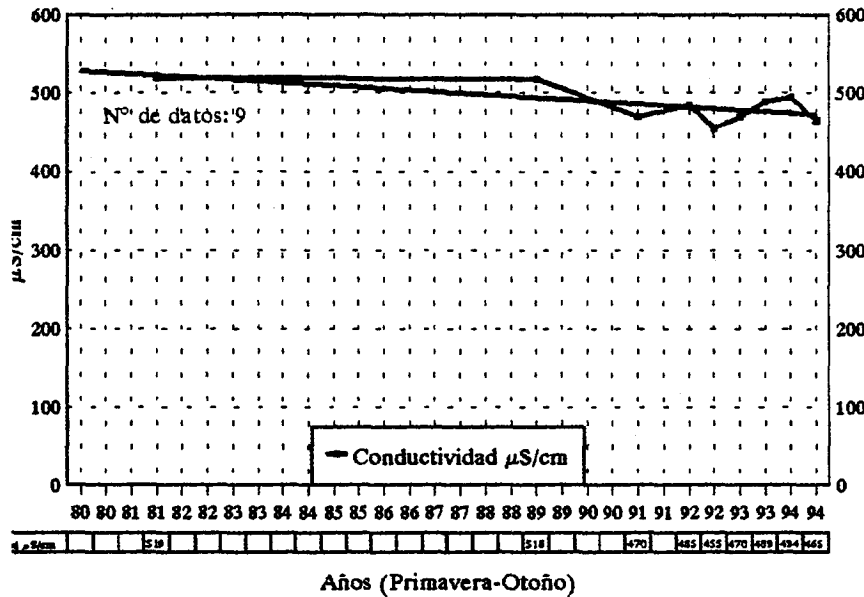
### 5.2.2 EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO EN NITRATOS

Otro aspecto que interesa contemplar es la variación histórica de las concentraciones de nitratos. La presencia de nitratos en las captaciones con máximo registro histórico se detecta en buena parte (78%) de los puntos seleccionados desde el comienzo de las series, como se indica en el cuadro 5.2.12.

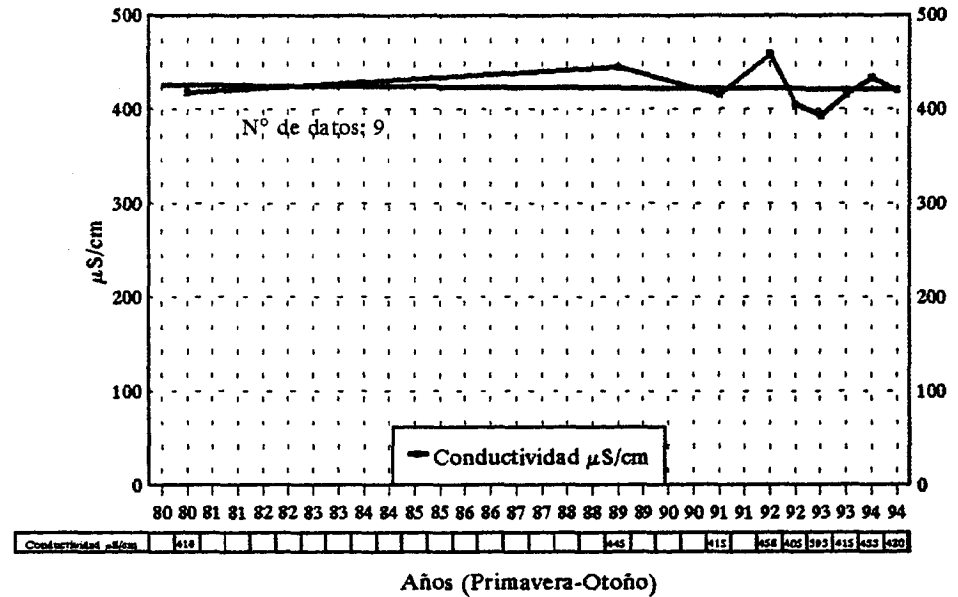


# Evolución de la conductividad y tendencia

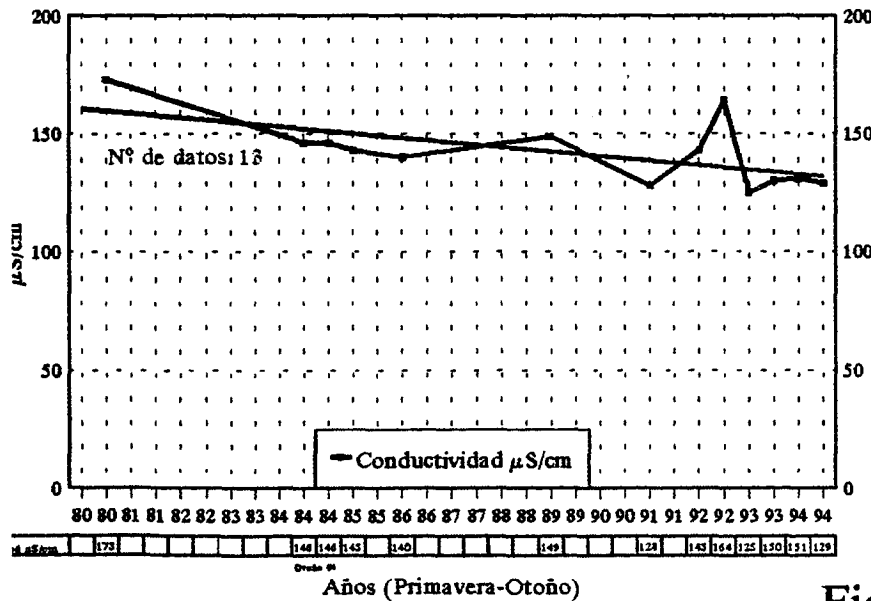
Punto 1921-8-0162.Viveros Z.V.92. Barajas.Prof: 125 m.



Punto 1921-8-0054.Granja Mi Tía Antonia.Alcobendas.Prof:167 m.



Punto 1922-1-0138.Finca Jaral.Pozuelo.Prof: 80 m.



Punto 1922-7-0005.Gasolinera.Vicálvaro.Prof: 35 m.

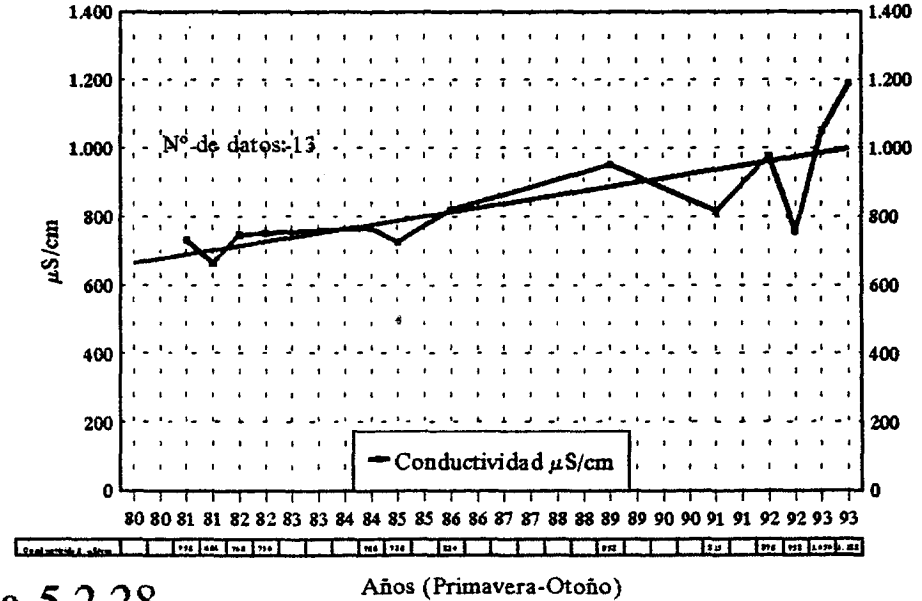
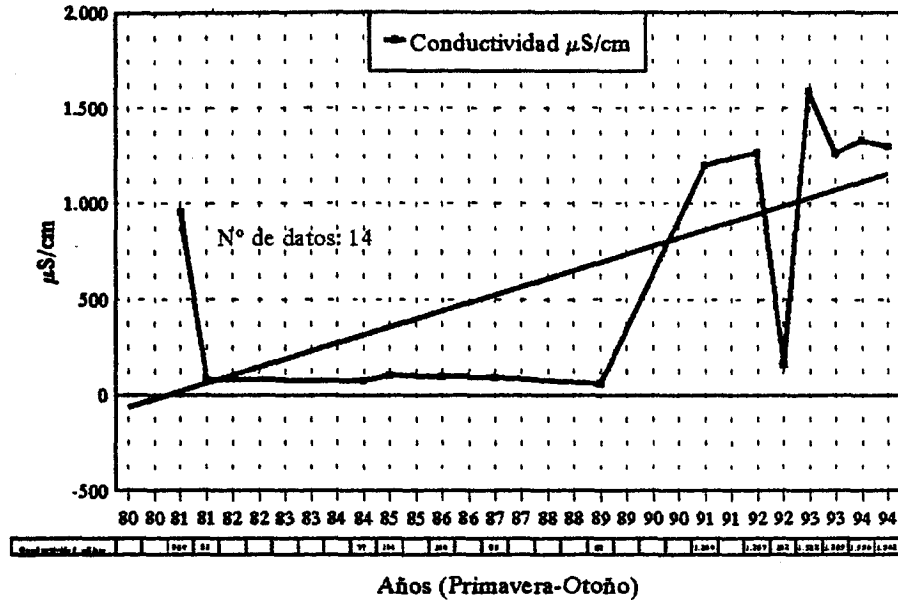


Figura 5.2.28

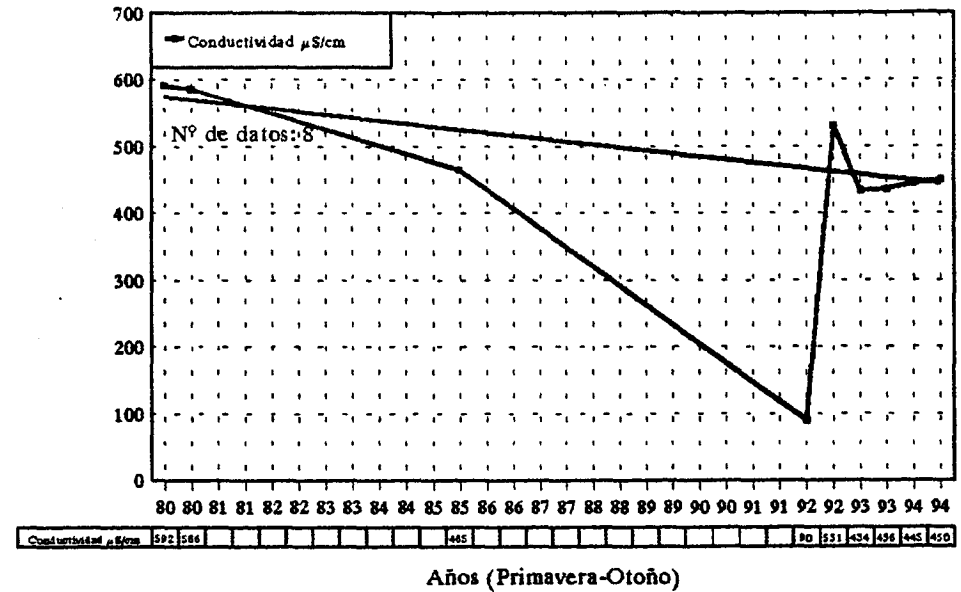


# Evolución de la conductividad y tendencia

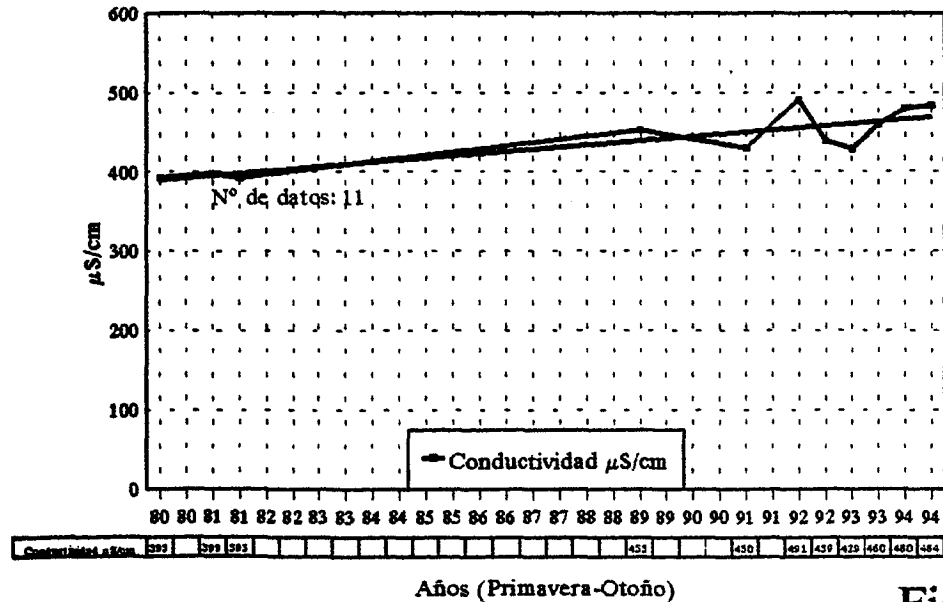
Punto 1922-3-0001.Gasolinera Bp.Manoteras.Prof: 130 m.



Punto 1922-2-0061.Instituto Llorente.Madrid.Prof:115 m.



Punto 1922-6-0024.Casa de Campo.Madrid.Prof: 240 m.



Punto 1922-1-0077.Chalet.Pozuelo de Alarcón.Prof:90 m.

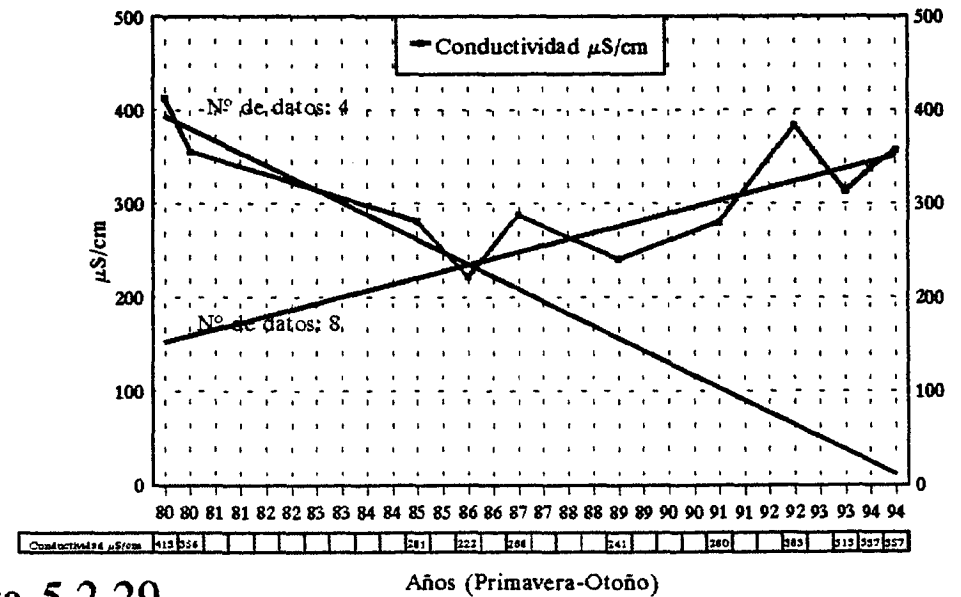
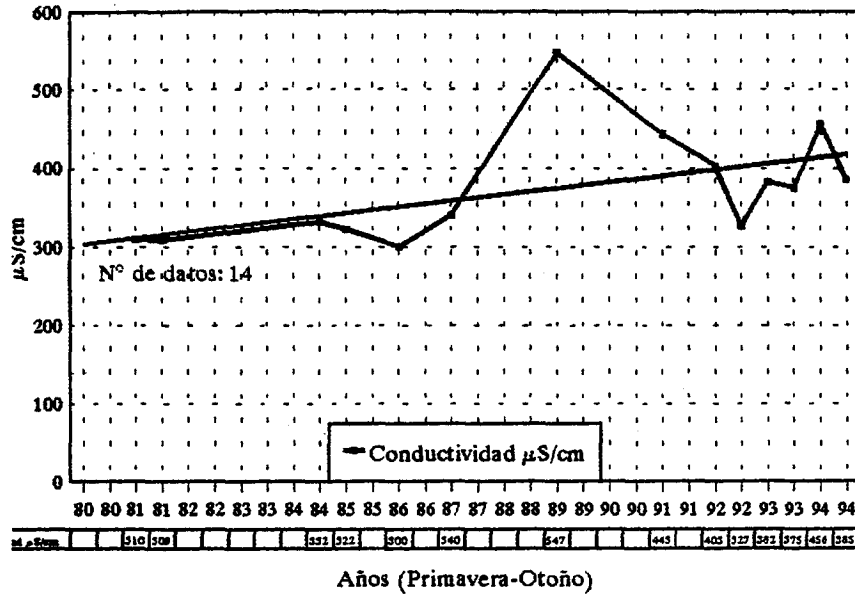


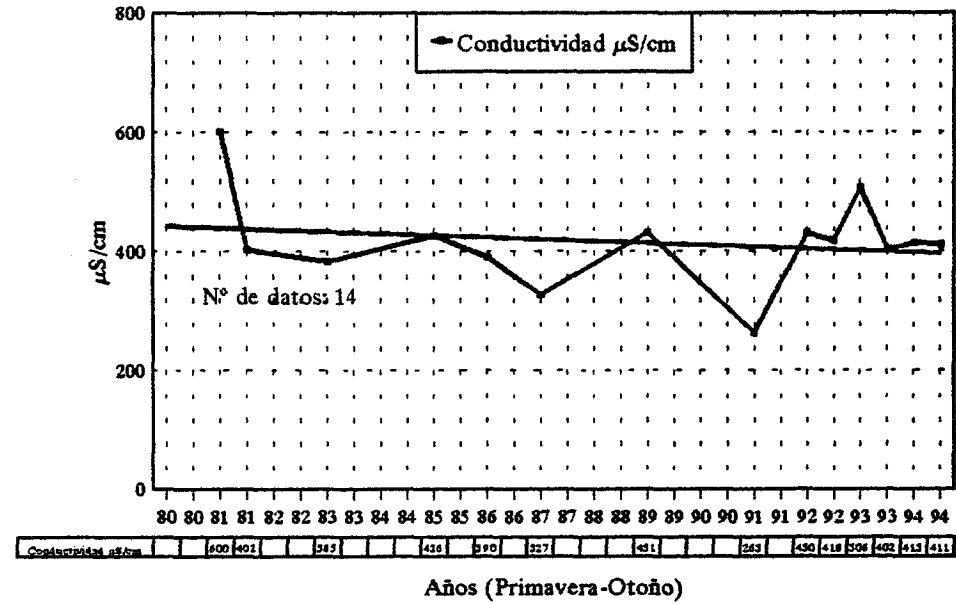
Figura 5.2.29



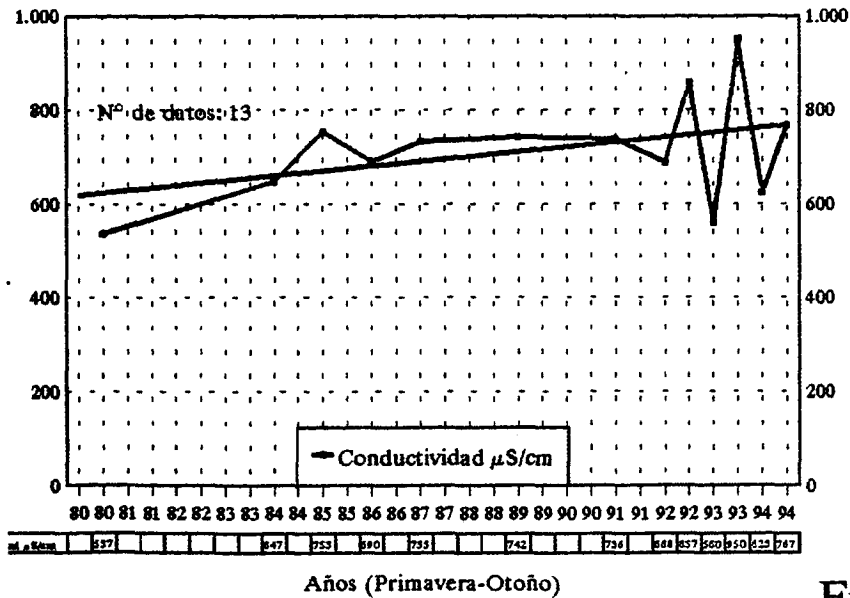
Punto 1921-4-0150.Imecrisa-GE. S.Agustín.Prof: 117 m.



Punto 1921-5-0003.Casa de Trofas.El Pardo.Prof:200 m.



Punto 1921-4-0028.Llano de Torrecilla.Algete.Prof:127 m.



Punto 1921-8-0129. Profundidad: 70 m.

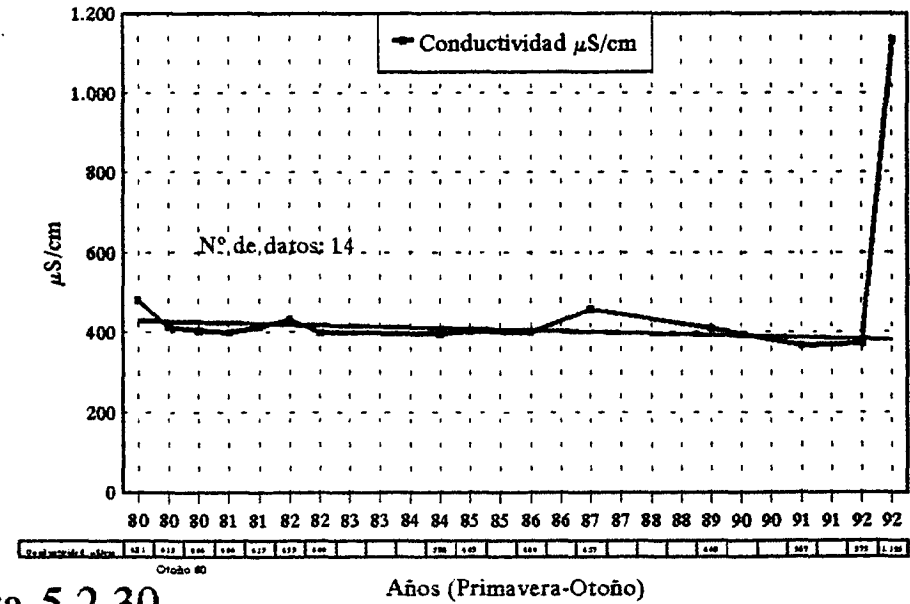
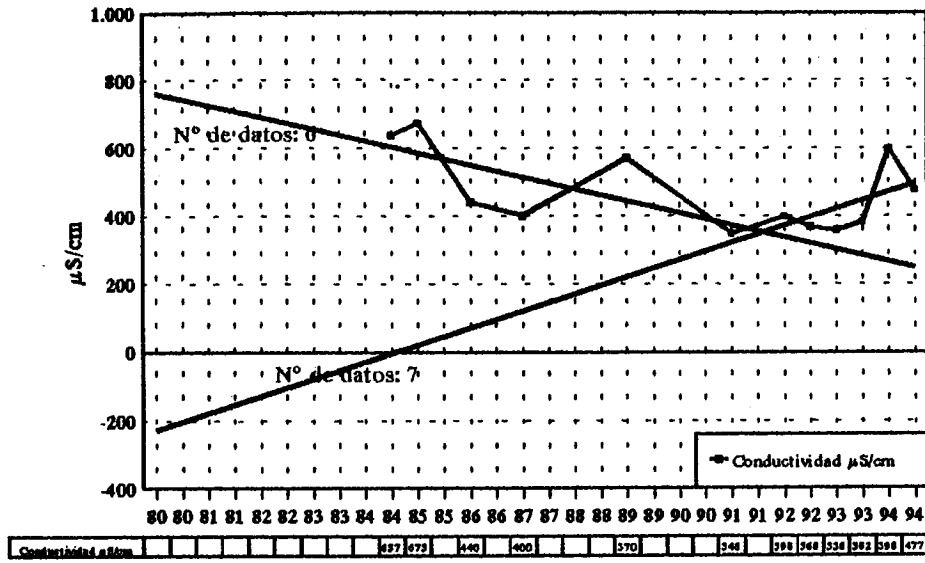


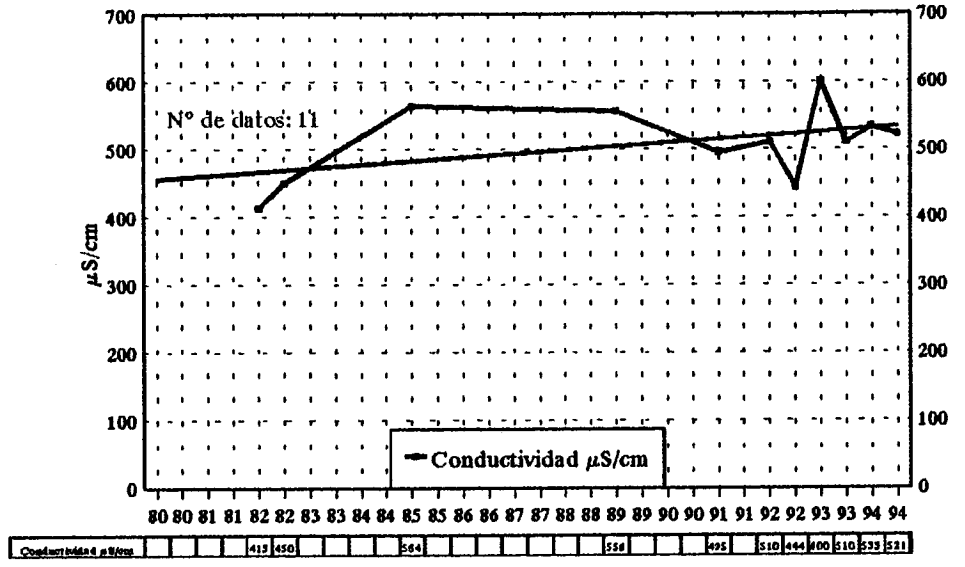
Figura 5.2.30

Punto 2020-2-0007.Fuente.Cubillo de Uceda.Prof: 0 m.



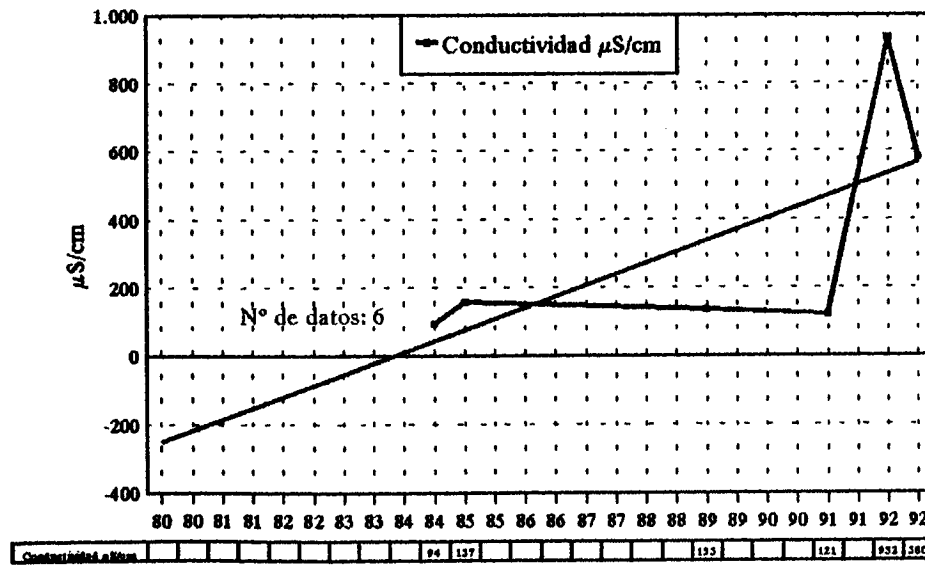
Años (Primavera-Otoño)

Punto 2019-5-0005.Casa Lorenzo.Patones.Prof: 211 m.



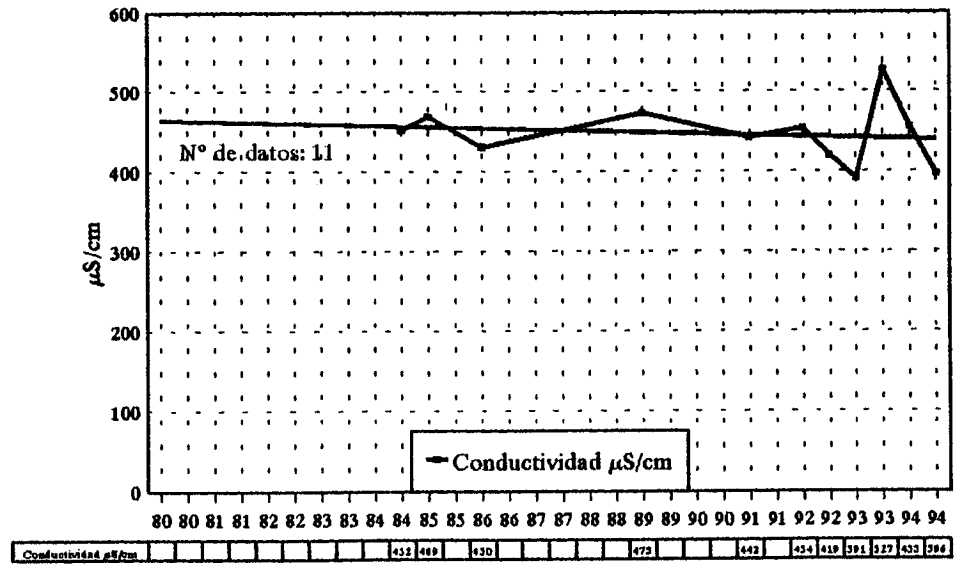
Años (Primavera-Otoño)

Punto 2019-5-0007.Manantial del Jardinillo.Patones.Prof:0 m.



Años (Primavera-Otoño)

Punto 2020-5-0044.Redland Ibérica.Valdetorres.Prof:100 m.

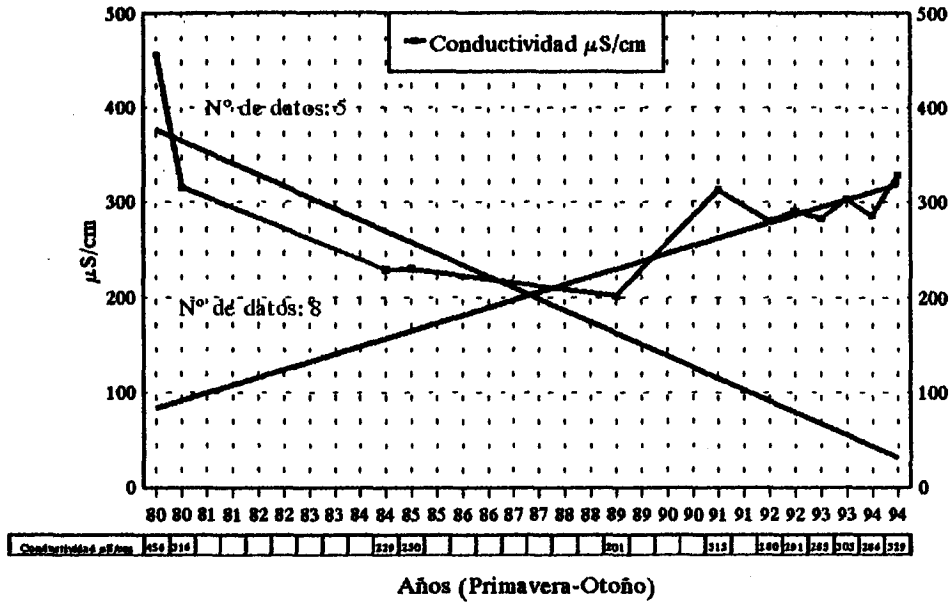


Años (Primavera-Otoño)

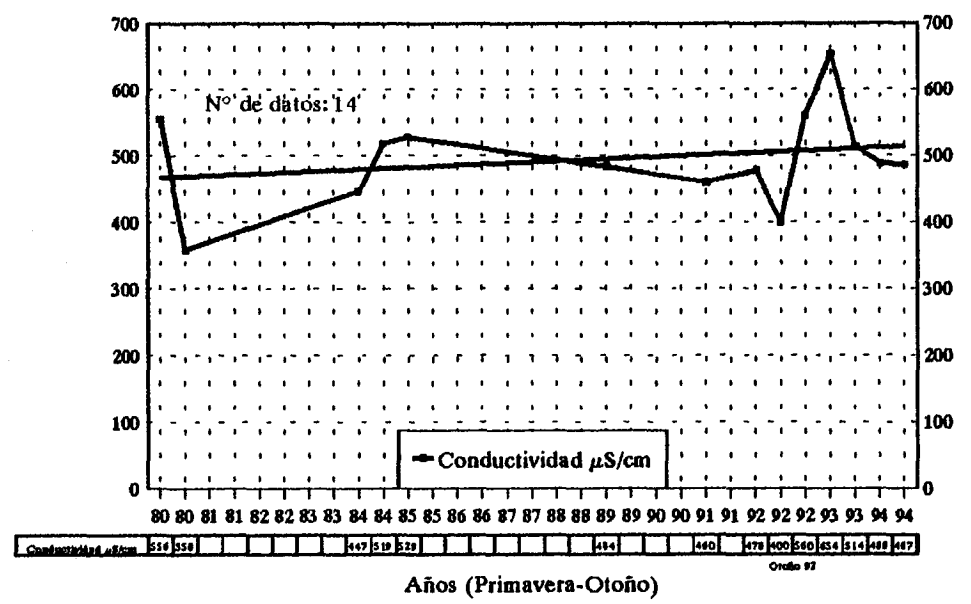
Figura 5.2.31



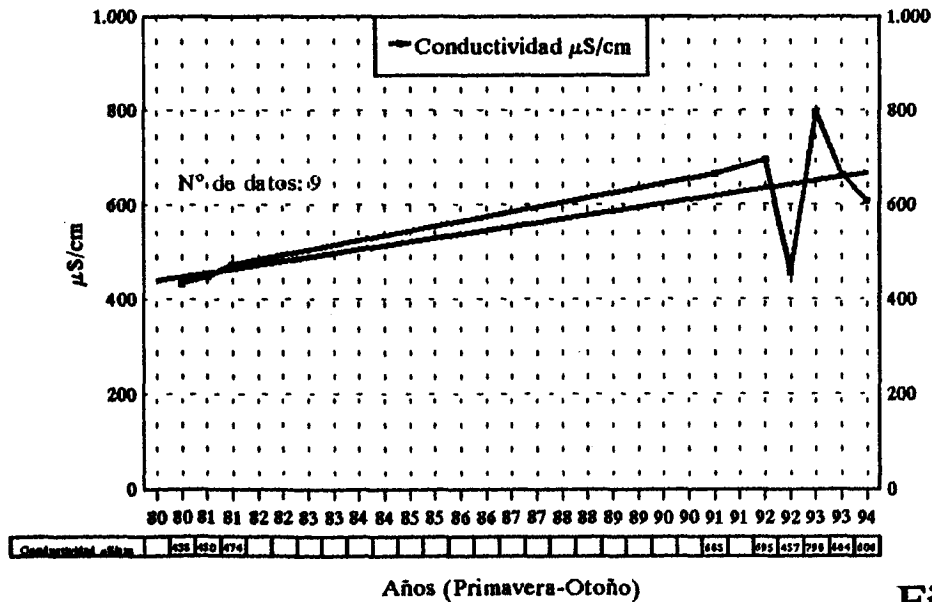
Punto 1920-8-0067.El Cavero.S.Agustín.Profundidad: 135 m.



Punto 1920-4-0005.PT-6 (C.Y.II).Profundidad: 185 m.



Punto 1920-4-0009. Profundidad: 240 m.



Punto 1921-4-0058.Los Carneros.Fuente el Saz.Prof:82 m.

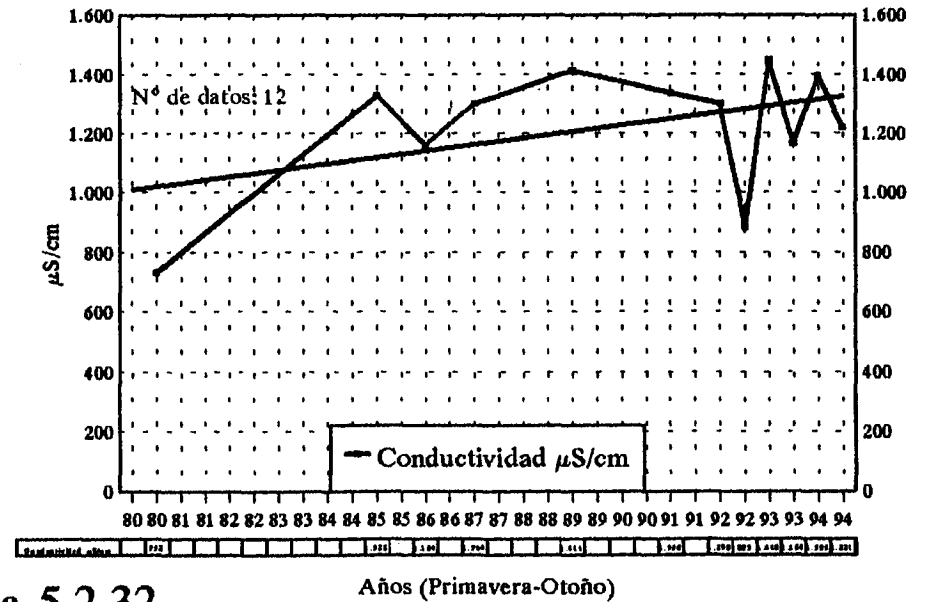
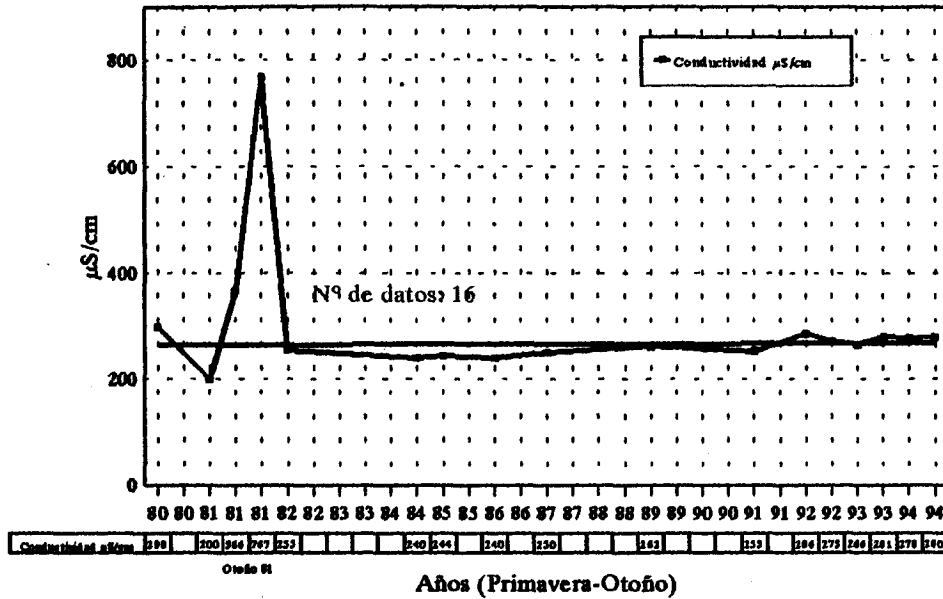
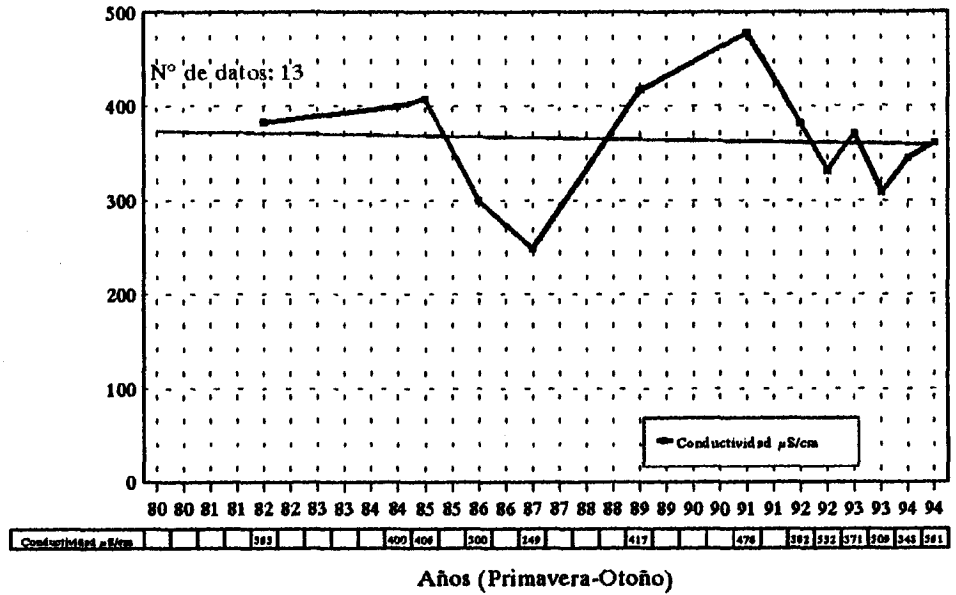


Figura 5.2.32

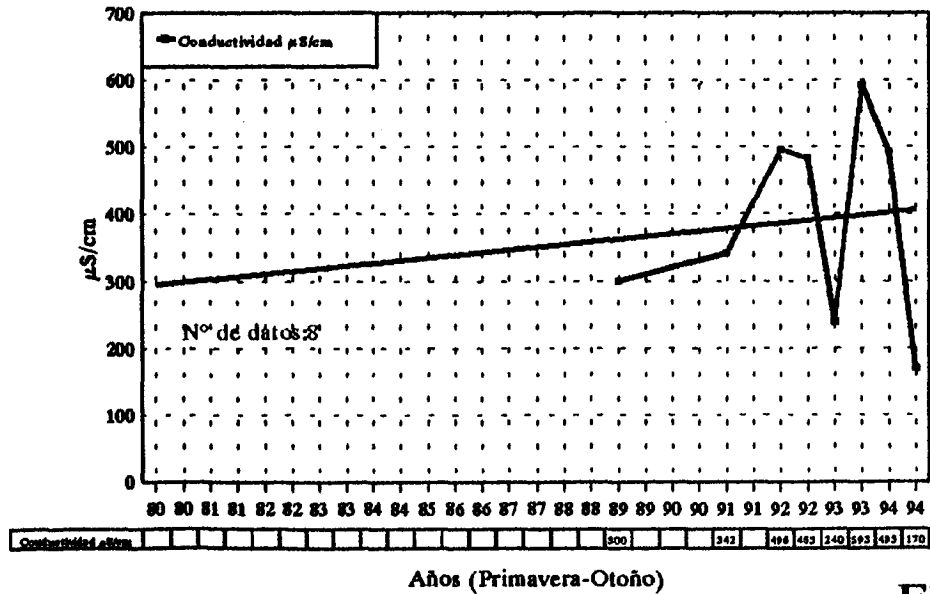
Punto 1822-4-0032. Residencia S. Cristóbal. Majadahonda. Prof: 100 m.



Punto 1822-3-0002. La Montaña. Villanueva del Pardillo. Profundidad: 43 m.



Punto 1822-8-0116. Profundidad: 60 m.



Punto 1822-8-0202. La Platera. Villaviciosa. Prof: 15 m.

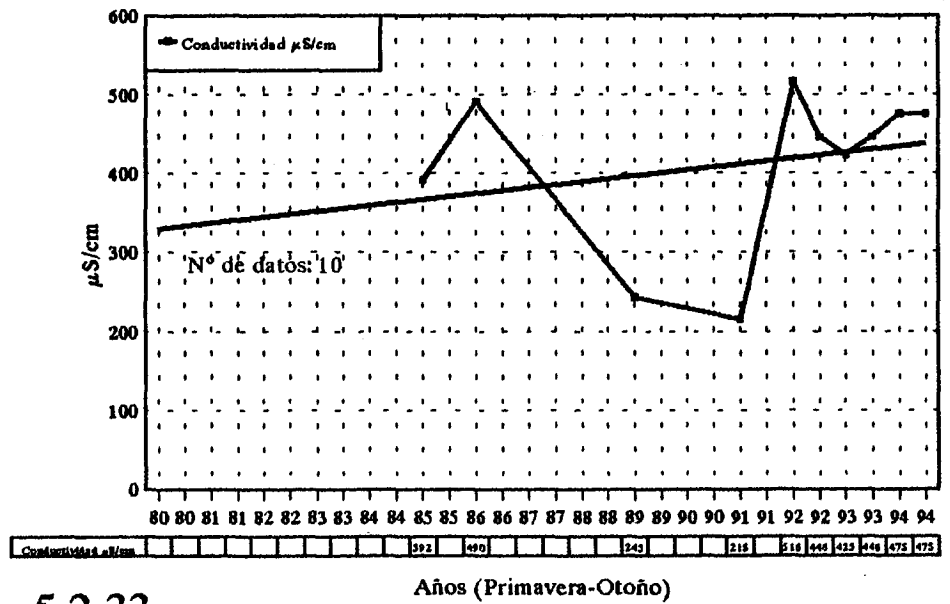








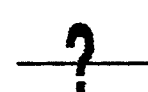


Figura 5.2.33

**CUADRO 5.2.10 TENDENCIAS DE CONDUCTIVIDAD**

**AÑOS 1980-1993**

TENDENCIA	PUNTOS	PROFUND (m)	n	%
	2020-2-0007	0	3	12.5
	1921-8-0162	125		
	1922-1-0138	80		
	1921-4-0028	127	9	37.5
	2019-5-0005	211		
	1921-4-0009	240		
	2019-5-0007	0		
	1822-8-0116	60		
	1922-7-0005	35		
	1922-3-0001	130		
	1922-6-0024	240		
	1822-8-0202	15		
1921-4-0058	82			
	2020-5-0044	100	3	12.5
	1921-8-0054	167		
	1920-4-0005	185		
	1922-1-0077	90	3	12.5
	1921-5-0003	200		
	1920-8-0067	135		
	1921-4-0150	117	1	4.0
	1921-8-0129	70	1	4.0
	1822-4-0032	100	1	4.0
	1822-3-0002	43	1	4.0
	1921-5-0003	200	2	8.3
	1922-2-0061	115		

Cuadro 5.2.12 Intervalos de concentración de NO<sub>3</sub> en el primer año de la serie.

	Nº puntos	Media	%
NO <sub>3</sub> = 0	5	0	21
0 < NO <sub>3</sub> < 25	13	11,5	54
25 < NO <sub>3</sub> < 50	3	33,3	12
NO <sub>3</sub> > 50	3	61	12

Las concentraciones máximas de nitratos (> 50 mg/l) se detectan en los puntos 2020-2-0007 (manantial), 1922-7-0005 (sondeo de 35 m de profundidad) y en el 1922-3-0001 (sondeo de 135 m de profundidad).

De las cinco captaciones en que no se detecta la presencia de nitratos en el primer año de la serie, tres (60%) corresponden a sondeos profundos, de 185, 211 y 240 m de profundidad respectivamente.

Aunque esta circunstancia parece indicar una relativa menor presencia de nitratos en pozos profundos, no debe olvidarse que en las otras dos captaciones de más de 150 m (40%) se detecta la presencia de nitratos en concentraciones de 20 y 23 mg/l.

Si se considera el conjunto de los 228 análisis disponibles (cuadro 5.2.13), con determinación de NO<sub>3</sub>, en el conjunto de las series, puede observarse que únicamente en el 11% (26 análisis) de las ocasiones las concentraciones sobrepasan los 50 mg/l; en el 24% de los casos la concentración está comprendida entre 25 y 50 mg/l y en el 65% (150 análisis) esta concentración se mantiene por debajo de los 25 mg/l.

Cuadro 5.2.13 Intervalos de concentración de nitratos en el conjunto de la serie.

Punto	Prof (m)	Nº datos NO <sub>3</sub>	> 50	%	25-50	%	< 25	%
2019-5-0007	0	5	-	-	-	-	5	100
2020-2-0007	0	10	4	40	6	60	-	-
1822-8-0202	15	8	0	0	1	13	7	87
1922-7-0005	35	13	13	100	-	-	-	-
1822-3-0002	43	11	-	-	9	82	2	18

Punto	Prof (m)	Nº datos NO <sub>3</sub>	> 50	%	25-50	%	< 25	%
1822-8-0116	60	6	-	-	-	-	6	100
1921-8-0129	70	14	1	7	-	-	13	93
1922-1-0138	80	11	-	-	-	-	11	100
1921-4-0058	82	10	2	20	5	50	3	30
1922-1-0077	90	9	-	-	4	45	5	55
2020-5-0044	100	9	-	-	-	-	9	100
1822-4-0032	100	15	2	13	11	74	2	13
1922-2-0061	115	7	-	-	1	14	6	86
1921-4-0150	117	12	-	-	-	-	12	100
1921-8-0162	125	7	-	-	-	-	7	100
1921-4-0028	127	11	-	-	10	90	1	10
1922-3-0001	130	12	4	33	1	8	7	59
1920-8-0067	135	10	-	-	-	-	10	100
1921-8-0054	167	7	-	-	3	43	4	57
1920-4-0005	185	8	-	-	-	-	8	100
1921-5-0003	200	12	-	-	1	8	11	92
2019-5-0005	211	5	-	-	-	-	5	100
1922-6-0024	240	9	-	-	-	-	9	100
1920-4-0009	240	7	-	-	-	-	7	100
<b>TOTAL</b>		228	26	11	52	24	150	65

Es de destacar que sólo en la captación 1922-7-0005 (gasolinera en Vicálvaro, actualmente tapado por una carretera) se sobrepasan sistemáticamente (100% de las ocasiones) los 50 mg/l.

Son numerosas las captaciones (62%) que presentan porcentajes elevados (80-100%) de análisis en que las concentraciones se mantienen por debajo de los 25 mg/l.

Las concentraciones máximas detectadas en el conjunto de la serie de datos correspondientes a las 24 captaciones seleccionadas oscilan entre 3 y 119 mg/l; las mínimas se sitúan entre 0 y 52 mg/l. Los valores medios oscilan en el intervalo de 1 a 73 mg/l. (Cuadro 5.2.14)

Las variaciones porcentuales sobre el valor mínimo llegan a alcanzar valores de hasta el 6.000% (punto 192140058) o del 3500% aunque por lo general estas variaciones se mantienen entre el 100 y el 500%. Pese a lo espectacular de estas variaciones porcentuales no debe olvidarse que el rango de variabilidad de los valores máximos en el conjunto de la serie es, salvo contadas ocasiones, de 0 a 50 mg/l.

Las desviaciones sobre la media son de mucha menor entidad. Así, en relación con los valores mínimos, las diferencias no sobrepasan los 30 mg/l y, en relación con los máximos, las diferencias son de menos de 58 mg/l (Cuadro 5.2.14)

Las pautas de variación de las concentraciones de NO<sub>3</sub> por campañas son muy variables.

Se dispone de 17 datos (figura 5.2.34) sobre puntos con información en dos campañas consecutivas y de 22 puntos con información en cuatro campañas consecutivas.

En el caso de dos campañas consecutivas se detectan las pautas de variación señaladas en la figura 5.2.35 (A)

Como puede observarse, y era de esperar, la pauta predominante es la de variación positiva o negativa i.e, aumento o disminución de concentraciones (88%) de los casos frente al mantenimiento de las mismas de una campaña a otra.

En el caso de disponer de datos de cuatro campañas consecutivas, el resumen es el siguiente (cuadro 5.2.15):

Cuadro 5.2.15 Variaciones de concentración de NO<sub>3</sub> en series con cuatro campañas consecutivas.

Puntos con:	1 <sup>a</sup> - 2 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup> - 3 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup> - 4 <sup>a</sup>
Aumento concentración	6	14	13
Disminución concentración	11	6	5
Concentración constante	5	2	4

Al igual que en el caso de las dos campañas, la característica principal es la de que se produzcan variaciones positivas o negativas de concentración frente a la situación en que estas concentraciones se mantienen constantes.

Las pautas de variación observadas se reflejan en la figura 5.2.35 (B)



Cuadro 5.2.14

Datos estadísticos de concentración de Nitratos (mg/l):  
(Cifras redondeadas)

Punto	Prof	Nº análisis	max	min	Diferencia	%variación sobre mínimo	Media	ds	Desviación sobre la media	
									(media-min)	(max-media)
1821-7-0009	170	9	16	11	5	45,5	13,2	1,4	2,2	2,8
1822-3-0002	43	13	40	19	21	110,5	28,7	5,4	9,7	11,3
1822-4-0032	100	17	65	20	45	225,0	35,8	11,3	15,8	29,2
1822-8-0116	60	8	6	0	6		2,0	2,1	2,0	4,0
1822-8-0202	15	10	40	15	25	166,7	20,7	7,0	5,7	19,3
1920-4-0005	185	14	4	0	4		1,2	1,1	1,2	2,8
1920-4-0009	240	8	6	0	6		1,8	2,0	1,8	4,3
1920-8-0067	135	12	22	5	17	340,0	12,1	5,2	7,1	9,9
1921-4-0028	127	13	49	22	27	122,7	31,3	6,9	9,3	17,7
1921-4-0058	82	12	61	1	60	6000,0	32,4	16,6	31,4	28,6
1921-4-0150	117	14	16	0	16		6,7	4,6	6,7	9,3
1921-5-0003	200	14	34	0	34		4,8	9,0	4,8	29,2
1921-8-0054	167	9	29	17	12	70,6	23,6	4,6	6,6	5,5
1921-8-0129	70	14	72	2	70	3500,0	13,9	17,4	11,9	58,1
1921-8-0162	125	9	9	3	6	200,0	5,8	1,7	2,8	3,2
1922-1-0077	90	11	35	12	23	191,7	24,6	7,6	12,6	10,4
1922-1-0138	80	13	17	0	17		10,5	4,2	10,5	6,5
1922-2-0061	115	9	34	0	34		5,3	10,8	5,3	28,7
1922-3-0001	130	14	96	0	96		38,9	39,6	38,9	57,2
1922-6-0024	240	11	22	11	11	100,0	16,1	2,9	5,1	5,9
1922-7-0005	35	13	119	52	67	128,8	73,5	17,2	21,5	45,5
2019-5-0005	211	7	5	0	5		1,1	1,8	1,1	3,9
2019-5-0007	0	5	6	1	5	500,0	2,2	2,2	1,2	3,8
2020-2-0007	0	12	74	34	40	117,6	51,4	12,6	17,4	22,6
2020-5-0044	100	11	22	12	10	83,3	15,5	3,2	3,4	6,6

## Pautas de variación de nitratos por campañas

(Al menos 2 consecutivas en series de más de 5 años)

punto	prof(m)	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93		
1822-3-0002	43					30	28							26	19	30	23
1822-4-0032	100		20	40	35	53	35	31						33	33	30	42
1822-8-0116	60													1	3	0	6
1822-8-0202	15													18	15	19	17
1920-4-0005	185													1	1	1	2
1920-4-0009	240													1	1	1	3
1920-8-0067	135					8	5							10	12	14	15
1921-4-0028	127													28	29	25	22
1921-4-0058	82													19	25	26	29
1921-4-0150	117		2	0		2	2							8	6	10	9
1921-5-0003	200													2	2	1	2
1921-8-0054	167													26	18	26	27
1921-8-0129	70	5	15	2	9	16	11	8	6					5	72		
1921-8-0162	125													5	4	6	6
1922-1-0077	90																
1922-1-0138	80					13	17	13						10	8	10	8
1922-2-0061	115		0	0										4	1	2	34
1922-3-0001	130		33	0		1	2							77	3	49	88
1922-6-0024	240		11	14										16	13	16	16
1922-7-0005	35		62	78	62	84	84	82						68	52	61	76
2019-5-0005	211			0	5											0	1
2019-5-0007	0															2	6
2020-2-0007	0					68	65							42	42	47	47
2020-5-0044	100					22	17							13	12	14	19

Figura 5.2.34

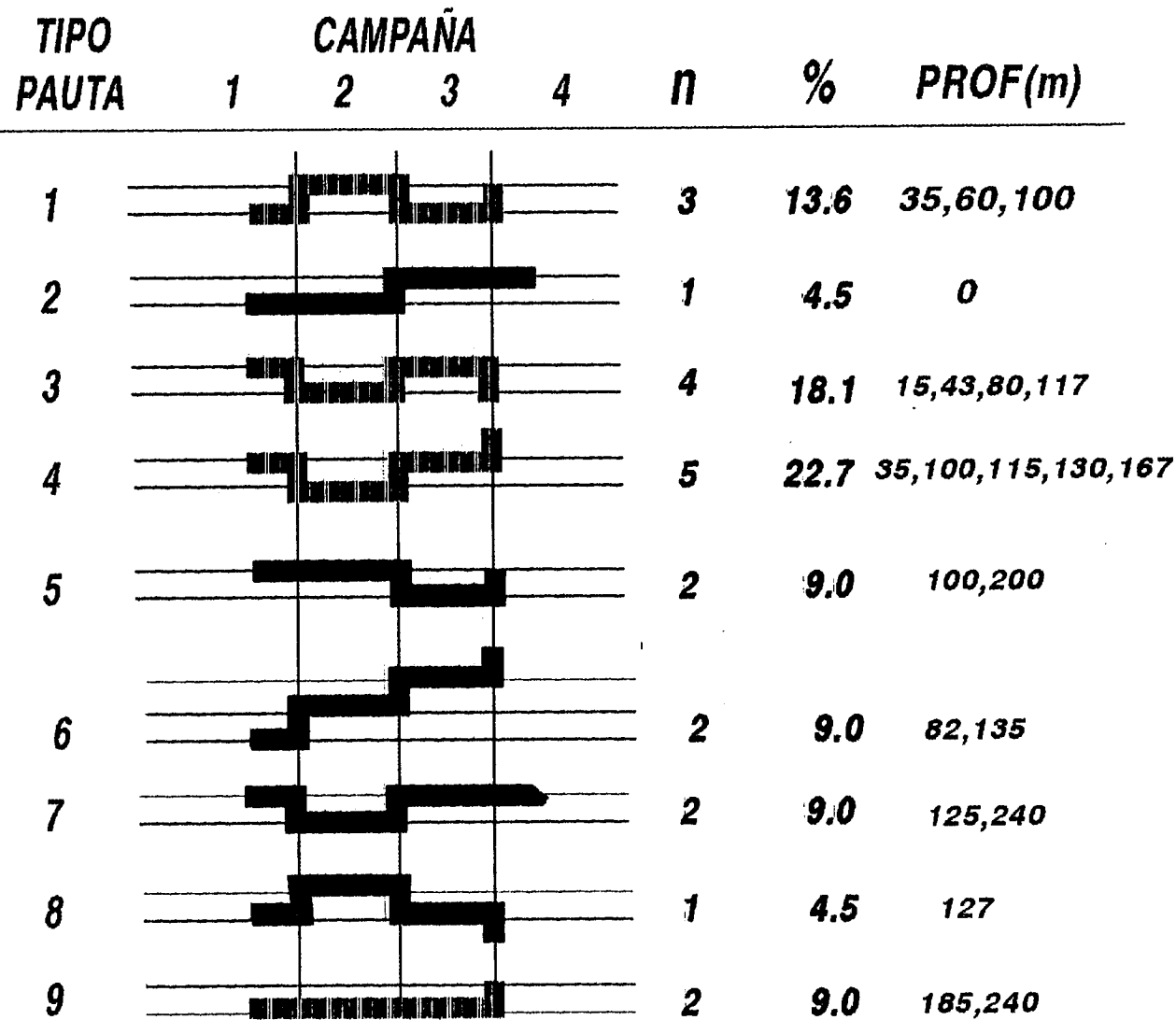
# PAUTAS DE VARIACION DE LAS CONCENTRACIONES DE NO3-

## SERIES DE CUATRO CAMPAÑAS CONSECUTIVAS

SERIES DE DOS CAMPAÑAS CONSECUTIVAS				
	CAMPAÑA		PUNTOS	%
	1ª	2ª		
PAUTA			7	41
PAUTA			8	47
PAUTA			2	11

(A)

FIG 5.2.35



(B)

Porcentualmente las pautas más frecuentes son las 3 y 4 (18.1 y 22.7 % respectivamente)

Es de destacar la relativa tendencia al mantenimiento de concentraciones en las captaciones de más de 150 m. Sólo en captaciones de este tipo se da la circunstancia del mantenimiento de concentraciones durante tres campañas consecutivas.

En series de cuatro años las mayores variaciones de concentración se producen en los puntos 1922-2-0061 en el que la concentración pasa de 2 a 34 mg/l y en el 1922-3-0001 en el que las concentraciones pasan de 2 a 67 mg/l entre el año 89 y el 91, de 77 a 3 m/l entre la primavera y el otoño del año 92 y de 49 a 88 mg/l entre la primavera y el otoño del año 93.

En series de dos años las mayores variaciones se producen en los puntos 1922-3-0001 (de 53 a 0 mg/l) y 1921-8-0129 (de 5 a 72 mg/l)

Los saltos bruscos de concentración de nitratos no aparecen asociados a variaciones en el método de muestreo, que se ha mantenido invariable para cada captación. Mayor incidencia en estas variaciones podrían tener las pautas de explotación del sondeo correspondiente y el momento del muestreo en relación con el tiempo de funcionamiento de la captación.

Aunque la presencia de bajas concentraciones de  $\text{NO}_3$  (0-20 mg/l) parece ser la tónica más frecuente en los pozos más profundos, casos puntuales de concentraciones igualmente bajas se producen en pozos menos profundos como el 1920-8-0067 (135 m), el 1921-8-0162 (125 m), 1822-8-0116 (60 m) o, incluso, en el 1822-8-0202 de 15 m de profundidad.

La causa de esta variabilidad no se conoce; estas variaciones no se asocian a zonas concretas ni situaciones hidrogeológicas determinadas.

### **5.2.3 CONCLUSIONES**

A modo de conclusión sobre la evolución observada en la calidad del agua subterránea en la zona, con las limitaciones derivadas de la escasa representatividad de los datos que se han utilizado, puede afirmarse que :

- ✓ Se detectan variaciones positivas y negativas en la conductividad y en las concentraciones de nitratos. El máximo rango de las diferencias anuales puede ser

similar o mayor que el de las variaciones interanuales

✓ Estas variaciones se producen en cualquier punto de la serie aunque se detectan con más frecuencia entre 1991 y 1993 como consecuencia de la mayor continuidad de las series entre estas fechas.

✓ Las pautas de variación cambian de un año a otro y no son, en general, una característica del pozo constante a largo plazo.

✓ Se detecta la presencia histórica de nitratos en sondeos de profundidad muy diferente, con concentraciones variables que no suelen sobrepasar sistemáticamente el valor de 50 mg/l.

✓ Las variaciones porcentuales sobre los valores mínimos pueden ser espectaculares.

✓ Estas variaciones se asocian generalmente a variaciones de iones mayoritarios, conjuntamente y en el mismo sentido, no a variaciones de un único o un par de iones determinados que pudieran reflejar la incidencia de un único proceso geoquímico en estas variaciones.

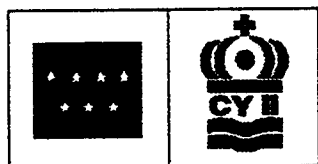
✓ Las variaciones detectadas no se asocian a captaciones con determinada profundidad ni a cambios significativos de nivel piezométrico ni a variaciones en el método de muestreo o fechas de las campañas de muestreo (primavera/otoño).

✓ Asociados a los cambios en la composición iónica, se presentan, lógicamente, cambios en la calidad del agua ligados fundamentalmente a variaciones de  $\text{SO}_4$ , Mg,  $\text{NO}_3$  y conductividad que sobrepasan los límites de la R.T.S.

✓ Las conclusiones sobre las tendencias de parámetros químicos de un pozo pueden depender del esquema de muestreo y de su relación con el régimen de explotación del mismo.



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España



Canal de  
Isabel II

**CAPÍTULO 6**  
**CARACTERIZACIÓN DE LA**  
**CALIDAD ACTUAL**

## **6.- CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD ACTUAL**

### **6.1. LA CALIDAD EN LA PRIMAVERA DE 1995**

El estudio de la calidad actual del agua subterránea en la zona de estudio - primavera de 1995 - se aborda a dos niveles de detalle :

- \* Calidad en el conjunto de la zona y
- \* Calidad en los Sistemas Generales.

Dadas las numerosas incertidumbres sobre características fundamentales del acuífero (distribución detallada de litología, mineralogía, etc) y de algunas captaciones (posición de niveles estáticos, esquema de explotación, etc,) así como el hecho de la simultaneidad de los procesos de incorporación de solutos a las aguas subterráneas y de los fenómenos de modificación del quimismo de las mismas, este estudio no puede descender al nivel de justificación de detalle del quimismo observado sino que ha de mantenerse, necesariamente, en términos de "coherencia" entre los procesos observados y el soporte fisicoquímico en que se desarrollan.

No debe extrañar, pues, que se señalen peculiaridades aparentemente anómalas o sin justificación suficiente que, a distinta escala y con un nivel óptimo de información, no resultarían tales.

#### **6.1.1 LA CALIDAD EN EL CONJUNTO DE LA ZONA.**

La composición química del agua subterránea en el conjunto de la zona de estudio se establece a partir de los datos de 105 análisis químicos recogidos en los sondeos cuya relación se adjunta en el cuadro 6.1.1.1 durante la campaña de muestreo realizada entre los meses de mayo y junio de 1995.

La situación y distribución espacial de los puntos de muestreo se presenta en el plano 6.1.1.1 y en los planos nº 1 al 7, a escala 1/50.000, incluidos en el anexo de Cartografía.

En las correspondientes fichas de inventario se incluyen los originales de los análisis químicos utilizados y las fichas de campo cumplimentadas durante la campaña de muestreo.

En el anexo 6.1.1. se incluye un resumen de los análisis químicos utilizados.

Para el muestreo se han elegido sondeos con profundidad de más de 100 metros, excepto en las

## Cuadro 6.1.1.1

RELACIÓN DE SONDEOS MUESTREADOS  
EN LA CAMPAÑA DE PRIMAVERA DE 1995

XUTM	YUTM	PROF	HOJA	OCT	PUNTO	Nombre
419268	4485569	170	1821	7	0009	Finca Mahou (R.V.C)
421755	4489102	393	1821	8	0105	Urb. Montegolf-7
423126	4484877	250	1821	8	0106	Urb. La Chopera
415684	4482106	43	1822	3	0002	Finca Montana (R.V.C)
418819	4480004	200	1822	3	0098	Urb.V.Castillo. P. Brezos
420400	4480150	400	1822	3	0099	Urb.V.Castillo.P.Ayto
414774	4477831	200	1822	3	0100	VC-1
426893	4478199	100	1822	4	0032	Centro Mosen-Sol (R.V.C)
426310	4479220	490	1822	4	0202	MJ-1
425056	4476124	110	1822	4	0205	Urb.Valepastores-8
423571	4476902	400	1822	4	0206	Urb. Las Lomas-52
422923	4477400	450	1822	4	0207	Urb. Las Lomas.P.Sella
418026	4474432	180	1822	7	0082	Urb. Guadamonte
414055	4468101	180	1822	7	0083	SV-1.Urb.Los Manantiales
415340	4473790	250	1822	7	0085	BR-2
423305	4470831	60	1822	8	0116	Km.12 Ctra.M-511(R.V.C)
422346	4467076	15	1822	8	0202	Finca La Platera (R.V.C)
423890	4468860	210	1822	8	0208	VO-4
425260	4473880	200	1822	8	0212	BO-2
452390	4519340	185	1920	4	0005	PT-6 (R.V.C)
450100	4517860	47	1920	4	0026	Bepesa-Danosa S.A
454120	4516950	135	1920	4	0036	<b>PRADO DEL CUBO</b>
446620	4504830	204	1920	7	0010	<b>S. Agustín Guadalupe</b>
449110	4506220	180	1920	8	0066	Urb. Valdeoliva Alto
438231	4498638	100	1921	2	0019	Viveros Ortiz Laina
441814	4495474	305	1921	2	0020	Urb Soto de Vifuelas
447664	4499006	238	1921	3	0016	Finca Las Puebas
442390	4495920	441	1921	3	0017	CB-5
441970	4495260	400	1921	3	0018	CB-6
447740	4496380	332	1921	3	0019	U.Ciudalcampo-Adarraga
453612	4496379	82	1921	4	0058	F. Los Carneros (R.V.C)
449450	4496710	265	1921	4	0133	U.Ciudalcampo-D.Lozano
450601	4497567	220	1921	4	0139	Race (R.V.C)
449452	4500782	120	1921	4	0150	Imecrisa-G.E S.A (R.V.C)
451001	4498813	300	1921	4	0155	U.Sto.Domingo-Barranca
451699	4499378	300	1921	4	0156	U.Sto.Domingo.Depósito
450765	4492919	250	1921	4	0162	AGUILA-6
450811	4492828	250	1921	4	0165	AGUILA-7
434713	4483996	200	1921	5	0003	P.N. Casa Trofas (R.V.C)
438300	4486120	441	1921	6	0079	FPD-1
438300	4484120	437	1921	6	0080	FX-3
438110	4484790	431	1921	6	0081	FA-3
438010	4485130	450	1921	6	0082	FB-2
438520	4486730	505	1921	6	0093	FE-1
438990	4484140	441	1921	6	0094	FX-4
437390	4484900	475	1921	6	0095	FA-1
440070	4489500	441	1921	6	0096	G-1
439800	4490320	418	1921	6	0097	CA-3
440280	4489060	406	1921	6	0098	CA-4
440500	4488450	410	1921	6	0099	CA-5
441530	4491630	404	1921	6	0100	CB-9
440820	4485080	503	1921	6	0102	CB-15
441850	4491110	425	1921	6	0103	CB-4
442637	4492793	398	1921	7	0158	CB-7
442243	4492411	415	1921	7	0159	CB-8



Cuadro 6.1.1.1

RELACIÓN DE SONDEOS MUESTREADOS  
EN LA CAMPAÑA DE PRIMAVERA DE 1995

XUTM	YUTM	PROF	HOJA	OCT	PUNTO	Nombre
442230	4489030	408	1921	7	0160	<b>CB-11</b>
442300	4488450	409	1921	7	0161	<b>CB-12</b>
442410	4487490	414	1921	7	0162	<b>CB-13</b>
445430	4488780	255	1921	7	0163	Alcobendas. P.Navarra
445990	4488220	246	1921	7	0164	Alcobendas. P.Cataluña
446630	4490320	300	1921	7	0165	S.S. Reyes. P.Euskadi
449859	4491826	112	1921	8	0043	Valdelahiguera (R.V.C)
450319	4484503	167	1921	8	0054	Granja Antonia (R.V.C)
451973	4484213	125	1921	8	0162	Viveros Z.V. 92 (R.V.C)
451311	4491927	200	1921	8	0176	Iberiplasa S.A
453532	4490731	180	1921	8	0199	Ayto.Belvis del Jarama
429898	4475632	90	1922	1	0077	Chalet de Pozuelo (R.V.C)
431730	4475623	160	1922	1	0112	Colegio Retamar
429050	4475300	450	1922	1	0179	<b>MONTEALINA-6</b>
428730	4475800	448	1922	1	0180	<b>MONTEALINA-7</b>
428390	4480880	495	1922	1	0181	<b>PM-1</b>
428110	4480280	513	1922	1	0182	<b>PM-2</b>
436410	4480237	115	1922	2	0061	Instituto Llorente (R.V.C)
441110	4482450	360	1922	2	0071	Clesa S.A
439111	4479109	320	1922	2	0115	Ayt.Madrid. Dehesa Villa
438350	4483450	473	1922	2	0117	<b>FU-3</b>
440134	4480842	150	1922	2	0118	J.M.D.Fuencarral.Alcazaba
436518	4478088	200	1922	2	0119	Club de Campo
444454	4479685	153	1922	3	0027	Ayt.Madrid. Pinar Rey
442437	4478337	156	1922	3	0028	Ayt.Madrid. Berlín
455800	4475525	8	1922	4	0141	Ayto. S.F. de Henares
455290	4476595	6	1922	4	0142	Ayto. Coslada
430700	4470700	187	1922	5	0201	<b>RETAMARES-1</b>
429820	4472520	430	1922	5	0202	<b>CANAL OESTE-3</b>
429740	4474850	386	1922	5	0203	<b>LA CABAÑA</b>
430372	4467662	100	1922	5	0204	Ayt.Alcorcón. Sahagún
428806	4465570	100	1922	5	0205	Ayt.Alcorcón.S.Domingo
431094	4466520	100	1922	5	0206	Ayt.Alcorcón.O.Ochoa
436010	4473840	240	1922	6	0024	Casa de Campo (R.V.C)
462022	4525369	212	2019	5	0005	Casa Lorenzo (R.V.C)
461816	4524808	262	2019	5	0011	<b>PT-4</b>
459939	4523324	202	2019	5	0012	<b>M-2A</b>
457900	4521770	195	2019	5	0013	<b>M-1</b>
461480	4524738	184	2019	5	0016	<b>VALDENTALES</b>
468525	4521618	215	2019	6	0001	Ayto. Casa de Uceda
457475	4511980	208	2020	1	0013	Finca La Capea S.A
461120	4512560	280	2020	1	0014	Ayto. Valdepiélagos
461170	4517650	240	2020	1	0015	U.Pefarrubia.Depósito
465010	4513090	185	2020	2	0004	Ayto. Mesones
467940	4512980	222	2020	2	0006	Ayto. Valdenuño
465740	4519760	180	2020	2	0009	Ayt. El Cubillo de Uceda
456893	4507529	100	2020	5	0044	Redland Ibérica (R.V.C)
457600	4506800	300	2020	5	0050	Ayto.Valdetorres Jarama
456830	4503120	60	2020	5	0051	Finca Valdetorres C.A.M
463037	4506005	251	2020	5	0052	Urb. El Coto-3
466941	4502988	180	2020	6	0024	Ayto. Ribatejada
464762	4503811	250	2020	6	0034	Urb. Montecalderón-5

ocasiones en que ello no ha sido posible por condicionantes de inexistencia o inaccesibilidad de puntos con estas características en la zona de muestreo correspondiente.

Excepcionalmente se han muestreado los pozos 1922-4-0141 y 1922-4-0142 de los Ayuntamientos de S. Fernando de Henares y Coslada respectivamente, de 8 y 6 m de profundidad, que, por sus características anómalas en relación con el resto de los puntos muestreados, no se han considerado.

Como puede observarse en el cuadro 6.1.1.2, la distribución de los sondeos muestreados por intervalos de profundidad es la siguiente

*Cuadro 6.1.1.2. Distribución de sondeos muestreados por intervalos de profundidad*

Intervalo de profundidad (m)	Nº de sondeos	%
10 - 100	13	12,5
100 - 200	29	28
200 - 300	25	24
300 - 400	10	9,6
400 - 500	24	23
> 500	3	2,9

Los intervalos de profundidad en que se agrupan mayor número de sondeos son los de 100 - 200 m (28%), 200 - 300 m (24%) y 400 - 500 m (23%). En este último grupo se incluye buena parte de los sondeos de los Sistemas Generales.

En consecuencia, el 75% de las muestras recogidas corresponden a sondeos con profundidades comprendidas entre los 100 y 300 m (52 %) y 400 - 500 m (23 %). Los sondeos con profundidades superiores a 500 m sólo representan el 3 %. Buena parte de los sondeos muestreados se ubican en zonas de interfluvio de los principales ríos de la zona.

Un dato que merece ser tenido en cuenta es el de la profundidad media de las bombas de los sondeos muestreados y el de espesor medio del tramo de sondeo por debajo de las bombas (cuadro 6.1.1.3)

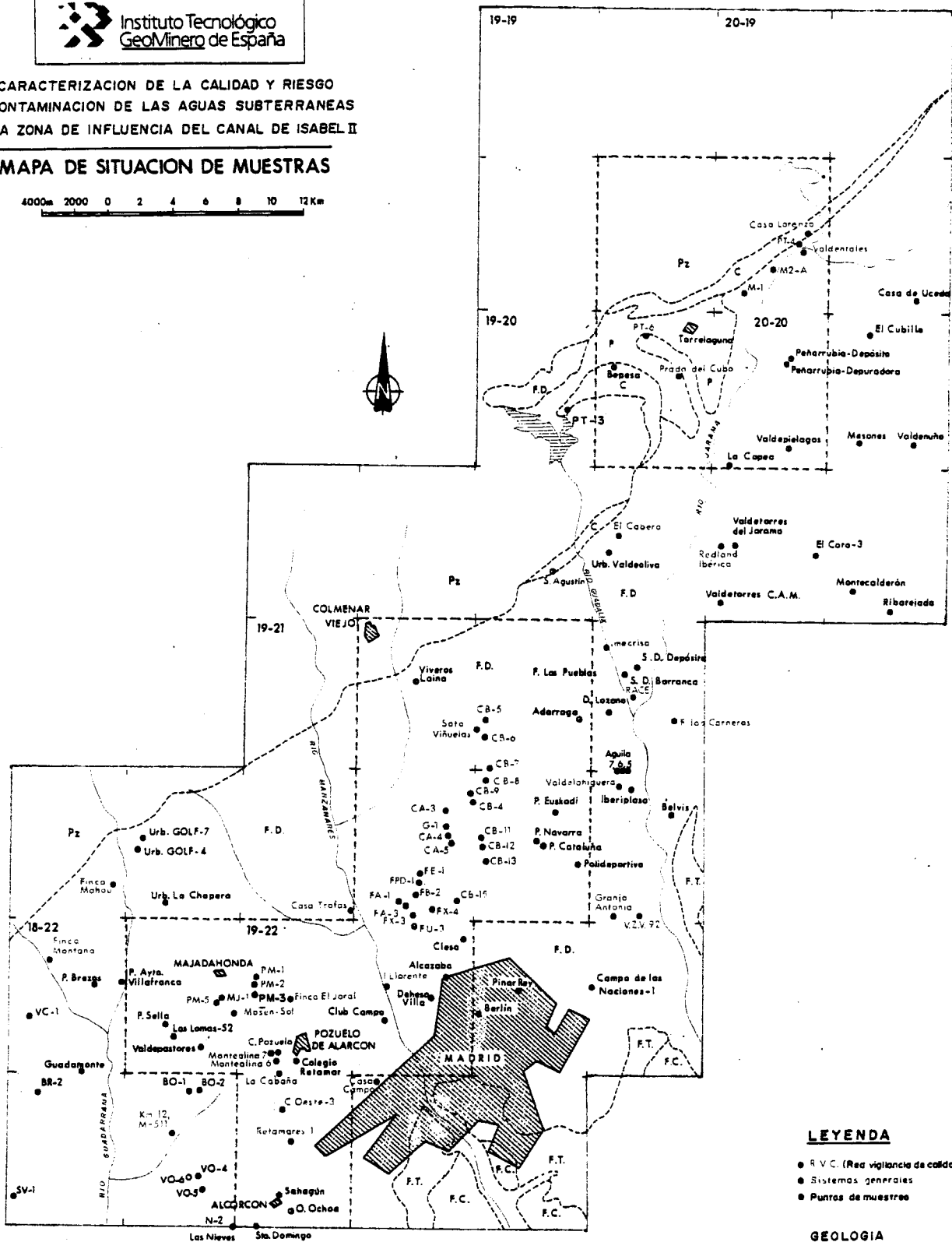


Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II

MAPA DE SITUACION DE MUESTRAS

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12 Km



LEYENDA

- R.V.C. (Red vigilancia de calidad)
- Sistemas generales
- Puntos de muestreo

GEOLOGIA

- MIOCENO
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- P. Paleógeno
- C. Cretácico
  - Pz. Paleozoico

Cuadro 6.1.1.3. Profundidad media de las bombas y espesor medio de los tramos por debajo de las bombas

Intervalo de profundidad (m)	Profundidad media (m)			Espesor medio (m)		
	n	$\bar{x}$	$\sigma$	n	$\bar{x}$	$\sigma$
10 - 100	6	76,5	25,1	6	8	5
100 - 200	17	114	43,9	17	52	31,5
200 - 300	17	161	60,3	17	92	56
300 - 400	7	243	51,9	7	115	66,6
400 - 500	21	285	41,2	21	156	53
> 500	2	276	33,5	2	234	29,5

La profundidad media de las bombas en los sondeos muestreados no sobrepasa los 300 metros y es muy similar en los tramos de profundidad de 300 a 500 m. El espesor medio de los sondeos por debajo de las bombas es progresivamente creciente con la profundidad del sondeo pudiendo llegar hasta casi el 30-40 % de la profundidad del mismo.

Se trata, pues, de un muestreo relativamente restringido a zonas de captación preferente de agua a profundidades medias de 100 - 150 m y 250 - 300 m en zonas de recarga sin contraste equilibrado con sondeos situados en zona de descarga.

A la hora de justificar el quimismo de las aguas subterráneas de la zona esta circunstancia induce una incertidumbre añadida a la originada por la modalidad de muestreo (bombeo) en el sentido de que parte del agua captada en profundidad pueda quedar sin muestrear o, tal vez, sin formar parte determinante de la muestra de agua integrada de todos los niveles explotados que habitualmente se considera como representativa.

Hechas estas matizaciones, se comentan a continuación las características generales de la composición química del agua subterránea en la zona de estudio.

### 6.1.1.1 Características Generales

En el cuadro 6.1.1.4 se incluye un resumen estadístico de datos de análisis químicos.

Cuadro 6.1.1.4. Resumen estadístico de datos de análisis químicos

Constituyente	n	Máx.	Mín.	$\bar{x}$	$\sigma$
Cl	105	170	1	19,5	21,8
SO <sub>4</sub>	105	713	1	47,3	88,1
HCO <sub>3</sub>	105	456	60	198,8	68,8
NO <sub>3</sub>	102	102	0	12,6	17,6
NO <sub>2</sub>	53	0,69	0,01	0,1	0,1
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25	1,8	0,06	0,26	0,4
Na	105	192,6	2,7	44,9	35,9
K	105	28	0	1,6	2,9
Ca	105	295	3	45,7	39,3
Mg	105	61	1	10,4	9,6
SiO <sub>2</sub>	105	72,8	9,9	40,2	15,4
Cond. (μS/cm)	105	1275	175	450	204
Dureza (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	105	904	15,4	157,7	132

En dicho cuadro puede observarse la variabilidad de las concentraciones de iones mayoritarios, conductividad, dureza y de algunos iones minoritarios. Las concentraciones medias, con muy escasa dispersión excepto en el caso de los sulfatos ( $\sigma= 88$ ), se mantienen en valores usuales en aguas subterráneas.

Los rangos de variación de concentraciones de los iones mayoritarios se presentan en el apartado relativo a cada uno de ellos. Los rangos más frecuentes de variación se señalan en el cuadro 6.1.1.5.

Cuadro 6.1.1.5. Rangos más frecuentes de variación de concentraciones de iones mayoritarios y conductividad

Constituyente	RANGO	%
Cl	0 - 30	70,2
SO <sub>4</sub>	0 - 20	60
HCO <sub>3</sub>	100 - 300	89,5
NO <sub>3</sub>	0 - 20	80,2
Ca	0 - 60	73,3

Constituyente	RANGO	%
Na	0 - 50	72,2
Mg	0 - 20	89,4
K	1 - 2	92,4
SiO <sub>2</sub>	10 - 60	91,4
Conductividad	100 - 500	70,2
Dureza	50 - 200	59

En dicho cuadro puede observarse que, en la mayor parte de las ocasiones, las aguas subterráneas de la zona presentan bajo contenido iónico con concentraciones de elementos mayoritarios que se mantienen en rangos de pocas decenas de miligramos por litro. En casi el 60 % de las ocasiones se trata de aguas moderadamente duras.

Por lo que se refiere a las facies hidroquímicas observadas, en el cuadro 6.1.1.6 se incluye un resumen estadístico sobre las mismas

Cuadro 6.1.1.6 Clasificación de las aguas subterráneas por facies hidroquímicas.

FACIES	Nº PUNTOS	FRECUENCIA (%)
Bicarbonatada cálcica	39	37,1
Bicarbonatada sódica	32	30,4
Bicarbonatada cálcico-sódica	10	9,5
Bicarbonatada sódico-cálcica	7	6,6
Bicarbonatada-sulfatada cálcica	3	2,8
Bicarbonatada cálcico-magnésica	1	0,9
Bicarbonatada sulfatada sódica	1	0,9
Sulfatada cálcica	4	3,8
Sulfatada sódica	1	0,9
Sulfatada bicarbonatada cálcica	2	1,9
Sulfatada bicarbonatada sódica	2	1,9
Clorurada sódica	2	1,9
Clorurada cálcica	1	0,9

Destaca el absoluto predominio de las facies bicarbonatada cálcica y bicarbonatada sódica con porcentajes que, en conjunto, se aproximan al 70 % de las ocasiones. Las facies mixtas, bicarbonatada cálcico-sódica o sódico-cálcica, se detectan en el 16 % de las ocasiones. Las facies sulfatadas, cálcicas o sódicas, representan apenas el 4 % de las muestras, mientras las cloruradas apenas se presentan en el 3 % de las ocasiones.

La distribución espacial de facies hidroquímicas puede observarse en el plano 6.1.1.2 incluido en el anexo 6.1.1 junto con la representación de las muestras en los correspondientes diagramas de Piper. Se incluye igualmente en dicho anexo la relación pormenorizada de las facies observadas, sondeo por sondeo.

Las aguas bicarbonatadas cálcicas se localizan preferentemente en la zona norte (área de Valdetorres-Mesones), zona norte del Canal Alto y área sureste de la zona de estudio.

Aguas bicarbonatadas sódicas se localizan preferentemente en el campo de Fuencarral, Campo de el Plantío-Majadahonda y Canal del Oeste así como en la zona de confluencia del Jarama y el Guadalix.

Aguas claramente sulfatadas cálcicas se sitúan preferentemente en el área de Torrelaguna. La componente sulfatada se detecta igualmente en los sondeos de Pinar del Rey y P. Berlín, situados en el casco urbano de Madrid así como en los sondeos FX-4 y CB-15 del Canal Bajo, cuya situación se comenta más adelante.

Aguas cloruradas sódicas sólo se detectan en el sondeo Golf-7. Facies mixtas con componentes más o menos acusadas tanto en el contenido aniónico como el catiónico se detectan dispersas por el conjunto de la zona.

Establecida la caracterización genérica del quimismo de las aguas subterráneas se analizan, a continuación, detalladamente, las características químicas en la zona de estudio.

#### **6.1.1.2 Constituyentes Mayoritarios.**

En relación con la representación de la distribución espacial de concentraciones de constituyentes debe advertirse que el frecuente contraste de concentraciones en sondeos muy próximos complica excesivamente el trazado riguroso de isolíneas y obliga al establecimiento de "zonaciones de concentración" en las que no son infrecuentes las excepciones (sondeos que por la concentración que presentan no deberían ser incluidos en la zona respectiva )

## Conductividad

Los valores de conductividad para el conjunto de la zona y para sondeos de más de 50 m de profundidad oscilan entre 175 y 1275  $\mu\text{S}/\text{cm}$  como se indica en el cuadro 6.1.1.7.

Cuadro 6.1.1.7. Datos estadísticos de conductividad

	Conduc. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Sondeo	Prof. (m)
<b>Máximo</b>	1275	Finca Los Carneros	82
<b>Mínimo</b>	175	La Cabaña (C. Oeste)	386
$\bar{x}$	450	-	-
$\sigma$	204	-	-

En el sondeo PT-4, de 262 m de profundidad, el valor de la conductividad, 1250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , se aproxima al máximo detectado.

En la figura 6.1.1.1 pueden observarse los valores de conductividad del conjunto de las muestras. Los valores de conductividad observados se distribuyen por intervalos como se indica en el cuadro 6.1.1.8

Cuadro 6.1.1.8. Intervalos de conductividad

Intervalo	Nº puntos	%	Puntos en intervalo	%
< 100	0	0	0	0
100 - 200	3	2,8	73	70,2
200 - 300	20	19		
300 - 400	29	27,6		
400 - 500	21	20		
500 - 600	15	14,3	30	28,8
600 - 700	6	5,7		
700 - 800	3	2,8		
800 - 900	4	3,8		
900 - 1000	2	1,9		
> 1000	2	1,9	2	1,9



En este cuadro puede observarse que el porcentaje de muestras con conductividades superiores a 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  es de sólo el 2 %; en el intervalo de 500 a 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  el porcentaje es del 29 % y en el intervalo de 100 a 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  es del 70 %. En el intervalo de 200 a 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  queda incluido el 81 % de las muestras. El intervalo con mayor número de muestras (29) corresponde al de 300 - 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

En el cuadro 6.1.1.9 puede observarse la distribución de conductividad por intervalos de profundidad de los sondeos.

En el cuadro 6.1.1.10 se presenta un resumen de los datos de conductividad media en función de los intervalos de profundidad de los sondeos muestreados, excluidos los de elevada conductividad achacable a la presencia de elevadas concentraciones de sulfatos o cloruros.

Cuadro 6.1.1.10. Valores medios de conductividad clasificados por intervalos de profundidad de sondeos.

Intervalo de profundidad	N° puntos	Conductividad media	$\sigma$
10 - 100	11	494,5	176
100 - 200	24	422,7	96,9
200 - 300	24	456,3	134
300 - 400	9	307	60
400 - 500	24	326	101
> 500	3	383	182,9

Es de destacar el hecho de que las conductividades medias más bajas se detectan en los sondeos de mayor profundidad.

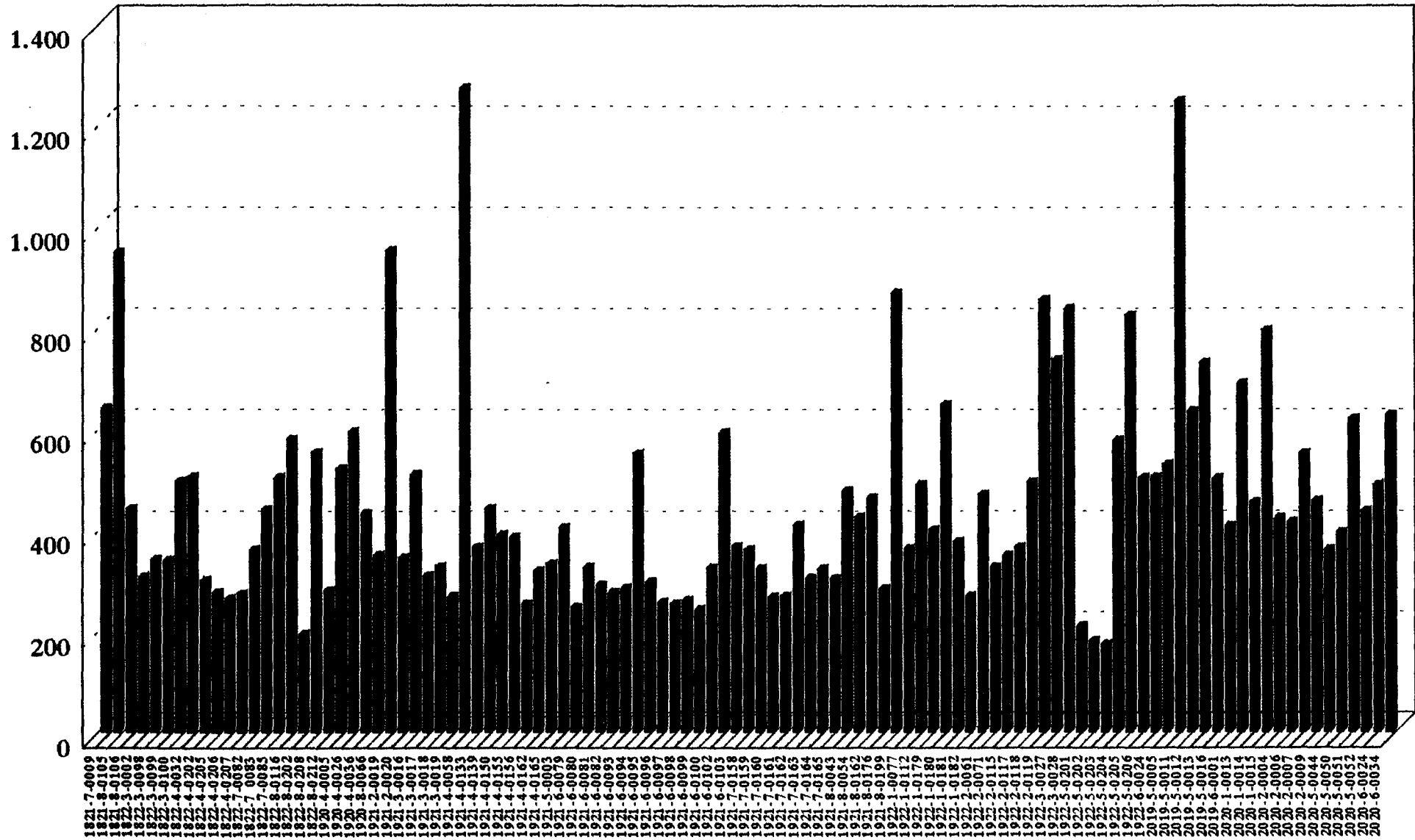
En las figuras 6.1.1.2 y 3 se presenta la relación conductividad/profundidad, para diferentes intervalos de profundidad. En ellas puede observarse que no existe correlación entre ambos parámetros en los intervalos definidos.

En la figura 6.1.1.4 puede observarse la misma relación para el conjunto de las muestras disponibles. Aunque parece producirse una correlación inversa en el sentido de disminución de la conductividad con la profundidad, el coeficiente de correlación (-0.44) no es significativo.

En la representación de la conductividad vs diferentes iones individuales no se obtienen muy buenas

# Valores de conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en la zona Campaña Primavera 95

Conductividad  $\mu\text{S}/\text{cm}$

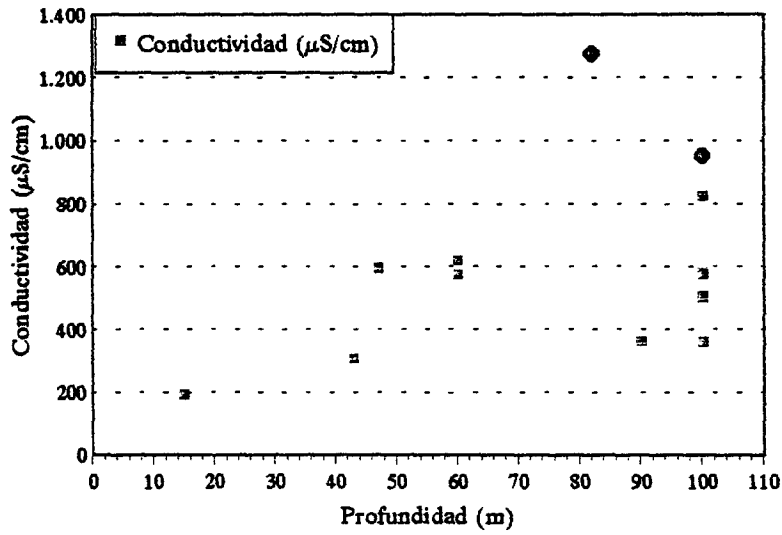


Nº inventario

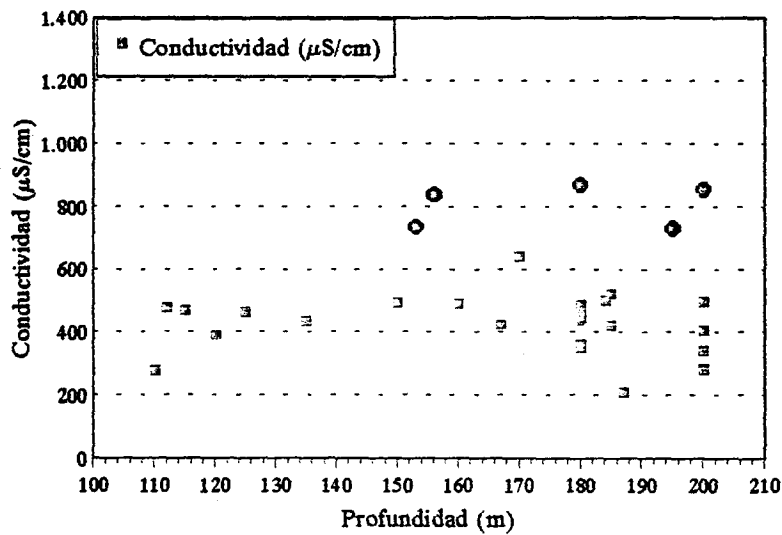
Figura 6.1.1.1

# Relación profundidad/conductividad para diferentes intervalos de profundidad.

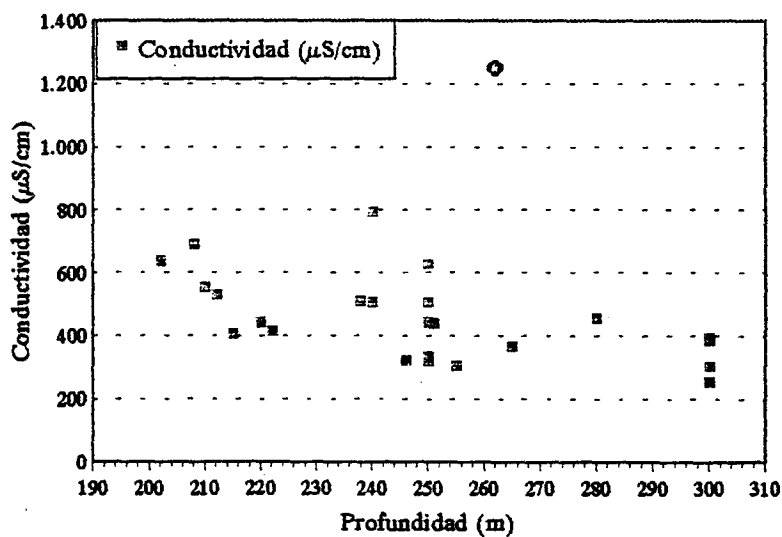
Campaña Primavera 95. Puntos con prof. 10-100 m.



Campaña Primavera 95. Puntos con prof. 100-200 m.



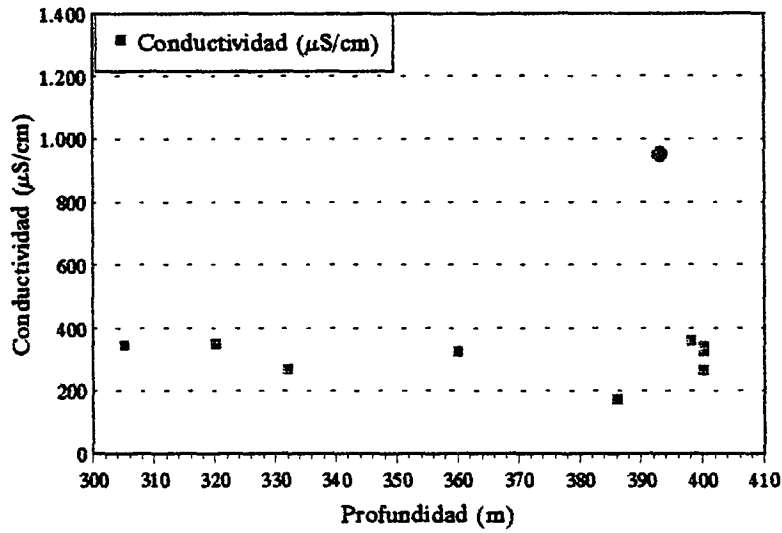
Campaña Primavera 95. Puntos con prof. 200-300 m.



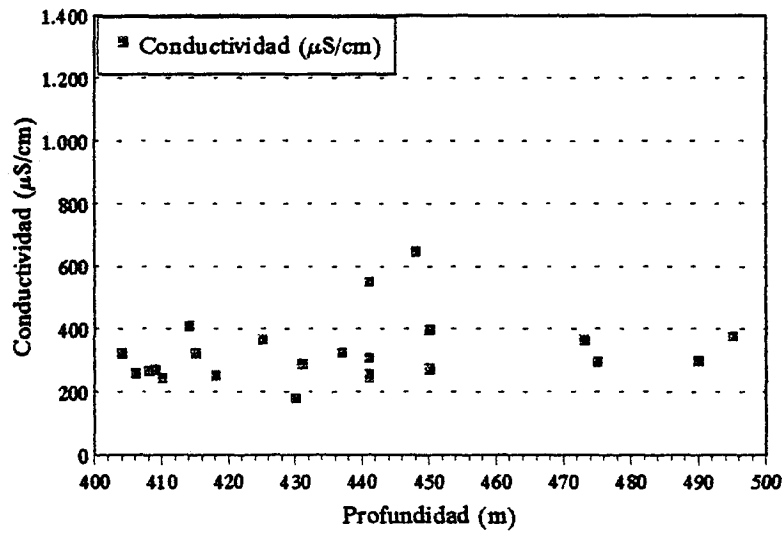
**Figuras 6.1.1.2**

## Relación profundidad/conductividad para diferentes intervalos de profundidad.

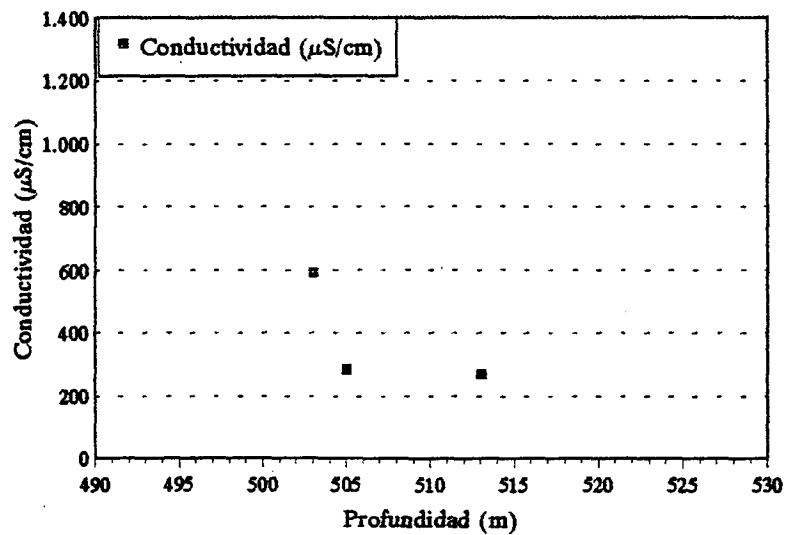
Campaña Primavera 95. Puntos con prof. 300-400 m.



Campaña Primavera 95. Puntos con prof. 400-500 m.



Campaña Primavera 95. Puntos con prof. > 500 m.

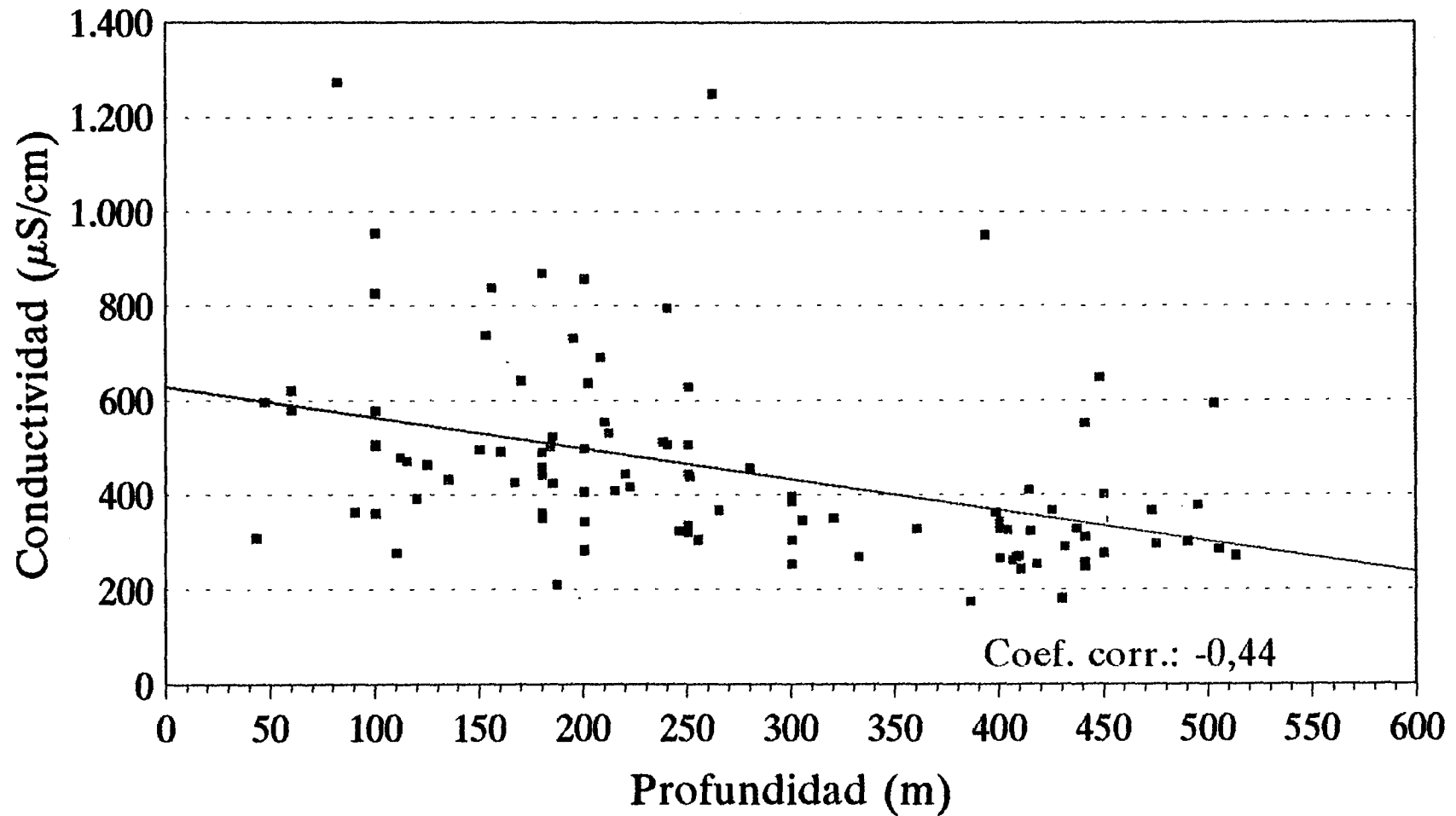


**Figuras 6.1.1.3**



# RELACIÓN PROFUNDIDAD/CONDUCTIVIDAD

## Campaña Primavera 95



—■— Conductividad (µS/cm)

Figura 6.1.1.4

Cuadro 6.1.1.9

## VALORES DE CONDUCTIVIDAD CLASIFICADOS POR INTERVALOS DE PROFUNDIDAD. PRIMAVERA 95

### Prof. 10-100 m.

Nombre	PROF	HOJA	OCT	PUNTO	COND $\mu\text{S}/\text{cm}$
Finca Montana (R.V.C)	43	1822	3	0002	309
Centro Mosen-Sol (R.V.C)	100	1822	4	0032	507
Km.12 Ctra.M-511(R.V.C)	60	1822	8	0116	580
Finca La Platera (R.V.C)	15	1822	8	0202	195
Bepesa-Danosa S.A	47	1920	4	0026	596
Viveros Ortiz Laina	100	1921	2	0019	954 *
F. Los Carneros (R.V.C)	82	1921	4	0058	1275 *
Chalet de Pozuelo (R.V.C)	90	1922	1	0077	363
Ayt.Alorcón. Sahagún	100	1922	5	0204	578
Ayt.Alorcón.S.Domingo	100	1922	5	0205	826
Ayt.Alorcón.O.Ochoa	100	1922	5	0206	504
Redland Ibérica (R.V.C)	100	2020	5	0044	361
Finca Valdetorres C.A.M	60	2020	5	0051	621

CONDUC	
n° datos	13
máximo	1275
mínimo	195
media	589,9
des. standart	290,4

Excluidos los puntos con elevada conductividad por altas concentraciones de  $\text{SO}_4$  ó  $\text{Cl}$  (\*)

CONDUC	
n° datos	11
máximo	826
mínimo	195
media	494,55
des. standart	176,05

### Prof. 100-200 m.

Nombre	PROF	HOJA	OCT	PUNTO	COND $\mu\text{S}/\text{cm}$
Finca Mahou (R.V.C)	170	1821	7	0009	642
Urb.V.Castillo. P. Brezos	200	1822	3	0098	343
VC-1	200	1822	3	0100	498
Urb. Valepastores-8	110	1822	4	0205	277
Urb. Guadamonte	180	1822	7	0082	362
SV-1.Urb.Los Manantiales	180	1822	7	0083	442
BO-2	200	1822	8	0212	281
PT-6 (R.V.C)	185	1920	4	0005	523
PRADO DEL CUBO	135	1920	4	0036	433
Urb. Valdeoliva Alto	180	1920	8	0066	351
Imecrisa-G.E.S.A (R.V.C)	120	1921	4	0150	392
P.N. Casa Trofas (R.V.C)	200	1921	5	0003	406
Valdelahiguera (R.V.C)	112	1921	8	0043	478
Granja Antonia (R.V.C)	167	1921	8	0054	426
Viveros Z.V. 92 (R.V.C)	125	1921	8	0162	464
Iberiplasa S.A	200	1921	8	0176	284
Ayto.Belvis del Jarama	180	1921	8	0199	870 *
Colegio Retamar	160	1922	1	0112	491
Instituto Llorente (R.V.C)	115	1922	2	0061	471
J.M.D.Fuencarral.Alcazaba	150	1922	2	0118	496
Club de Campo	200	1922	2	0119	857 *
Ayt.Madrid. Pinar Rey	153	1922	3	0027	738 *
Ayt.Madrid. Berlin	156	1922	3	0028	839 *
RETAMARES-1	187	1922	5	0201	210
M-1	195	2019	5	0013	732 *
VALDENTALES	184	2019	5	0016	503
Ayto. Mesones	185	2020	2	0004	424
Ayt. El Cubillo de Uceda	180	2020	2	0009	459
Ayto. Ribatejada	180	2020	6	0024	490

CONDUC	
n° datos	29
máximo	870
mínimo	210
media	489,03
des. standart	173,76

Excluidos los puntos con elevada conductividad por altas concentraciones de  $\text{SO}_4$  ó  $\text{Cl}$  (\*)

CONDUC	
n° datos	24
máximo	642
mínimo	210
media	422,75
des. standart	96,89

Cuadro 6.1.1.9 (continuación)

VALORES DE CONDUCTIVIDAD CLASIFICADOS POR INTERVALOS DE PROFUNDIDAD. PRIMAVERA 95

Prof. 200-300 m.

Nombre	PROF	HOJA	OCT	PUNTO	COND $\mu\text{S/cm}$
Urb. La Chopera	250	1821	8	0106	443
BR-2	250	1822	7	0085	505
VO-4	210	1822	8	0208	554
Finca Las Puebas	238	1921	3	0016	511
U.Ciudalcampo-D.Lozano	265	1921	4	0133	367
Race (R.V.C)	220	1921	4	0139	443
U.Sto.Domingo-Barranca	300	1921	4	0155	386
U.Sto.Domingo.Depósito	300	1921	4	0156	254
AGUILA-6	250	1921	4	0162	320
AGUILA-7	250	1921	4	0165	334
Alcobendas. P.Navarra	255	1921	7	0163	305
Alcobendas. P.Cataluña	246	1921	7	0164	324
S.S. Reyes. P.Euskadi	300	1921	7	0165	304
Casa de Campo (R.V.C)	240	1922	6	0024	506
Casa Lorenzo (R.V.C)	212	2019	5	0005	531
PT-4	262	2019	5	0011	1250 *
M-2A	202	2019	5	0012	636
Ayto. Casa de Uceda	215	2019	6	0001	409
Finca La Capea S.A	208	2020	1	0013	691
Ayto. Valdepiélagos	280	2020	1	0014	456
U.Pañarrubia.Depósito	240	2020	1	0015	796
Ayto. Valdenuño	222	2020	2	0006	416
Ayto.Valdetorres Jarama	300	2020	5	0050	396
Urb. El Coto-3	251	2020	5	0052	438
Urb. Montecalderón-5	250	2020	6	0034	628

CONDUC	
n° datos	25
máximo	1250
mínimo	254
media	488,12
des. standart	206,06

Excluidos los puntos con elevada conductividad por altas concentraciones de SO<sub>4</sub> ó Cl (\*)

CONDUC	
n° datos	24
máximo	796
mínimo	254
media	456,38
des. standart	134,22

Prof. 300-400m.

Nombre	PROF	HOJA	OCT	PUNTO	COND $\mu\text{S/cm}$
Urb. Golf-7	393	1821	8	0105	950 *
Urb. V.del Castillo.Ayto.	400	1822	3	0099	342
Urb. Las Lomas-52	400	1822	4	0206	265
Urb. Soto Vifuelas	305	1921	2	0020	346
CB-6	400	1921	3	0018	328
Urb. Ciudalcampo.Adarraga	332	1921	3	0019	269
CB-7	398	1921	7	0158	362
Clesa S.A	360	1922	2	0071	327
Ayto.Madrid. Dehesa Villa	320	1922	2	0115	350
LA CABAÑA	386	1922	5	0203	175

CONDUC	
n° datos	10
máximo	950
mínimo	175
media	371,40
des. standart	211,10

Excluidos los puntos con elevada conductividad por altas concentraciones de SO<sub>4</sub> ó Cl (\*)

CONDUC	
n° datos	9
máximo	362
mínimo	175
media	307
des. standart	60

Cuadro 6.1.1.9 (continuación)

VALORES DE CONDUCTIVIDAD CLASIFICADOS POR INTERVALOS DE PROFUNDIDAD. PRIMAVERA 95

Prof. 400-500m.

Nombre	PROF	HOJA	OCT	PUNTO	COND $\mu\text{S/cm}$
MJ-1	490	1822	4	0202	301
Urb. Las Lomas.Sella	450	1822	4	0207	275
CB-5	441	1921	3	0017	310
FPD-1	441	1921	6	0079	248
FX-3	437	1921	6	0080	327
FA-3	431	1921	6	0081	291
FB-2	450	1921	6	0082	277
FX-4	441	1921	6	0094	552
FA-1	475	1921	6	0095	297
G-I	441	1921	6	0096	257
CA-3	418	1921	6	0097	254
CA-4	406	1921	6	0098	261
CA-5	410	1921	6	0099	243
CB-9	404	1921	6	0100	325
CB-4	425	1921	6	0103	368
CB-8	415	1921	7	0159	324
CB-11	408	1921	7	0160	268
CB-12	409	1921	7	0161	270
CB-13	414	1921	7	0162	410
MONTEALINA6	450	1922	1	0179	401
MONTEALINA7	448	1922	1	0180	649
PM-1	495	1922	1	0181	378
FU-3	473	1922	2	0117	367
CANAL OESTE-3	430	1922	5	0202	181

CONDUC	
n° datos	24
máximo	649
mínimo	181
media	326,42
des. standart	101,48

Prof > 500m.

Nombre	PROF	HOJA	OCT	PUNTO	COND $\mu\text{S/cm}$
FE-1	505	1921	6	0093	285
CB-15	503	1921	6	0102	594
PM-2	513	1922	1	0182	270

CONDUC	
n° datos	3
máximo	594
mínimo	270
media	383,00
des. standart	182,89



correlaciones (Figuras 6.1.1.5 a 7). Como era de esperar, la mejor correlación se obtiene (Figura 6.1.1.6 y 7) entre la conductividad y el residuo seco (coeficiente de 0.98) o semisuma de aniones y cationes (coeficiente de 0.97), representativos del quimismo total de cada muestra. El factor de conversión de conductividad a residuo seco en el conjunto de las muestras de la zona se aproxima a 0,7.

La distribución espacial de la conductividad puede observarse en el plano 6.1.1.3. Destaca, en primer lugar, la concentración de valores superiores a 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la zona sur donde no es infrecuente encontrar valores superiores a los 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , asociados a la zona de influencia de la facies de transición. En esta zona se localizan los valores relativos más elevados de concentración de sulfatos (plano 6.1.1.5)

Igualmente es de destacar la zona norte, área de Torrelaguna, en que los valores de conductividad superan los 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y se asocian, igualmente, a elevados contenidos en sulfatos, reflejo de la influencia litológica.

En el resto de la zona los valores de conductividad oscilan por lo general entre 250 y 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Destaca igualmente el hecho de que en la margen izquierda del río Jarama los valores de conductividad son relativamente más elevados que los detectados entre este río y el Guadarrama. Valores relativamente más altos de conductividad que los detectados entre el Jarama y Guadarrama se observan en el sector suroccidental de la zona, en la margen derecha del Guadarrama.

Los valores mínimos de conductividad se localizan en sendas áreas de los interfluvios Jarama - Manzanares y Manzanares - Guadarrama. Estos valores son inferiores a 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y corresponden a sondeos con profundidades superiores a 400 m excepto en los sondeos 182240205 (U. Valdepastores) 192250201 (Retamares) y 182280212 (BO-2) con profundidades respectivas de 110, 187 y 200 m.

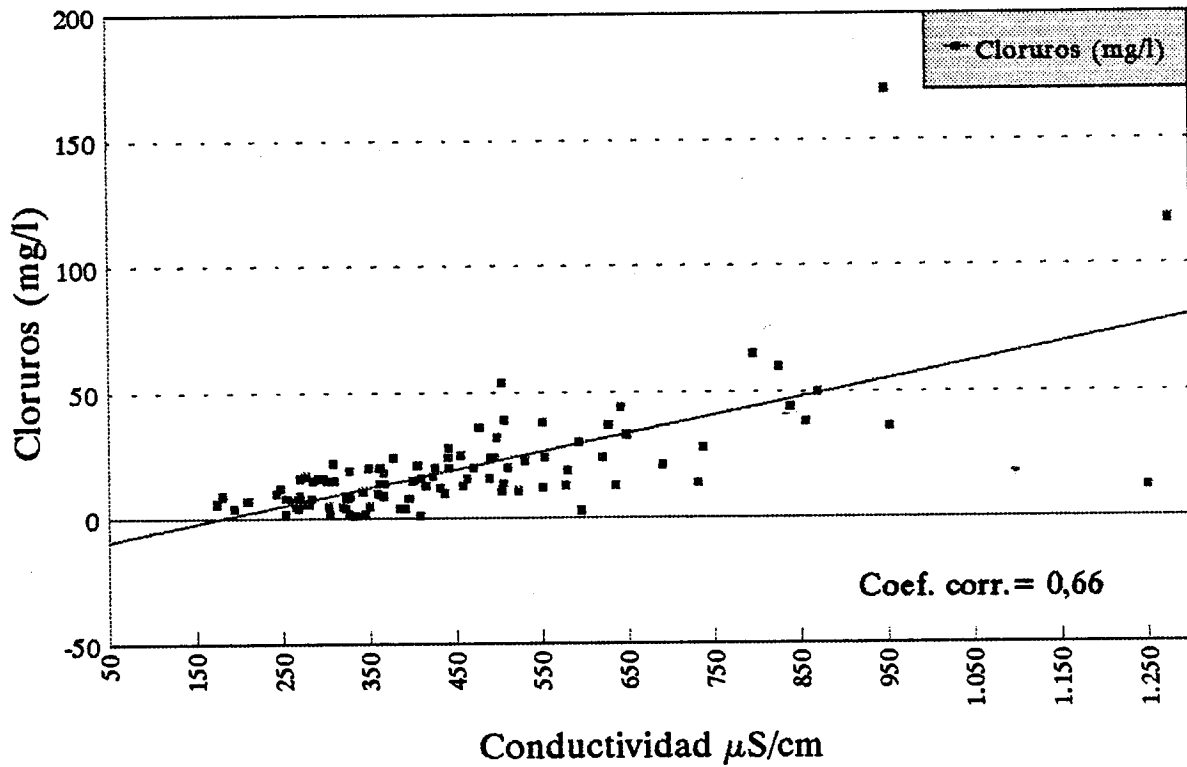
Como se comentará más adelante esta disminución de conductividad podría estar relacionada con una posible precipitación de carbonatos por aumento de  $T^{\circ}$  con la profundidad en el flujo descendente. En este sentido debe tenerse en cuenta que a 25°C y a una  $\text{PCO}_2 = 10^{-2}$  bar la calcita es la mitad de soluble que a 0°C lo que puede provocar su precipitación y, en consecuencia, una disminución en el TSD, y por consiguiente en la conductividad.

No obstante este efecto puede quedar enmascarado por la disolución de otros minerales con el aumento de la temperatura. aunque este efecto sería menos determinante ya que la disolución de minerales a partir de silicatos es mucho más lenta que la procedente de carbonatos.



# Relación Conductividad/Cloruros (mg/l)

Primavera 95



# Relación Conductividad/Sulfatos (mg/l)

Primavera 95

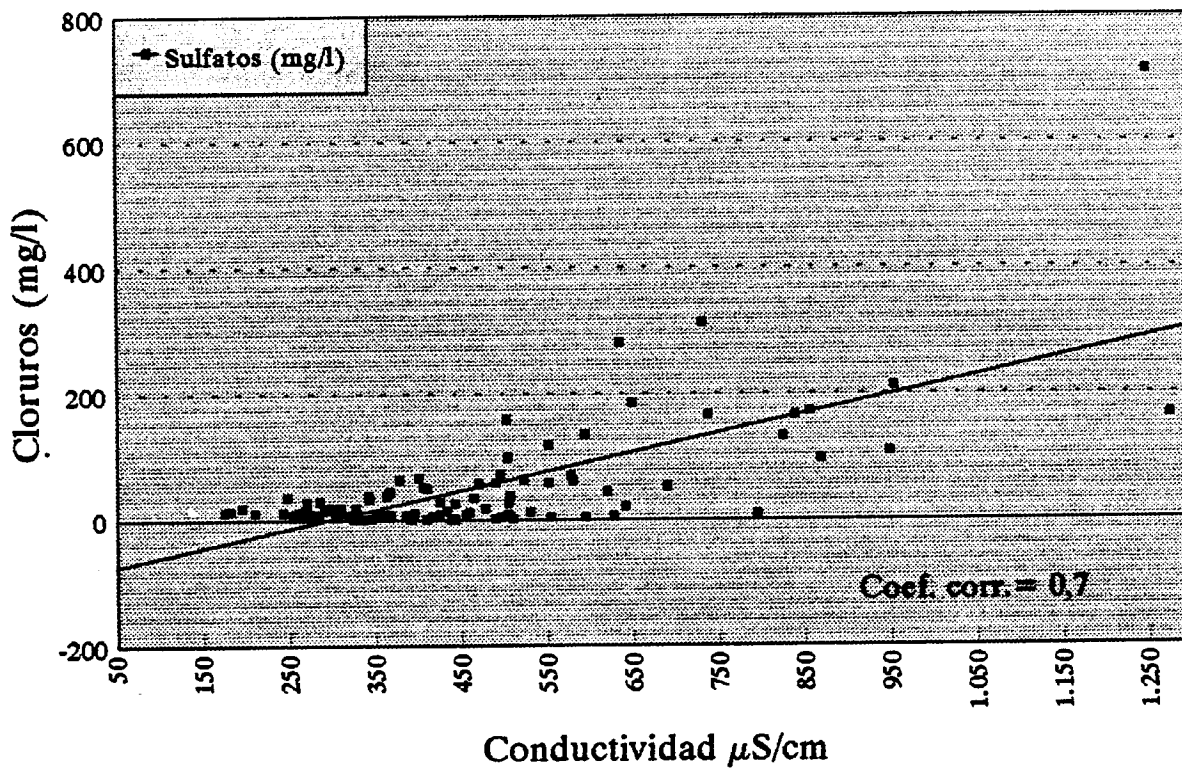
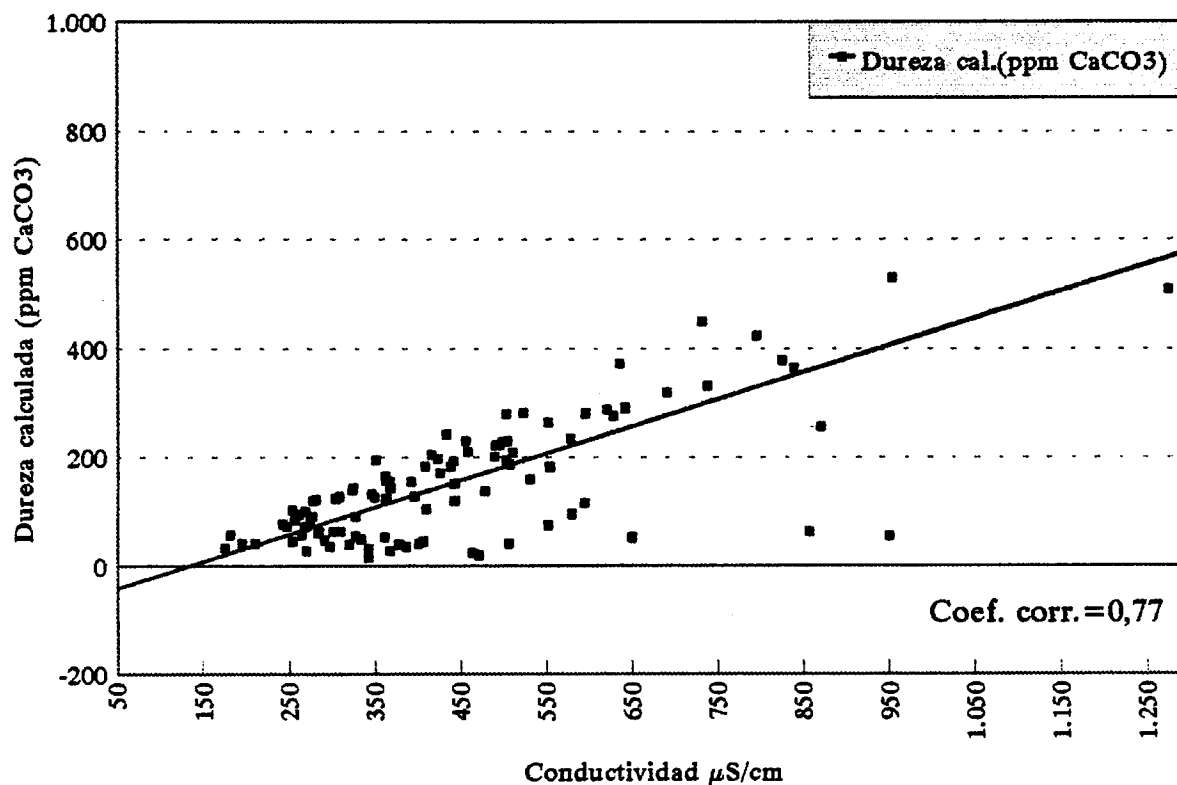


Figura 6.1.1.5

### Relación Conductividad/Dureza calculada (ppm CaCO<sub>3</sub>) Primavera 95



### Relación Conductividad/semisuma de cationes y aniones (meq) Primavera 95

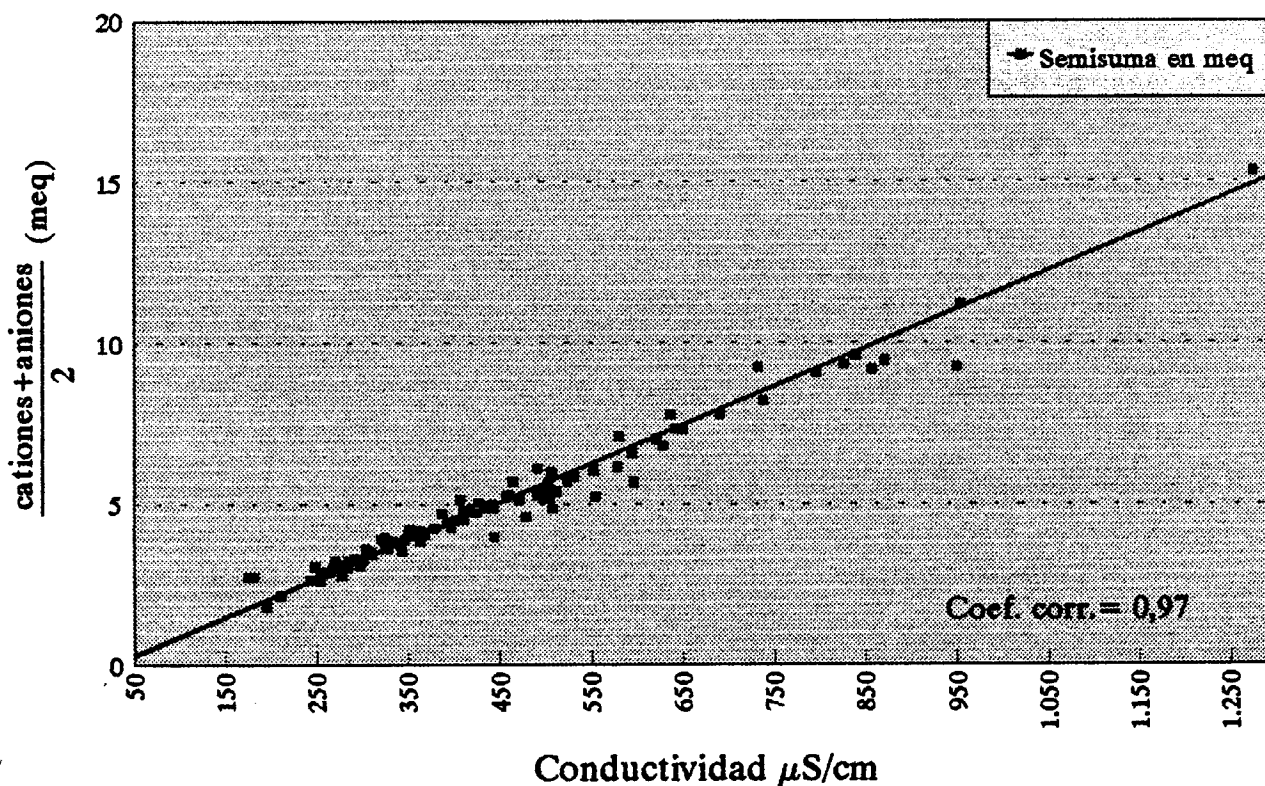
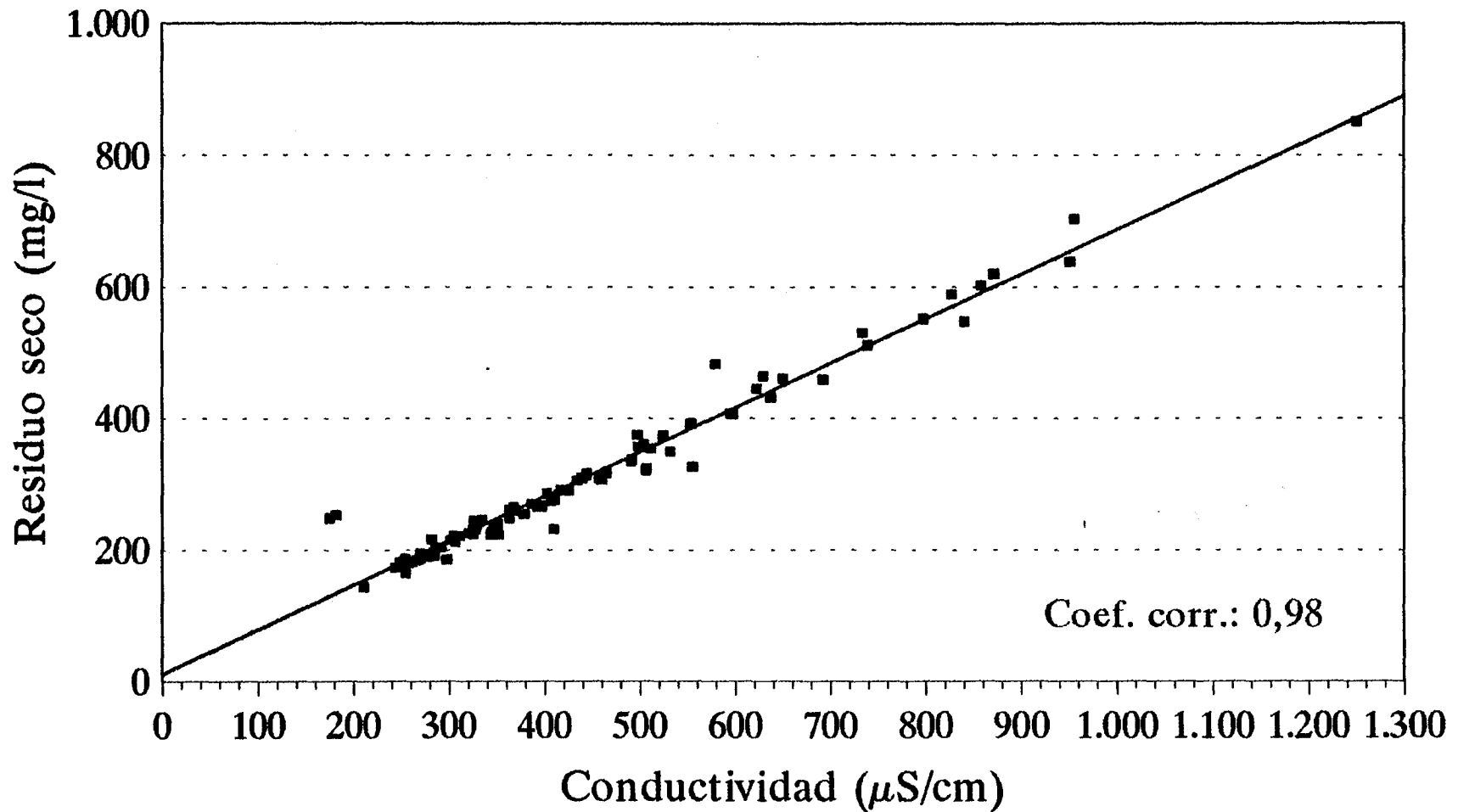


Figura 6.1.1.6

# RELACIÓN CONDUCTIVIDAD/RESIDUO SECO

## Campaña Primavera 95

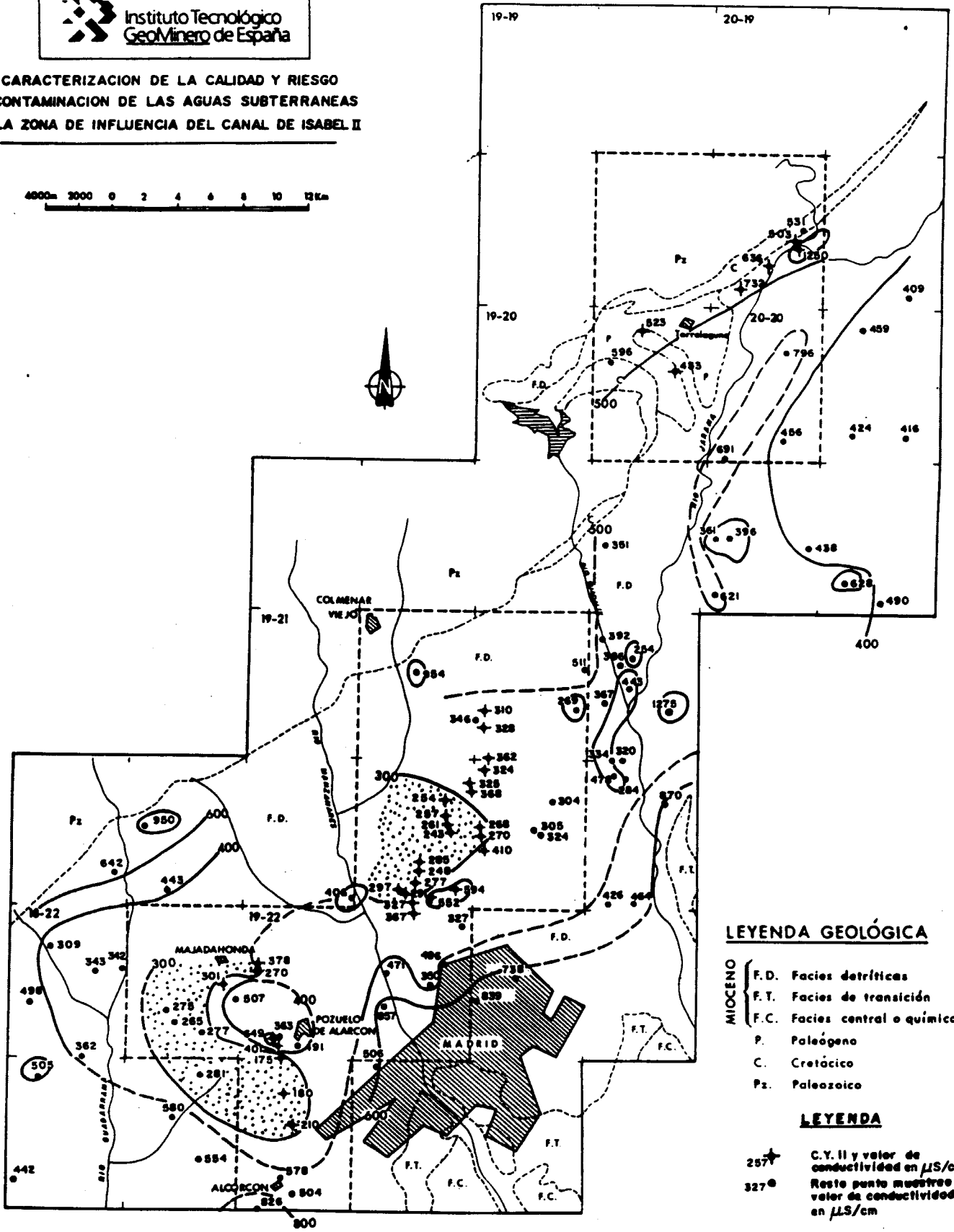


—■— Residuo seco(mg/l)

Figura 6.1.1.7

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO { F.D. Facies detríticas
- { F.T. Facies de transición
- { F.C. Facies central o química
- P. Paleógeno
- C. Cretácico
- Pz. Paleozoico

**LEYENDA**

- 257+ C.V. II y valor de conductividad en  $\mu\text{S/cm}$
- 327● Resto punta muestreo y valor de conductividad en  $\mu\text{S/cm}$

**MAPA DE ZONACIÓN DE CONDUCTIVIDAD**

Otra posible vía de explicación podría consistir en la posibilidad de un flujo descendente mucho más rápido de lo admitido generalmente y del que no parece existir evidencia.

Conductividades relativamente anómalas en esta zona son las de los sondeos FX 4 y CB15 (552 y 594) por enriquecimiento en sulfatos. Hay que señalar que, aunque el sondeo FX-4 se encuentra en las inmediaciones de una zona de vertido de materiales de derribo que, al parecer, lleva en funcionamiento más de 20 años, no es descartable que el enriquecimiento en sulfatos sea imputable a la presencia en profundidad de materiales próximos a la facies de transición..

Puntos con conductividades superiores a los 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  se detectan de forma dispersa por el conjunto de la zona. Tal es el caso de la finca Los Carneros (1275  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Montevalina-7 (649  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Golf-7 (950  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y Viveros Laina (954  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Únicamente se observa con cierta claridad la tendencia al aumento de conductividad desde la zona de interfluvio a la de valle en la zona norte del río Jarama, margen izquierda, en la que desde valores ligeramente superiores a 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  se pasa, de forma puntual, a valores de más de 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en dirección al río.

### Cloruros

En el cuadro 6.1.1.11 se adjunta un resumen estadístico de los datos de concentración de cloruros en la zona

Cuadro 6.1.1.11. Resumen estadístico de datos de concentración de cloruros (\*)

	n	Máx.	Mín.	$\bar{x}$	$\sigma$
Cl (mg/l)	105	170	1	19,5	21,8

(\*) No se considera el sondeo S. Agustín que presenta concentraciones muy dispares en función del modo de muestreo (tomamuestras o bombeo).

La distribución de concentraciones por intervalos puede observarse en el cuadro 6.1.1.12

Cuadro 6.1.1.12. Distribución de cloruros por intervalos de concentración

Intervalo (mg/l)	Nº puntos	%
0 - 10	36	34,2

Intervalo (mg/l)	Nº puntos	%
10 - 20	39	37,1
20 - 30	14	13,3
30 - 40	8	7,6
40 - 50	3	2,8
50 - 60	2	1,9
60 - 70	1	0,95
110 - 120	1	0,95
160 - 170	1	0,95

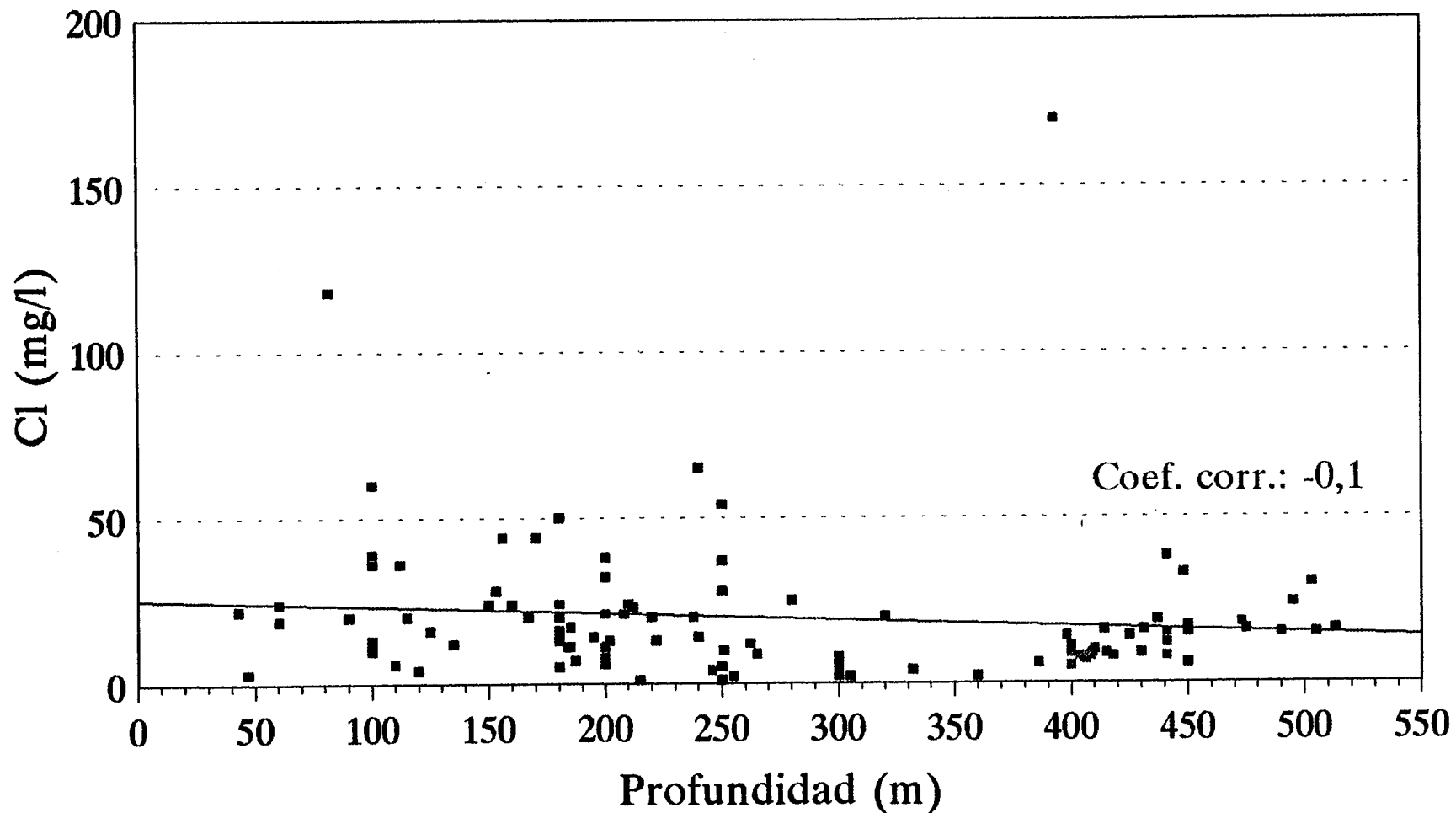
Los intervalos en que se agrupa el mayor número de muestras son los que corresponden a concentraciones comprendidas entre 0-10 y 10-20 mg/l con porcentajes del 34 y 37 % respectivamente. Prácticamente el 85 % de las muestras presentan concentraciones que se mantienen por debajo de los 30 mg/l. Las concentraciones más elevadas se detectan en los sondeos 1921-4-0058 (Finca los Carneros) y en el 1821-8-0105 (U. Montegolf-7)

En la figura 6.1.1.8 se presenta la relación profundidad de sondeo y la concentración de cloruros. Puede observarse la clara independencia de ambos parámetros, nada sorprendente dado el carácter de ión conservativo de este elemento y la escasa capacidad de aporte del mismo de los materiales del acuífero.

En la figura 6.1.1.9, en que se advierte una mayor concentración y un aumento más rápido del sodio que del ión Cl, se pone de manifiesto la no procedencia de este último ión de sales como el ClNa y que el aporte de sodio detectado en las muestras ha de tener origen diferente al de estas sales.

En el plano 6.1.1.4 se presenta la distribución espacial de este constituyente. En ella se observa la amplia dispersión de valores inferiores a 30 mg/l por toda la zona, sin contrastes notables, salvo en casos puntuales. Esta falta de contraste no permite justificar pormenorizadamente y de forma individual la zonación establecida. El valor de 118 mg/l observado en el sondeo de la finca Los Carneros puede ser atribuido a contaminación dado que se trata de una granja en que las condiciones de control de residuos no es la más adecuada. No sucede lo mismo en el sondeo Urb. Golf-7 en que los 170 mg/l de Cl detectados no tienen una justificación razonable.

Puntos con concentraciones relativamente mayores que los de la zona circundante se detectan en sondeos muy próximos a o situados en zonas urbanas como Madrid (Pinar del Rey, P Berlín, Dehesa



—■— Cl (mg/l)

Figura 6.1.1.8



# RELACIÓN CLORUROS/SODIO (meq/l)

## Campaña primavera 95

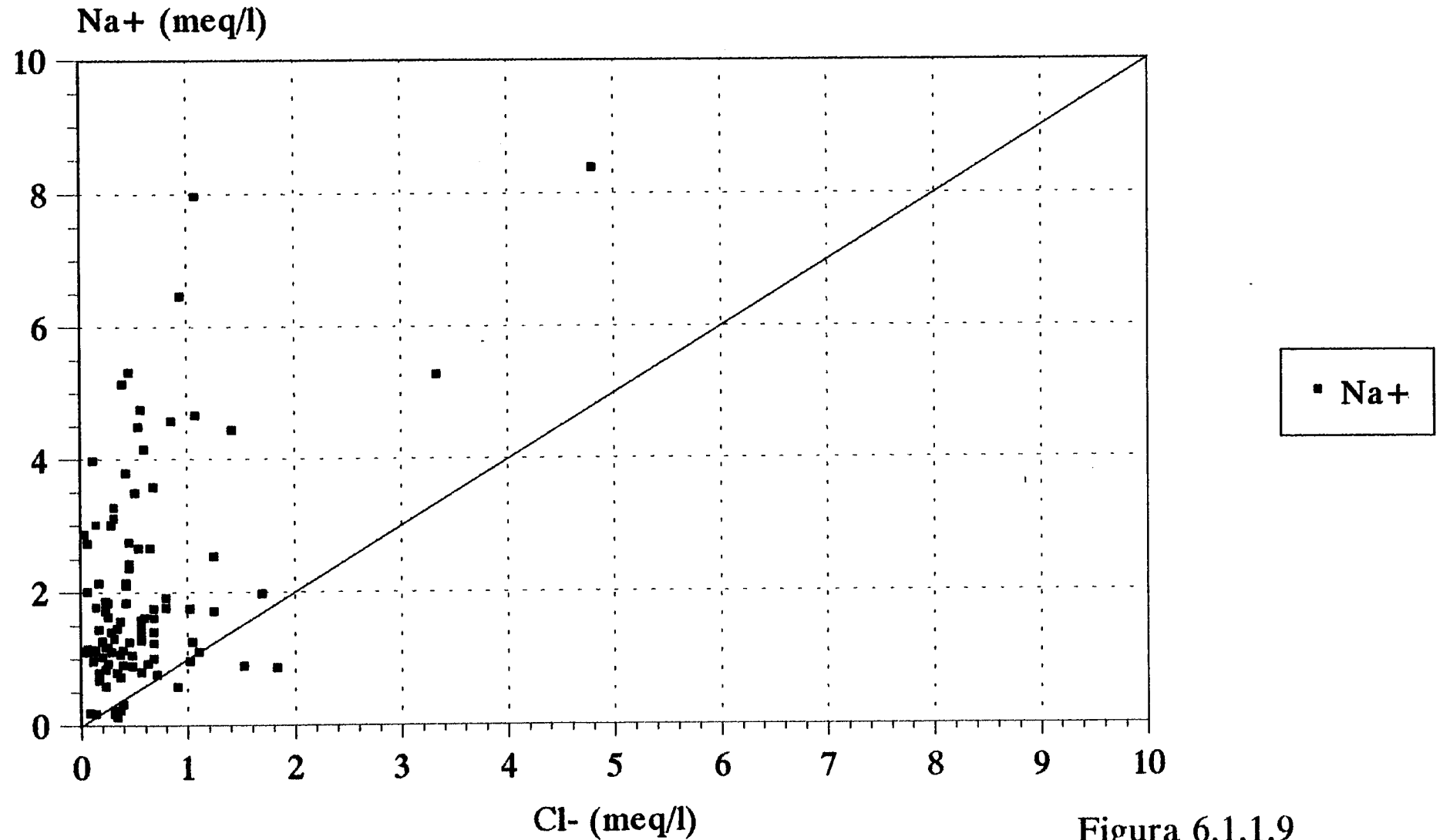
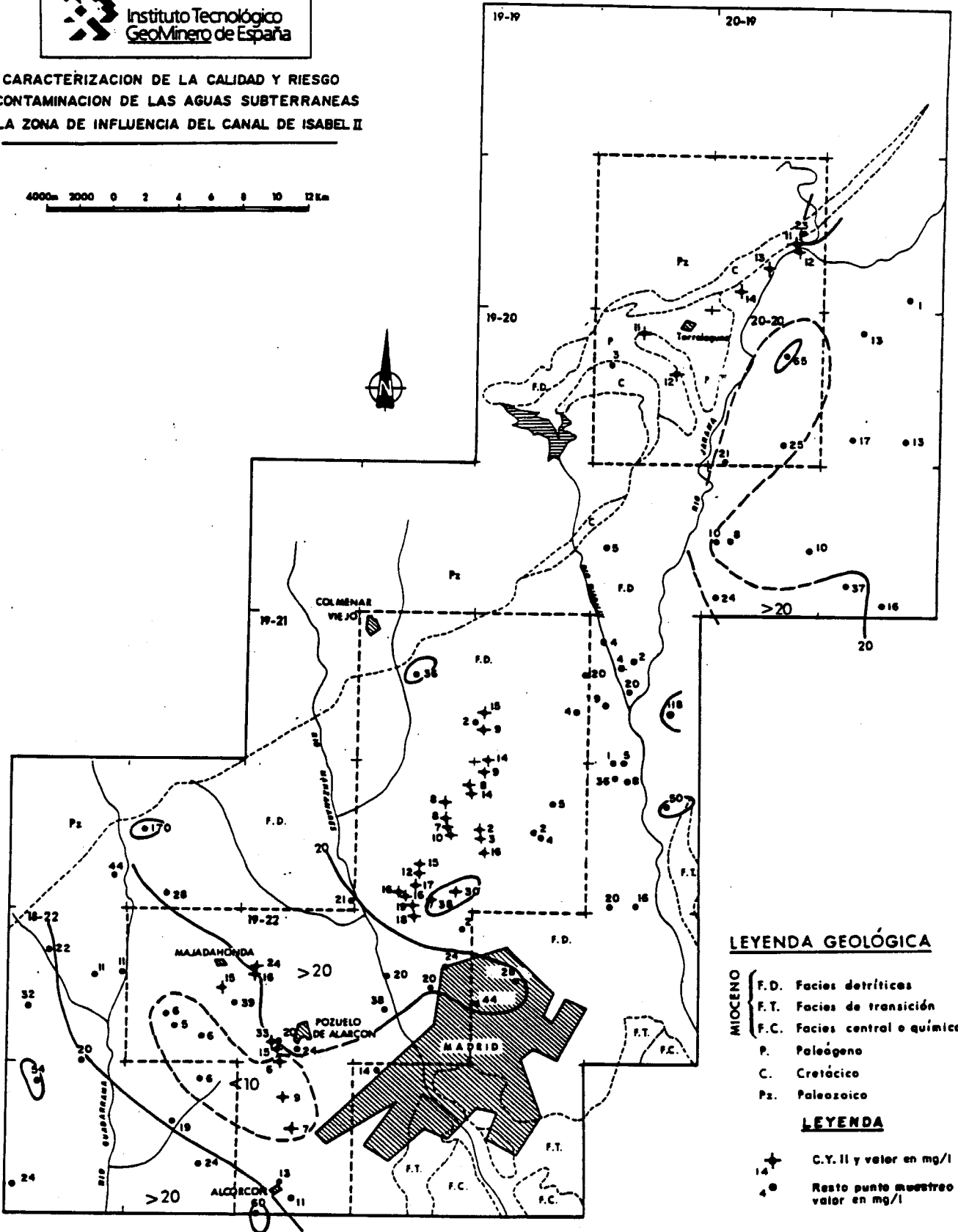


Figura 6.1.1.9

**CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- P. Paleógeno**  
**C. Cretácico**  
**Pz. Paleozoico**

**LEYENDA**

- $\oplus$  C.Y. II y valor en mg/l
- $\bullet$  Resto punto muestreo y valor en mg/l

**MAPA DE ZONACIÓN DE CONCENTRACIONES DE Cl.  
PLANO 6.1.1.4**

de la Villa), Pozuelo de Alarcón (Colegio Retamar y Montealina-7) o U. Peñarrubia que podrían tener relación con procesos de contaminación atmosférica o fugas de las redes de alcantarillado aunque no siempre haya indicios concomitantes de esta eventual contaminación (contenido en nitratos o nitritos, etc).

La concentración de Cl observada en el sondeo FX-4 (38 mg/l) podría estar relacionada con su proximidad a un vertedero de materiales de derribo de construcción, lo que parece estar corroborado por el contenido de sulfatos detectado en este sondeo, considerablemente mayor que en los de su entorno, si bien no es descartable que esté relacionada con la existencia en profundidad de materiales próximos a la facies de transición.

Lo que se podría llamar "fondo regional" de contenido en cloruros puede derivar de procesos de concentración del agua de lluvia o proceder de procesos de meteorización de rocas ígneas a través del ataque de minerales como sodalita ( $\text{Na}_4(\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24})\text{Cl}_2$ ), apatito  $\text{Ca}_5(\text{F,Cl})(\text{PO}_4)_3$  y, en menor proporción, de biotita y hornblenda en que el Cl puede reemplazar al hidróxido; estos minerales verosíblemente aparecen dispersos en la matriz del acuífero.

### Sulfatos

En el cuadro 6.1.1.13 se incluye un resumen estadístico de los datos de concentración de sulfatos en la zona de estudio

Cuadro 6.1.1.13. Resumen estadístico de datos de concentración de sulfatos

	n	Máx.	Mín.	$\bar{x}$	$\sigma$
SO <sub>4</sub> (mg/l)	105	713	1	47,3	88,1

La distribución de concentraciones por intervalos se presenta en el cuadro 6.1.1.14

Cuadro 6.1.1.14. Distribución de sulfatos por intervalos de concentración

Intervalo (mg/l)	Nº puntos	%
0 - 10	43	41
10 - 20	20	19
20 - 30	6	5,7

Intervalo (mg/l)	Nº puntos	%
30 - 40	6	5,7
40 - 50	3	2,8
50 - 60	5	4,7
60 - 70	4	3,8
70 - 80	2	1,9
90 - 100	2	1,9
100 - 120	10	9,5
200 - 300	2	1,9
300 - 400	1	0,9
> 500	1	0,9

El intervalo de concentraciones en que se incluyen mayor número de muestras es el de 0-10 mg/l con el 41 % de las mismas, seguido del de 10-20 mg/l con el 19 %. Así pues el 60 % de las concentraciones de sulfatos detectadas en la zona son inferiores a 20 mg/l; prácticamente el 87 % de las concentraciones se mantiene por debajo de los 100 mg/l.

Las concentraciones máximas, por encima de los 250 mg/l se detectan en los sondeos M2-A, PT-4 y M-1 del campo de Torrelaguna.

En la figura 6.1.1.10 se presenta la relación sulfatos vs profundidad del sondeo. En ella queda de manifiesto la independencia de ambos parámetros como indica el coeficiente de correlación entre ambos (-0,13).

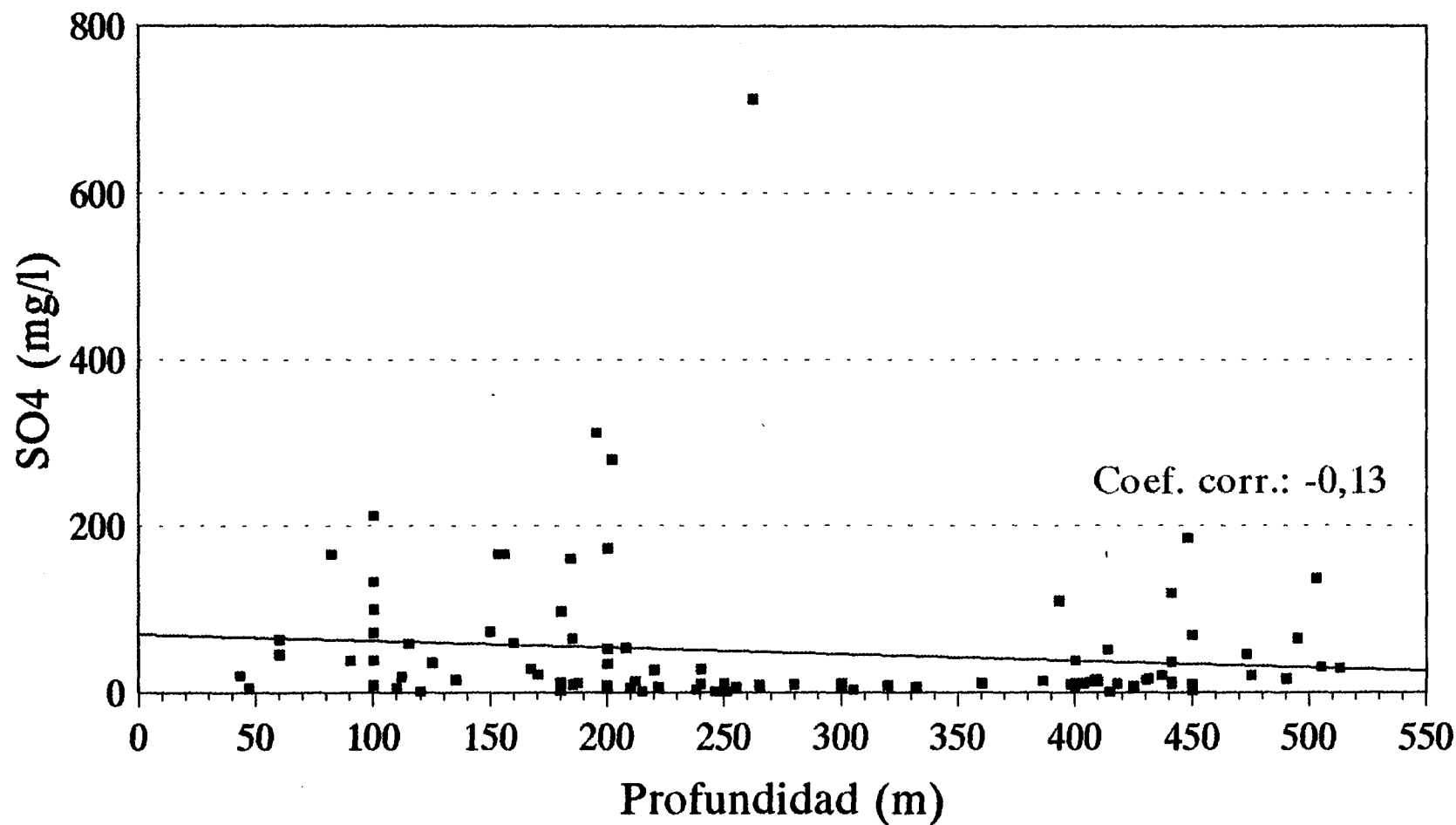
La distribución espacial de sulfatos en la zona puede observarse en el plano 6.1.1.5. En él puede observarse que, salvo casos puntuales, las concentraciones por debajo de los 20 mg/l se distribuyen de forma dispersa por toda la zona, sin diferencias significativas entre las cuencas del Jarama, Manzanares y Guadarrama.

En dicho plano se observan dos zonas de mayores concentraciones de sulfatos: zona de Torrelaguna y área al sur de la zona de estudio ligadas a influencias litológicas.

Es de destacar el salto brusco que se producen en la zona sur en que las concentraciones de sulfatos pasan de valores inferiores a 10 o 15 mg/l a valores superiores a 50 mg/l y, más al sur, a valores superiores 150 mg/l, indicio de una progresiva influencia de los materiales de la facies de transición.

# RELACIÓN PROFUNDIDAD/SULFATOS

## Campaña Primavera 95

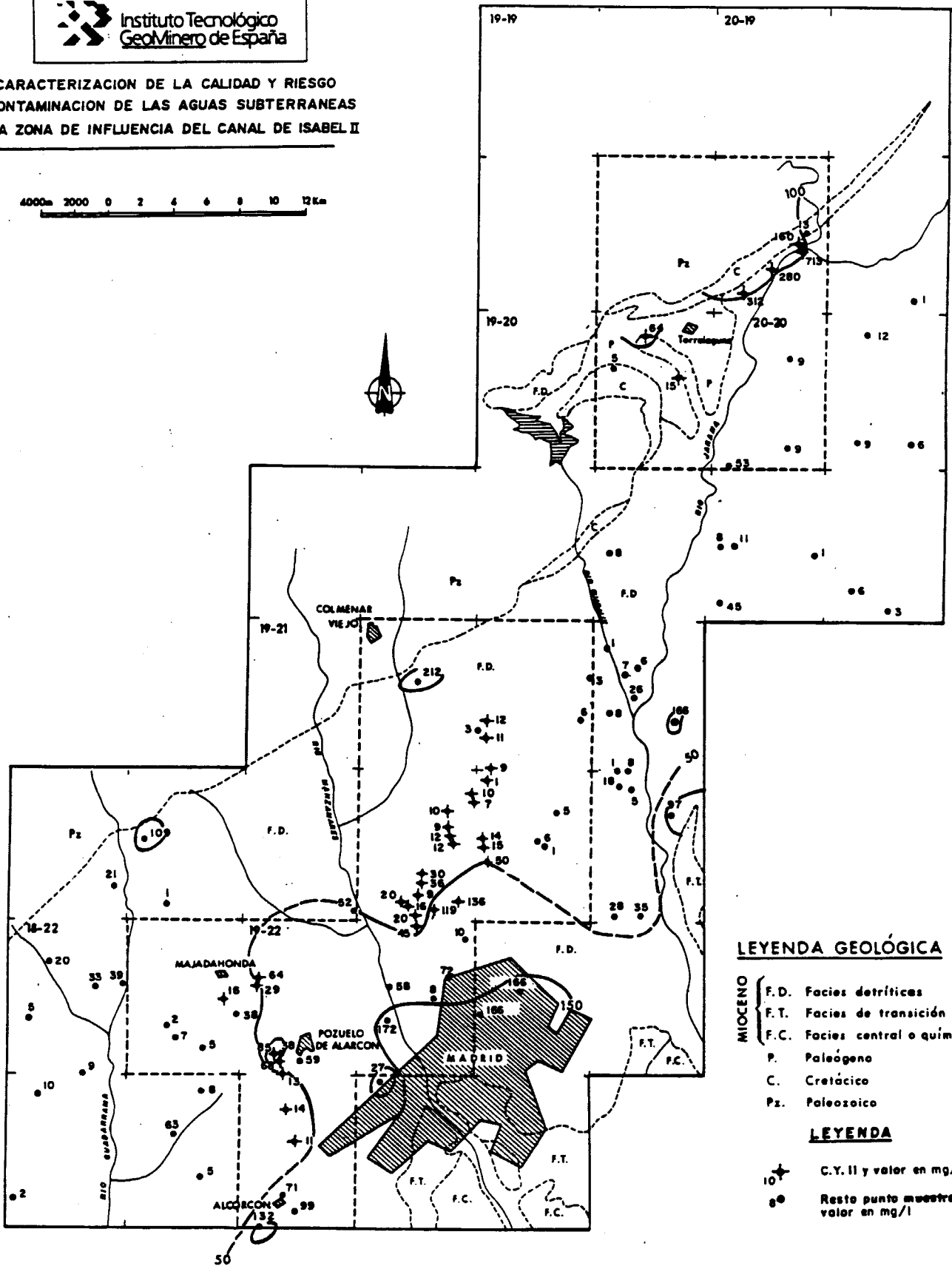


—■— SO4 (mg/l)

Figura 6.1.1.10



**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**



**LEYENDA GEOLOGICA**

- MIOCENO {
  - F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- P. Paleógeno
- C. Cretácico
- Pz. Paleozoico

**LEYENDA**

- + C.Y. II y valor en mg/l
- Resto punto muestreo y valor en mg/l

**MAPA DE ZONACIÓN DE CONCENTRACIONES DE SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>**

Valores puntuales anómalos de concentraciones de sulfatos se detectan en los sondeos F. Los Carneros, U. Golf-7, FX-4 y Montevalina -7, ya citados en relación con anomalías de cloruros.

Las aguas de la zona están subsaturadas en yeso (no se incluye mapa de índice de saturación). Esta circunstancia era de esperar dado que, si se considera la presencia de estos dos únicos iones en solución, la saturación sólo se alcanza para concentraciones de calcio superiores a 600 mg/l, muy lejos de las observadas en la zona.

La relación sulfatos calcio (meq/l) (Fig 6.1.1.11) señala aportes de calcio diferentes al yeso/anhidrita, aspecto que se comenta con más detalle en el apartado dedicado al calcio.

### **Bicarbonatos.**

En el cuadro 6.1.1.15 se presenta un resumen estadístico de los datos de concentración de bicarbonatos en el conjunto de la zona.

*Cuadro 6.1.1.15. Resumen estadístico de datos de concentración de bicarbonatos*

	n	Máx.	Mín.	$\bar{x}$	$\sigma$
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	105	456	60	198,8	68,8

En el cuadro 6.1.1.16 se presenta la distribución de este constituyente en intervalos de concentración.

*Cuadro 6.1.1.16. Distribución de bicarbonatos por intervalos de concentración*

Intervalo (mg/l)	Nº puntos	%
0 - 100	36	34,2
100 - 150	39	37,1
150 - 200	14	13,3
200 - 250	8	7,6
250 - 300	3	2,8
300 - 350	2	1,9
350 - 400	1	0,95
400 - 500	1	0,95

En él puede apreciarse que prácticamente el 92 % de las concentraciones de bicarbonatos están por debajo de los 300 mg/l, correspondiendo porcentualmente las de mayor frecuencia de detección a los intervalos de 0 a 100, de 100 a 150 y de 150 a 200 mg/l con porcentajes respectivos del 34.2, 37.1 y 13.3 % .

En la figura 6.1.1.12 se presenta la relación bicarbonatos y la profundidad. El coeficiente de correlación (-0.54), aunque no muy significativo, parece apuntar a la existencia de una cierta correlación inversa entre ambos parámetros, con un claro predominio de concentraciones inferiores a 200 mg/l por debajo de los 350 m. frente a concentraciones superiores en los sondeos de menor profundidad.

Esta correlación inversa podría ser indicio de una eventual precipitación de carbonatos por aumento de temperatura como parece confirmarse por la disminución del calcio en el mismo sentido, reflejada en la figura 6.1.1.18.

La relación bicarbonatos-calcio y calcio+magnesio (meq/l) (figura 6.1.1.13) pone de manifiesto aportes de calcio adicionales a los que puede proporcionar la mera disolución de carbonatos calcita o dolomita

La distribución espacial de bicarbonatos se presenta en el plano 6.1.1.6. En él puede observarse la distribución relativamente homogénea de valores por el conjunto de la zona. Aunque los contrastes de concentración no son acusados, los valores inferiores a 200 mg/l parecen concentrarse entre el interfluvio Jarama- Manzanares y la margen derecha del Guadarrama.

Un efecto de precipitación de carbonatos por efecto de ión común podría ser la causa de alguna de las concentraciones de bicarbonatos, similares a las del dominio detrítico, observadas en la zona de Torrelaguna, relativamente bajas para un dominio calcáreo como el de aquella zona.

Por el efecto de ión común el agua puede aparecer sobresaturada en calcita o dolomita, con la consiguiente probable precipitación, o este efecto puede limitar drásticamente la cantidad de calcita o dolomita que puede ser disuelta traducida en una disminución de bicarbonatos paralela.

### **Nitratos.**

En el cuadro 6.1.1.17 se incluye un resumen estadístico de datos de concentración de nitratos reflejados gráficamente en la figura 6.1.1.14.



# RELACIÓN SULFATOS/CALCIO (meq/l)

## Campaña primavera 95

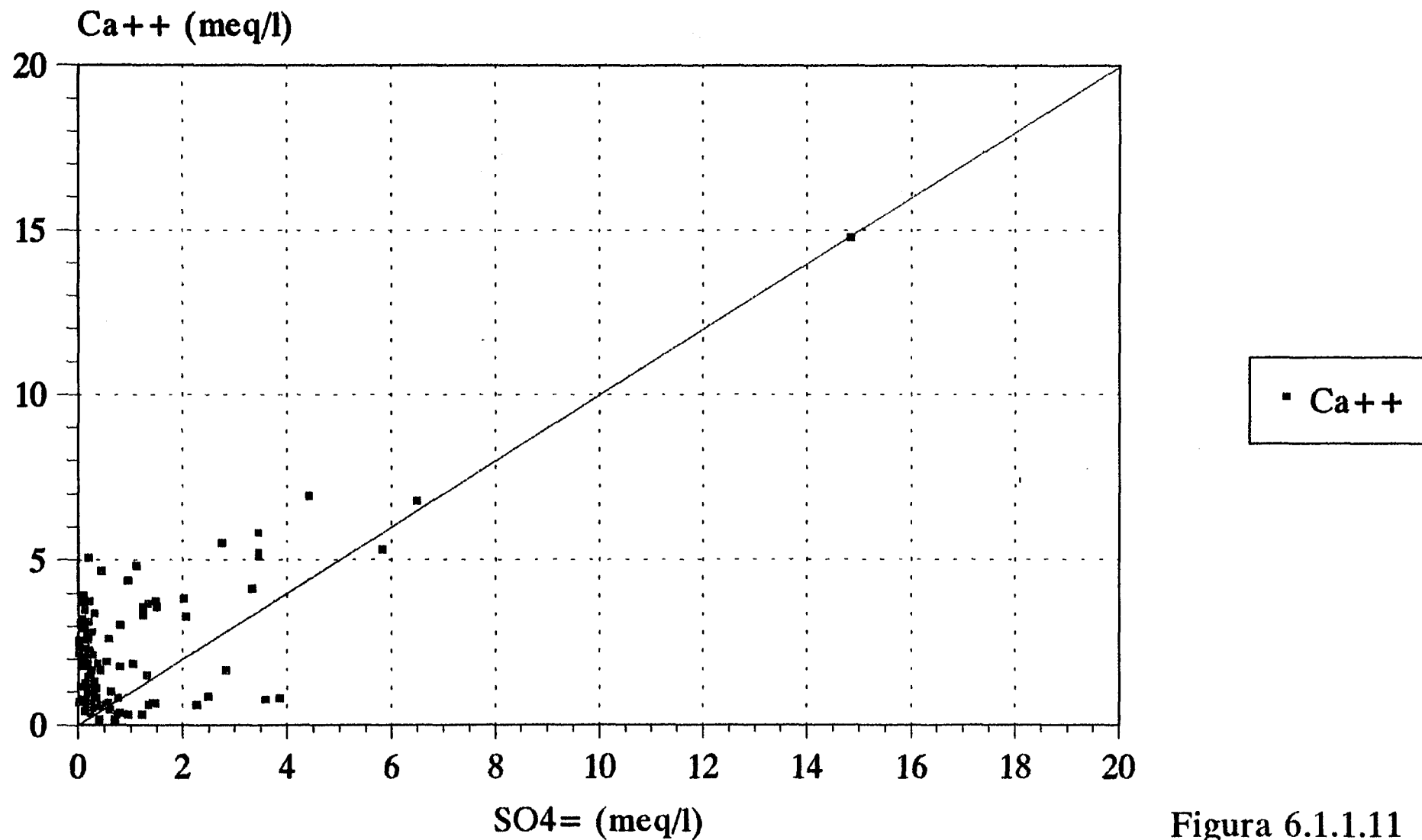
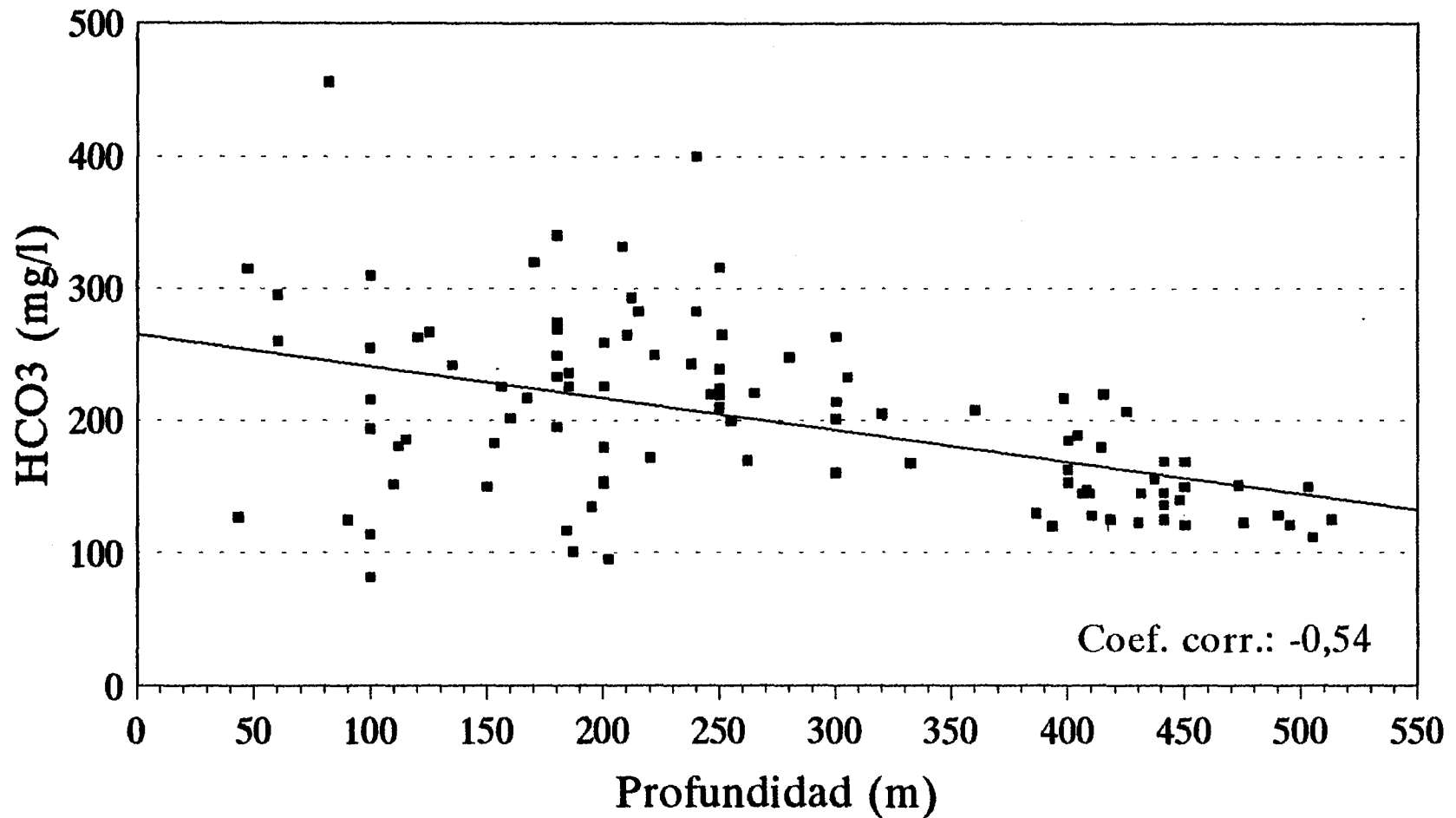


Figura 6.1.1.11



# RELACIÓN PROFUNDIDAD/BICARBONATOS

## Campaña Primavera 95



→ HCO3 (mg/l)

Figura 6.1.1.12

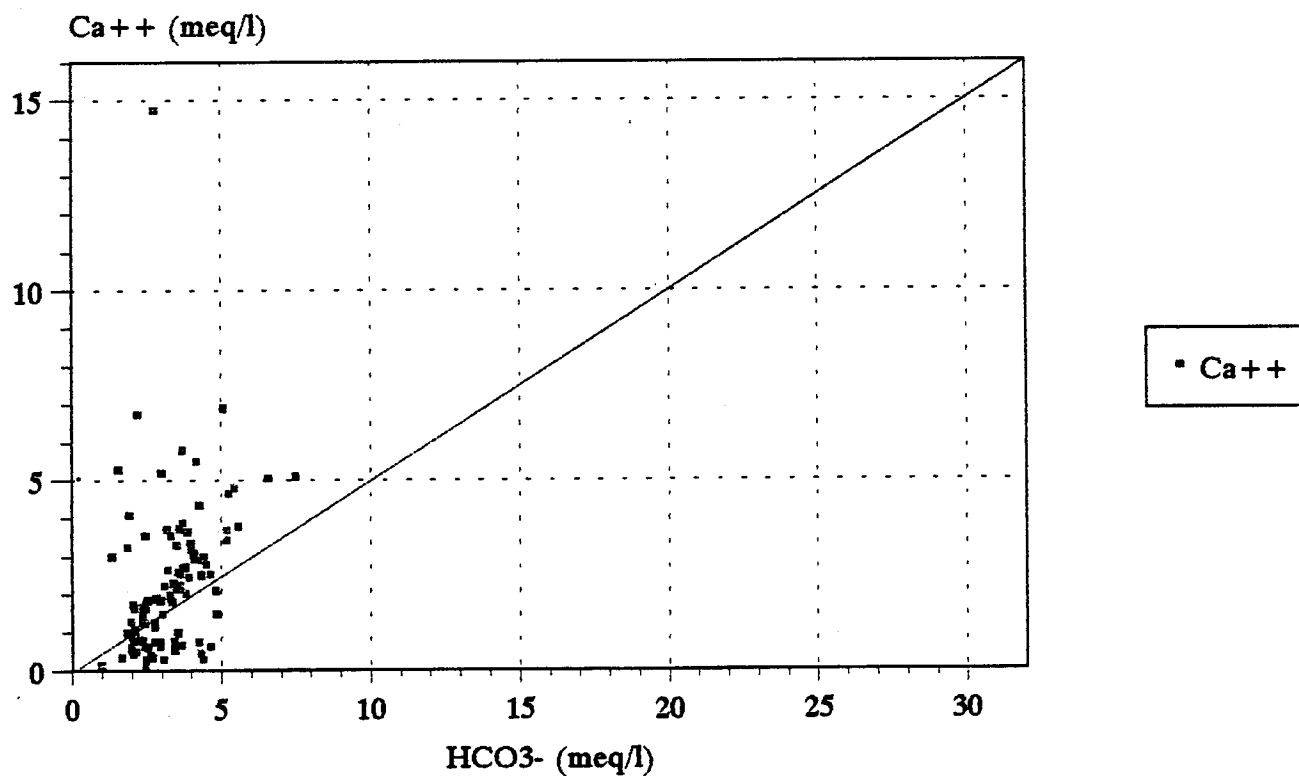
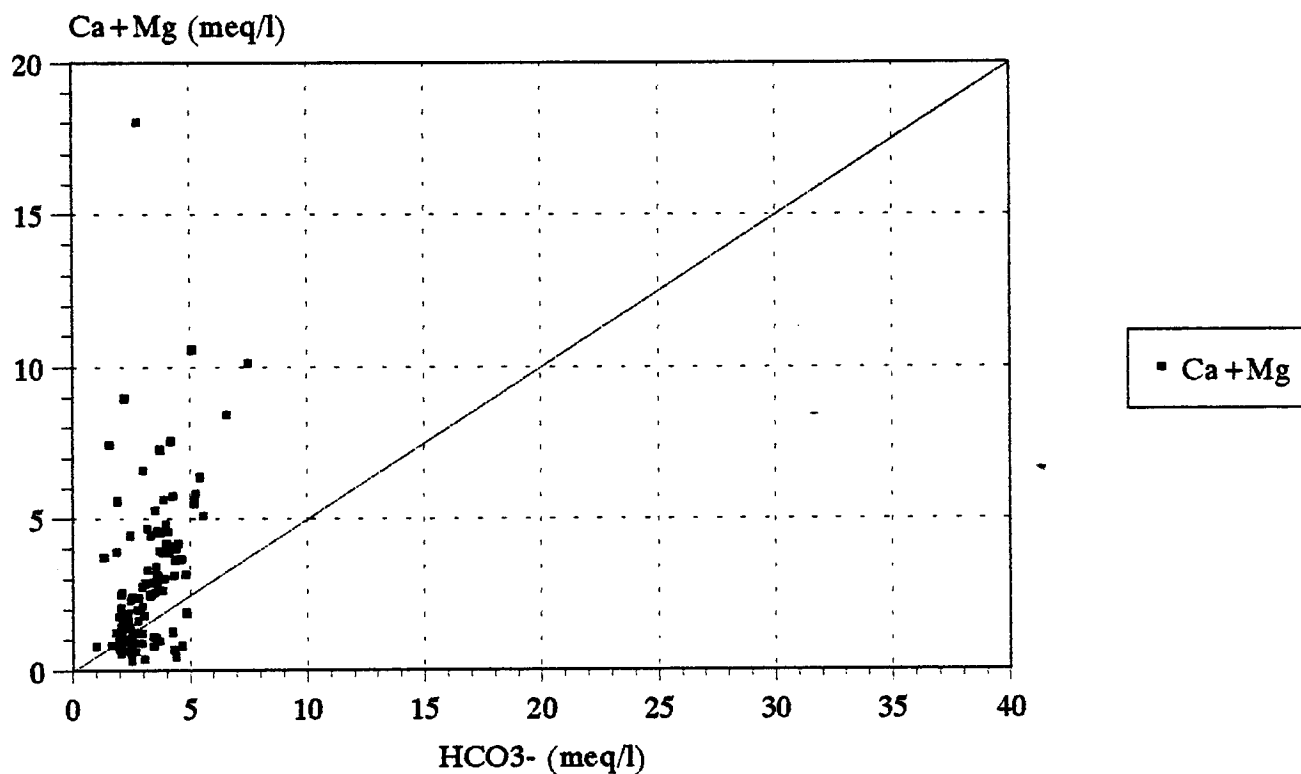
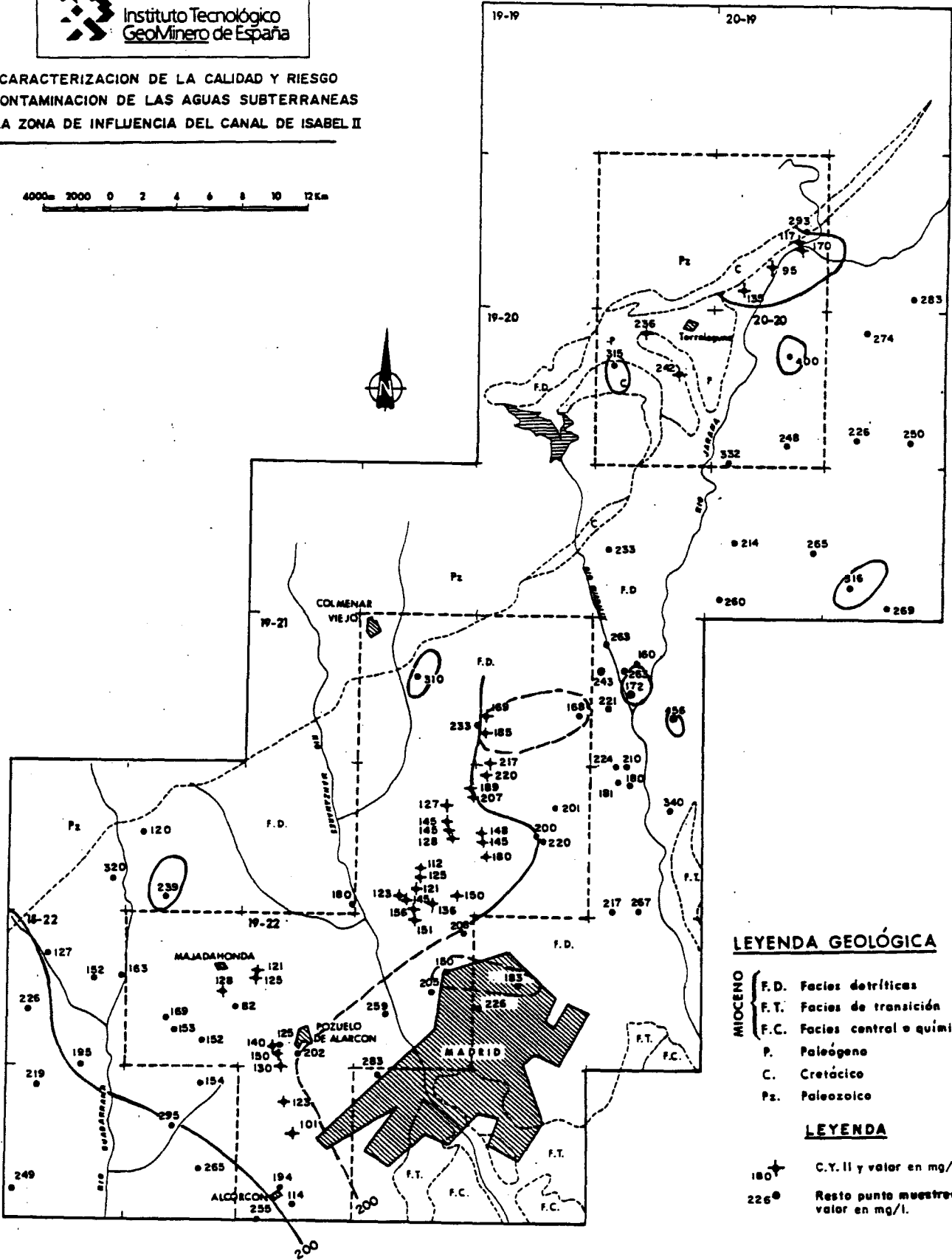


Figura 6.1.1.13

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12Km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- P.** Paleógeno  
**C.** Cretácico  
**Ps.** Paleozoico

**LEYENDA**

- 180+ C.Y. II y valor en mg/L.
- 226• Resto punto muestreo y valor en mg/l.

**MAPA DE ZONACIÓN DE CONCENTRACIONES DE  $\text{HCO}_3^-$   
PLANO 6.1.1.6**



Instituto Tecnológico  
Geominero de España

# Valores de $\text{NO}_3$ en la zona Campaña Primavera 95

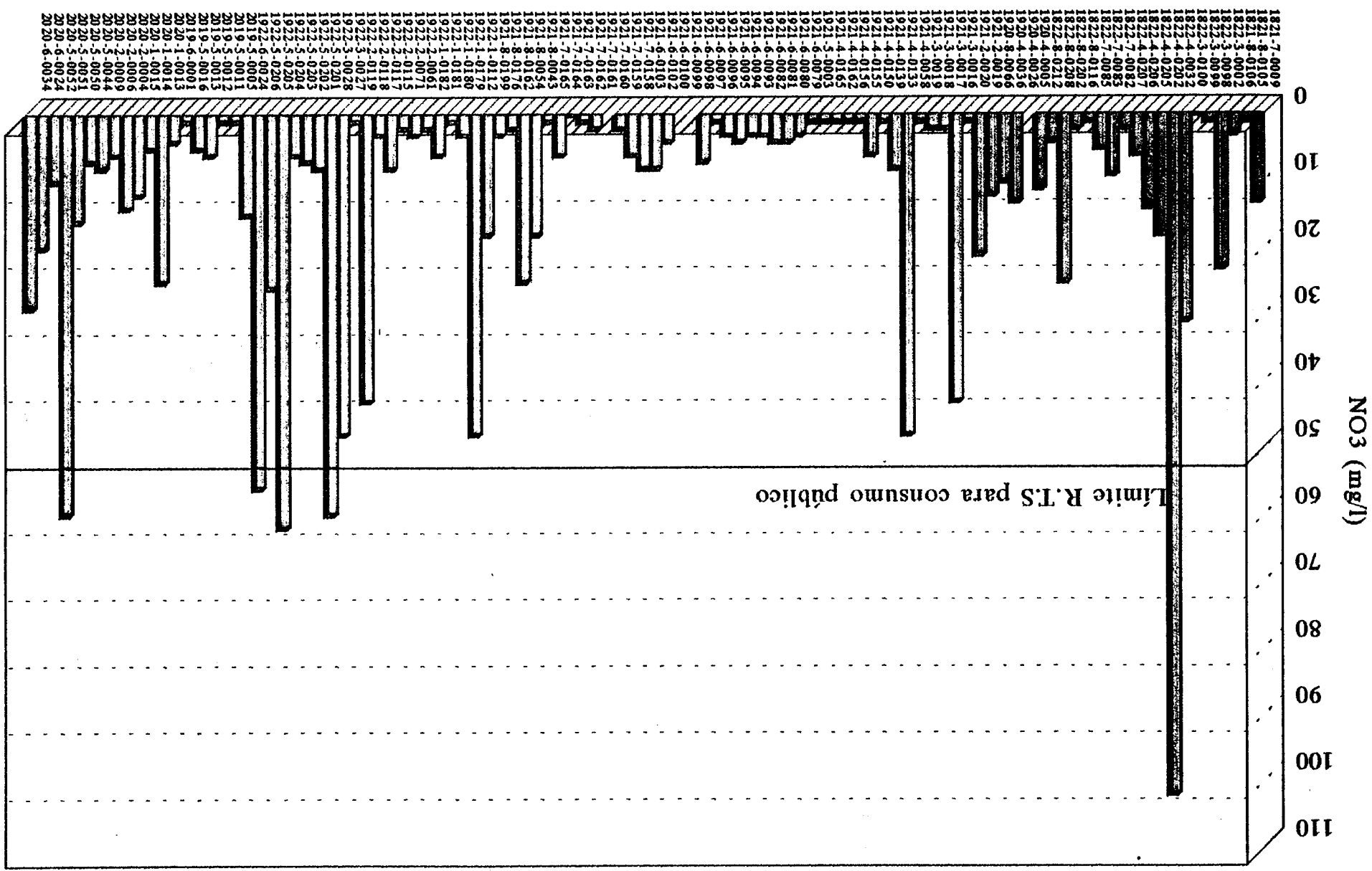


Figura 6.1.14

Nº inventario

## Cuadro 6.1.1.18 (bis)

## VALORES DE NITRATOS CLASIFICADOS POR INTERVALOS DE PROFUNDIDAD. PRIMAVERA 95

## Prof. 10-100 m.

Nombre	Prof	Hoja	Oct	Punto	NO3	NO2
Finca Montana (R.V.C)	43	1822	3	0002	23	
Centro Mosen-Sol (R.V.C)	100	1822	4	0032	102	
Km.12 Ctra.M-511(R.V.C)	60	1822	8	0116	2	
Finca La Platera (R.V.C)	15	1822	8	0202	25	
Bepeaa-Danosa S.A	47	1920	4	0026	13	0,07
Viveros Ortiz Laina	100	1921	2	0019	21	0,08
F. Los Carneros (R.V.C)	82	1921	4	0058	48	
Chalet de Pozuelo (R.V.C)	90	1922	1	0077	22	0,11
Ayt.Alcorcón. Sahagún	100	1922	5	0204	62	0,07
Ayt.Alcorcón.S.Domingo	100	1922	5	0205	26	0,08
Ayt.Alcorcón.O.Ochoa	100	1922	5	0206	56	0,07
Redland Ibérica (R.V.C)	100	2020	5	0044	7	
Finca Valdetorres C.A.M	60	2020	5	0051	60	0,06

	NO3	NO2
n° datos	13	7
máximo	102	0,11
mínimo	2	0,06
media	35,9	0,08
des. standart	28,1	0,02

## Prof. 100-200 m.

Nombre	Prof	Hoja	Oct	Punto	NO3	NO2
Finca Mahou (R.V.C)	170	1821	7	0009	13	
Urb.V.Castillo. P. Brezos	200	1822	3	0098	1	0,04
VC-1	200	1822	3	0100	31	0,24
Urb. Valepastores-8	110	1822	4	0205	14	0,08
Urb. Guadamonte	180	1822	7	0082	9	0,09
SV-1.Urb.Los Manantiales	180	1822	7	0083	5	0,06
BO-2	200	1822	8	0212	11	0,06
PT-6 (R.V.C)	185	1920	4	0005	0	
PRADO DEL CUBO	135	1920	4	0036	10	
Urb. Valdeoliva Alto	180	1920	8	0066	12	0,26
Imecrisa-G.E S.A (R.V.C)	120	1921	4	0150	6	0,07
P.N. Casa Trofas (R.V.C)	200	1921	5	0003	1	
Valdelahiguera (R.V.C)	112	1921	8	0043	18	
Granja Antonia (R.V.C)	167	1921	8	0054	25	
Viveros Z.V. 92 (R.V.C)	125	1921	8	0162	2	0,05
Iberiplasa S.A	200	1921	8	0176	3	
Ayto.Belvis del Jarama	180	1921	8	0199	18	0,25
Colegio Retamar	160	1922	1	0112	48	0,07
Instituto Llorente (R.V.C)	115	1922	2	0061	3	
J.M.D.Fuencarral.Alcazaba	150	1922	2	0118	43	
Club de Campo	200	1922	2	0119	1	
Ayt.Madrid. Pinar Rey	153	1922	3	0027	48	
Ayt.Madrid. Berlin	156	1922	3	0028	60	
RETAMARES-1	187	1922	5	0201	8	
M-1	195	2019	5	0013	5	
VALDENTALES	184	2019	5	0016	1	
Ayto. Mesones	185	2020	2	0004	14	
Ayt. El Cubillo de Uceda	180	2020	2	0009	8	
Ayto. Ribatejada	180	2020	6	0024	20	0,17

	NO3	NO2
n° datos	29	12
máximo	60	0,26
mínimo	0	0,04
media	15,10	0,12
des. standart	16,17	0,08

Cuadro 6.1.1.18 (bis) (continuación)

## VALORES DE NITRATOS CLASIFICADOS POR INTERVALOS DE PROFUNDIDAD. PRIMAVERA 95

### Prof. 200-300 m.

Nombre	Prof	Hoja	Oct	Punto	NO3	NO2
Urb. La Chopera	250	1821	8	0106	3	0,06
BR-2	250	1822	7	0085	1	0,01
VO-4	210	1822	8	0208	4	0,11
Finca Las Puebas	238	1921	3	0016	43	0,69
U.Ciudalcampo-D.Lozano	265	1921	4	0133	8	0,06
Race (R.V.C)	220	1921	4	0139	1	
U.Sto.Domingo-Barranca	300	1921	4	0155	1	0,07
U.Sto.Domingo.Depósito	300	1921	4	0156	1	0,04
AGUILA-6	250	1921	4	0162	1	0,05
AGUILA-7	250	1921	4	0165	1	0,08
Alcobendas. P.Navarra	255	1921	7	0163	0	0,09
Alcobendas. P.Cataluña	246	1921	7	0164	6	0,07
S.S. Reyes. P.Euskadi	300	1921	7	0165	1	0,11
Casa de Campo (R.V.C)	240	1922	6	0024	15	0,2
Casa Lorenzo (R.V.C)	212	2019	5	0005	1	
PT-4	262	2019	5	0011	1	
M-2A	202	2019	5	0012	6	
Ayto. Casa de Uceda	215	2019	6	0001	4	0,05
Finca La Capea S.A	208	2020	1	0013	25	
Ayto. Valdepiélagos	280	2020	1	0014	5	
U.Peñarrubia.Depósito	240	2020	1	0015	12	
Ayto. Valdenuño	222	2020	2	0006	6	
Ayto.Valdetorres Jarama	300	2020	5	0050	16	
Urb. El Coto-3	251	2020	5	0052	10	0,06
Urb. Montecalderón-5	250	2020	6	0034	29	0,07

	NO3	NO2
n° datos	25	16
máximo	43	0,69
mínimo	0	0,01
media	8,04	0,11
des. standart	10,55	0,16

### Prof. 300-400m.

Nombre	Prof	Hoja	Oct	Punto	NO3	NO2
Urb. Golf -7	393	1821	8	0105	1	0,01
Urb. V.del Castillo.Ayto.	400	1822	3	0099	0	
Urb. Las Lomas-52	400	1822	4	0206	6	0,05
Urb. Soto Viñuelas	305	1921	2	0020	1	0,26
CB-6	400	1921	3	0018	2	0,06
Urb. Ciudalcampo.Adarraga	332	1921	3	0019	1	0,03
CB-7	398	1921	7	0158	6	0,18
Clesa S.A	360	1922	2	0071	2	0,37
Ayto.Madrid. Dehesa Villa	320	1922	2	0115	8	
LA CABAÑA	386	1922	5	0203	6	0,06

	NO3	NO2
n° datos	10	8
máximo	8	0,37
mínimo	0	0,01
media	3,30	0,13
des. standart	2,87	0,13

Cuadro 6.1.1.18 (bis) (continuación)

## VALORES DE NITRATOS CLASIFICADOS POR INTERVALOS DE PROFUNDIDAD. PRIMAVERA 95

Prof. 400-500m.

Nombre	Prof	Hoja	Oct	Punto	NO3	NO2
MJ-1	490	1822	4	0202	18	
Urb. Las Lomas.Sella	450	1822	4	0207	2	0,04
CB-5	441	1921	3	0017	2	
FPD-1	441	1921	6	0079	3	
FX-3	437	1921	6	0080	4	
FA-3	431	1921	6	0081	4	
FB-2	450	1921	6	0082	3	
FX-4	441	1921	6	0094	4	
FA-1	475	1921	6	0095	3	
G-I	441	1921	6	0096	1	0,08
CA-3	418	1921	6	0097	7	0,05
CA-4	406	1921	6	0098		0,06
CA-5	410	1921	6	0099		
CB-9	404	1921	6	0100	4	0,12
CB-4	425	1921	6	0103	8	0,12
CB-8	415	1921	7	0159	2	0,04
CB-11	408	1921	7	0160		
CB-12	409	1921	7	0161	2	
CB-13	414	1921	7	0162	1	
MONTEALINA6	450	1922	1	0179	3	0,05
MONTEALINA7	448	1922	1	0180	1	
PM-1	495	1922	1	0181	6	
FU-3	473	1922	2	0117	3	
CANAL OESTE-3	430	1922	5	0202	7	0,08

	NO3	NO2
n° datos	21	9
máximo	18	0,12
mínimo	1	0,04
media	4,19	0,07
des. standart	3,75	0,03

Prof &gt; 500m.

Nombre	Prof	Hoja	Oct	Punto	NO3	NO2
FE-1	505	1921	6	0093	3	
CB-15	503	1921	6	0102	8	
PM-2	513	1922	1	0182	2	

	NO3	NO2
n° datos	3	0
máximo	8	
mínimo	2	
media	4,33	
des. standart	3,21	



Cuadro 6.1.1.17. Resumen estadístico de datos de concentración de nitratos

	n	Máx.	Mín.	$\bar{x}$	$\sigma$
NO <sub>3</sub> (mg/l)	102	102	0	12,6	17,6

En el cuadro 6.1.1.18 se presenta la distribución de nitratos por intervalos de concentración.

Cuadro 6.1.1.18. Distribución de nitratos por intervalos de concentración

Intervalo (mg/l)	Nº puntos	%
0 - 10	69	67,6
10 - 20	13	12,6
20 - 30	8	7,8
30 - 40	1	1
40 - 50	5	4,9
50 - 60	4	3,9
> 60	2	1,9

En el 80 % de las ocasiones las concentraciones de nitratos en la zona de estudio se mantienen por debajo de los 20 mg/l y casi en el 70 % de los casos las concentraciones observadas son inferiores a 10 mg/l. Probablemente estas bajas concentraciones son debidas a procesos de nitrificación natural.

En el cuadro 6.1.1.18 (bis) se presentan los datos de concentración de nitratos en función de intervalos de profundidad de los sondeos. En las figuras 6.1.1.15 y 16 se incluye la representación gráfica de estos datos. La independencia de las concentraciones de este elemento de la profundidad de los sondeos en los intervalos establecidos queda patente en estas figuras.

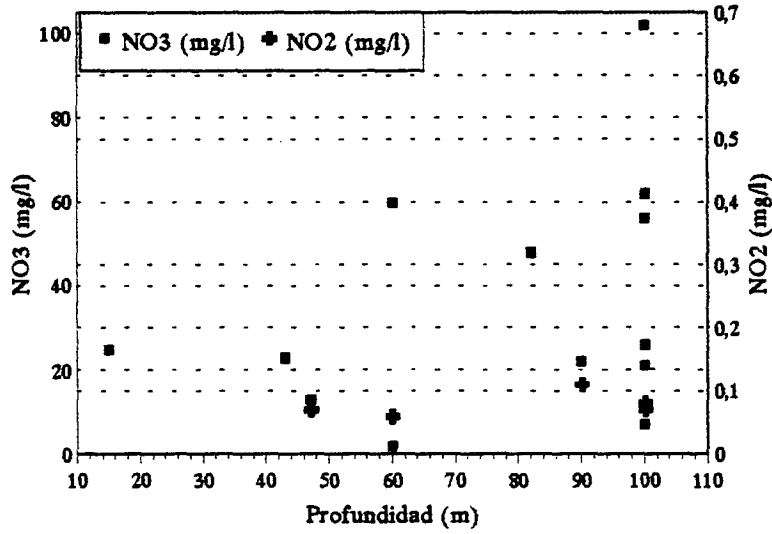
La representación de concentración de nitratos en la totalidad de las muestras vs profundidad (Figura 6.1.1.17), aunque no significativa, como indica el coeficiente de correlación (-0.5), evidencia un claro predominio de bajas concentraciones en sondeos de más de 350 m de profundidad, frente a una mayor dispersión de valores en sondeos de menor profundidad.

Los valores más elevados corresponden por lo general a sondeos con profundidad inferior a los 175 m aunque sondeos en el mismo rango de profundidad presentan concentraciones similares a los de más de 350 m.

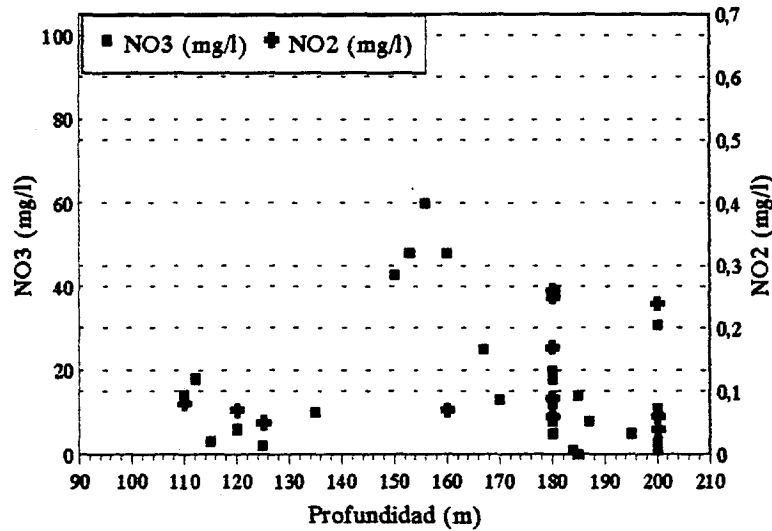


# Relación profundidad/nitratos y nitritos para diferentes intervalos de profundidad.

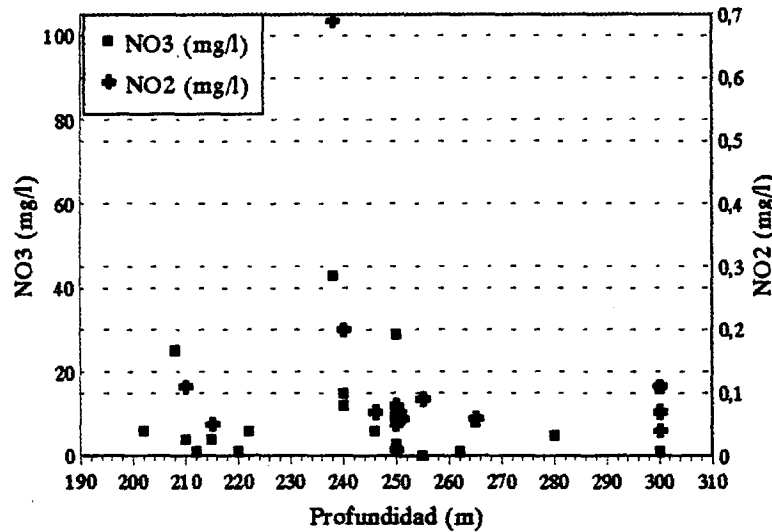
Campaña primavera 95. Profundidad 10-100 m.



Campaña primavera 95. Profundidad 100-200 m.



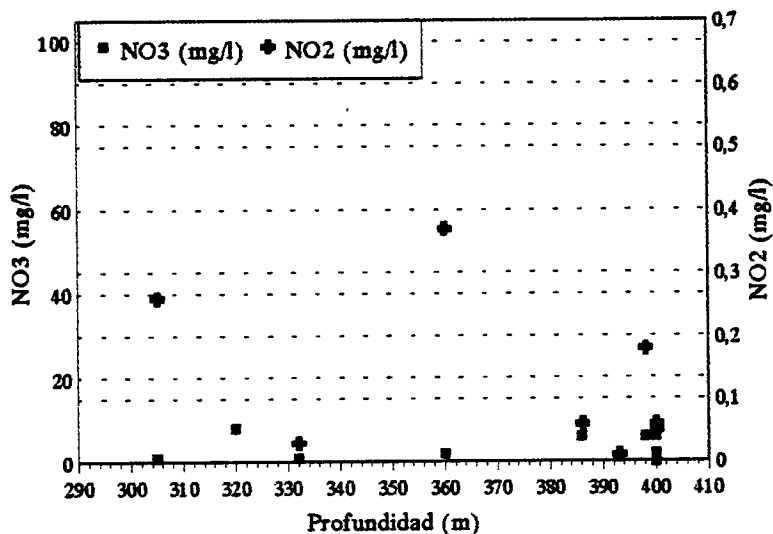
Campaña primavera 95. Profundidad 200-300 m.



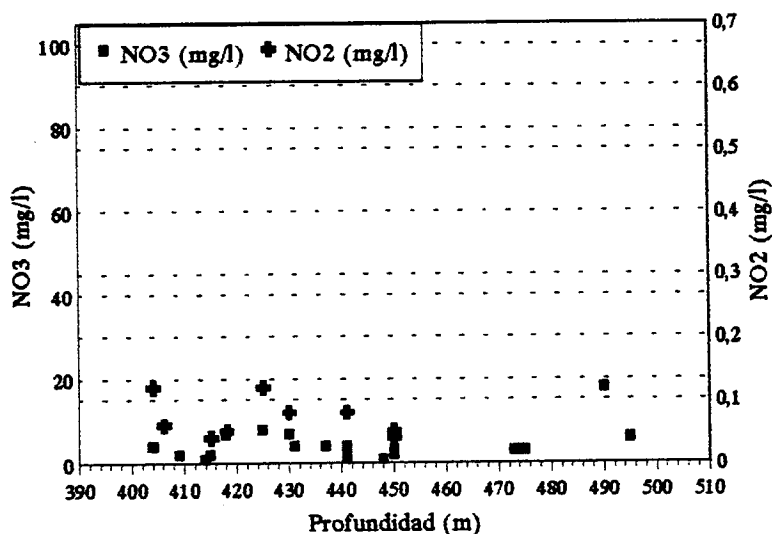
Figuras 6.1.1.15

# Relación profundidad/nitratos y nitritos para diferentes intervalos de profundidad.

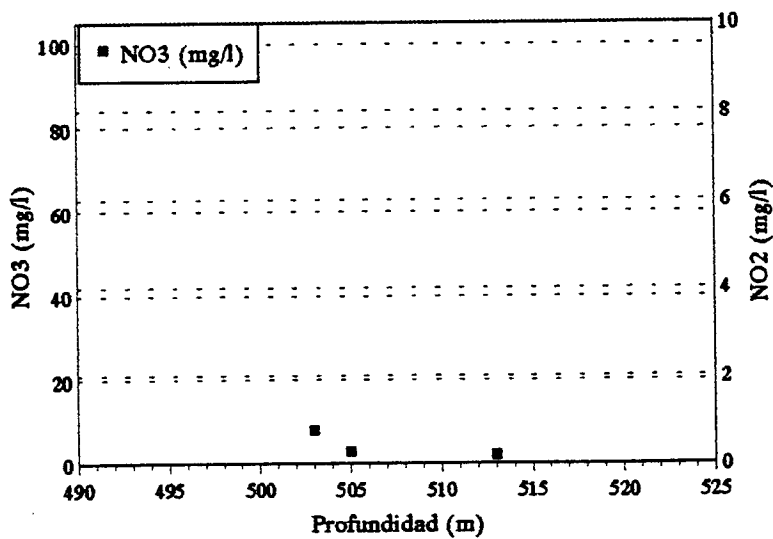
Campaña primavera 95. Profundidad 300-400 m.



Campaña primavera 95. Profundidad 400-500 m.



Campaña primavera 95. Profundidad > 500 m.

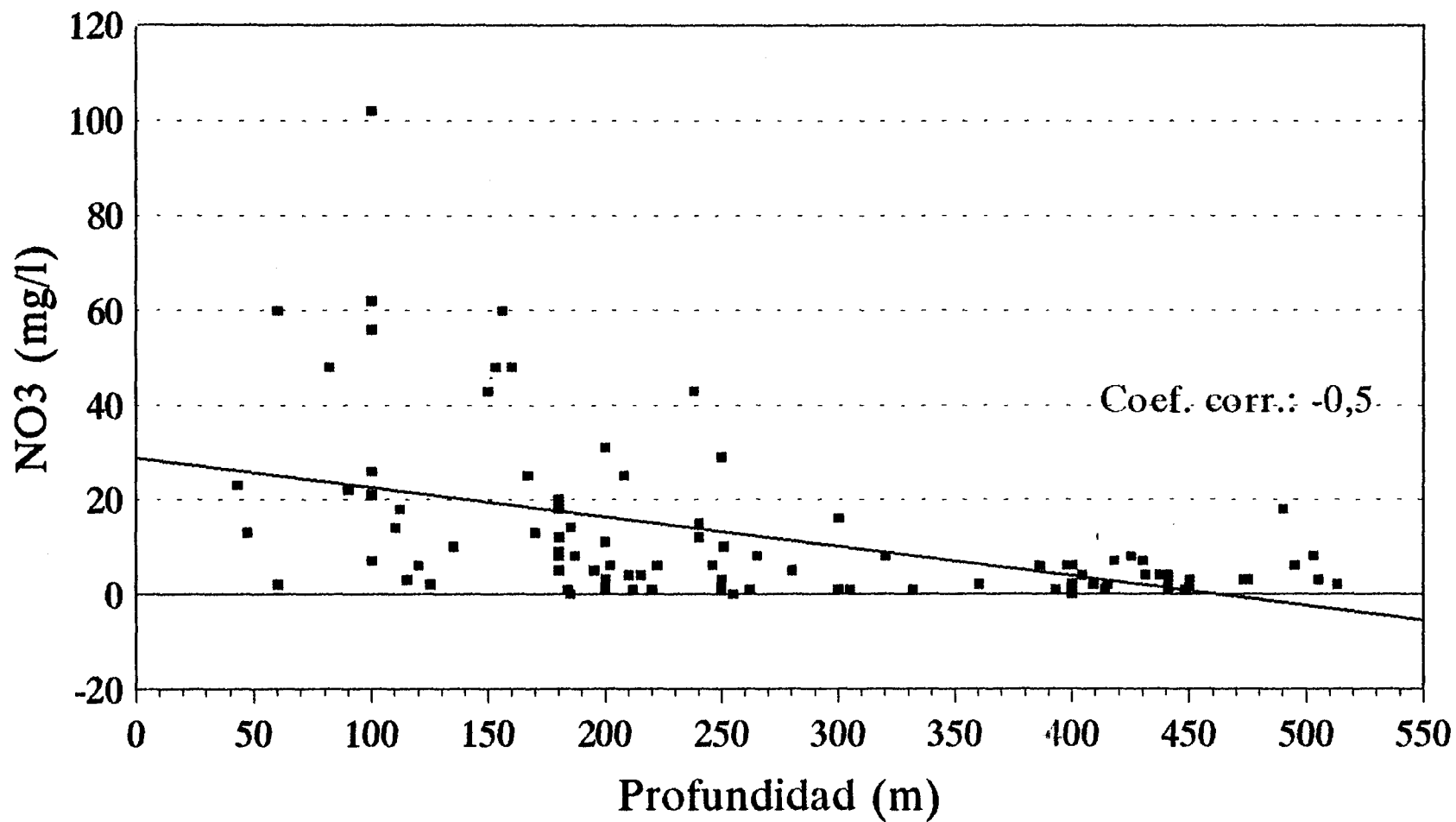


Figuras 6.1.1.16



# RELACIÓN PROFUNDIDAD/NITRATOS

## Campaña Primavera 95



—■— NO<sub>3</sub> (mg/l)

Figura 6.1.1.17

En el plano 6.1.1.7 se presenta la distribución espacial de las concentraciones de nitratos. Destaca la amplia dispersión de valores inferiores a 20 mg/l por toda la zona. Los puntos de mayor concentración se dispersan igualmente por toda la zona.

Estos corresponden a los sondeos P. Sahagún y P Ochoa de Alcorcón, dentro del casco urbano P Berlín de Madrid casco urbano, Finca Mosén Sol (sin evidencias de foco) y finca ganadera Valdetorres de la C.A.M., ninguno de los cuales pertenece a los Sistemas Generales.

Concentraciones entre 40 y 50 mg/l se detectan en los sondeos de la Finca Las Pueblas, Colegio Retamar, Parque Alcazaba (casco urbano de Madrid), P. Pinar del Rey (casco urbano y sin utilización) y finca Los Carneros (establos, estiércol) no incluidos en los Sistemas Generales.

A la luz de los datos expuestos queda claro que, al menos por el momento, y salvo en los casos puntuales señalados, el problema que pudieran representar las concentraciones de nitratos en el conjunto de la zona carece de entidad. El fondo regional de nitratos puede establecerse por debajo de los 15 mg/l.

### Calcio.

En el cuadro 6.1.1.19 se presenta un resumen estadístico de los datos de concentración de calcio en la zona de estudio.

*Cuadro 6.1.1.19. Resumen estadístico de datos de concentración de calcio*

	n	Máx.	Mín.	$\bar{x}$	$\sigma$
Ca (mg/l)	105	295	3	45,7	39,5

En el cuadro 6.1.1.20 se incluye la clasificación de concentraciones de calcio por intervalos

*Cuadro 6.1.1.20. Distribución de calcio por intervalos de concentración*

Intervalo (mg/l)	Nº puntos	%
0 - 10	11	10,5
10 - 20	22	21
20 - 30	10	9,5

Intervalo (mg/l)	Nº puntos	%
30 - 40	12	11,4
40 - 50	10	9,5
50 - 60	12	11,4
60 - 70	7	6,7
70 - 80	8	7,6
80 - 90	2	1,9
90 - 100	2	1,9
100 - 150	8	7,6
> 200	1	0,9

En el 73 % de las ocasiones las concentraciones de calcio en el conjunto de la zona se mantienen por debajo de los 60 mg/l. Las concentraciones que se detectan con mayor frecuencia se mantienen en el rango de los 10-20 mg/l. Concentraciones superiores a los 100 mg/l sólo se han puesto de manifiesto en el 8.5 % de las ocasiones.

La relación concentración de calcio y la profundidad (Figura 6.1.1.18), como en el caso de los constituyentes ya considerados, parece presentar una tendencia escasamente significativa hacia una correlación inversa (coef. de correlación de -0.49)

En dicha figura puede observarse que las concentraciones de calcio se mantienen sistemáticamente por debajo de los 50 mg/l para sondeos con profundidades de más de 350 m mientras que, en sondeos con profundidad menor la frecuencia de concentraciones superiores a 50 mg/l es significativa.

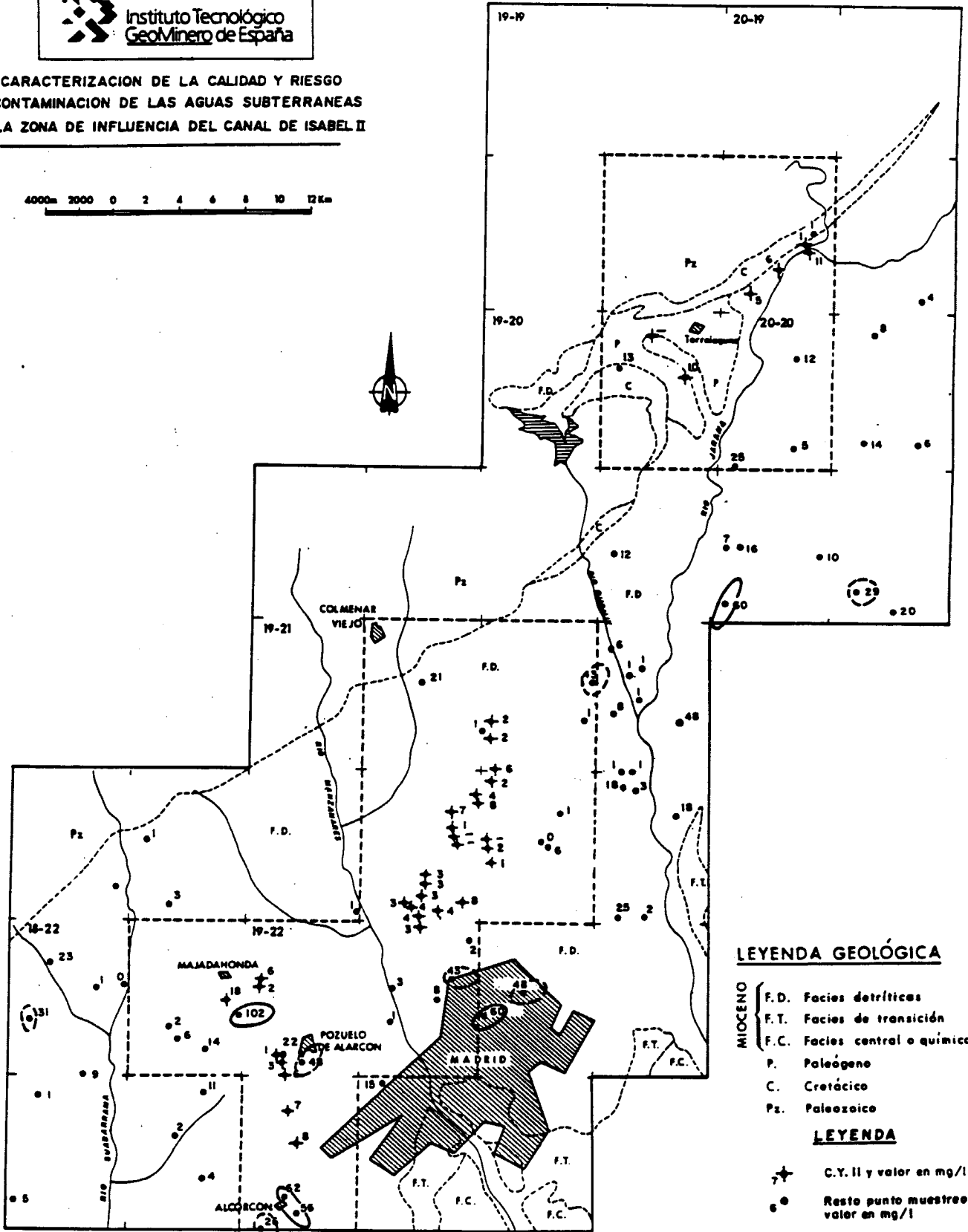
Esta situación, junto con el ligero aumento de sodio en profundidad (Figura 6.1.1.19) puede ser originada por procesos de intercambio iónico poco desarrollados, concomitantes a los procesos, probables, de precipitación de carbonatos ya comentados.

La distribución espacial de las concentraciones de calcio puede ser observada en el plano 6.1.1.8. En él pueden distinguirse la zona de Torrelaguna y la zona sureste del interfluvio Manzanares-Jarama y del valle de este último con concentraciones superiores, por lo general a los 70 mg/l.

Aparte de estas zonas desde el interfluvio del Manzanares-Jarama (zona alta del campo del Canal Bajo, sondeos CB-4 a CB-9) se aprecia una disminución de la concentración de calcio hacia el valle del Jarama atribuida tradicionalmente a procesos de intercambio iónico potenciados, al menos

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**

4000m 3000 0 2 4 6 8 10 12 Km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- P. Paleógeno**  
**C. Cretácico**  
**Pz. Paleozoico**

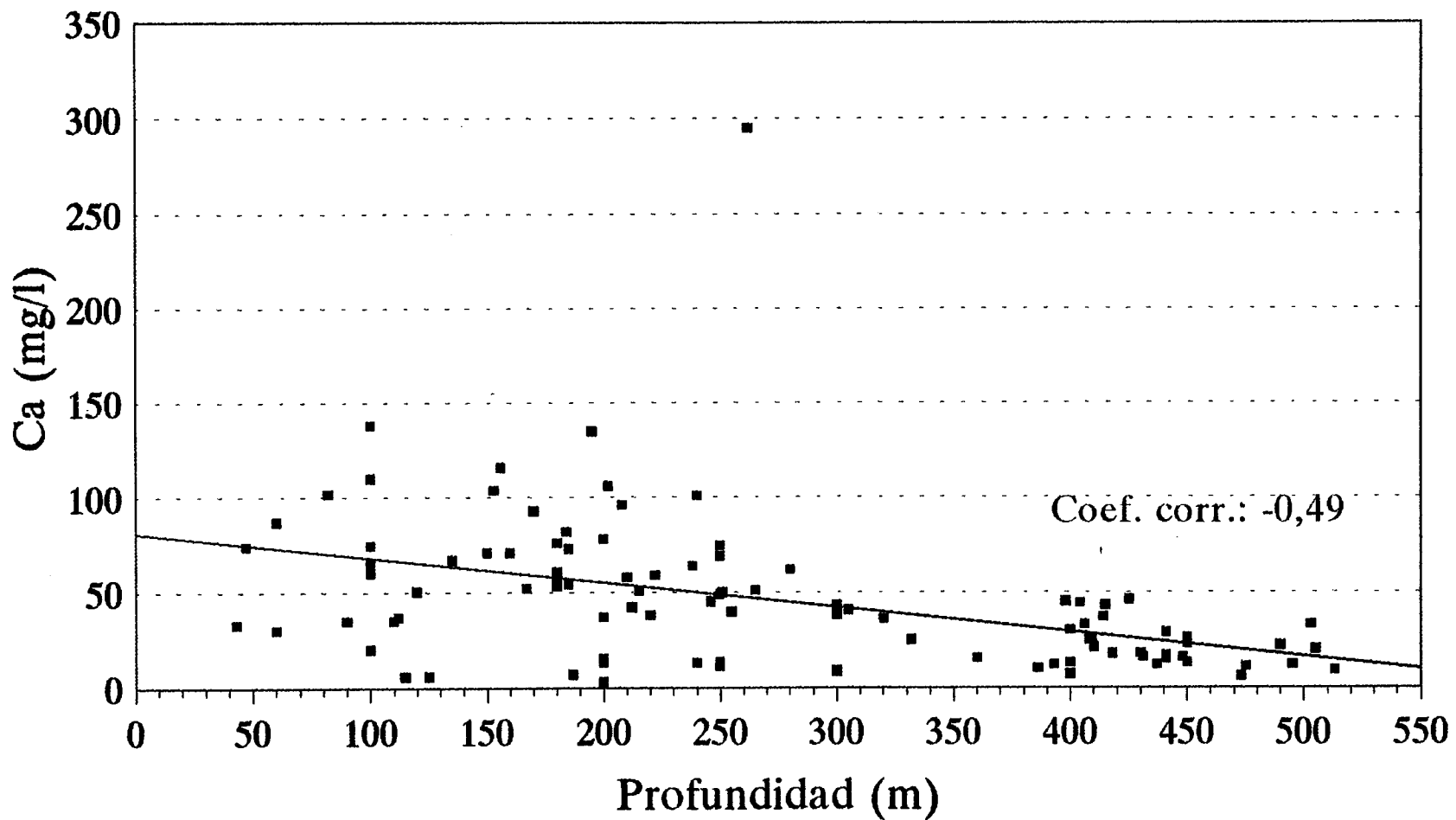
**LEYENDA**

- ★ C.Y. II y valor en mg/l
- Resto punto muestreo y valor en mg/l

**MAPA DE ZONACIÓN DE CONCENTRACIONES DE NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**  
**PLANO 6.1.1.7**

# RELACIÓN PROFUNDIDAD/CALCIO

Campaña Primavera 95



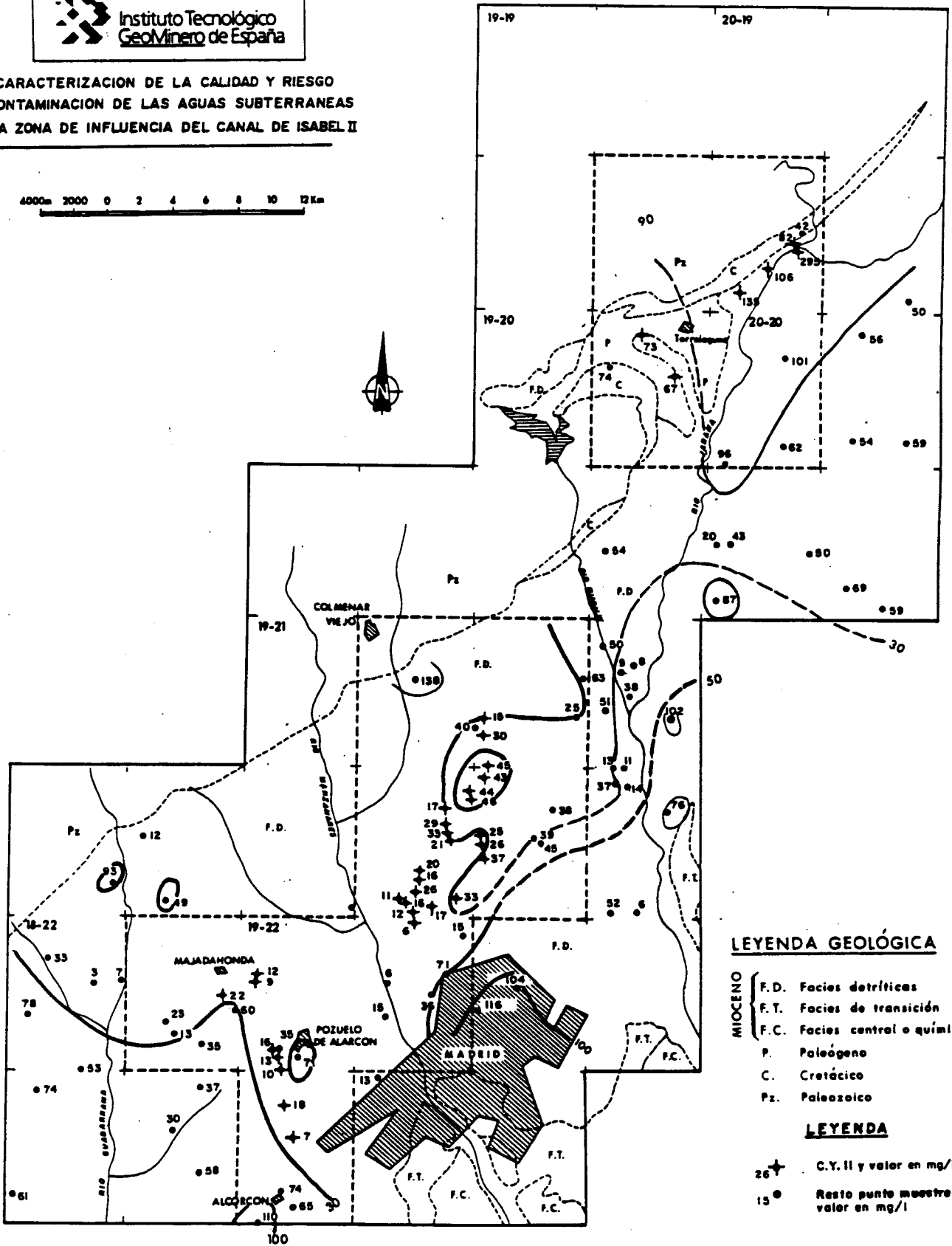
Ca (mg/l)

Figura 6.1.1.18



**CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**

4000m 3000 0 2 4 6 8 10 12 Km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- P.** Paleógeno  
**C.** Cretácico  
**Pz.** Paleozoico

**LEYENDA**

- 25+ C.Y. II y valor en mg/l
- 15 Resto punto muestreo y valor en mg/l

**MAPA DE ZONACIÓN DE CONCENTRACIONES DE Ca**

parcialmente, por procesos de precipitación de carbonatos a lo largo del flujo.

El contraste de contenido en calcio de los sondeos citados con los demás del Canal Bajo y los del Canal Alto y Fuencarral no se justifica de forma clara.

La disminución observada de concentración de calcio en los sondeos del Canal Alto, zona sur del Canal Bajo y Fuencarral puede ser debida a la superposición de procesos de intercambio iónico y precipitación de carbonatos por efecto del aumento de la temperatura en la circulación descendente del agua.

Excepción hecha de los sondeos del Canal Bajo el proceso de precipitación de carbonatos parece más ligado a la profundidad de los sondeos que a una posición hidrogeológica (recarga/descarga) de los mismos. En efecto, en el plano 6.1.1.9, puede apreciarse una amplia zona al suroeste del área de estudio en que sistemáticamente las aguas subterráneas están subsaturadas con respecto a la calcita (índice de saturación menor que 1) en los sondeos de más de 300 m. Las excepciones corresponden a los sondeos U. La Chopera (0.59), U. Valdepastores (0.02), Colegio Retamar (0.18) con profundidades de 250, 110 y 160 m. respectivamente. Por lo común las aguas saturadas en calcita corresponden a sondeos con profundidad inferior a la citada distribuidos por el resto de la zona de estudio.

La relación  $\text{HCO}_3$  vs Ca en meq/l.(figura 6.1.1.13) pone de manifiesto que el aporte de calcio a las aguas subterráneas procede en buena parte, como era de esperar en un dominio silicatado como es el acuífero de Madrid, de minerales no carbonatados. Las fuentes principales en el acuífero son los materiales de descomposición de las rocas ígneas o metamórficas como feldespato-plagioclasa (anortita ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ), piroxenos y anfíboles.

El aporte en calcio de estos minerales es reducido ya que su velocidad de descomposición es muy baja. Además, con suficiente tiempo de contacto, el pH puede aumentar hasta el punto en que parte del calcio puede precipitar en forma de carbonato.

### **Sodio**

En el cuadro 6.1.1.21 se incluyen datos estadísticos de la concentración de sodio

Cuadro 6.1.1.21. Resumen estadístico de datos de concentración de sodio

	n	Máx.	Mín.	$\bar{x}$	$\sigma$
Na (mg/l)	105	192,6	2,7	44,9	35,9

En el cuadro 6.1.1.22 se adjuntan los datos de distribución de concentraciones de sodio distribuidas por intervalos.

Cuadro 6.1.1.22. Distribución de sodio por intervalos de concentración

Intervalo (mg/l)	Nº puntos	%
0 - 10	8	7,6
10 - 20	10	9,5
20 - 30	29	27,6
30 - 40	18	17,1
40 - 50	11	10,4
50 - 60	4	3,8
60 - 70	7	6,7
70 - 80	3	2,8
80 - 90	2	1,9
90 - 100	2	1,9
100 - 110	5	4,7
110 - 120	1	0,9
120 - 130	2	1,9
140 - 150	1	0,9
180 - 190	1	0,9
190 - 200	1	0,9

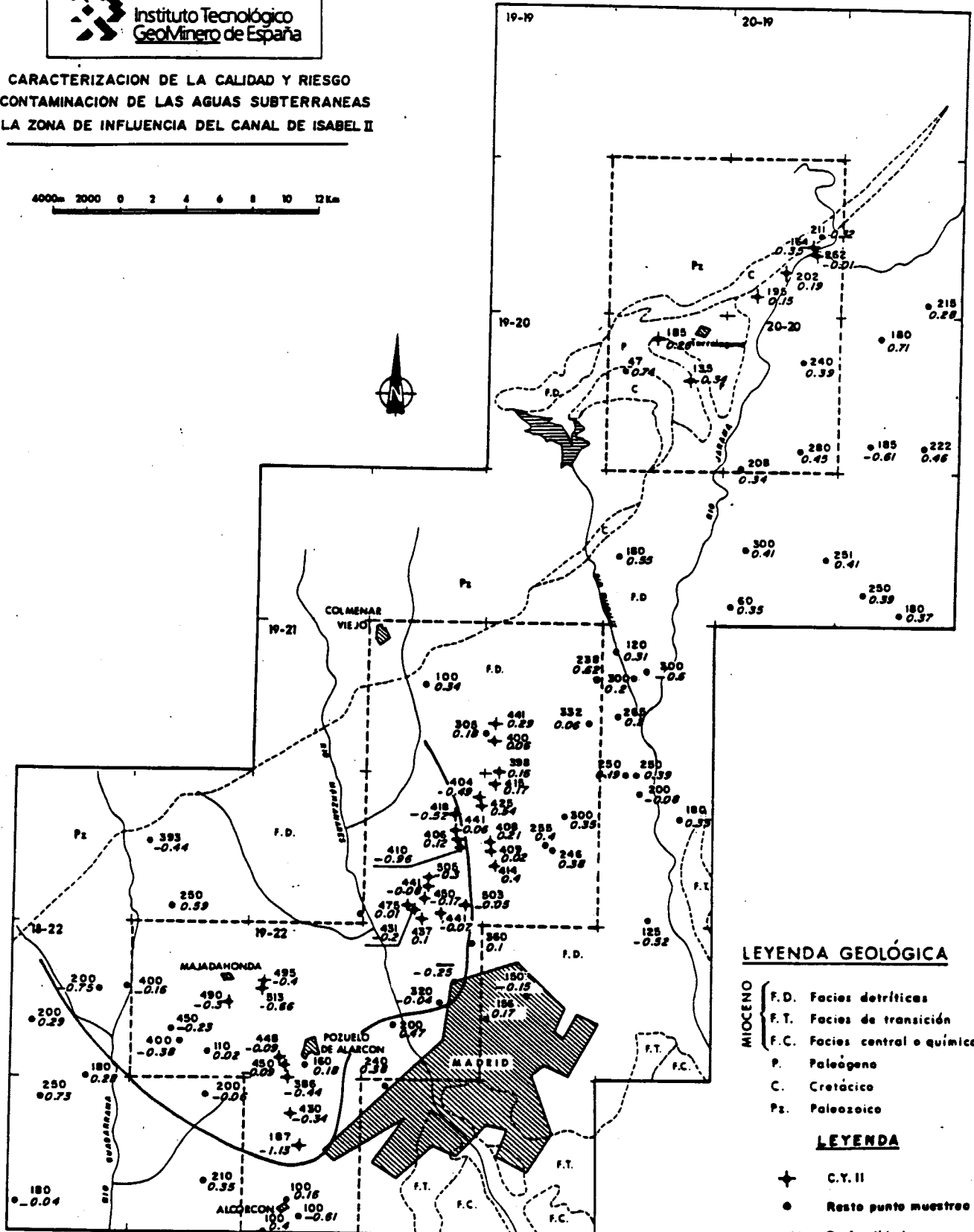
En dicho cuadro puede observarse que en el 72 % de las ocasiones el contenido en sodio se mantiene por debajo de los 50 mg/l y que el intervalo de mayor frecuencia corresponde a 20 - 30 mg/l (27 %). En la figura 6.1.1.9 se pone de manifiesto que el contenido en sodio de las muestras es mayor que el contenido en cloruros y aumenta más rápidamente que éste lo que probablemente apunta a procesos de intercambio iónico.



Instituto Tecnológico  
Geológico de España

CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- P. Paleógeno  
C. Cretácico  
Pz. Paleozoico

**LEYENDA**

- ✦ C.Y. II
- Resto punto muestreo
- 185 Profundidad.
- 0.26 Índice de saturación en Calcita.

MAPA DE ZONACIÓN DEL ÍNDICE DE SATURACIÓN EN CALCITA

El origen del sodio en la zona debe buscarse en aportes diferentes a los de disolución de evaporitas (ClNa) como demuestra la desviación de la recta teórica de disolución de este compuesto en la figura 6.1.1.9. En buena parte este elemento debe proceder de la alteración del feldespato plagioclasa albita ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ) frecuente en la zona como elemento constituyente de las rocas ígneas y sus productos de alteración.

La relación contenido en sodio vs profundidad de las captaciones (Figura 6.1.1.19), aunque escasamente significativa como indica su coeficiente de correlación de 0.24, parece presentar cierta tendencia al aumento de este elemento con la profundidad de las captaciones, relación inversa que la presentada por el calcio y el magnesio.

Ya se ha indicado que este aumento relativo en sodio se interpreta como efecto de eventuales procesos de intercambio catiónico probablemente potenciado por procesos de precipitación de carbonatos por aumento de la temperatura.

La distribución espacial del contenido en sodio se refleja en el plano 6.1.1.10.

Dentro de la homogeneidad de concentraciones en la zona destaca el área de Torrelaguna con contenidos, en general, inferiores a 10 mg/l reflejo de la composición litológica.

Es de destacar, igualmente, el menor contenido en sodio de las muestras situadas en la zona norte de la margen izquierda del río Jarama en que las concentraciones se mantienen por debajo de las 30 mg/l.

Probablemente el hecho más destacable es el del aumento de concentración que se puede observar desde las zonas de interfluvio a las de valle, menos acusado en la zona norte del Jarama pero bastante evidente en la zona sur de este río y del río Manzanares en que desde valores inferiores a 50 mg/l se pasa en los valles de estos ríos a concentraciones de más de 50 y aún de 100 mg/l. Similar situación parece presentarse aunque de modo menos claro en la zona norte del Guadarrama.

Situaciones excepcionales de elevados contenidos en sodio, no ligadas a este proceso, se detectan en sondeos ya mencionados anteriormente, como el FX-4, CB-15 y Montealina-7 con contenidos de 117, 105 y 148 mg/l respectivamente, muy superiores a los de los sondeos de su entorno inmediato.

## Magnesio

En el cuadro 6.1.1.23 se incluyen datos estadísticos de concentración de magnesio.

Cuadro 6.1.1.23. Resumen estadístico de datos de concentración de magnesio

	n	Máx.	Mín.	$\bar{x}$	$\sigma$
Mg (mg/l)	105	61	1	10,4	9,66

En el cuadro 6.1.1.24 se presenta la distribución de este constituyente en intervalos de concentración.

Cuadro 6.1.1.24. Distribución de magnesio por intervalos de concentración

Intervalo (mg/l)	N° puntos	%
0 - 10	68	64,7
10 - 20	26	24,7
20 - 30	7	6,7
30 - 40	1	0,9
40 - 50	2	1,9
60 - 70	1	0,9

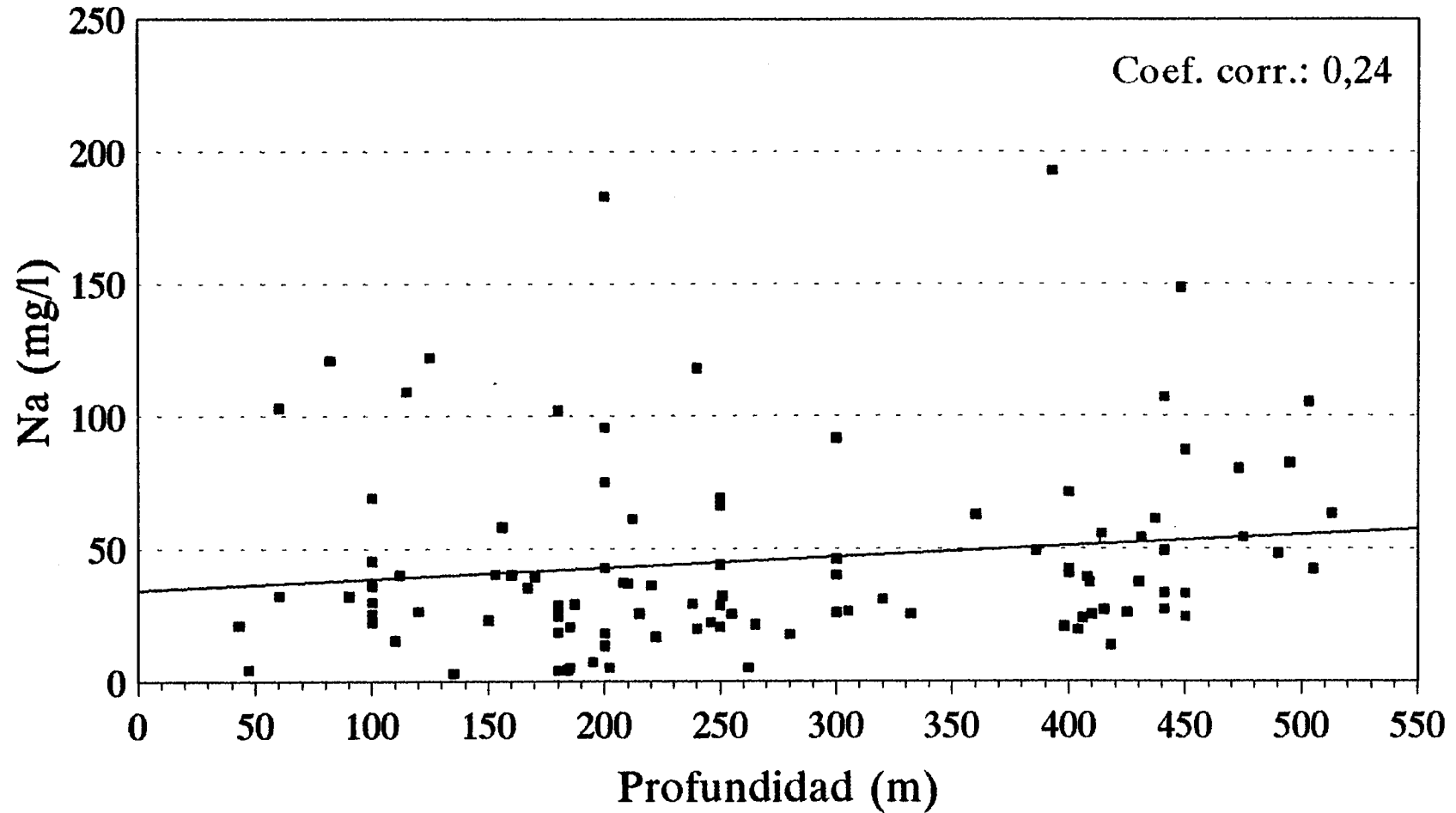
La mayor parte de las concentraciones de magnesio detectadas en la zona se mantienen por debajo de los 10 mg/l. En el 89 % de las ocasiones dichas concentraciones son inferiores a 20 mg/l y sólo en una ocasión se sobrepasan los 50 mg/l (Sondeo de la Finca Los Carneros) con 61 mg/l.

La relación concentración de magnesio vs profundidad de las captaciones (Figura 6.1.1.20) parece evidenciar una tendencia poco definida (coeficiente de correlación de - 0.5) a la disminución de este constituyente con la profundidad, muy similar a la observada en el caso del calcio. Al igual que ocurría con este elemento las concentraciones de magnesio son claramente inferiores en los sondeos de más de 350 m de profundidad que en el resto de los sondeos. Ya se ha apuntado que esta disminución puede estar asociada a procesos de precipitación de carbonatos por aumento de temperatura.

La relación bicarbonatos vs Ca + Mg (Figura 6.1.1.13) parece indicar un aporte adicional de estos elementos distinto de la mera disolución de dolomita. Este aporte adicional procede de la alteración de minerales ferromagnesianos como olivino, piroxenos, anfíboles, micas, etc. muy comunes en las rocas ígneas.

# RELACIÓN PROFUNDIDAD/SODIO

## Campaña Primavera 95

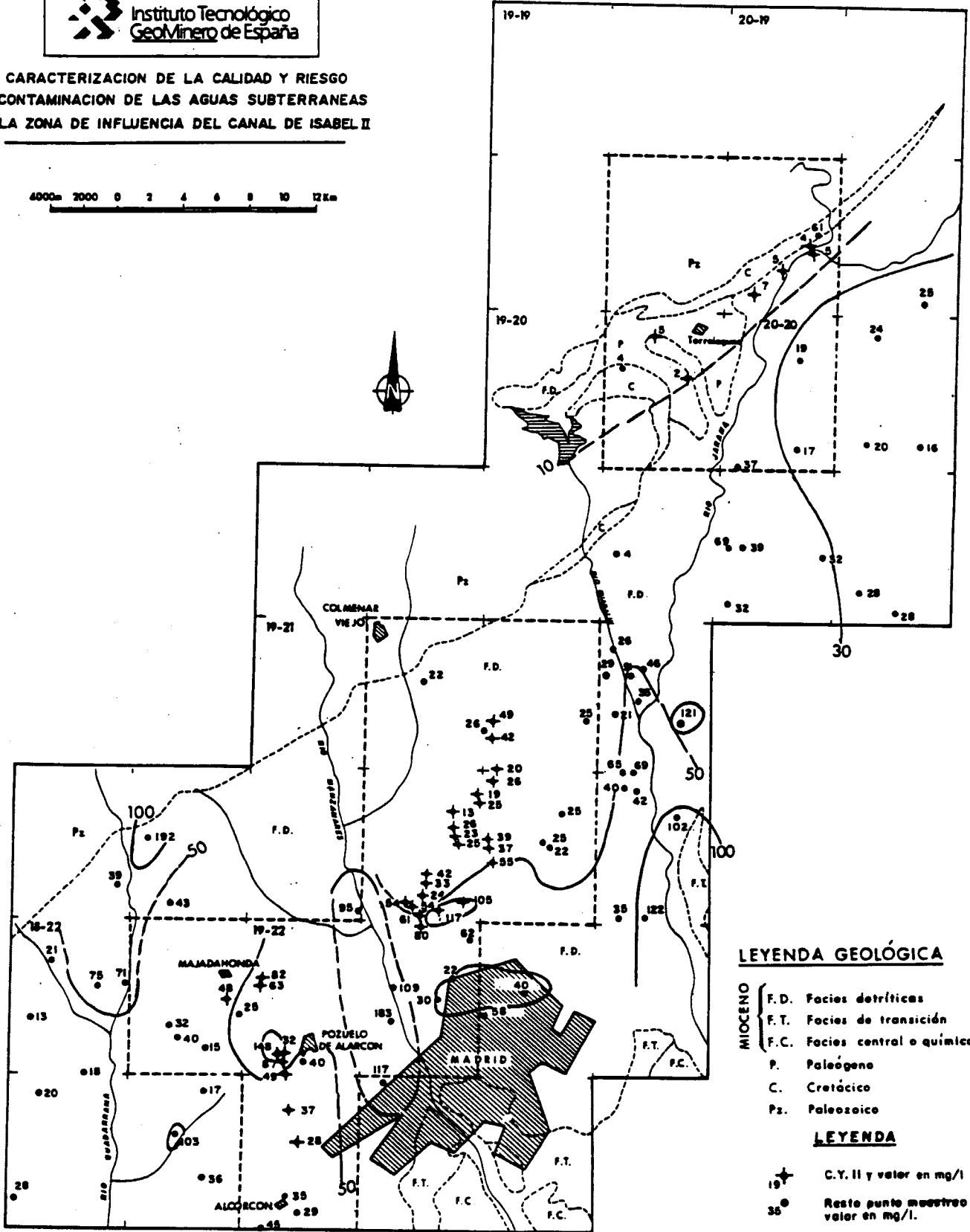


Na (mg/l)

Figura 6.1.1.19

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- P. Paleógeno  
C. Cretácico  
Ps. Paleozoico

**LEYENDA**

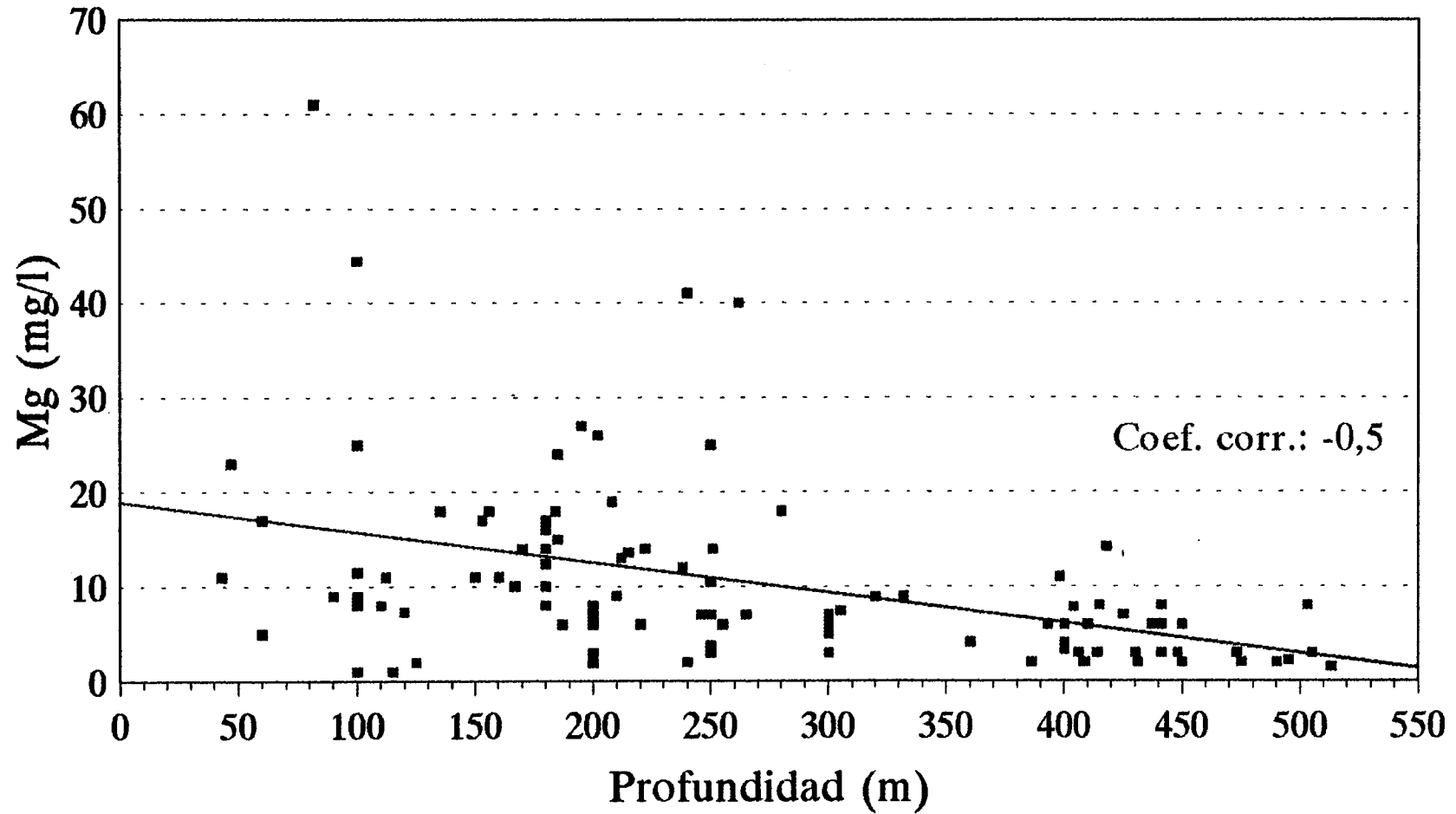
- ✦ C.Y. II y valor en mg/l
- Resto punto muestreo y valor en mg/l.

**MAPA DE ZONACIÓN DE CONCENTRACIONES DE  $\text{NO}_3^-$   
PLANO 6.1.1.10**



# RELACIÓN PROFUNDIDAD/MAGNESIO

## Campaña Primavera 95



■ Mg (mg/l)

Figura 6.1.1.20

La distribución espacial de este constituyente puede observarse en el plano 6.1.1.11.

Destaca la gran homogeneidad de distribución de concentraciones en la práctica totalidad de la zona.

De esta homogeneidad se separa la zona de Torrelaguna en la que se detectan concentraciones de magnesio de más de 20 mg/l, reflejo de la composición litológica de esta zona.

Esta homogeneidad se rompe, igualmente, en la margen izquierda del Jarama en la que se detectan concentraciones superiores a 10 mg/l, superiores a las del resto de la zona, reflejo probablemente del contraste de litologías entre las facies Madrid-Tosco y Alcalá-Guadalajara, cuyo límite se sitúa aproximadamente a lo largo del río Jarama.

La disminución de concentraciones de magnesio hacia las zonas de valle, observada en otros estudios y relacionada con procesos de intercambio iónico, no se pone de manifiesto.

### Potasio

En el cuadro 6.1.1.25 se incluyen datos estadísticos de las concentraciones de potasio detectadas en la zona.

Cuadro 6.1.1.25. Resumen estadístico de datos de concentración de potasio

	n	Máx.	Mín.	$\bar{x}$	$\sigma$
K (mg/l)	105	28	0	1,6	2,7

La distribución de este elemento por intervalos de concentración se presenta en el cuadro 6.1.1.26.

Cuadro 6.1.1.26. Distribución de potasio por intervalos de concentración

Intervalo (mg/l)	Nº puntos	%
0 - 1	78	75
1 - 2	19	18
> 2	8	7

En el 93 % de las ocasiones la concentración de este elemento se mantiene por debajo de los 2 mg/l.

La fuente principal de potasio en el acuífero son los productos de alteración de feldespatos, en particular la microclina ( $KAlSi_3O_8$ ), las micas y los feldespatoides como la leucita ( $KAlSi_2O_6$ ), así como diferentes minerales de la arcilla. Sales potásicas no son infrecuentes en los materiales evaporíticos.

Las bajas concentraciones observadas en la zona, al igual que en la mayor parte de las aguas subterráneas naturales, se justifican tanto por la dificultad de disolución de los feldespatos potásicos como por la tendencia selectiva del potasio a ser fijado en las micas y los minerales de la arcilla.

La distribución espacial del potasio en la zona de estudio puede verse en el plano 6.1.1.12.

Aparte de las concentraciones máximas de 10 y 28 mg/l detectadas en el sondeo de la finca Los Carneros y en el del km 12 (M-511), probablemente contaminados, la única circunstancia destacable, aparte de la homogeneidad de concentraciones por toda la zona, es la presencia de concentraciones relativamente más altas (frecuentemente superiores a 1.5 mg/l) en el área norte de la zona de estudio, ligadas a los materiales más arcillosos de la facies Guadalajara.

### Sílice

En el cuadro 6.1.1.27 se incluyen datos estadísticos de concentración de este constituyente.

*Cuadro 6.1.1.27. Resumen estadístico de datos de concentración de sílice*

	n	Máx.	Mín.	$\bar{x}$	$\sigma$
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	105	72,8	9,9	40,2	15,4

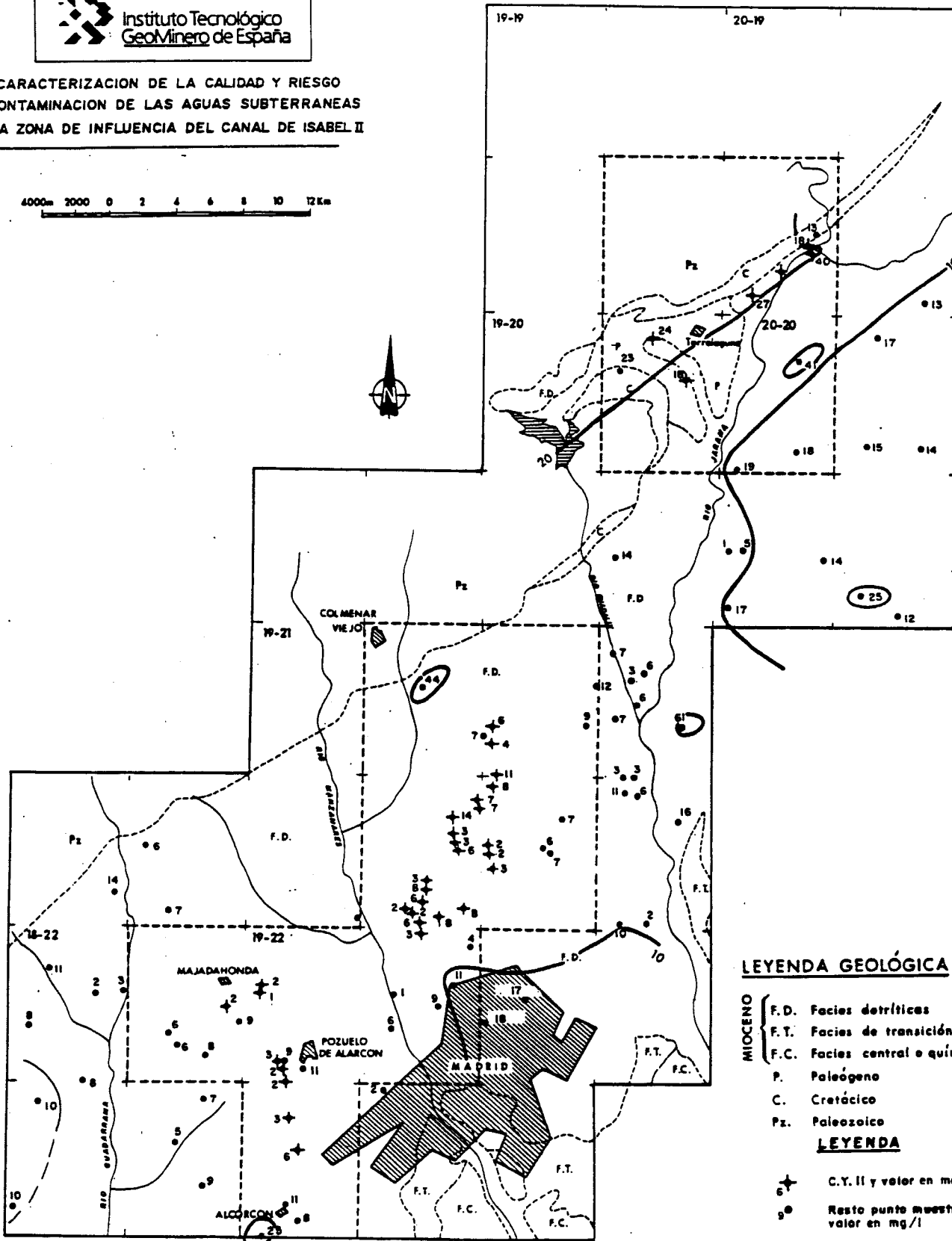
En el cuadro 6.1.1.28 se presenta la distribución de este constituyente en intervalos de concentración.

*Cuadro 6.1.1.28. Distribución de sílice por intervalos de concentración*

Intervalo (mg/l)	N° puntos	%
0 - 10	1	0,9
10 - 20	11	10,5
20 - 30	18	17,1
30 - 40	17	16,2

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12Km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central e química
- P. Paleógeno  
C. Cretácico  
Pz. Paleozoico

**LEYENDA**

- ✦ C.Y. II y valor en mg/l
- Resto punto muestreo y valor en mg/l

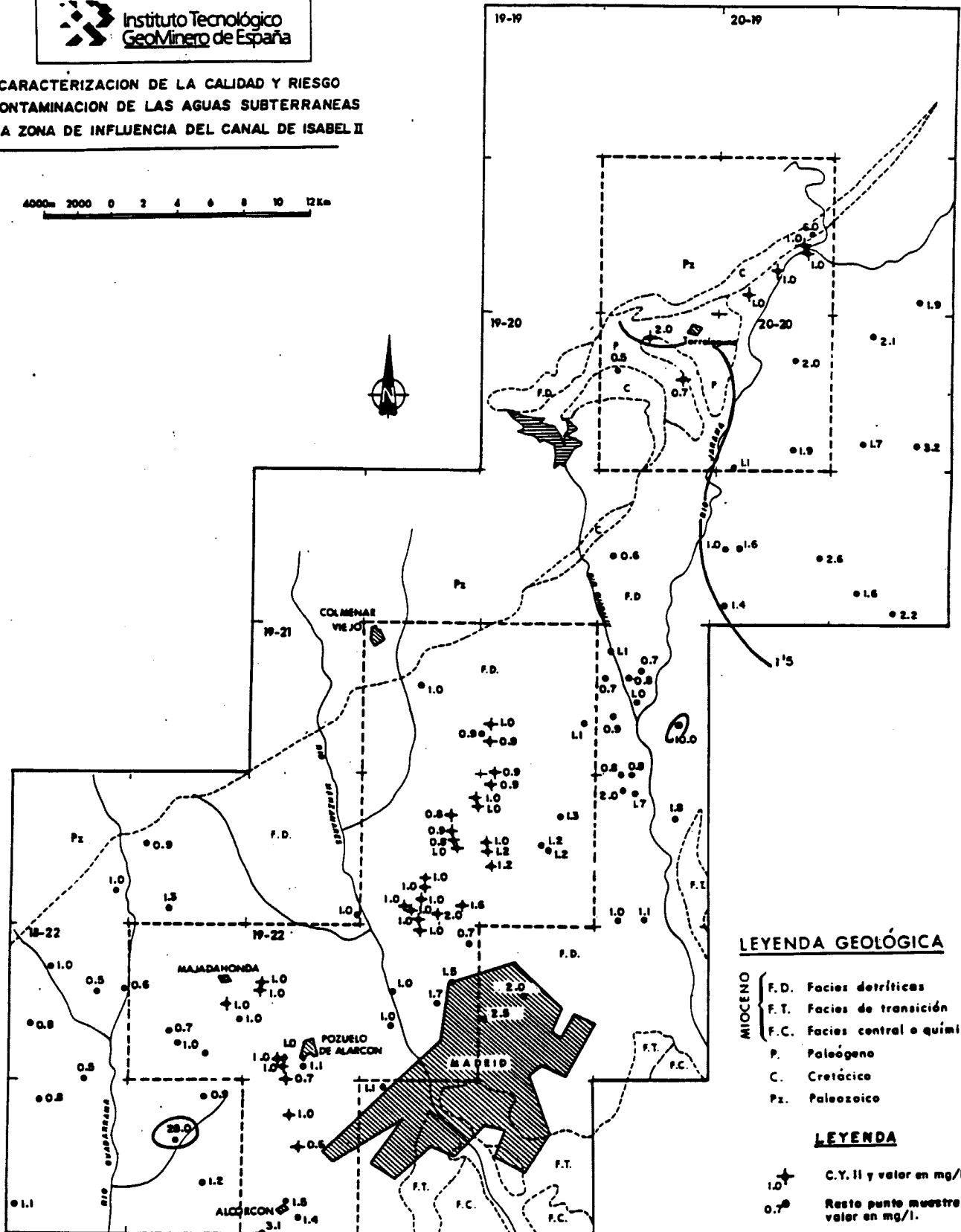
MAPA DE ZONACIÓN DE CONCENTRACIONES DE Me.



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

**CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12 Km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
  - P. Paleógeno
  - C. Cretácico
  - Pz. Paleozoico

**LEYENDA**

- 1.0 + C.Y. II y valor en mg/l.
- 0.7 • Resto punto muestreo y valor en mg/l.

**MAPA DE ZONACIÓN DE CONCENTRACIONES DE K.**

PLANO 6.1.1.12

Intervalo (mg/l)	Nº puntos	%
40 - 50	29	27,6
50 - 60	21	20
60 - 70	7	6,7
70 - 80	1	0,9

El intervalo en que se agrupa un mayor número de muestras (27.6 %) corresponde al de 40-50 mg/l. Los intervalos entre 10-20, 20-30, 30-40 y 50-60 mg/l aparecen con porcentajes entre el 10 y el 20 %. Concentraciones por encima de 60 mg/l se detectan en el 7 % mientras que las inferiores a 10 mg/l sólo se observan en el 1 % de las ocasiones.

El origen de la sílice en las aguas subterráneas de la zona debe buscarse en la descomposición química de los minerales silicatados, predominantes en la zona, en el proceso de su meteorización.

Dada la mineralogía predominante en la zona, la posición de las muestras en diagramas de estabilidad (Figura 6.1.1.21) parece confirmar que la alteración de feldespatos, arcillas y mica a caolinita y montmorillonita es un proceso a través del cual las aguas subterráneas de la zona adquieren su contenido en sílice.

Aunque la validez de estos diagramas debe ser relativizada dado que están contruidos para composiciones químicas ideales, (fases puras), que probablemente no representan adecuadamente las composiciones reales, suelen ser tomados como referencia útil dado que las líneas que separan las fases minerales representan las relaciones de equilibrio entre ellas . Cuando una muestra "cae" en el campo de la montmorillonita p.e. existe equilibrio o cuasi-equilibrio de la composición química del agua en relación con este mineral.

La representación de la concentración en sílice y la profundidad de las captaciones (Figura 6.1.1.22) no evidencia correlación entre ellas.

La distribución espacial del contenido en sílice de las aguas subterráneas de la zona puede observarse en el plano 6.1.1.13.

En él se distinguen dos claros dominios :

\* Área nororiental de la zona de estudio (Torrelaguna), en que las concentraciones de SiO<sub>2</sub> se mantienen por debajo de los 20 mg/l, asociada a la influencia de

sedimentos calcáreos.

\* Resto de la zona, caracterizado por concentraciones de SiO<sub>2</sub> que, salvo excepciones puntuales, se mantienen por encima de los 20 mg/l. Este dominio se asocia a los sedimentos detríticos terciarios de carácter silicatado.

En el dominio de estos últimos sedimentos parece apreciarse un relativo menor contenido silíceo en el sector nororiental (margen izquierda del Jarama) que en occidental (margen derecha de este río). Mientras en el primero las concentraciones de SiO<sub>2</sub> sólo superan los 40 mg/l en cuatro puntos del área de Valdetorres-Mesones, en el resto del sector occidental este valor es sobrepasado en la mayor parte de las ocasiones.

Esta circunstancia podría ser indicio de un hipotético menor contenido silíceo de la facies Guadalajara (margen izquierda del Jarama), reflejo de las diferencias litológicas del área madre de estos sedimentos.

En el mismo plano puede observarse el predominio de elevadas concentraciones de SiO<sub>2</sub>, superiores a 40 mg/l en los interfluvios Jarama-Manzanares y Manzanares- Guadarrama y la disminución de estas concentraciones hacia las zonas de valle de los mismos ríos.

Esta disminución de sílice desde los interfluvios a las zonas de valle ha sido atribuida tradicionalmente a procesos de neofonnación de arcillas potenciado por fenómenos de intercambio iónico. Un factor concomitante a esta disminución podría ser la precipitación de sílice por efecto de la disminución de temperatura que, particularmente, en flujos intermedios y regionales se produce en el sentido ascendente del flujo en las zonas de descarga.

### Dureza

En el cuadro 6.1.1.29 se presentan los datos estadísticos de dureza calculada.

Cuadro 6.1.1.29. Resumen estadístico de datos de dureza

	n	Máx.	Mín.	$\bar{x}$	$\sigma$
Dureza (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	105	72,8	9,9	40,2	15,4

En el cuadro 6.1.1.30 se incluyen los datos de dureza agrupados por intervalos

# DIAGRAMAS DE ESTABILIDAD PARA DIFERENTES TRANSFORMACIONES MINERALES

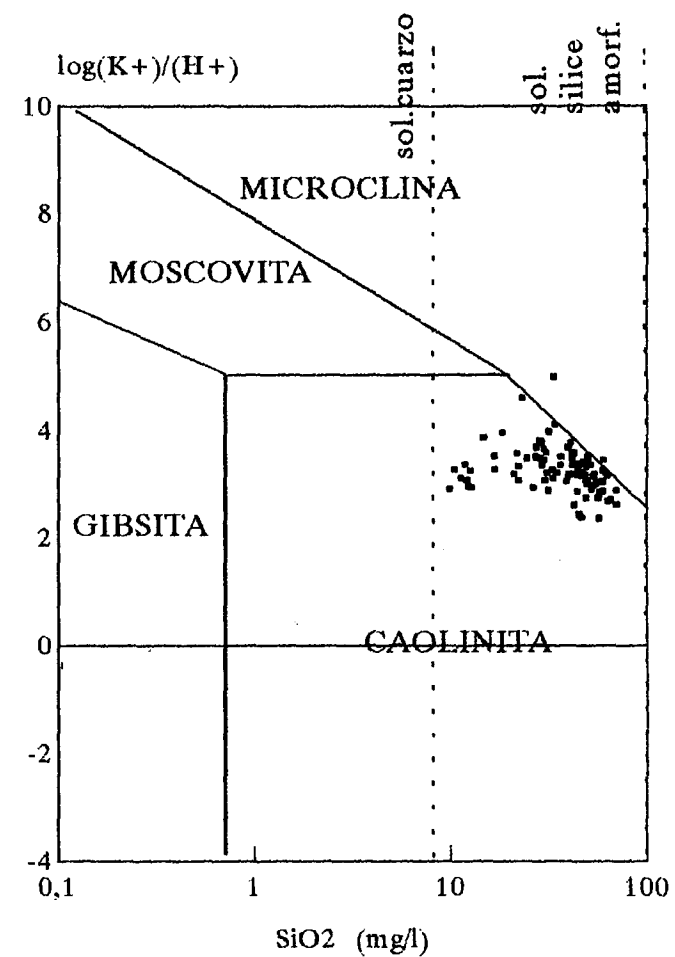
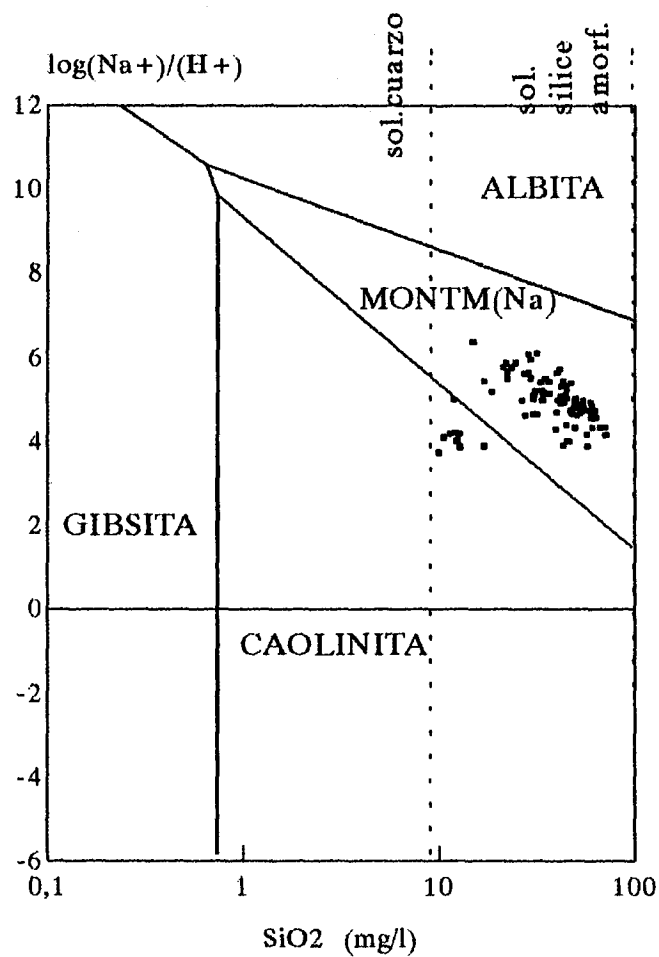
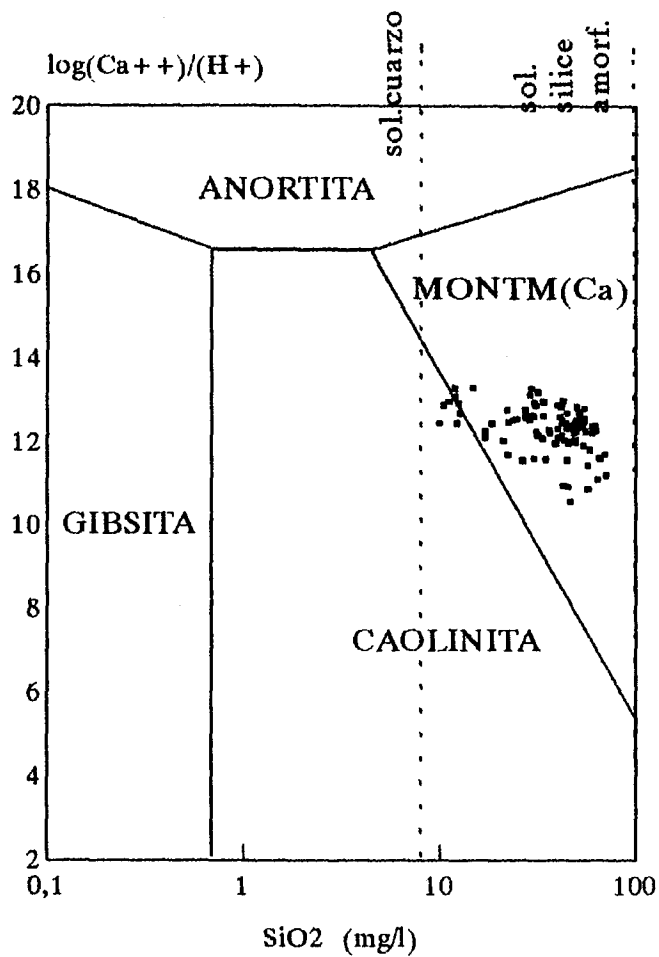


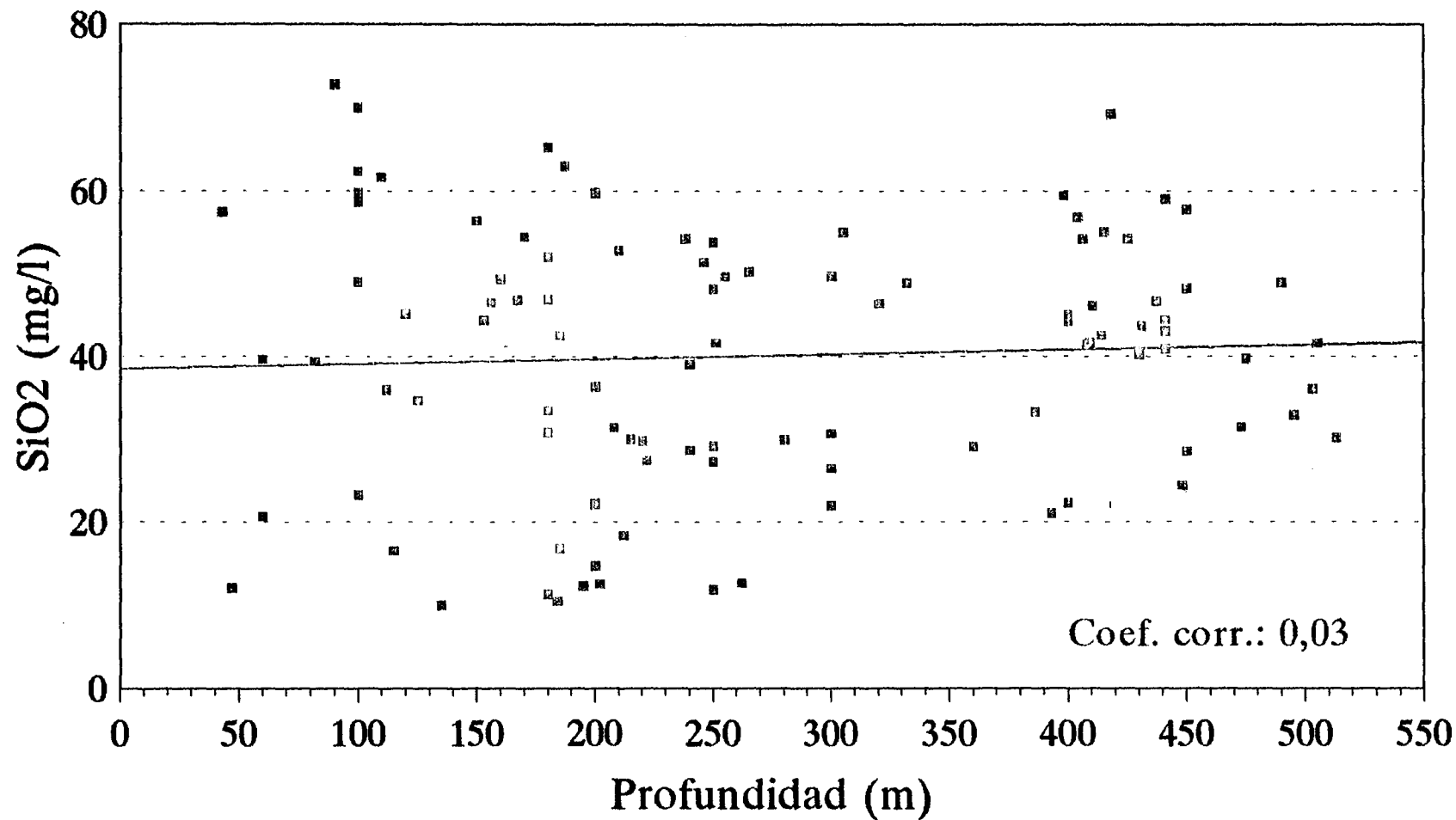
Figura 6.1.1.21





# RELACIÓN PROFUNDIDAD/SILICE

## Campaña Primavera 95

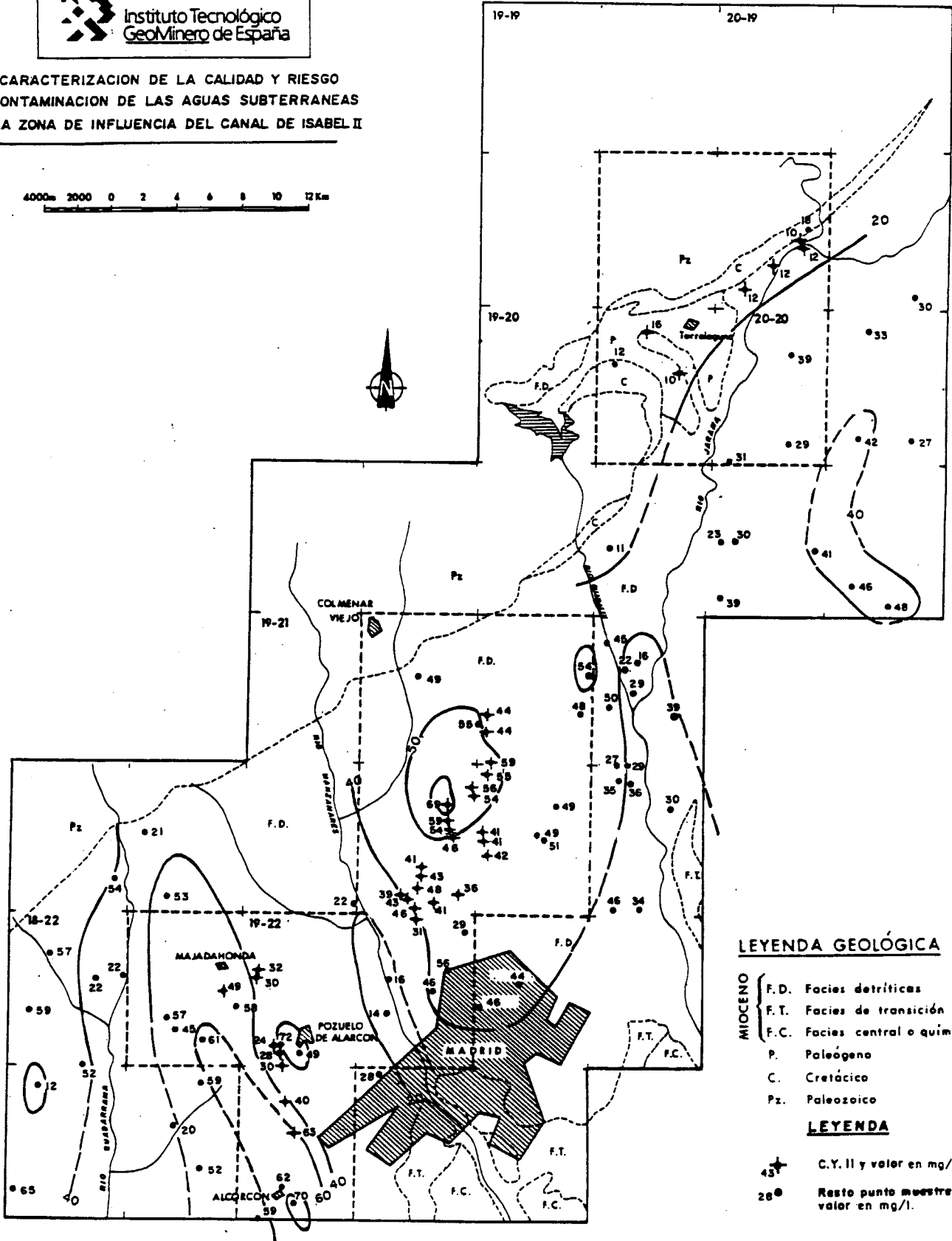


—■— SiO2 (mg/l)

Figura 6.1.1.22

CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12 Km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- P.** Paleógeno  
**C.** Cretácico  
**Pz.** Paleozoico

**LEYENDA**

- 43+ C.Y. II y valor en mg/l
- 28● Resto punto muestreo y valor en mg/l.

MAPA DE ZONACIÓN DE CONCENTRACIONES DE  $\text{SiO}_2$

PLANO 6.1.113

Cuadro 6.1.1.30 Intervalos de dureza (mg/l de CaCO<sub>3</sub>)

Intervalo (mg/l)	Nº puntos	%
0 - 100	43	40
100 - 200	33	33
200 - 300	19	18
300 - 400	5	4
400 - 500	2	2
500 - 600	2	2
> 600	1	1

En dicho cuadro puede apreciarse que el 91 % de las muestras presentan dureza inferior a 300 mg/l de CaCO<sub>3</sub> y que en el 73 % de las mismas la dureza no supera el valor de 200 mg/l de CaCO<sub>3</sub>.

La clasificación de las aguas subterráneas por su dureza se incluye en el cuadro 6.1.1.31

Cuadro 6.1.1.31. Clasificación de las aguas por su dureza

Intervalo	Nº puntos	%	Clasificación
0 - 50	18	17	BLANDAS
50 - 100	25	23	ALGO DURAS
100 - 200	33	33	DURAS
> 200	29	27	MUY DURAS

En el 56 % de las ocasiones las aguas subterráneas de la zona pueden calificarse de moderadamente duras; aguas muy duras se detectan en el 27 % de las ocasiones mientras las aguas blandas sólo representan el 16 % del total.

La representación de dureza vs profundidad de las captaciones (Figura 6.1.1.23) pone en evidencia la escasa correlación existente entre ambas (coeficiente de correlación de - 0.4). Pese a ello en dicha figura puede observarse que en los sondeos con profundidad superior a los 300-350 m la dureza se mantiene sistemáticamente por debajo de los 200 mg/l de CaCO<sub>3</sub>, en contraste con los sondeos de menor profundidad. Ello es consecuencia del menor contenido en calcio y magnesio de las aguas captadas en dichos sondeos debido, como ya se ha reiterado, a probable precipitación de carbonatos por aumento de temperatura en el flujo descendente.

La distribución de dureza por intervalos de profundidad de los sondeos puede verse en el cuadro 6.1.1.32

Cuadro 6.1.1.32 Distribución de dureza por intervalos de profundidad de las captaciones

Profundidad	n	Máx.	Mín.	$\bar{x}$	$\sigma$
10 - 100	13	530	40,8	234,6	153,2
100 - 200	29	450	15,4	183,4	107
200 - 300	25	904,2	35	201,5	173,9
300 - 400	10	158,3	31,3	84,2	42,1
400 - 500	24	144,2	27,5	76,8	32,1
> 500	3	115,8	28,8	69	35,9

Es notable el contraste de dureza media entre los sondeos con profundidad inferior a los 300 m y los de profundidad superior a ésta. Mientras en el primer caso la dureza media se sitúa en valores próximos a los 200 mg/l de CaCO<sub>3</sub>, en el segundo el valor medio se sitúa próximo a los 75 mg/l. El proceso de ablandamiento de las aguas en profundidad, ya señalado, queda patente de la consideración de estos datos.

La distribución espacial de dureza puede observarse en el plano 6.1.1.14.

Excepto casos puntuales dispersos las durezas más elevadas, superiores a 200 mg/l de CaCO<sub>3</sub>, se localizan en las muestras situadas en el sector nororiental de la zona (área de Torrelaguna y Mesones) en correspondencia con el mayor contenido relativo en Ca y Mg de los sedimentos de esta zona. Los valores más bajos de dureza, inferiores por lo general a 100 mg/l de CaCO<sub>3</sub>, se localizan en tres zonas bien definidas:

- \* área restringida del valle del Jarama en su confluencia con el Guadalix, en donde se ha señalado anteriormente la posibilidad de existencia de procesos de intercambio iónico de calcio por sodio con el consiguiente ablandamiento de las aguas
- \* área del interfluvio Jarama-Manzanares y zona de valle de este río, que incluye los sondeos del campo de Fuencarral, la práctica totalidad de los del Canal Alto y los de la zona sur del Canal Bajo.
- \* área del interfluvio Manzanares Guadarrama, en el triángulo Villafranca del

# Relación Dureza calculada (ppm $\text{CaCO}_3$ )/Profundidad Primavera 95

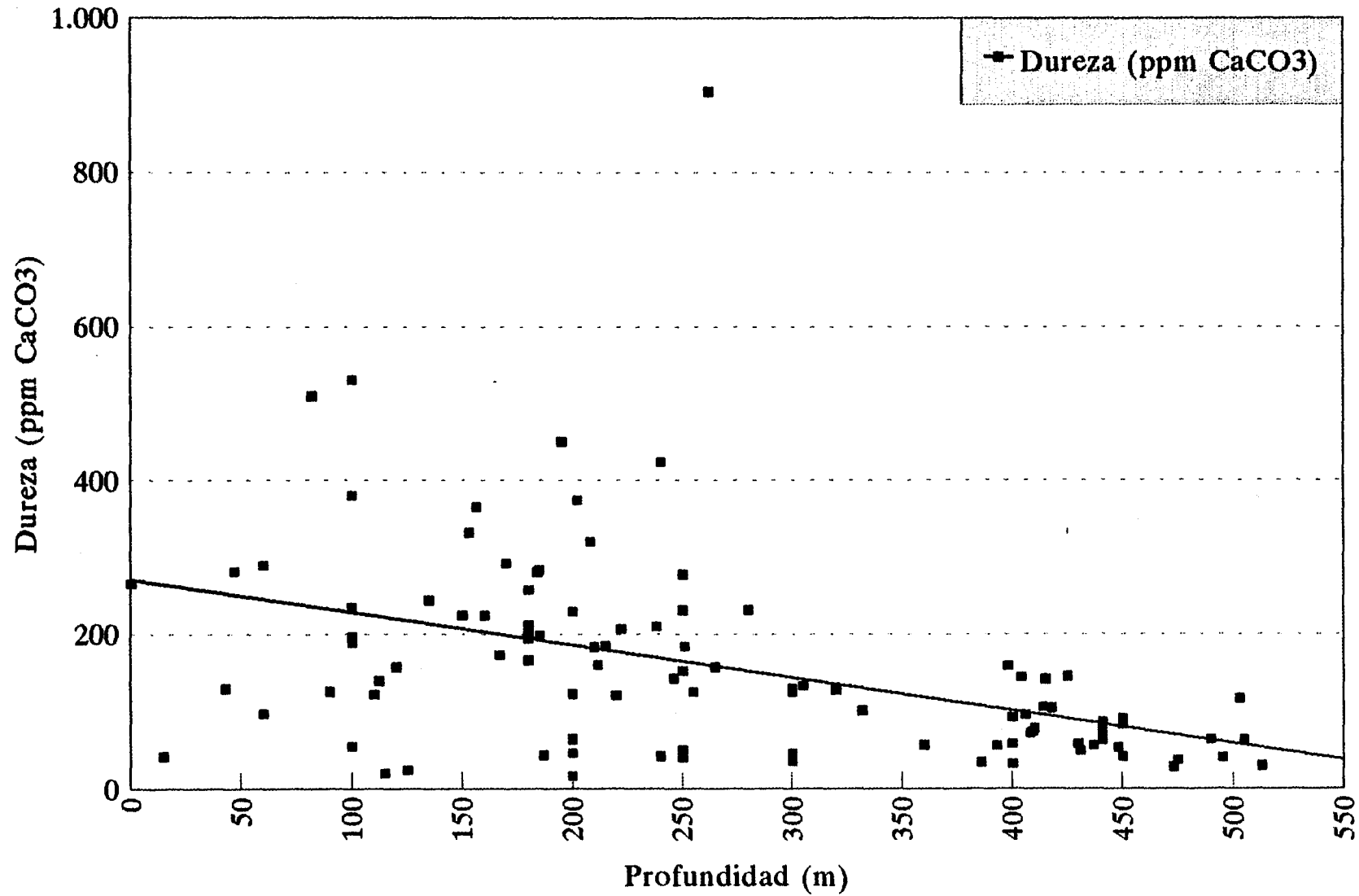


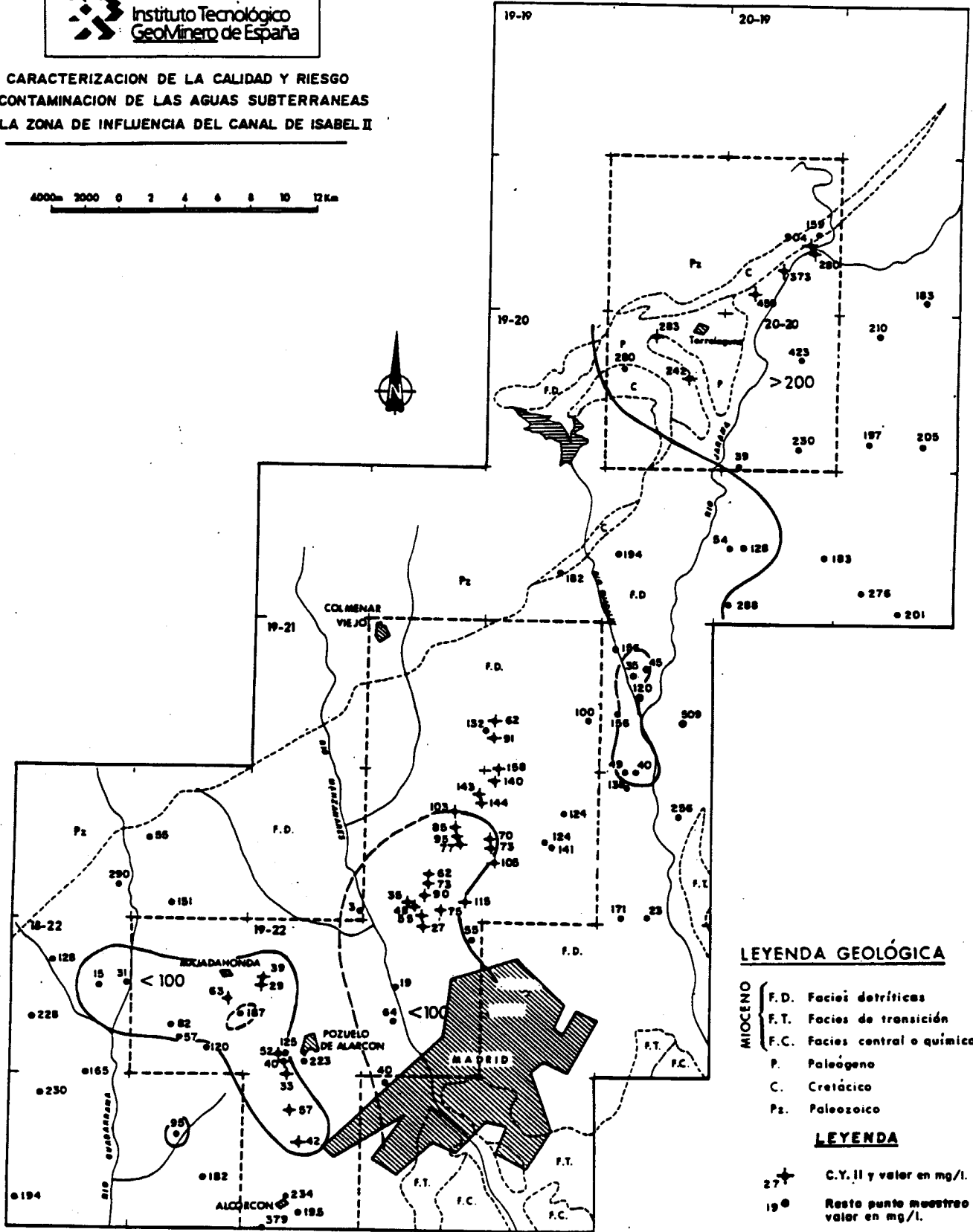
Figura 6.1.1.23



Instituto Tecnológico  
Geomínero de España

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12 Km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
  - P. Paleógeno
  - C. Cretácico
  - Pz. Paleozoico

**LEYENDA**

- 27+ C.Y. II y valor en mg/l.
- 19● Resto punto muestreo y valor en mg/l.

**MAPA DE ZONACIÓN DE DUREZA**

PLANO 6.1.1.14

Castillo- Majadahonda-sur de Pozuelo, que incluye los sondeos del Plantío-  
Majadahonda y Canal del Oeste.

La característica común de estas dos últimas zonas es la de que en ellas se ubican, en su mayor parte, sondeos de más de 300 m. El mecanismo de ablandamiento de las aguas captadas en estos sondeos podría ser el de simple precipitación de carbonatos, ya señalado, con el consiguiente enriquecimiento en sodio.

Esta circunstancia no se produce de forma generalizada en los sondeos de la zona norte del Canal Bajo aunque sí se detecta en los sondeos CB-5 y CB-6 con durezas de 62 y 91 mg/l de CaCO<sub>3</sub>.

En el resto de la zona la dureza está comprendida por lo general entre 100 y 200 mg/l de CaCO<sub>3</sub>.

### 6.1.1.3 Constituyentes minoritarios

En este apartado se comentan únicamente aquellos elementos minoritarios que se han detectado en un número de muestras relativamente significativo. El resto de elementos minoritarios analizados no han sido detectados o lo han sido muy esporádicamente.

En el cuadro 6.1.1.33 se incluye un resumen estadístico de datos de concentración de elementos minoritarios.

Cuadro 6.1.1.33 Resumen estadístico de datos de concentración de elementos minoritarios

Elemento	n	Máx.	Mín.	$\bar{x}$	$\sigma$
F	17	3,000	0,5	0,859	0,638
Fe	56	0,319	0,05	0,111	0,065
Mn	3	0,034	0,031	0,032	0,001
Cu	0	-	-	-	-
Zn	52	2,080	0,05	0,05	0,295
Pb	2	0,065	0,034	0,05	0,016
Cr	3	0,160	0,025	0,078	0,059
Cd	0	-	-	-	-
As	52	0,129	0,01	0,035	0,028

Elemento	n	Máx.	Mín.	$\bar{x}$	$\sigma$
Se	1	0,012	0,012	-	-
Al	0	-	-	-	-
Cn	0	-	-	-	-
Hg	0	-	-	-	-
Fenoles	12	0,001	0,0005	0,0009	0,0001

### Flúor

El flúor detectado en la zona puede provenir de la disolución de fluorita ( $\text{CaF}_2$ ), apatito, anfíboles como la hornblenda y diversos tipos de micas, y otras especies minerales de baja solubilidad, muy comunes tanto en rocas ígneas como sedimentarias.

Las bajas concentraciones detectadas son debidas al escaso volumen de minerales que lo contienen, a la baja solubilidad de los mismos y al hecho de que, al ser el más electronegativo de todos los elementos puede formar complejos de gran estabilidad con muchos cationes (Al, Be, Fe y en casos extremos con la sílice).

Estas bajas concentraciones parecen excluir procesos significativos de contaminación de origen antrópico.

La distribución espacial de este elemento se presenta en el plano 6.1.1.15.

Puede observarse que este elemento sólo se detecta de forma muy dispersa por toda la zona. Los valores superiores a 1 mg/l se localizan en los sondeos Golf-7 de la U. Montegolf y Club de Campo. Solo se detecta flúor en los sondeos CB-5, CB-6, FX-4, FA-1 y FU-3, de los Sistemas Generales con concentraciones comprendidas entre 0.5 y 0.7 mg/l, lejos del límite de concentración máxima admitida por la R.T.S (1.5 mg/l).

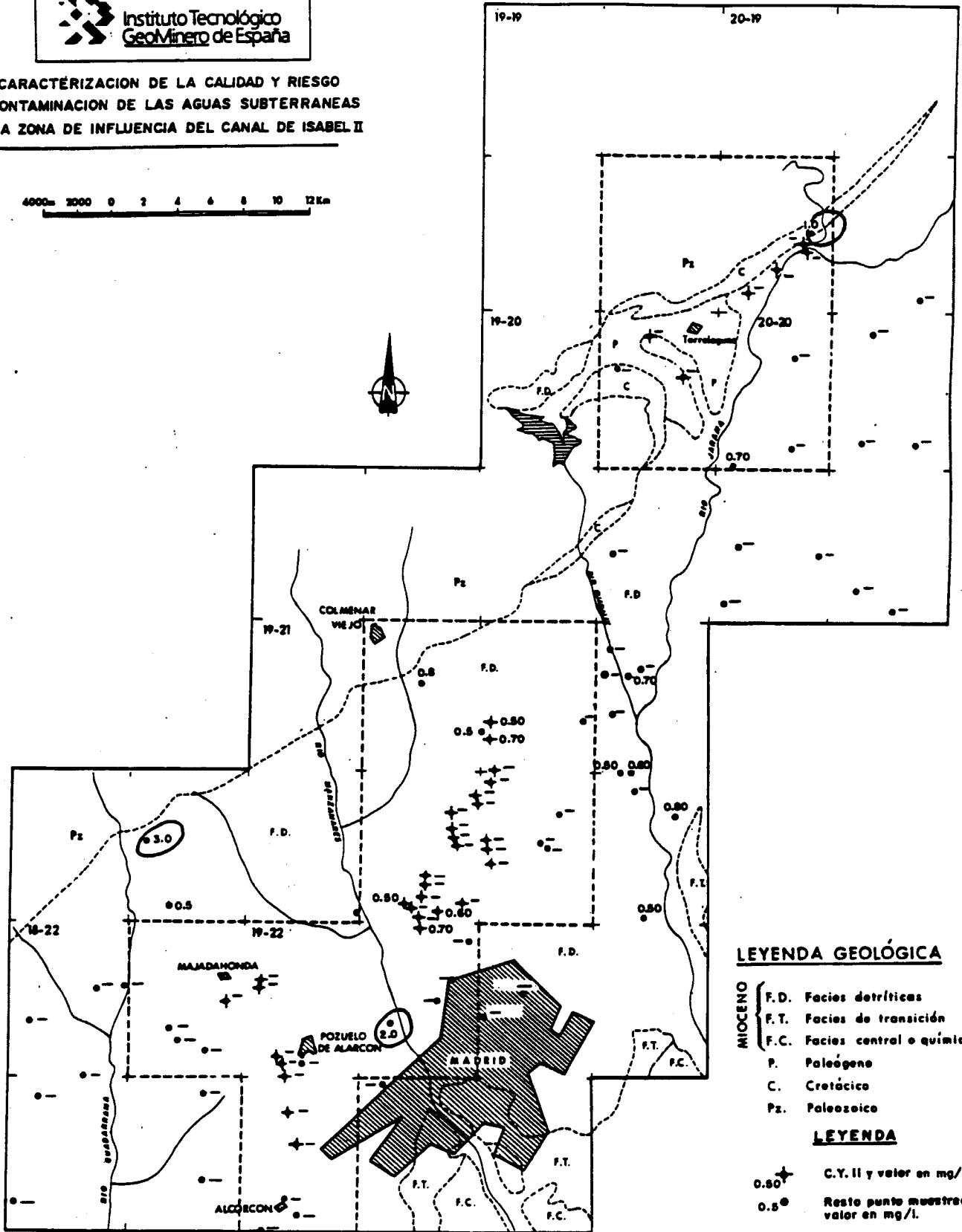
### Hierro

La presencia de Fe en los sondeos de la zona es prácticamente generalizada. Las concentraciones detectadas se mantienen por debajo de los 0.3 mg/l en la práctica totalidad de las ocasiones.



**CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12km

**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- P. Paleógeno  
C. Cretácico  
Pz. Paleozoico

**LEYENDA**

- 0.50\* C.Y. II y valor en mg/l.
- 0.5° Resto punto muestreo y valor en mg/l.

**MAPA DE ZONACIÓN DE CONCENTRACIONES DE F.**

PLANO 6.1.1.15

Su presencia, a las concentraciones detectadas, se justifica por ser un elemento abundante y ampliamente difundido en rocas y suelos.

El hierro es un componente esencial de numerosos minerales presentes habitualmente en rocas ígneas como silicatos (olivino - serie forsterita ( $Mg_2SiO_4$ ) - fayalita ( $Fe_2SiO_4$ ), anfíboles, piroxenos, biotita, etc. Se trata, igualmente, de un elemento muy común en sedimentos tanto en forma de polisulfuros ( $FeS_2$ ), carbonatos como la siderita y óxidos ( $Fe_2O_3$ ) como en la magnetita, producto de descomposición de rocas ígneas y metamórficas.

Hay que destacar que la mayor parte de las reacciones de disolución/precipitación del Fe son relativamente rápidas al estar muy influenciadas por los cambios de pH, potencial redox (Eh) y  $CO_2$  disuelto específicos de cada sondeo.

Por otra parte, en numerosos sondeos la corrosión de las tuberías puede ser una causa importante del contenido en hierro de las aguas subterráneas. La presencia de bacterias, en función de las condiciones de oxigenación, presencia de sulfatos, etc, puede provocar tanto el aumento como la disminución de concentraciones de Fe en las aguas subterráneas.

La distribución espacial de este elemento puede verse en el plano 6.1.1.16 en el que destaca su ausencia en el sector nororiental de la zona, (área de Uceda-Ribatejada) y en la práctica totalidad de los sondeos del Campo de Fuencarral.

Concentraciones por encima de 0.2 mg/l se han detectado de forma dispersa por toda la zona. La concentración máxima (0.31 mg/l) se ha detectado en el sondeo BR-2 (sistema local Brunete) en el que, como inmediatamente se verá, se detecta también el máximo contenido en Zn.

### Zinc

Al igual que el Fe, el Zn es un elemento ampliamente detectado en la zona con concentraciones casi siempre inferiores a 0.2 mg/l, muy por debajo del límite por encima del cual pueden aparecer sabores astringentes (5 mg/l).

A estas concentraciones el origen de este elemento en la zona debe buscarse en su incorporación al agua por procesos naturales de disolución de minerales contenidos en la matriz del acuífero sin olvidar que es un metal ampliamente utilizado que puede ser disuelto de las tuberías galvanizadas.

La fuente más común de Zn es el sulfuro esfalerita (SZn). No obstante, en muchas rocas ígneas el Zn

puede reemplazar al Fe y al Mg y aparece muy frecuentemente asociado a rocas carbonatadas. Concentraciones de Zn muy por encima de 1 mg/l pueden ser estables a  $\text{pH} = 7$

Aunque el Zn aparece también asociado a vertidos industriales, las concentraciones observadas en la zona parecen descartar este origen

En el plano 6.1.1.17 se presenta la distribución espacial de este elemento.

Es de destacar la amplia dispersión de concentraciones inferiores a 0.1 mg/l por toda la zona. Solamente se detecta un área de concentración de valores superiores a 0.2 mg/l en los sondeos de la zona norte del Canal Bajo. Otros puntos con concentraciones superiores a este valor aparecen igualmente dispersos.

Como en el caso del Fe destaca la ausencia de Zn en los sondeos del campo de Fuencarral y la detección de la máxima concentración de Zn (2.08 mg/l) en el mismo sondeo en que se detecta el máximo valor de Fe.

### **Arsénico**

El arsénico se ha detectado en 52 sondeos (49 %) con concentraciones inferiores por lo general a 0.02 mg/l.

Estas bajas concentraciones son explicables por el proceso natural de incorporación de As a las aguas subterráneas a través de la disolución de óxidos contenidos en venas minerales o disperso en los sedimentos de la zona. En forma de  $\text{AsO}_4^{(-3)}$  el As puede reemplazar al fósforo en el apatito.

En aguas con pH usual la solubilidad de los arseniatos de calcio y magnesio es suficiente para la incorporación de este elemento hasta concentraciones de varias decenas de miligramos/l, valor que no suele ser alcanzado en aguas naturales por la probable adsorción de los arseniatos en la superficie activa del hidróxido férrico.

En concentraciones más elevadas puede encontrarse en las aguas subterráneas como consecuencia de procesos de contaminación originada en multitud de vertidos y en la utilización de insecticidas y herbicidas.

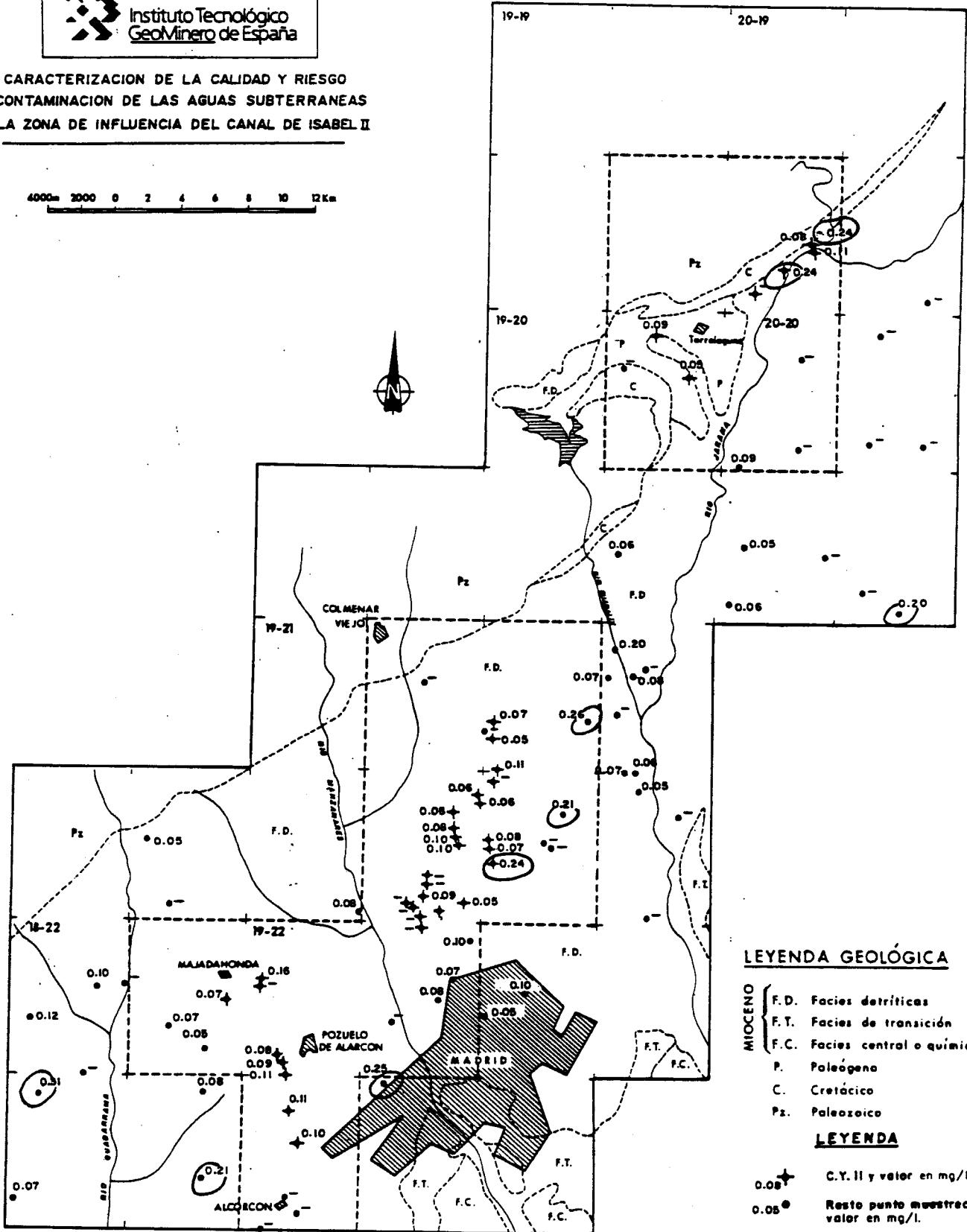
En el plano 6.1.1.18 se presenta la distribución espacial de este elemento en la zona de estudio.



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12Km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO {  
 F.D. Facies detríticas  
 F.T. Facies de transición  
 F.C. Facies central o química  
 P. Paleógeno  
 C. Cretácico  
 Pz. Paleozoico

**LEYENDA**

- 0.08+ C.Y. II y valor en mg/l  
 0.05 • Resto punto muestreo y valor en mg/l.

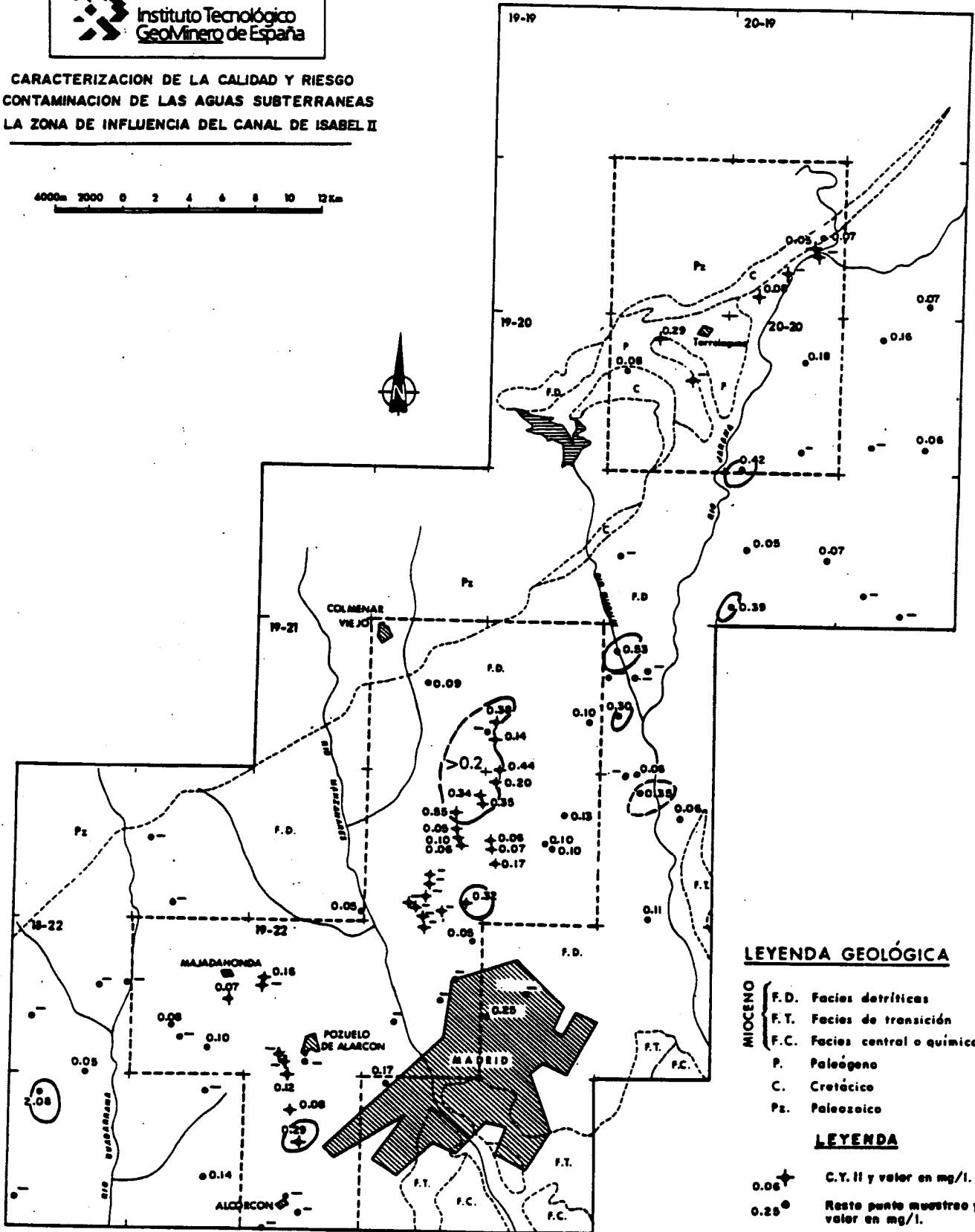
MAPA DE ZONACIÓN DE CONCENTRACIONES DE Fe  
PLANO 6.1.1.16



Instituto Tecnológico  
Geomínero de España

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**

4000m 3000 0 2 4 6 8 10 12Km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detriticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- P. Paleógeno**  
**C. Cretácico**  
**Ps. Paleozoico**

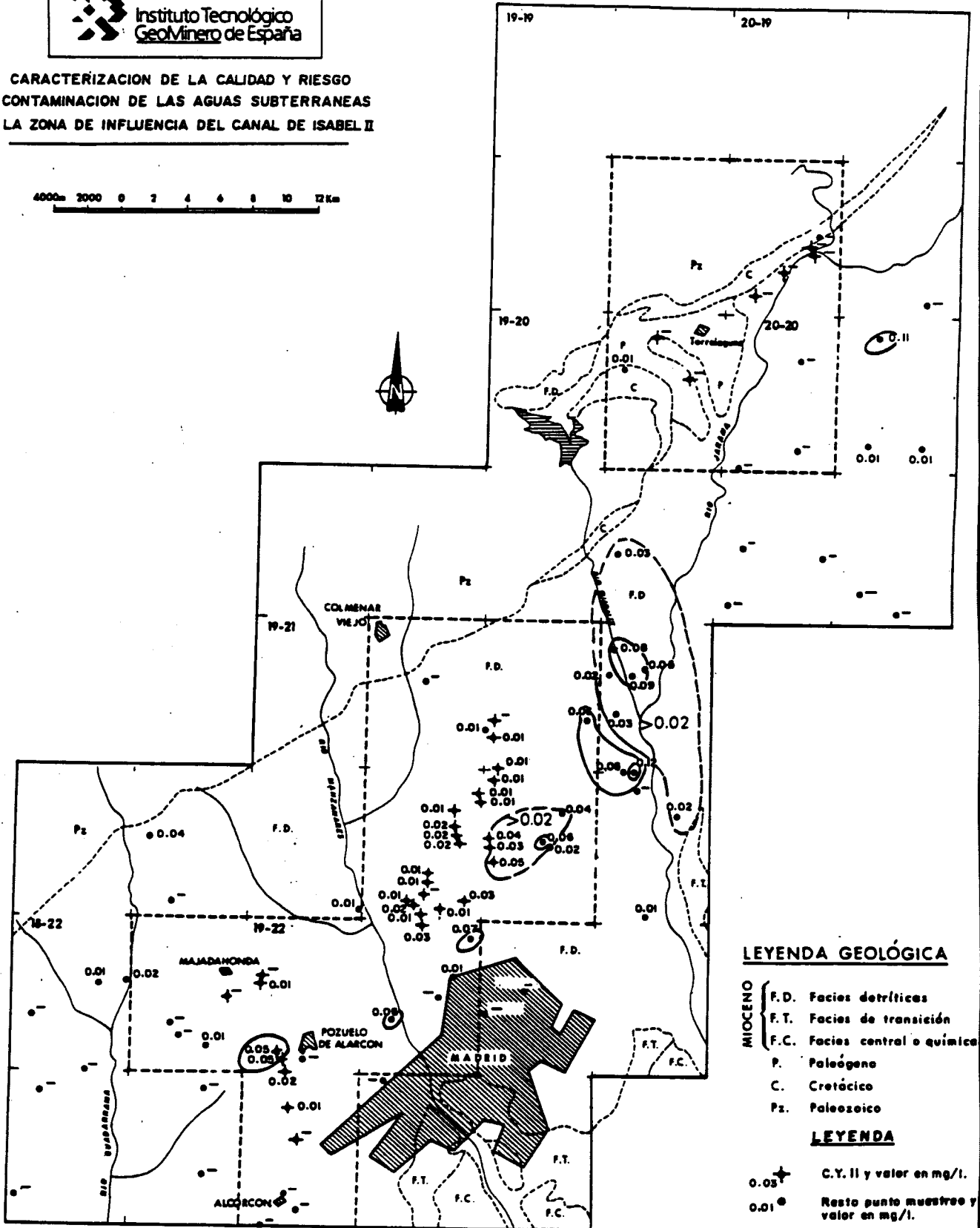
**LEYENDA**

- 0.08 + C.Y. II y valor en mg/l.
- 0.25 • Resto puntos muestreo y valor en mg/l.

**MAPA DE ZONACIÓN DE CONCENTRACIONES DE Zn  
PLANO 6.1.1.17**

**CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12Km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- P. Paleógeno  
C. Cretácico  
Pz. Paleozoico

**LEYENDA**

- 0.03+ C.Y. II y valor en mg/l.
- 0.01 Resto punto muestras y valor en mg/l.

**MAPA DE ZONACIÓN DE CONCENTRACIONES DE As.**

PLANO 6.1.18

Es destacable la detección de As en concentración de 0.11 mg/l en el sondeo del Cubillo de Uceda y de 0.12 en el de El Aguila- 6. El origen y eventual persistencia de arsénico en estos sondeos deben ser investigados.

Valores iguales al límite de la R.T.S. (0.05 mg/l) se detectan en los sondeos Montevalina 6 y 7 y CB-13 de los Sistemas Generales. Concentraciones superiores a ésta se han localizado en los sondeos Clesa, P. Navarra y Adarraga, Imecrisa y U. Santo Domingo (sondeos del Depósito y la Barranca)

Es de destacar la ausencia casi generalizada de este elemento en la zona de Torrelaguna y área de Mesones así como en el área suroccidental de la zona de estudio

### **Fenoles**

En la zona de estudio los fenoles sólo se han encontrado, en concentraciones muy próximas a los límites de detección, en los sondeos de la zona central del campo del Canal Bajo, en los del Canal Alto, en los Montevalina 6 y 7 y en el del Canal del Oeste-7.

El hecho de que los fenoles aparezcan exclusivamente en sondeos de los Sistemas Generales (Plano 6.1.1.19) se debe a que solamente en ellos se ha realizado esta determinación analítica.

Las concentraciones más elevadas (0.0010 mg/l) se detectan en los sondeos CA-3, CA-4 y CA-5 del Canal Alto, en el CB-11 del Canal Bajo y en el Montevalina 6. El límite de concentración señalado por la R.T.S. es de 0.0005 mg/l.

Las concentraciones significativas de fenoles en aguas subterráneas, muy por encima de las concentraciones detectadas en la zona, se achacan generalmente a procesos de contaminación de numerosas actividades industriales.

En particular, los clorofenoles, que pueden provocar sabor característico a concentraciones de escasos microgramos por litro, pueden ser originados en los procesos de cloración del agua que pudieran contener alguna impureza de tipo fenólico. Este no es el caso de los sondeos de los Sistemas Generales, en que el agua no es clorada a la salida del sondeo.

Aparte de eventuales imprecisiones analíticas, el origen de estos compuestos en la zona es incierto.

#### 6.1.1.4 La calidad para el consumo humano

Excluidos los sondeos de los Sistemas Generales, cuya situación en relación con la calidad para consumo humano se ha comentado marginalmente y se aborda con más detalle en el apartado siguiente, la situación es la que se presenta en el cuadro 6.1.1.34 y en los planos 6.1.1.20, 21 y 22.

Por lo que se refiere a los caracteres fisicoquímicos los únicos puntos en que se sobrepasan los límites establecidos por la R.T.S. son los siguientes: sondeo Montegolf-7 y sondeo del Club de Campo con concentraciones de sodio de 192.6 y 182.9 mg/l que exceden el límite permitido en 42.6 y 32.9 mg/l, respectivamente, lo que representa el 3 % de los sondeos muestreados.

En relación con los caracteres relativos a sustancias no deseables se detectan concentraciones por encima del límite permitido en nitratos, nitritos, hierro y flúor en los sondeos que se indican en el cuadro 6.1.1.34

Por lo que se refiere a nitratos la concentración máxima admisible sólo se sobrepasa en 6 sondeos lo que representa solamente el 8.8 % de los sondeos muestreados, excluidos como se ha indicado, los de los Sistemas Generales. En cinco de ellos el límite es sobrepasado en valores que oscilan entre 2 y 10 mg/l. Únicamente en el sondeo del centro Mosén Sol el límite es sobrepasado en 52 mg/l.

Un exceso de nitritos sobre el límite marcado por la R.T.S. se detecta en 11 sondeos ( 16% de las ocasiones). Las diferencias por encima del límite oscilan entre 0.01 y 0.2 mg/l. Excepcionalmente esta diferencia llega a 0.59 mg/l en el sondeo de la finca La Pueblas.

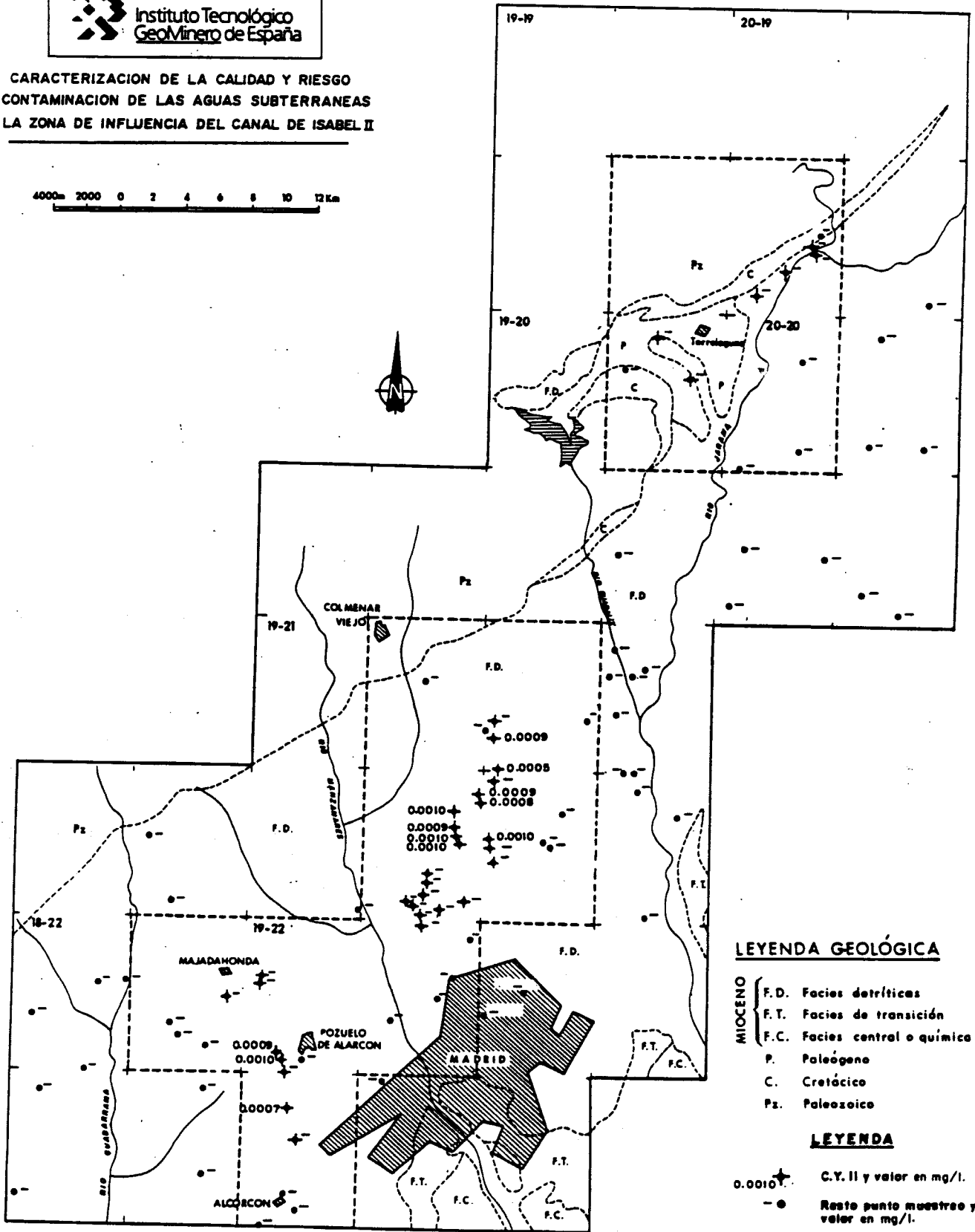
La concentración de hierro por encima del límite de la R.T.S. se detecta en 8 sondeos, lo que representa escasamente el 12 % de los sondeos muestreados. Las diferencias con respecto al límite en la práctica totalidad de los casos no sobrepasan las centésimas de mg/l.

Finalmente, el flúor sólo es detectado en concentraciones iguales o superiores al límite permitido en tres ocasiones; en una de ellas el límite es igualado y en las otras dos el límite es sobrepasado en 1.5 y 0.5 mg/l, respectivamente.

Por lo que se refiere a caracteres relativos a sustancias tóxicas sólo es de reseñar la presencia de As por encima del la concentración máxima admitida en 10 sondeos lo que representa el 14.7 % de las ocasiones. Las diferencias sobre la concentración máxima admitida oscilan entre 0.002 y 0.079 mg/l.



**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- P. Paleógeno  
C. Cretácico  
Pz. Paleozoico

**LEYENDA**

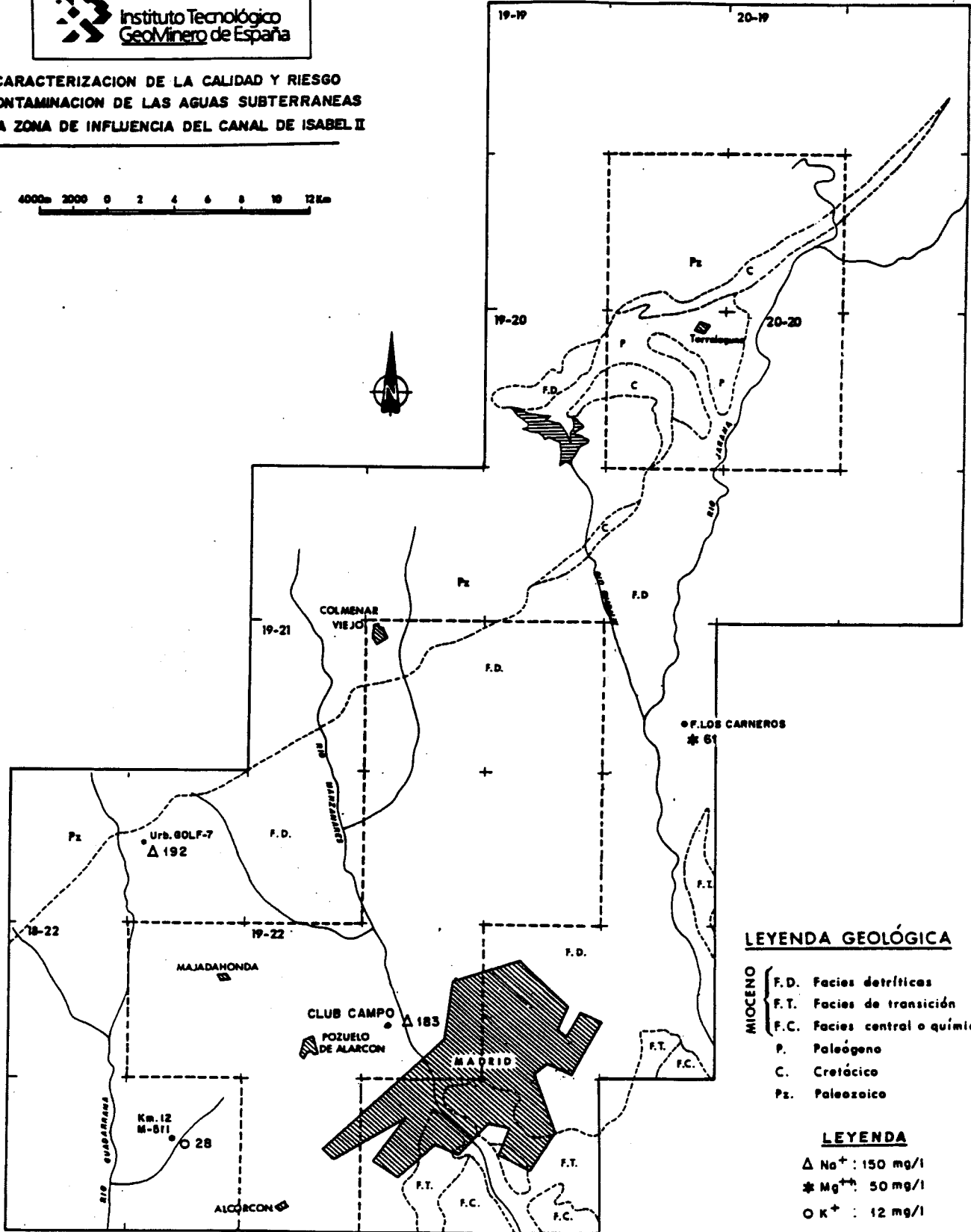
- 0.0010 + C.Y. II y valor en mg/l.
- Resto punto muestreo y valor en mg/l.



Instituto Tecnológico  
Geominero de España

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12 Km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- Pz.** Paleozoico
- C.** Cretácico
- P.** Paleógeno

**LEYENDA**

- Δ Na<sup>+</sup> : 150 mg/l
- \* Mg<sup>++</sup> : 50 mg/l
- K<sup>+</sup> : 12 mg/l

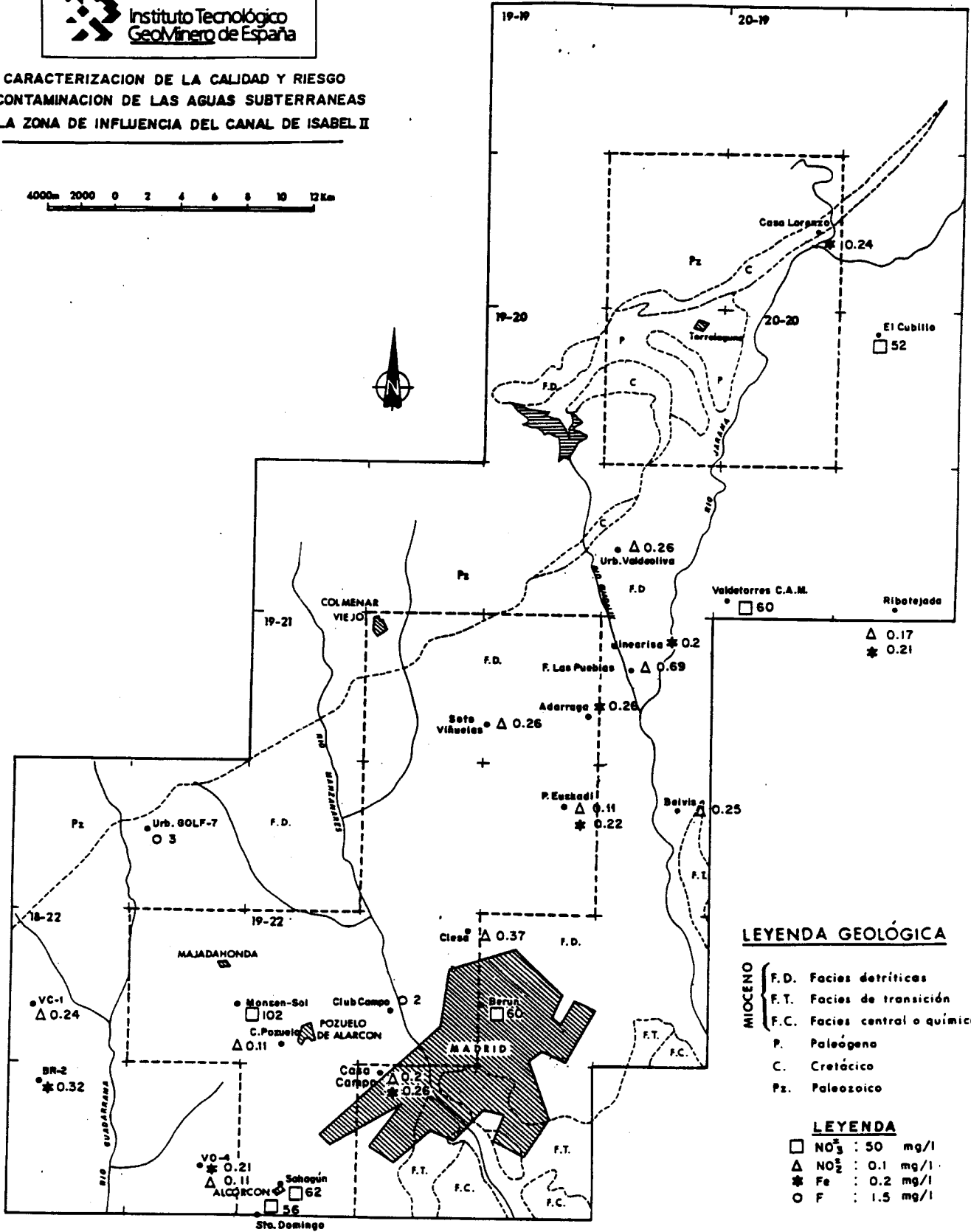
**LIMITES R.T.S. PARA AGUAS POTABLES DE CONSUMO PUBLICO  
CAMPAÑA MUESTREO PRIMAVERA 95.**

**PUNTOS DE MUESTREO CON CONCENTRACION IGUAL O SUPERIOR A LA MAXIMA ADMISIBLE (R.T.S.)  
CARACTERES FISICO-QUIMICOS.**



Instituto Tecnológico  
Geológico de España

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- { F.D. Facies detríticas
  - { F.T. Facies de transición
  - { F.C. Facies central o química
- P. Paleógeno  
C. Cretácico  
Pz. Paleozoico

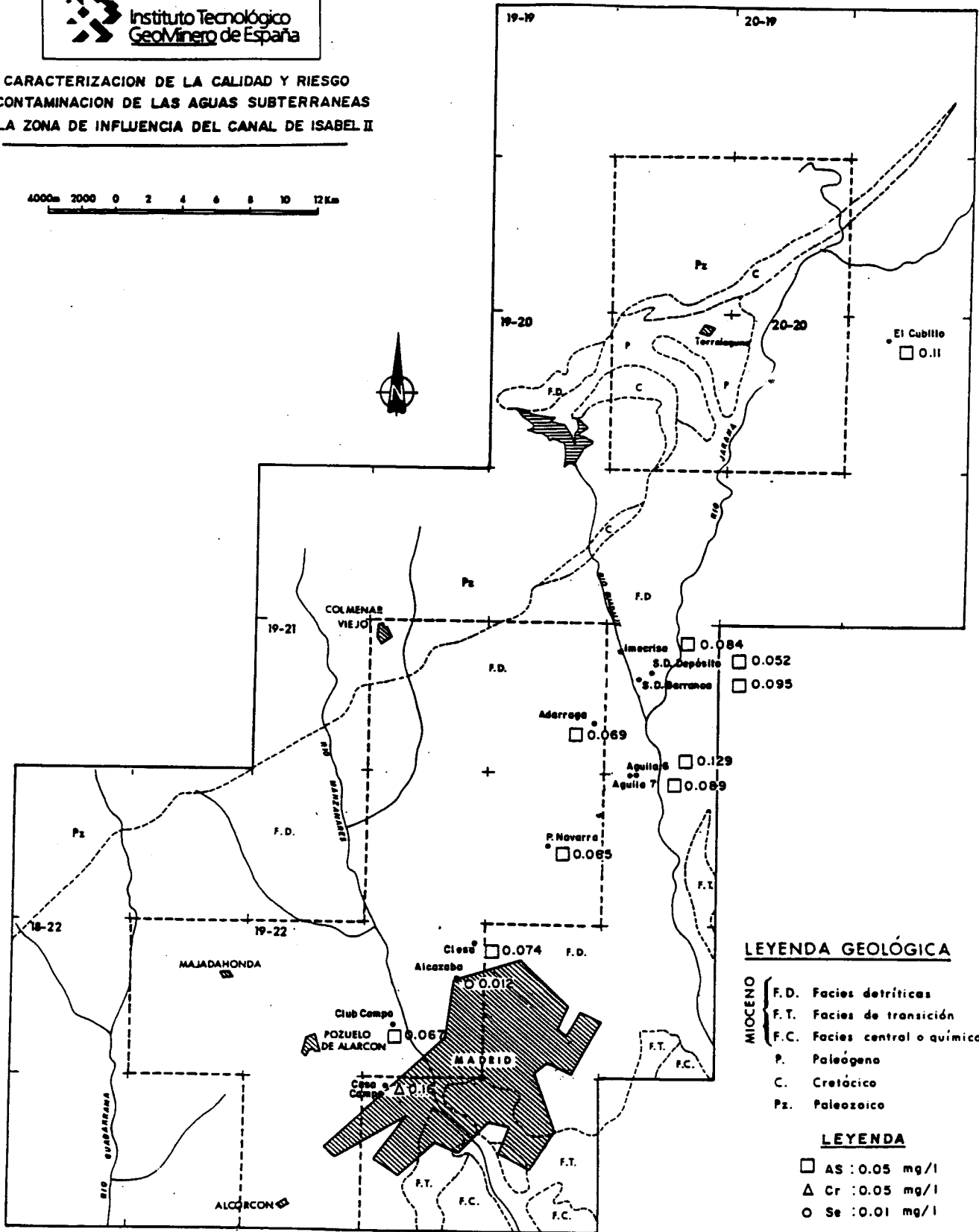
**LEYENDA**

- NO<sub>3</sub> : 50 mg/l
- △ NO<sub>2</sub> : 0.1 mg/l
- \* Fe : 0.2 mg/l
- F : 1.5 mg/l

**LIMITES R.T.S. PARA AGUAS POTABLES DE CONSUMO PUBLICO  
CAMPAÑA MUESTREO PRIMAVERA 95.**

**PUNTOS DE MUESTREO CON CONCENTRACION IGUAL O SUPERIOR A LA MAXIMA ADMISIBLE (R.T.S.)  
CARACTERES RELATIVOS A SUSTANCIAS NO DESEABLES**

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- Pz. Paleozoico**
- P. Paleógeno
  - C. Cretácico

**LEYENDA**

- AS : 0.05 mg/l
- △ Cr : 0.05 mg/l
- Se : 0.01 mg/l

LIMITES R.T.S. PARA AGUAS POTABLES DE CONSUMO PUBLICO  
CAMPAÑA MUESTREO PRIMAVERA 95.

PUNTOS DE MUESTREO CON CONCENTRACION IGUAL O SUPERIOR A LA MAXIMA ADMISIBLE (R.T.S.)  
CARACTERES RELATIVOS A LAS SUSTANCIAS TOXICAS

RELACIÓN DE SONDEOS EN QUE SE SOBREPASAN LOS  
LÍMITES R.T.S PARA AGUAS POTABLES DE CONSUMO PÚBLICO  
CAMPAÑA PRIMAVERA 95 sin los S.G. del C.Y.II

Caracteres físico-químicos

TOPONIMIA	Nº	Parámetro	C. máxima admisible (mg/l)	C. pri. 95 (mg/l)	Fecha
Montegolf-7	1921-8-0105	Na	150	192,6	7-6-95
Club de Campo	1922-2-0119	Na	150	182,9	16-6-95
F. Los Carneros (R.V.C)	1921-4-0058	Mg	50	61	5-95
Km.12 Ctra.M-511(R.V.C)	1822-8-0116	K	12	28	5-95

Caracteres relativos a sustancias no deseables

TOPONIMIA	Nº	Parámetro	C. máxima admisible (mg/l)	C. pri. 95 (mg/l)	Fecha
Centro Mosen-Sol (R.V.C)	1822-4-0032	NO3	50	102	5-95
Fuente Lavadero. El Cubillo (R.V.C)	2020-2-0007	NO3	50	52	5-95
Parque Berlín (Madrid)	1922-3-0028	NO3	50	60	23-6-95
Parque Sahagún (Alcorcón)	1922-5-0204	NO3	50	62	14-6-95
Prado Sto. Domingo (Alcorcón)	1922-5-0205	NO3	50	56	14-6-95
Finca Valdetorres C.A.M	2020-5-0051	NO3	50	60	18-5-95
VC-1	1822-3-0100	NO2	0,1	0,24	8-6-95
VO-4	1822-8-0208	NO2	0,1	0,11	30-5-95
Urb. Valdeoliva	1920-8-0066	NO2	0,1	0,26	23-5-95
Urb. Soto Viñuelas	1921-2-0020	NO2	0,1	0,26	14-6-95
Finca Las Puebas	1921-3-0016	NO2	0,1	0,69	31-5-95
Parque Euzkadi S.S.	1921-7-0165	NO2	0,1	0,11	26-5-95
Ayto. Belvis del Jarama	1921-8-0199	NO2	0,1	0,25	6-6-95
Chalet de Pozuelo (R.V.C)	1922-1-0077	NO2	0,1	0,11	5-95
Clea	1922-2-0071	NO2	0,1	0,37	25-5-95
Casa de Campo	1922-6-0024	NO2	0,1	0,2	23-5-95
Ayto. Ribatejada	2020-6-0024	NO2	0,1	0,17	12-6-95
BR-2	1822-7-0085	Fe	0,2	0,319	24-5-95
VO-4	1822-8-0208	Fe	0,2	0,218	30-5-95
Adarraga (Ciudalcampo)	1921-3-0019	Fe	0,2	0,261	26-5-95
Imecrisa S.A	1921-4-0150	Fe	0,2	0,2	31-5-95
Parque Euzkadi S.S.	1921-7-0165	Fe	0,2	0,219	26-5-95
Casa de Campo	1922-6-0024	Fe	0,2	0,259	23-5-95
Casa Lorenzo	2019-5-0005	Fe	0,2	0,241	5-5-95
Ayto. Ribatejada	2020-6-0024	Fe	0,2	0,209	12-6-95
Montegolf-7	1821-8-0105	F	1,5	3	7-6-95
Club de Campo	1922-2-0119	F	1,5	2	16-6-95

Caracteres relativos a las sustancias tóxicas

TOPONIMIA	Nº	Parámetro	C. máxima admisible (mg/l)	C. pri. 95 (mg/l)	Fecha
Adarraga (Ciudalcampo)	1921-3-0019	As	0,05	0,069	26-5-95
Imecrisa S.A	1921-4-0150	As	0,05	0,084	31-5-95
Sto. Domingo (P.Barranca)	1921-4-0155	As	0,05	0,095	2-6-95
Sto. Domingo (P. Depósito)	1921-4-0156	As	0,05	0,052	2-6-95
Aguila-6	1921-4-0162	As	0,05	0,129	16-6-95
Aguila-7	1921-4-0165	As	0,05	0,089	31-5-95
P. Navarra (Alcobendas)	1921-7-0163	As	0,05	0,065	25-5-95
Clea	1922-2-0071	As	0,05	0,074	25-5-95
Club de Campo	1922-2-0119	As	0,05	0,067	16-5-95
Ayto. Cubillo Uceda	2020-2-0009	As	0,05	0,11	19-5-95
Casa de Campo	1922-6-0024	Cr	0,05	0,16	23-5-95
P. Alcazaba (Madrid)	1922-2-0118	Se	0,01	0,012	23-6-95

### **6.1.1.5 Conclusiones**

Salvo casos puntuales la calidad del agua subterránea en la zona es excelente.

Las concentraciones de elementos mayoritarios y minoritarios responden fundamentalmente a lo que es esperable de la composición litológica del acuífero.

No se han detectado procesos significativos de contaminación de origen antrópico.

El modelo de funcionamiento hidroquímico de la zona sólo se ha comprobado en algunas áreas.

Las variaciones de concentración de los distintos constituyentes no están claramente ligadas a la profundidad de las captaciones ni a situaciones hidrogeológicas específicas (zonas de recarga/descarga). En todo caso parece existir una cierta correlación inversa con las concentraciones de calcio y magnesio, por efecto de procesos de modificación del quimismo, que parecen traducirse en una disminución de conductividad y en un ablandamiento natural del agua.

Los principales procesos de modificación del quimismo en el área de estudio parecen ser la precipitación de carbonatos por efecto del aumento de la temperatura con la profundidad y los de intercambio iónico en un medio complejo, fundamentalmente silíceo, en que los equilibrios carbonatados tienen cierta relevancia.

Pese al hecho de que se hayan detectado concentraciones de algunos elementos por encima de los límites en algunos sondeos de los Sistemas Generales, la dilución que se produce al incorporar estas aguas a la red de distribución general constituye un factor de seguridad máximo en relación con su utilización para consumo humano.

Esta misma situación en relación con los sondeos que no pertenecen a los Sistemas Generales debe ser seguida de cerca a fin de que, establecida la persistencia de concentraciones por encima de los límites permitidos, se tomen las medidas adecuadas para asegurar la potabilidad de estas aguas previo a su consumo directo en el caso de que sean utilizadas para abastecimiento humano.

### 6.1.2. LA CALIDAD ACTUAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LOS SISTEMAS GENERALES.

La calidad actual del agua subterránea en las captaciones de los Sistemas Generales se ha establecido a partir de los análisis químicos realizados en las muestras tomadas en la campaña de primavera de 1995.

En esta campaña, aparte de las muestras recogidas para la caracterización de la calidad del agua subterránea en la zona de estudio, se muestrearon los siguientes puntos de los Sistemas Generales:

SISTEMA GENERAL	Nº de muestras
TORRELAGUNA	7
CANAL BAJO	10
CANAL ALTO-EL GOLOSO	4
FUENCARRAL	8
EL PLANTÍO-MAJADAHONDA	3
CANAL DEL OESTE	5
<i>Total de puntos muestreados</i>	<i>37</i>

En el cuadro 6.1.2.1 se incluye la relación de los sondeos muestreados en cada Sistema General.

En las correspondientes fichas de inventario se incluyen los originales de los análisis químicos utilizados.

En el anexo 6.1.2. se incluye un resumen de los análisis químicos (iones mayoritarios y minoritarios), relaciones iónicas, parámetros calculados e índices agrícolas correspondientes a estas muestras.

#### 6.1.2.1 Constituyentes mayoritarios.

En el cuadro 6.1.2.2 se presenta un resumen estadístico de los datos de concentración de constituyentes mayoritarios.

Los valores extremos de concentración de estos constituyentes y de algunas propiedades fisicoquímicas se presentan de forma resumida en el cuadro 6.1.2.3

Cuadro 6.1.2.1

Relación de sondeos de los Sistemas Generales  
muestreados en la campaña de primavera de 1995

## CAMPO DE POZOS DE TORRELAGUNA

TOPONIMIA	XUTM	YUTM	PROF	HOJA	OC	PUNTO	D T	M T	A T	D A	M A	A A	P.BOM
PT - 6	452390	4519340	185	1920	4	0005	9	5	95		6	95	84
P. CUBO	454120	4516950	135	1920	4	0036	18	5	95		6	95	-
S. AGUSTIN	446620	4504830	204	1920	7	0010	12	5	95		6	95	117
PT - 4	461816	4524808	262	2019	5	0011	5	5	95		6	95	60
M - 2A	459939	4523324	202	2019	5	0012	9	5	95		6	95	60
M - 1	457900	4521770	195	2019	5	0013	9	5	95		6	95	60
VALDENTALES	461480	4524738	184	2019	5	0016	5	5	95		6	95	50

## CAMPO DE POZOS DEL CANAL BAJO

TOPONIMIA	XUTM	YUTM	PROF	HOJA	OC	PUNTO	D T	M T	A T	D A	M A	A A	P.BOM
CB - 5	442390	4495920	441	1921	3	0017	9	5	95		6	95	267
CB - 6	441970	4495260	400	1921	3	0018	12	5	95		6	95	339
CB - 9	441530	4491630	404	1921	6	0100	24	5	95		6	95	301,5
CB - 15	440820	4485080	503	1921	6	0102	10	5	95		6	95	280
CB - 4	441850	4491110	425	1921	6	0103	24	5	95		6	95	303,97
CB - 7	442637	4492793	398	1921	7	0158	30	5	95		6	95	314,1
CB - 8	442243	4492411	415	1921	7	0159	30	5	95		6	95	314,3
CB - 11	442230	4489030	408	1921	7	0160	11	5	95		6	95	282,8
CB - 12	442300	4488450	409	1921	7	0161	11	5	95		6	95	282,5
CB - 13	442410	4487490	414	1921	7	0162	11	5	95		6	95	326

## CAMPO DE POZOS DEL CANAL ALTO - EL GOLOSO

TOPONIMIA	XUTM	YUTM	PROF	HOJA	OC	PUNTO	D T	M T	A T	D A	M A	A A	P.BOM
G - I	440070	4489500	441	1921	6	0096	11	5	95		6	95	346
CA - 3	439800	4490320	418	1921	6	0097	24	5	95		6	95	344
CA - 4	440280	4489060	406	1921	6	0098	11	5	95		6	95	347
CA - 5	440500	4488450	410	1921	6	0099	11	5	95		6	95	345,6

## CAMPO DE POZOS DE FUENCARRAL

TOPONIMIA	XUTM	YUTM	PROF	HOJA	OC	PUNTO	D T	M T	A T	D A	M A	A A	P.BOM
FPD - 1	438300	4486120	441	1921	6	0079	4	5	95		6	95	230
FX - 3	438300	4484120	437	1921	6	0080	3	5	95		6	95	231
FA - 3	438110	4484790	431	1921	6	0081	3	5	95		6	95	233,2
FB - 2	438010	4485130	450	1921	6	0082	4	5	95		6	95	245,67
FE - 1	438520	4486730	505	1921	6	0093	4	5	95		6	95	242
FX - 4	438990	4484140	441	1921	6	0094	4	5	95		6	95	241,7
FA - 1	437390	4484900	475	1921	6	0095	3	5	95		6	95	255,5
FU - 3	438350	4483450	473	1922	2	0117	3	5	95		6	95	263

## CAMPO DE POZOS DEL PLANTÍO - MAJADAHONDA

TOPONIMIA	XUTM	YUTM	PROF	HOJA	OC	PUNTO	D T	M T	A T	D A	M A	A A	P.BOM
MJ - 1	426310	4479220	490	1822	4	0202	10	5	95		6	95	280
PM - 1	428390	4480880	495	1922	1	0181	10	5	95		6	95	352
PM - 2	428110	4480280	513	1922	1	0182	10	5	95		6	95	309

## CAMPO DE POZOS DEL CANAL DEL OESTE

TOPONIMIA	XUTM	YUTM	PROF	HOJA	OC	PUNTO	D T	M T	A T	D A	M A	A A	P.BOM
MONTEALINA-6	429050	4475300	450	1922	1	0179	12	5	95		6	95	265
MONTEALINA-7	428730	4475800	448	1922	1	0180	12	5	95		6	95	267
RETAMARES-1	430700	4470700	187	1922	5	0201	12	5	95		6	95	104,2
CANAL OESTE	429820	4472520	430	1922	5	0202	12	5	95		6	95	303
LA CABAÑA	429740	4474850	386	1922	5	0203	12	5	95		6	95	303



Cuadro 6.1.2.2

**ESTADISTICA DE MAYORITARIOS SISTEMAS GENERALES C.Y.II  
CAMPAÑA DE PRIMAVERA DE 1995**

**CAMPO DE POZOS DE TORRELAGUNA**

	Máximo	Mínimo	Media	Std
Cl	244	11	45,3	81,1
SO4	713	15	238,0	217,9
HCO3	242	75	152,9	61,1
CO3	0	0	0,0	0,0
NO3	24	1	7,8	7,9
Na	181,2	2,77	30,0	61,7
Mg	40	10	23,3	8,7
Ca	295	56,5	116,4	76,9
K	3,65	0,68	1,5	1,0
Ph	7,9	7,6	7,7	0,1
Cond	1250	433	735,6	287,5
Rs	851	305	512,3	191,2
SiO2	16,8	9,9	13,0	2,6

**CAMPO DE POZOS DE FUENCARRAL**

	Máximo	Mínimo	Media	Std
Cl	38,0	12,0	18,9	7,5
SO4	119,0	9,0	36,9	32,9
HCO3	156,0	112,0	133,6	14,8
CO3	7,0	0,0	1,4	2,5
NO3	4,0	3,0	3,4	0,5
Na	107,0	24,0	56,9	24,9
Mg	8,0	2,0	4,8	2,4
Ca	26,0	6,0	15,5	5,7
K	2,0	1,0	1,1	0,3
Ph	8,6	7,8	8,1	0,3
Cond	552,0	248,0	330,5	90,0
Rs	392,0	180,0	231,3	66,5
SiO2	48,2	31,4	41,9	4,8

**CAMPO DE POZOS DEL CANAL BAJO**

	Máximo	Mínimo	Media	Std
Cl	30	8	13,2	6,3
SO4	136	1	26,5	38,6
HCO3	220	145	181,0	26,6
CO3	0	0	0,0	0,0
NO3	8	1	3,9	2,6
Na	105	19,17	42,0	23,9
Mg	11	2	5,9	2,9
Ca	46	15	34,4	9,9
K	1,57	0,87	1,1	0,2
Ph	8,1	7,7	7,9	0,1
Cond	594	268	355,9	89,3
Rs	408	185	249,4	59,4
SiO2	59,4	36	47,6	7,6

**CAMPO DE POZOS DEL PLANTÍO - MAJADAHONDA**

	Máximo	Mínimo	Media	Std
Cl	24,0	15,0	18,3	4,0
SO4	64,0	16,0	36,3	20,3
HCO3	128,0	121,0	124,7	2,9
CO3	0,0	0,0	0,0	0,0
NO3	18,0	2,0	8,7	6,8
Na	82,0	48,0	64,3	13,9
Mg	2,2	1,5	1,9	0,3
Ca	22,0	9,0	14,3	5,6
K	1,0	1,0	1,0	0,0
Ph	7,9	7,7	7,8	0,1
Cond	378,0	270,0	316,3	45,4
Rs	254,0	186,0	218,0	27,9
SiO2	48,9	30,1	37,3	8,3

**CAMPO DE POZOS DEL CANAL ALTO - EL GOLOSO**

	Máximo	Mínimo	Media	Std
Cl	10	7	8,3	1,1
SO4	12	9	10,8	1,3
HCO3	145	125	135,8	9,3
CO3	0	0	0,0	0,0
NO3	7	1	4,0	3,0
Na	26,8	13,43	22,2	5,2
Mg	14	3	6,5	4,5
Ca	33	17,6	25,2	6,1
K	1	0,79	0,9	0,1
Ph	7,9	7,6	7,8	0,1
Cond	261	243	253,8	6,7
Rs	182	164	174,3	6,9
SiO2	69,2	46,1	57,1	8,4

**CAMPO DE POZOS DEL CANAL DEL OESTE**

	Máximo	Mínimo	Media	Std
Cl	33,0	6,0	14,0	10,0
SO4	185,0	11,0	58,2	66,9
HCO3	150,0	101,0	128,8	16,6
CO3	0,0	0,0	0,0	0,0
NO3	8,0	1,0	5,0	2,6
Na	148,3	28,8	70,1	43,9
Mg	6,0	2,0	3,2	1,5
Ca	18,0	7,0	12,8	4,0
K	1,0	0,6	0,9	0,2
Ph	8,1	7,5	7,9	0,2
Cond	649,0	175,0	323,2	182,9
Rs	460,0	143,0	277,8	102,9
SiO2	63,0	24,4	37,9	13,6

**Cuadro 6.1.2.3. Valores extremos de concentración de constituyentes mayoritarios  
(Conjunto de los Sistemas Generales)**

Constituyente	Valor mínimo	Valor máximo
Cl	6	244 (C.T)
SO <sub>4</sub>	1	713 (C.T)
HCO <sub>3</sub>	75	242 (C.T)
NO <sub>3</sub>	1	24 (C.T)
Na	2,7	181 (C.T)
Mg	1,5	40 (C.T)
Ca	6	295 (C.T)
K	0,6	3,6 (C.T)
pH	8,6	7,5
Conductividad	175	1250 (C.T)
R.S	143	851 (C.T)
SiO <sub>2</sub>	9,9	69,2

(C.T) = Campo de Torrelaguna.

La mayor parte de las concentraciones máximas se detectan en el campo de pozos de Torrelaguna.

Las concentraciones máximas de Cl, Na y NO<sub>3</sub> corresponden al sondeo 1920-7-0010 (S. Agustín) muestreado con tomamuestras; las de SO<sub>4</sub>, Ca y conductividad al sondeo PT-4 (2019-5-0011)

Es de destacar el contraste de concentraciones medias de las muestras tomadas en el campo de pozos de Torrelaguna y las del resto de los Sistemas Generales como se indica en el cuadro 6.1.2.4.

**Cuadro 6.1.2.4. Contraste de concentraciones medias.**

Constituyente	Media C. Torrelaguna	Intervalo en el resto de Sistemas Generales
Cl	45,3	8,3 - 18,9
SO <sub>4</sub>	238,0	10,8 - 58,2
HCO <sub>3</sub>	152,9	124,7 - 181,0
NO <sub>3</sub>	7,8	3,4 - 8,7

Constituyente	Media C. Torrelaguna	Intervalo en el resto de Sistemas Generales
Na	30,0	22,2 - 70,1
Mg	23,3	1,9 - 6,5
Ca	116,4	12,8 - 34,4
K	1,5	0,9 - 1,1
Conductividad	735,0	253,8 - 355,9
SiO <sub>2</sub>	13,0	37,3 - 57,1

La influencia de los factores litológicos (presencia de materiales evaporíticos) queda claramente reflejada en las notables diferencias de los valores medios de Cl, SO<sub>4</sub>, Mg y Ca entre los sondeos del Campo de Torrelaguna y los demás campos (valores medios mucho más elevados en el primer caso) y confirmada por el contraste de valores medios de sílice, mucho mayores en los sondeos de los demás Sistemas Generales, emplazados en las facies detrítica de carácter eminentemente silíceo.

Dado que las aguas en el acuífero no proceden en su mayor parte de terrenos con influencias yesíferas y dada la baja mineralización general de las aguas no es sorprendente que no exista una clara dependencia entre sulfatos y calcio en la mayor parte de los Sistemas Generales. (Fig. 6.1.2.1. b-f)

Sólo en el campo de Torrelaguna esta dependencia se pone de manifiesto de forma clara al situarse la mayor parte de las muestras muy próximas a la línea teórica de composición del SO<sub>4</sub>Ca ( Figura 6.1.2.1. a ) confirmando las mencionadas influencias litológicas de tipo yesífero.

Similar situación se produce en relación con los cloruros y el sodio.

Aunque en general el ión Cl se asocia al Na, especialmente para elevados contenidos iónicos, en la zona no cabe esperar una buena correlación entre ambos iones debido al bajo contenido iónico de las aguas y a la posible procedencia de los mismos (concentración de contenido salino del agua de lluvia y alteración de feldespatos y micas fundamentalmente).

En la figura 6.1.2.2. (b-f) se refleja este hecho. En ella puede observarse que el contenido en sodio de la mayor parte de las muestras, excepto en el campo de Torrelaguna, es mayor que el contenido en Cl y aumenta más rápidamente que éste sugiriendo la alteración de feldespatos más que la disolución de ClNa como origen de este constituyente sin descartar eventuales procesos de intercambio iónico.

El caso de Torrelaguna (Fig 6.1.2.2. a) es sistemáticamente opuesto al de los demás campos. Las muestras se agrupan por debajo de la línea teórica del ClNa, evidenciando una clara influencia de materiales evaporíticos.

En los cuadros 6.1.2.5 a 6.1.2.10 se incluyen los rangos de distribución de concentraciones en cada uno de los sistemas Generales para cada uno de los constituyentes mayoritarios y conductividad.

En el cuadro 6.1.2.11, resumen de los anteriores, se presentan los intervalos de concentración más frecuentes, campo por campo.

En él puede observarse que la mayor parte de las concentraciones de elementos mayoritarios se sitúan en el intervalo de 0 a 50 mg/l. Únicamente los sulfatos y los bicarbonatos presentan concentraciones entre 0 y 100 y 100 y 200 mg/l. La mayor parte de las muestras presentan conductividades entre 200 y 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

En el cuadro 6.1.2.12 y en las figuras 6.1.2.3 a 6.1.2.8 se presentan las facies hidroquímicas existentes en cada uno de los sondeos de los Sistemas Generales, campo por campo. En el cuadro 6.1.2.13 se presenta un resumen de la distribución de facies hidroquímicas en cada Sistema General

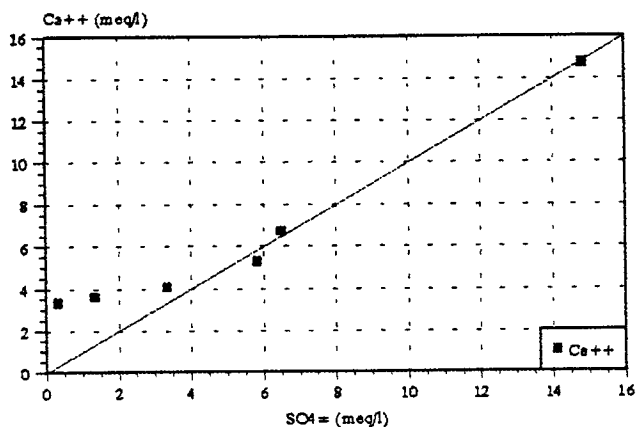
Cuadro 6.1.2.13. Resumen de la distribución de facies hidroquímicas en cada Sistema General.

Facies	TORR	CB	CA-GO	FU	PM	CO	Total	%
Bic-Na	-	4	-	5	3	4	16	43
Bic-Ca	2	4	1	-	-	-	7	19
Sul-Ca	4	-	-	-	-	-	4	11
Bic-Na-Ca	-	1	1	1	-	-	3	8
Bic-Ca-Na	-	-	1	1	-	-	2	5
Sul-Bic-Na	-	1	-	1	-	-	2	5
Bic-Ca-Mg	-	-	1	-	-	-	1	3
Sul-Na	-	-	-	-	-	1	1	3
Cl-Na	1	-	-	-	-	-	1	3
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>37</b>	

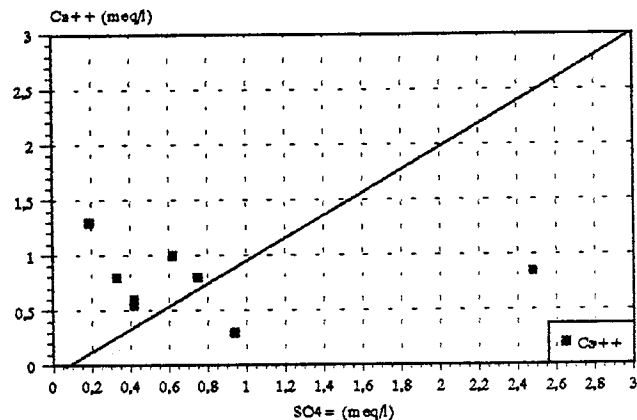
Como puede apreciarse en el cuadro resumen, la facies dominante en el conjunto de los 37 sondeos muestreados es la bicarbonatada sódica (43%), seguida de la bicarbonatada cálcica (19%) y de la

Campo de Torrelaguna. Primavera 95

Campo de Fuencarral. Primavera 95



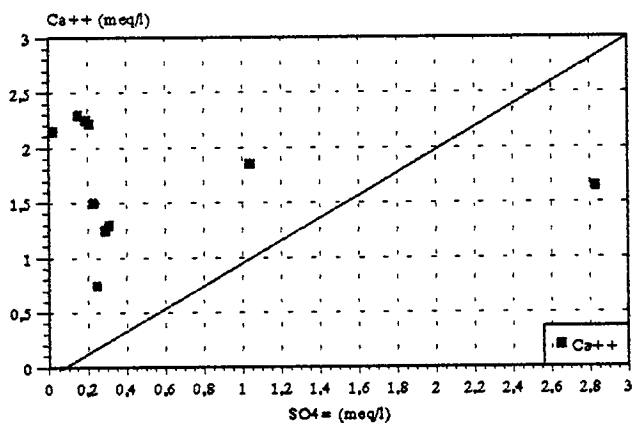
(a)



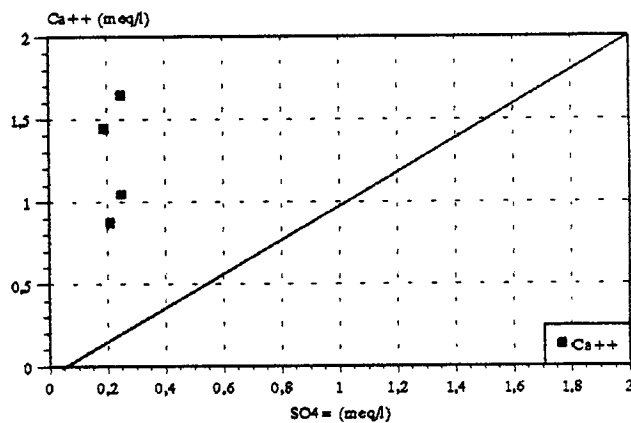
(b)

Campo del Canal Bajo. Primavera 95

Campo del Canal Alto-El Goloso. Primavera 95



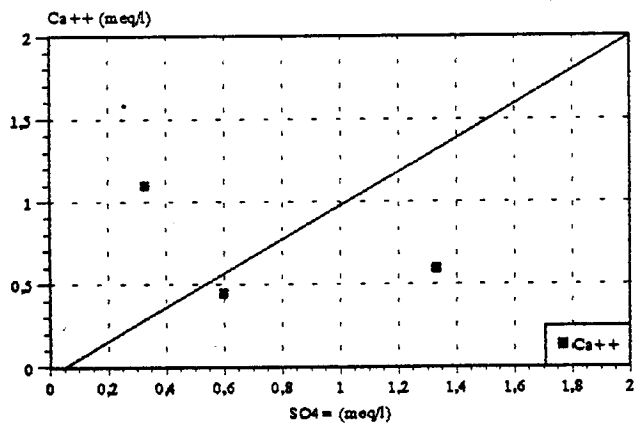
(c)



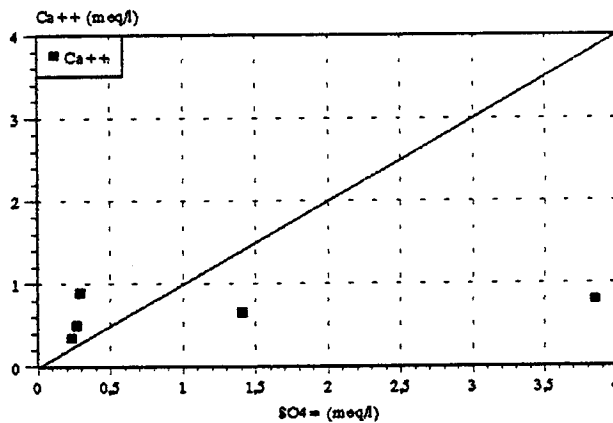
(d)

Campo del Plantío-Majadahonda. Primavera 95

Campo del Canal del Oeste. Primavera 95



(e)

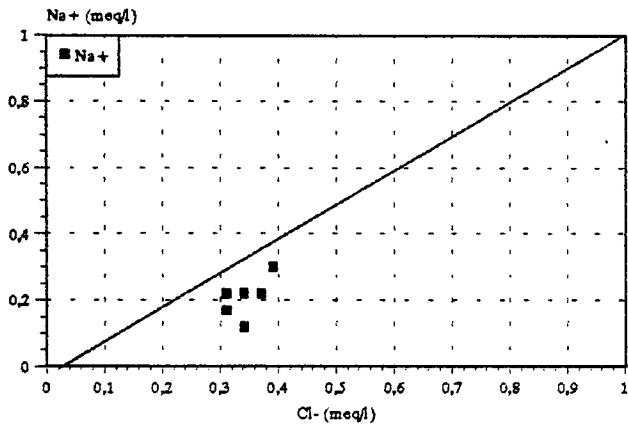


(f)

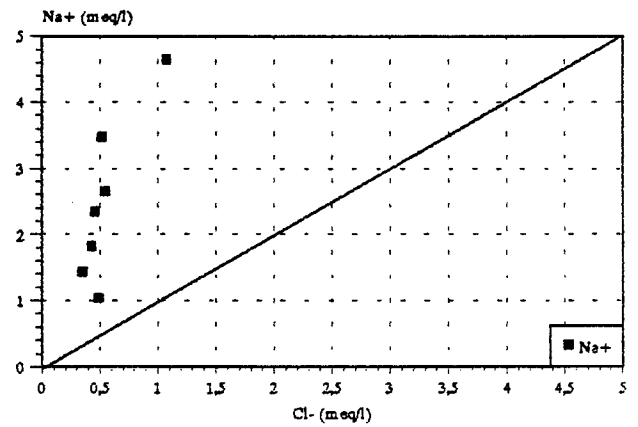
Figura 6.1.2.1

Campo de Torrelaguna. Primavera 95

Campo de Fuencarral. Primavera 95



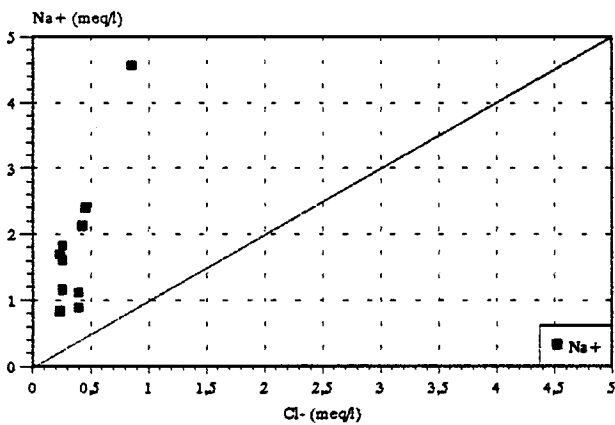
(a)



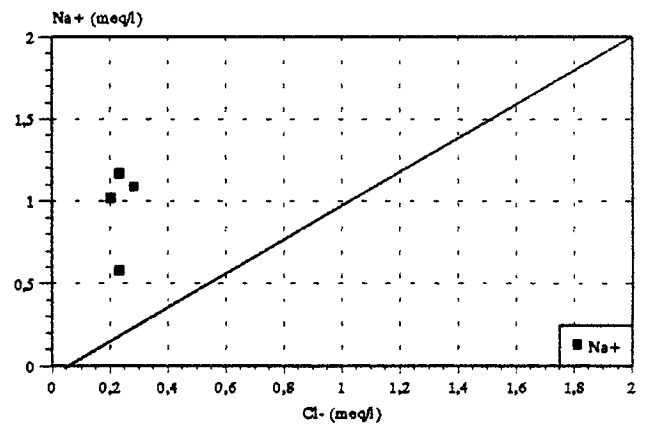
(b)

Campo del Canal Bajo. Primavera 95

Campo del Canal Alto-El Goloso. Primavera 95



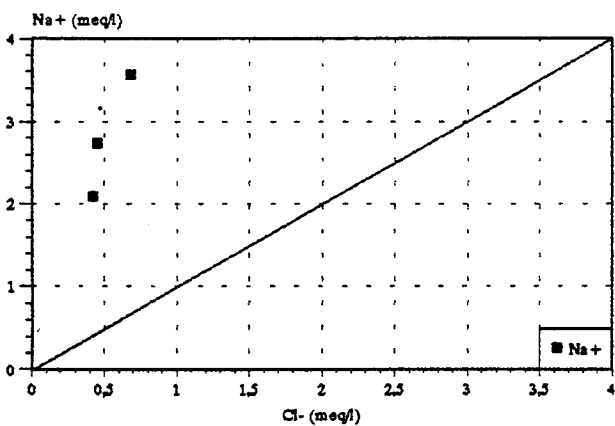
(c)



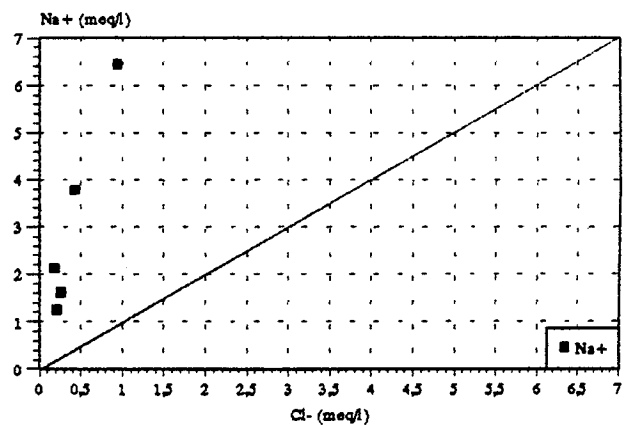
(d)

Campo del Plantío-Majadahonda. Primavera 95

Campo del Canal del Oeste. Primavera 95



(e)



(f)

Figura 6.1.2.2

Cuadro 6.1.2.5 Intervalos de distribución de concentraciones de elementos mayoritarios.

**CAMPO: TORRELAGUNA.**

Nº total de sondeos: 7

ELEMENTO	INTERVALO	Nº SONDEOS	%
Cl (mg/l)	10 - 20	6	85
	200 - 300	1	15
SO <sub>4</sub> (mg/l)	<100	2	28
	100 - 200	2	28
	200 - 300	1	14
	300 - 400	1	14
	> 700	1	14
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	<100	2	28
	100 - 200	3	42
	200 - 300	2	28
NO <sub>3</sub> (mg/l)	≤10	6	85
	20 - 30	1	15
Na (mg/l)	<10	6	85
	100 - 200	1	15
K (mg/l)	<1	1	14
	1 - 2	5	74
	3 - 4	1	14
Ca (mg/l)	<100	4	57
	100 - 200	2	28
	200 - 300	1	14
Mg (mg/l)	10 - 20	3	42
	20 - 30	3	42
	>40	1	14
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	<10	1	14
	10 - 20	7	85
Conductividad (μS/cm)	400 - 500	1	14
	500 - 600	2	28
	600 - 700	1	14
	700 - 800	1	14
	800 - 900	0	0
	900 - 1000	0	0
	>1000	2	28

*Cuadro 6.1.2.6 Intervalos de distribución de concentraciones de elementos mayoritarios.*

**CAMPO: CANAL BAJO.**

Nº total de sondeos: 10

ELEMENTO	INTERVALO	Nº SONDEOS	%
Cl (mg/l)	<10	5	50
	10 - 20	4	40
	20 - 30	1	10
SO <sub>4</sub> (mg/l)	<10	3	30
	10 - 20	5	50
	40 - 50	1	10
	100 - 200	1	10
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	100 - 200	7	70
	200 - 300	3	30
NO <sub>3</sub> (mg/l)	<10	10	100
Na (mg/l)	0 - 50	8	80
	50 - 100	1	10
	>100	1	10
K (mg/l)	<1	5	50
	1 - 2	5	50
Ca (mg/l)	10 - 20	1	10
	20 - 30	2	20
	30 - 40	3	30
	40 - 50	4	40
Mg (mg/l)	<10	9	90
	10 - 20	1	10
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	30 - 40	1	10
	40 - 50	5	50
	50 - 60	4	40
Conductividad (µS/cm)	200 - 300	2	20
	300 - 400	6	60
	400 - 500	1	10
	500 - 600	1	10



*Cuadro 6.1.2.7 Intervalos de distribución de concentraciones de elementos mayoritarios.*

**CAMPO: CANAL ALTO-EL GOLOSO.**

Nº total de sondeos: 4

<b>ELEMENTO</b>	<b>INTERVALO</b>	<b>Nº SONDEOS</b>	<b>%</b>
Cl (mg/l)	0 - 10	4	100
SO <sub>4</sub> (mg/l)	0 - 10	1	25
	10 - 20	3	75
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	100 - 200	4	100
NO <sub>3</sub> (mg/l)	<10	4	100
Na (mg/l)	<50	4	100
K (mg/l)	<1	3	75
	1 - 2	1	25
Ca (mg/l)	10 - 20	1	25
	20 - 30	2	50
	30 - 40	1	25
Mg (mg/l)	<10	3	75
	10 - 20	1	25
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	40 - 50	1	25
	50 - 60	2	50
	60 - 70	1	25
Conductividad (µS/cm)	200 - 300	4	100

Cuadro 6.1.2.8 Intervalos de distribución de concentraciones de elementos mayoritarios.

**CAMPO: FUENCARRAL.**

Nº total de sondeos: 8

ELEMENTO	INTERVALO	Nº SONDEOS	%
Cl (mg/l)	10 - 20	7	87
	20 - 30	0	0
	30 - 40	1	13
SO <sub>4</sub> (mg/l)	0 - 10	1	12,5
	10 - 20	3	37,5
	20 - 30	1	12,5
	30 - 40	1	12,5
	40 - 50	1	12,5
	100 - 120	1	12,5
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	100 - 200	8	100
NO <sub>3</sub> (mg/l)	<10	8	100
Na (mg/l)	20 - 50	3	37,5
	50 - 100	4	50,0
	>100	1	12,5
K (mg/l)	0 - 1	7	87,5
	1 - 2	1	12,5
Ca (mg/l)	0 - 10	1	12,5
	10 - 20	6	75,0
	20 - 30	1	12,5
Mg (mg/l)	<10	8	100
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	30 - 40	2	25
	40 - 50	6	75
Conductividad (µS/cm)	200 - 300	5	62,5
	300 - 400	2	25,0
	500 - 600	1	12,5

*Cuadro 6.1.2.9 Intervalos de distribución de concentraciones de elementos mayoritarios.*

**CAMPO: EL PLANTIO - MAJADAHONDA.**

Nº total de sondeos: 3

ELEMENTO	INTERVALO	Nº SONDEOS	%
Cl (mg/l)	10 - 20	1	33,3
	20 - 30	2	66,6
SO <sub>4</sub> (mg/l)	10 - 20	1	33,3
	20 - 30	1	33,3
	60 - 70	1	33,3
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	100 - 200	3	100,0
NO <sub>3</sub> (mg/l)	<10	2	66,6
	10 - 20	1	33,3
Na (mg/l)	40 - 50	1	37,3
	50 - 100	2	66,6
K (mg/l)	0 - 1	3	100,0
Ca (mg/l)	0 - 10	1	33,3
	10 - 20	1	33,3
	20 - 30	1	33,3
Mg (mg/l)	<10	3	100,0
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	20 - 30	3	100,0
Conductividad (µS/cm)	200 - 300	1	33,3
	300 - 400	2	66,6

Cuadro 6.1.2.10 Intervalos de distribución de concentraciones de elementos mayoritarios.

**CAMPO: CANAL DEL OESTE.**

Nº total de sondeos: 5

ELEMENTO	INTERVALO	Nº SONDEOS	%
Cl (mg/l)	10 - 20	3	60
	20 - 30	1	20
	30 - 40	1	20
SO <sub>4</sub> (mg/l)	10 - 20	3	60
	60 - 70	1	20
	180 - 200	1	20
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	100 - 200	5	100
NO <sub>3</sub> (mg/l)	<10	5	100
Na (mg/l)	0 - 50	3	60
	50 - 100	1	20
	>100	1	20
K (mg/l)	<1	4	80
	1 - 2	1	20
Ca (mg/l)	<10	2	40
	10 - 20	3	60
Mg (mg/l)	<10	5	100
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	20 - 30	2	40
	30 - 40	1	20
	40 - 50	1	20
	60 - 70	1	20
Conductividad (µS/cm)	100 - 200	2	40
	200 - 300	1	20
	400 - 500	1	20
	600 - 700	1	20

Cuadro 6.1.2.11

## Intervalos de concentración más frecuentes

	Torrelaguna		C. Bajo		C.Alto-El Goloso		Fuencarral		Plantío-Majadahonda		Canal del Oeste	
	Intervalo	%	Intervalo	%	Intervalo	%	Intervalo	%	Intervalo	%	Intervalo	%
Cl	0-20	85	0-20	90	0-10	100	10-20	87	20-30	66,6	0-10	60
SO4	0-200	56	0-100	90	0-100	100	0-100	87,5	0-100	100	<100	80
HCO3	0-200	70	100-200	70	100-200	100	100-200	100	100-200	100	100-200	100
NO3	0-10	85	0-10	100	0-10	100	0-10	100	0-10	66,6	0-10	100
Na	0-10	85	0-50	80	0-50	100	20-100	87	50-100	66,6	0-50	60
K	0-2	88	0-2	100	0-2	100	0-2	100	0-1	100	0-2	100
Ca	0-100	57	0-50	100	0-50	100	0-50	100	0-50	100	0-50	100
Mg	0-30	84	0-10	90	0-10	75	0-10	100	0-10	100	0-10	100
SiO2	0-20	100	40-60	90	40-60	75	40-50	75	20-30	100	20-30	40
Conduct	400-800	70	200-400	80	200-300	100	200-300	62,5	300-400	66,6	100-300	60

### Cuadro 6.1.2.12

#### Facies hidroquímicas en los sondeos de los Sistemas Generales

##### CAMPO: TORRELAGUNA

SONDEO	FACIES
PT-6.....	Bi. Ca.
P. del Cubo.....	Bi. Ca.
S. Agustín.....	Cl. Na.
PT-4.....	Sul. Ca.
M2-A.....	Sul. Ca.
M-1.....	Sul. Ca.
Valdentaes.....	Sul. Ca.

##### CAMPO: FUENCARRAL

SONDEO	FACIES
FPD-1.....	Bi.-Na.Ca
FX-3.....	Bi. Na.
FA-3.....	Bi. Na.
FB-2.....	Bi.-Ca.Na
FE-1.....	Bi. Na.
FX-4.....	Sul.-Bi.Na
FA-1.....	Bi. Na.
FU-3.....	Bi. Na.

##### CAMPO: CANAL BAJO

SONDEO	FACIES
CB-5.....	Bi. Na.
CB-6.....	Bi.-Na.Ca.
CB-9.....	Bi. Ca.
CB-15.....	Sul.-Bi.Na
CB-4.....	Bi. Ca.
CB-7.....	Bi. Ca.
CB-8.....	Bi. Na.
CB-11.....	Bi. Na.
CB-12.....	Bi. Na.
CB-13.....	Bi. Na.

##### CAMPO: CANAL ALTO-EL GOLOSO

SONDEO	FACIES
G-1.....	Bi.-Ca.Na.
CA-3.....	Bi.-Ca.Mg
CA-4.....	Bi. Ca.
CA-5.....	Bi.-Na.Ca.

##### CAMPO: CANAL DEL OESTE

SONDEO	FACIES
Montealina-6...	Bi. Na.
Montealina-7...	Sul. Na.
Retamares-1.....	Bi. Na.
Canal Oeste-3..	Bi. Na.
La Cabaña.....	Bi. Na.

##### CAMPO: PLANTÍO-MAJADAHONDA

SONDEO	FACIES
MJ-1.....	Bi. Na.
PM-1.....	Bi. Na.
PM-2.....	Bi. Na.



# FACIES HIDROQUIMICAS CAMPO DE TORRELAGUNA

Primavera 95

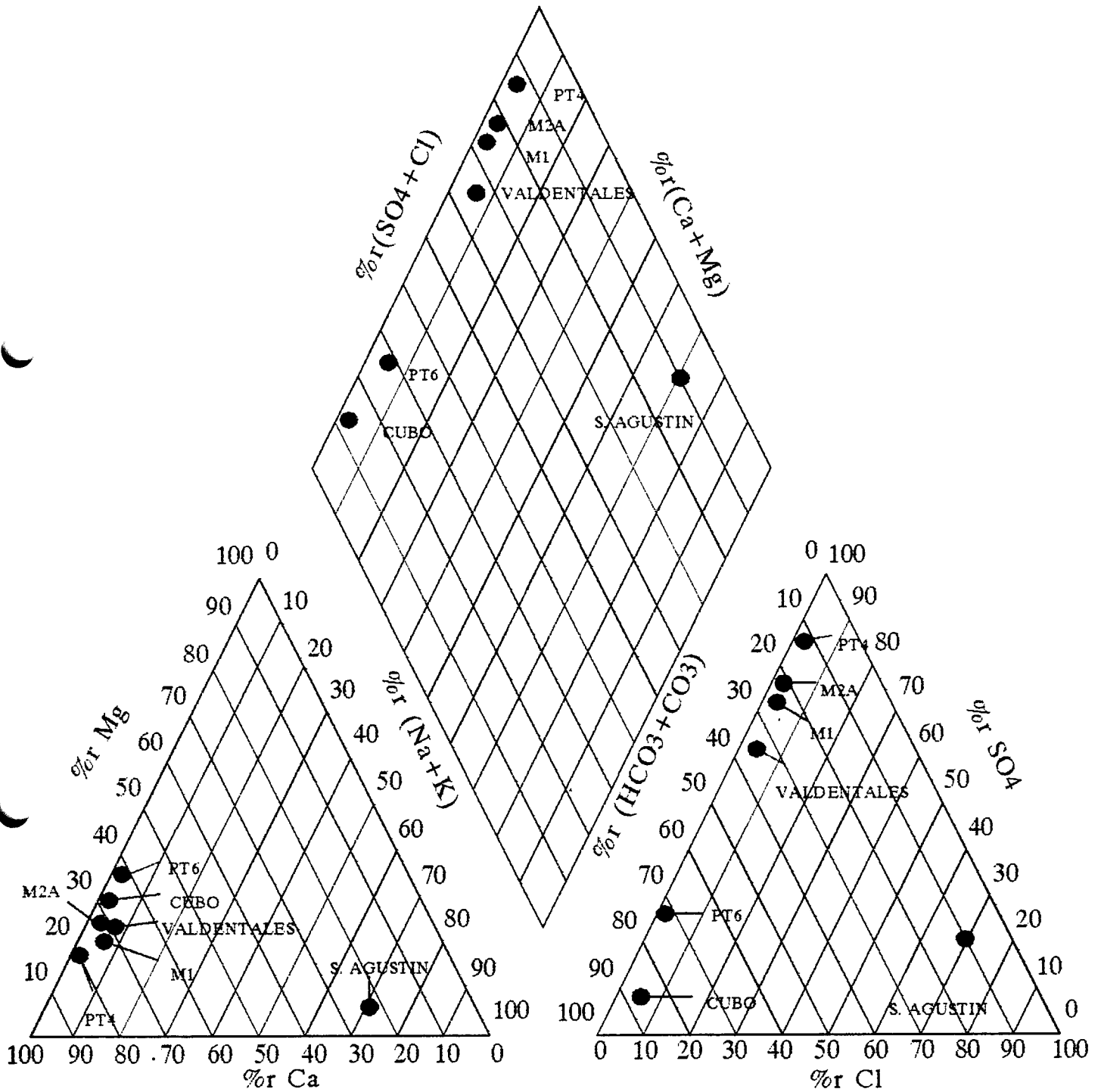


Fig. 6.1.2.3



# FACIES HIDROQUIMICAS CAMPO DEL CANAL BAJO. Primavera 95

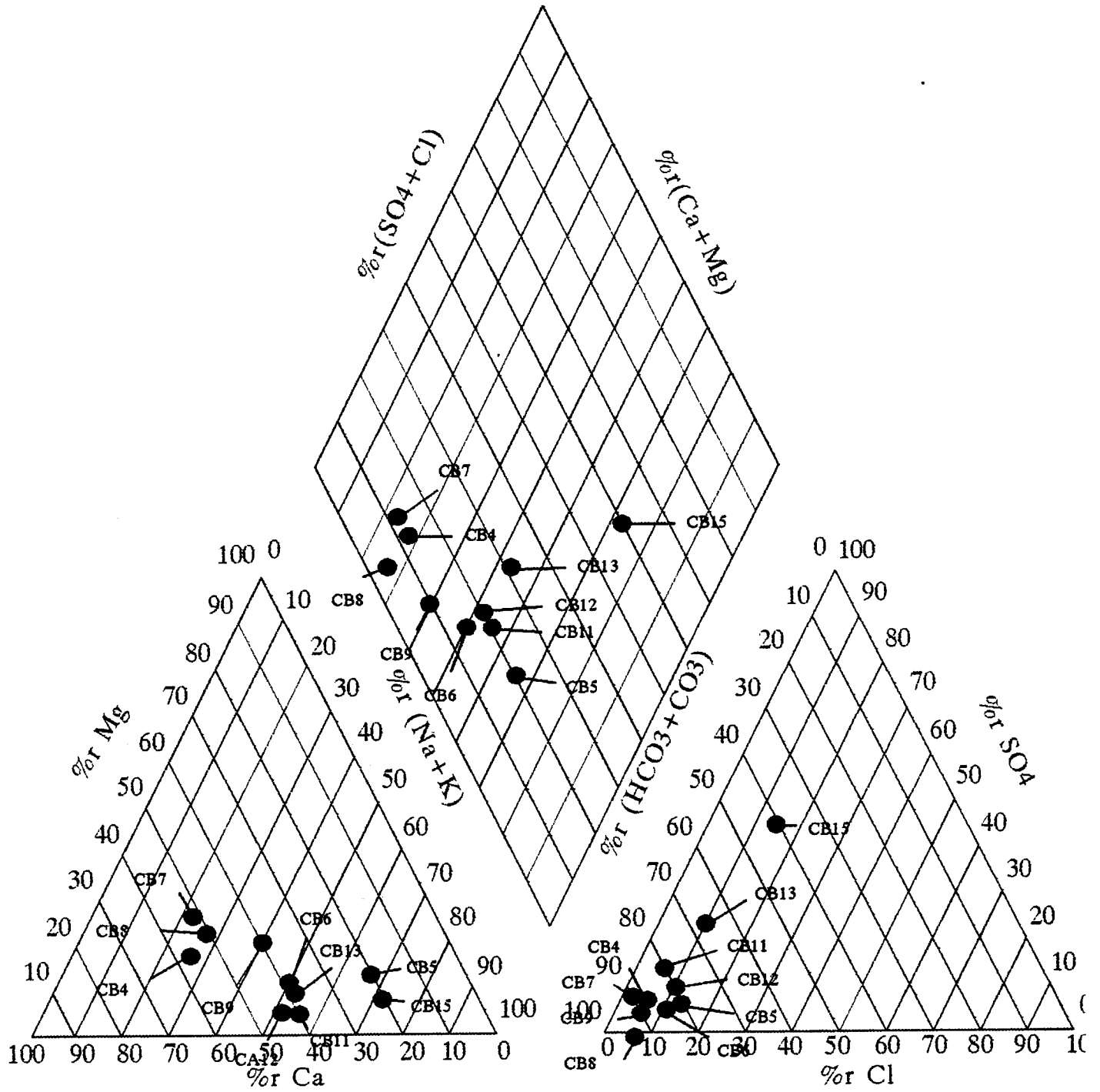


Fig. 6.1.2.4



# FACIES HIDROQUIMICAS. CAMPO CANAL ALTO-EL GOLOSO

Primavera 95

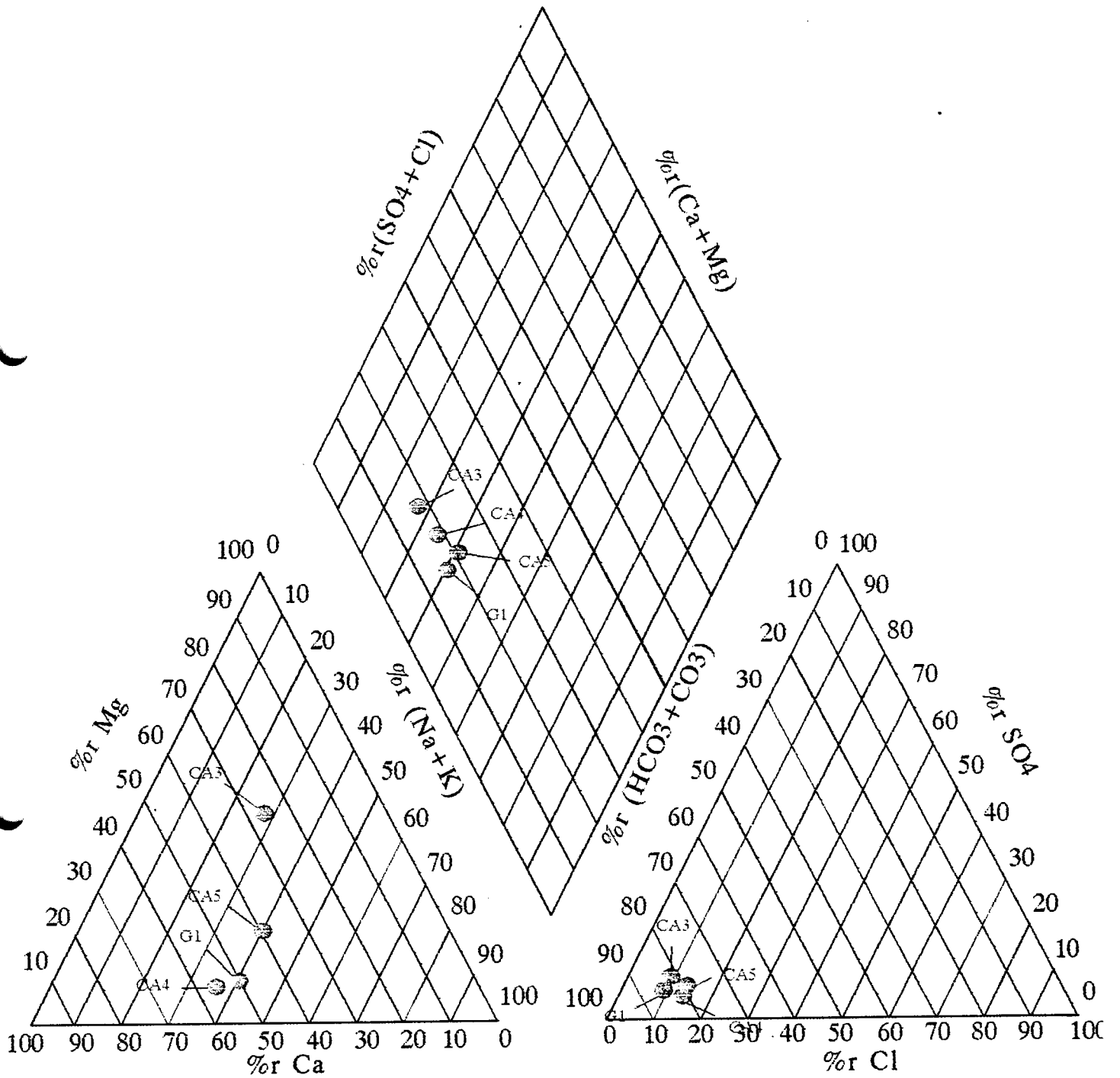


Fig. 6.1.2.5



# FACIES HIDROQUIMICAS CAMPO DE FUENCARRAL. Primavera 95

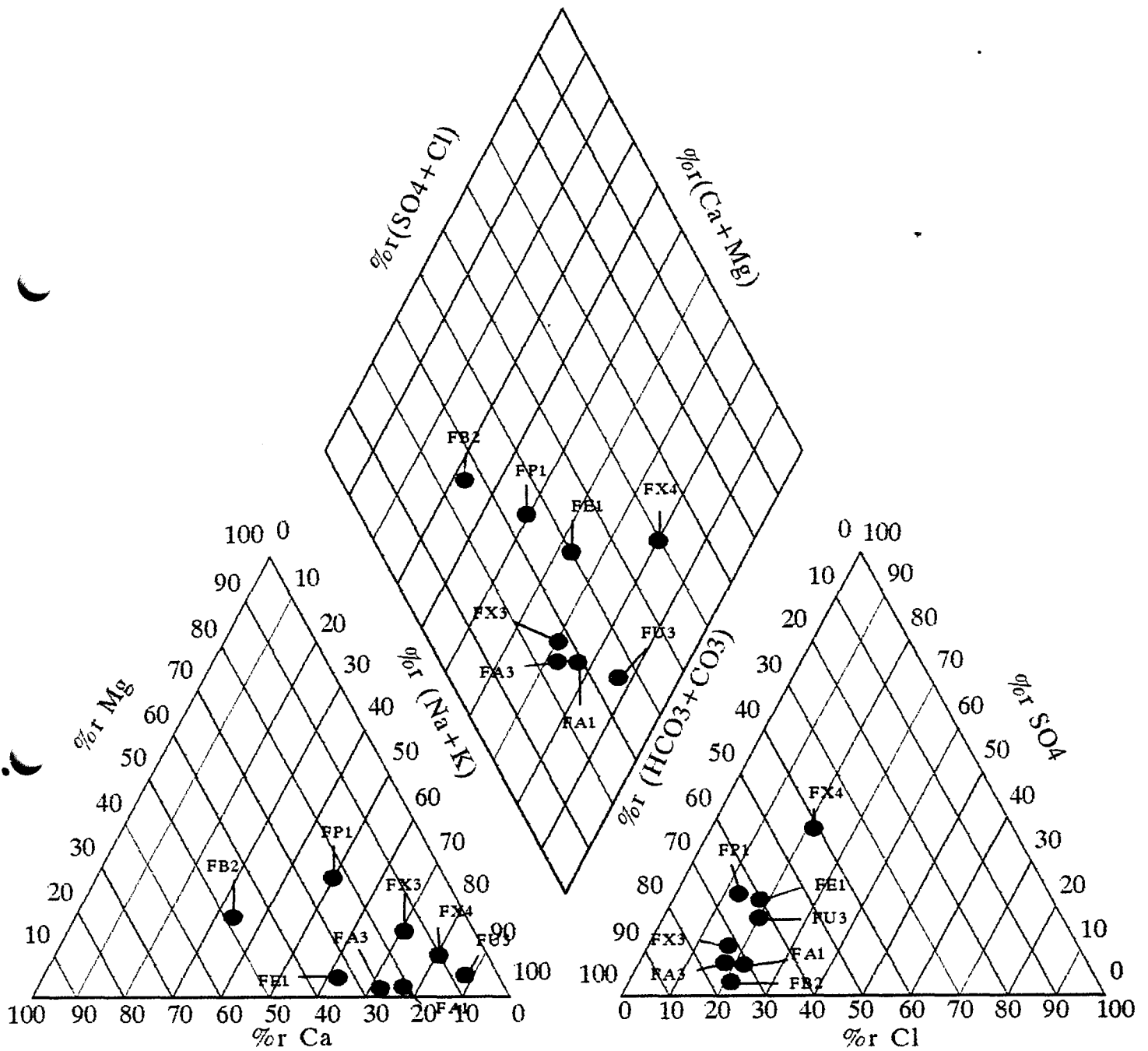


Fig. 6.1.2.6



# FACIES HIDROQUIMICAS CAMPO DE EL PLANTÍO-MAJADAHONDA Primavera 95

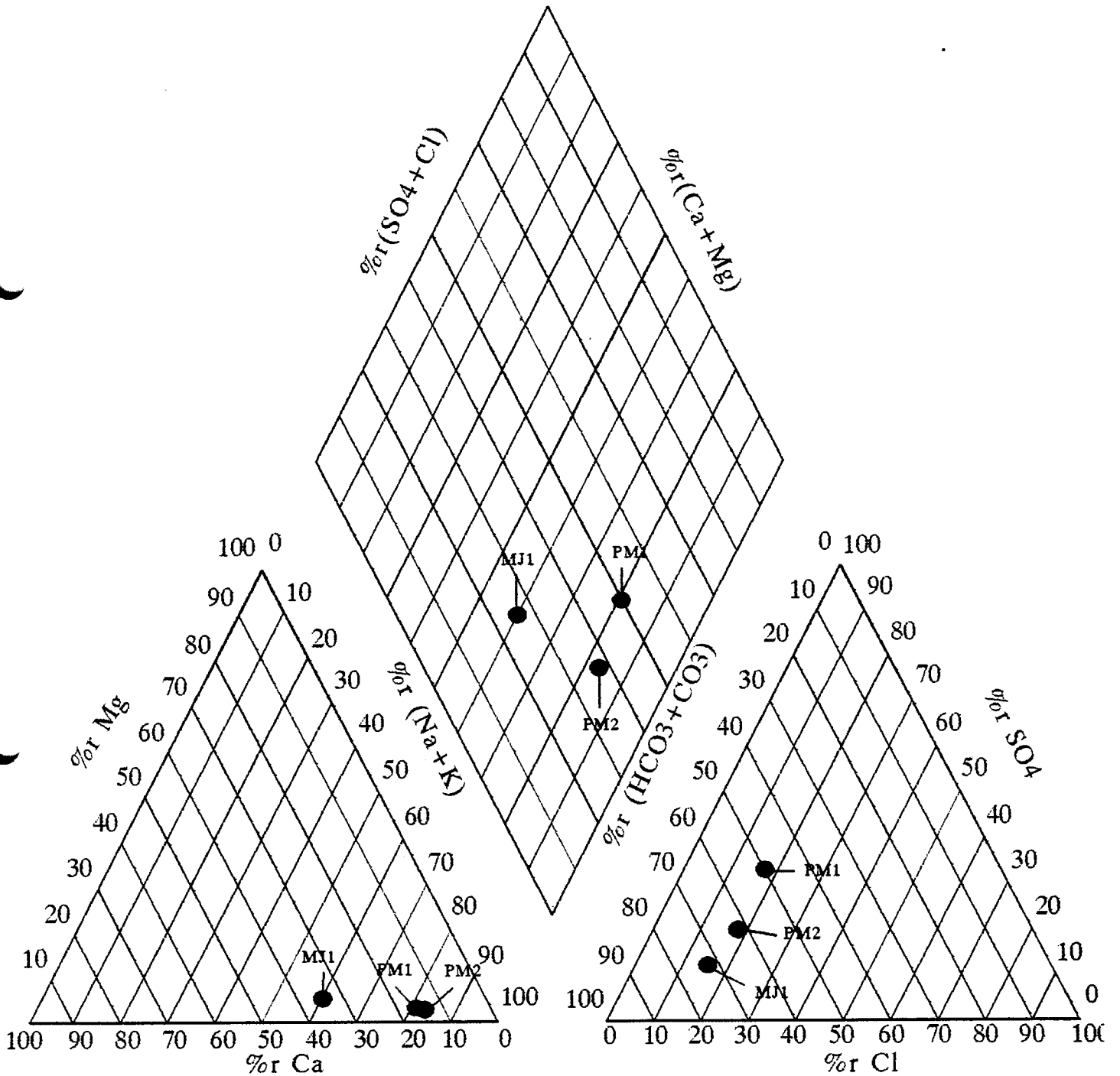


Fig. 6.1.2.7



# FACIES HIDROQUIMICAS CAMPO DEL CANAL DEL OESTE. Primavera 95

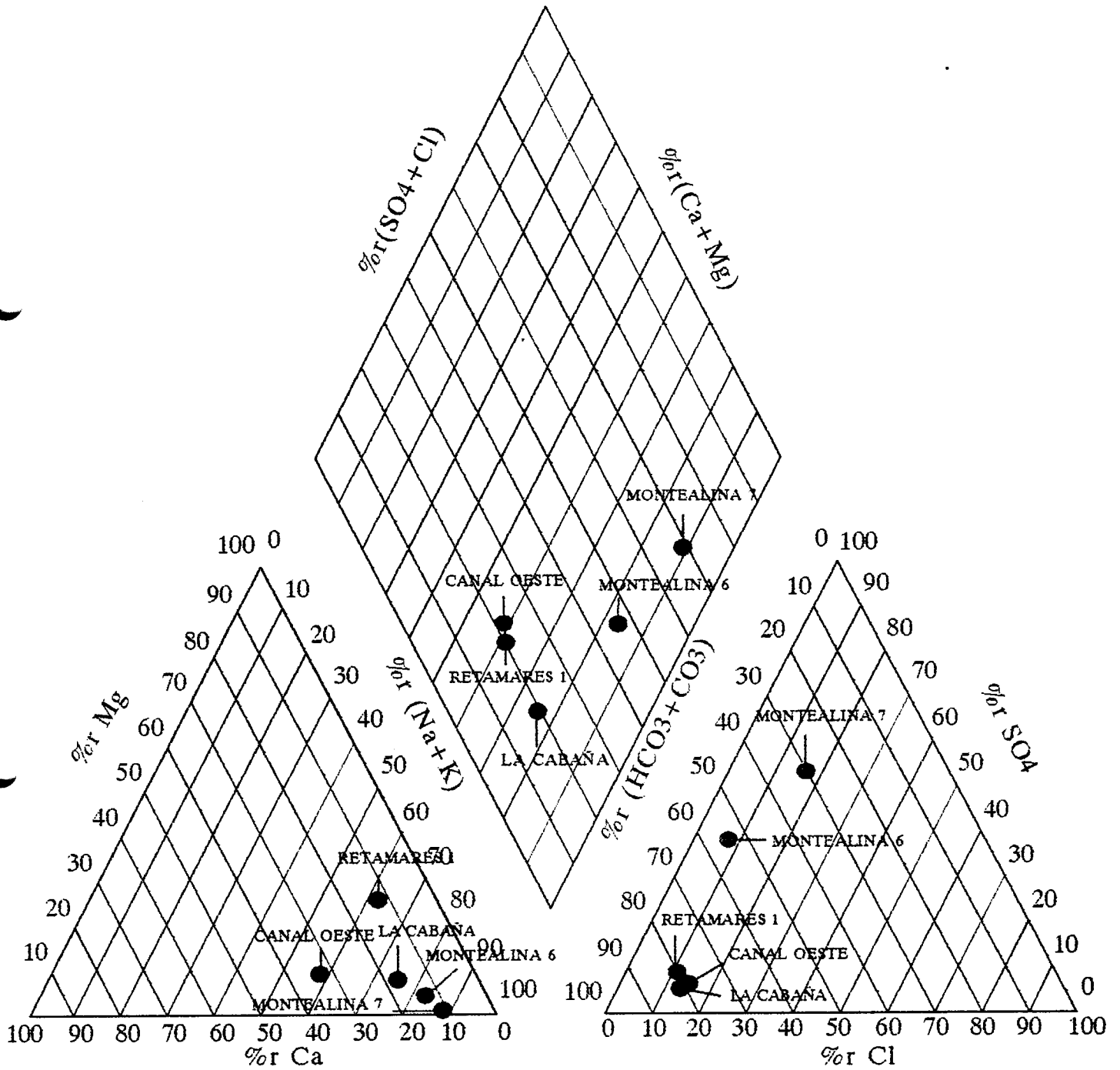


Fig. 6.1.2.8

sulfatada cálcica (11%). Facies sulfatada sódica y clorurada sódica sólo se han detectado en el 3% de las ocasiones.

El predominio de facies bicarbonatada sódica es patente en los campos del Canal Bajo, Fuencarral, Canal del Oeste y Majadahonda. En el campo de Torrelaguna la facies predominante es la sulfatada cálcica. Facies de tipo intermedio como las bicarbonatadas sódico-cálcicas o sulfatadas-bicarbonatadas sódicas se han detectado en el Canal Bajo y Fuencarral.

Por su dureza las aguas de los sondeos de los Sistemas Generales se clasifican de acuerdo con el cuadro 6.1.2.14.

Cuadro 6.1.2.14. Clasificación de las aguas de los Sistemas Generales por su dureza.

Tipo de agua	Límites (mg/l de CaCO <sub>3</sub> )	Nº Puntos	%
BLANDA	0 - 50	8	22
ALGO DURA	50 - 100	15	41
DURA	100 - 200	8	21
MUY DURA	Hasta saturación	6	16

En cada uno de los Sistemas Generales la distribución de tipos de agua según su dureza es la que se presenta en el cuadro 6.1.2.15.

Cuadro 6.1.2.15. Distribución de dureza en los Sistemas Generales.

SISTEMA GENERAL	PORCENTAJE				Nº puntos
	Blanda	Algo dura	Dura	Muy dura	
Torrelaguna	-	-	14,2	85,7	7
Canal Bajo	-	40	60	-	10
C. Alto-El Goloso	-	75	25	-	4
Fuencarral	37,5	62,5	-	-	8
Plantío-Majadahonda	66,5	33,3	-	-	3
Canal del Oeste	60	40	-	-	5

Destaca la presencia de aguas muy duras detectadas exclusivamente en el campo de Torrelaguna. Las

aguas algo duras se detectan en el resto de los campos mientras las blandas sólo se localizan en Fuencarral, Plantío-Majadahonda y Canal del Oeste; aguas duras sólo aparecen en Torrelaguna, Canal Bajo y Canal Alto-El Goloso.

Por lo que se refiere a la clasificación de las aguas de los Sistemas Generales para usos agrícolas en las figuras 6.1.2.9 a 6.1.2.11 se incluyen los diagramas de clasificación para riego en cada uno de los campos. En el cuadro 6.1.2.16 se presenta la distribución de clases de agua para riego en cada uno de los Sistemas Generales.

Cuadro 6.1.2.16. Clasificación de aguas para riego. Distribución por Sistemas Generales.

SISTEMA GENERAL	CLASES			
	C1-S1	C2-S1	C3-S1	C2-S2
Torrelaguna (*)	-	5	1	-
Canal Bajo	-	10	-	-
C. Alto-El Goloso	1	3	-	-
Fuencarral	1	7	-	-
Plantío-Majadahonda	-	3	-	-
Canal del Oeste	3	1	-	1
TOTAL	5	29	1	1
%	13,8	80,5	2,7	2,7

(\*) No se incluye el sondeo S. Agustín

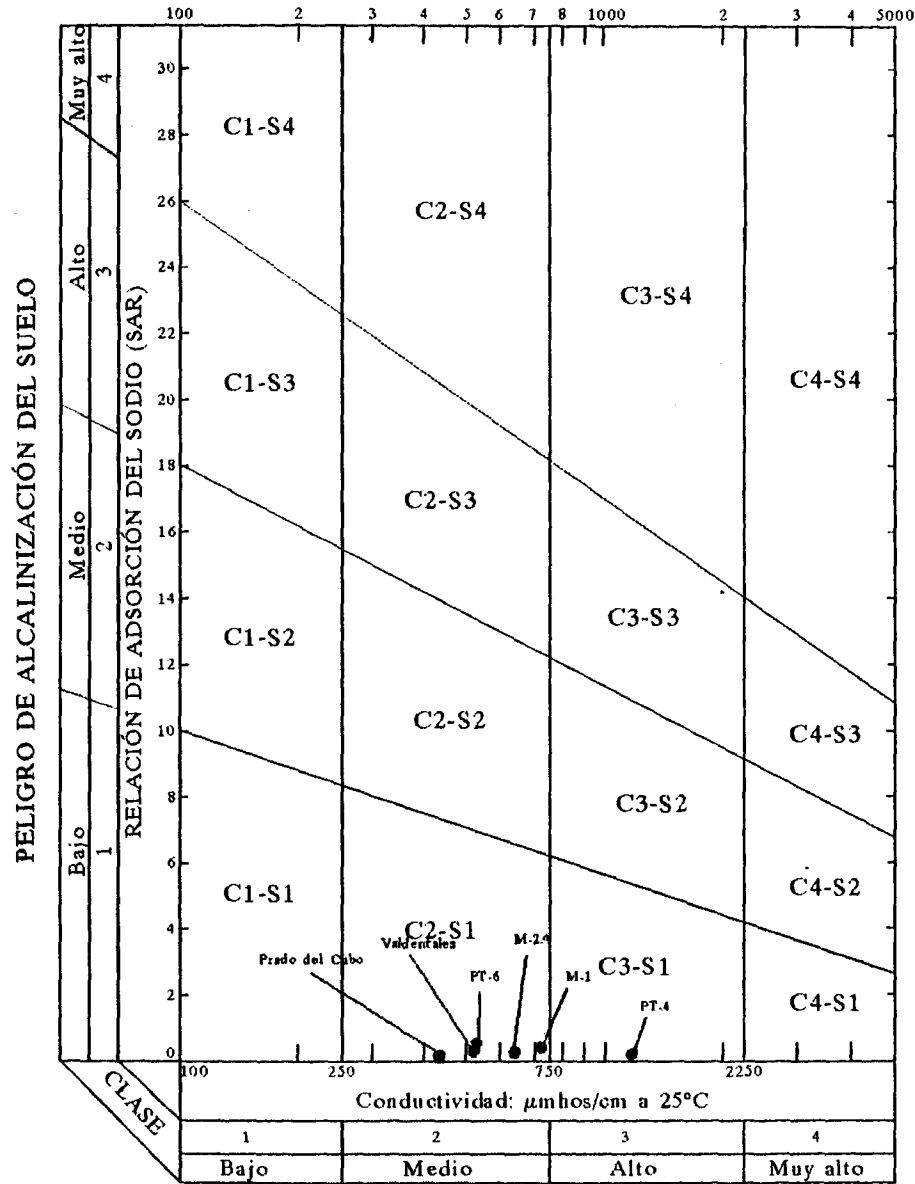
En este cuadro puede observarse que la mayor parte (80.5%) de las aguas captadas en los sondeos de los Sistemas Generales pertenecen a la clase C2-S1. Se trata de aguas de salinidad media que pueden usarse con un grado moderado de lavado de suelos y aplicarse a plantas moderadamente tolerantes a las sales. Son, asimismo, aguas bajas en sodio que pueden ser utilizadas en la mayor parte de los suelos sin riesgo de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable.

Las aguas de la clase C3-S1 sólo representan el 2.7 % del total y han sido detectadas únicamente en el sondeo PT-4 del Campo de Torrelaguna. Este tipo de agua no debe utilizarse en suelos de drenaje deficiente ni debe ser aplicada a plantas que no sean muy tolerantes a las sales.

Aguas de la clase C2-S2 sólo se han detectado en el sondeo Montealina-7. Su utilización directa puede representar cierto riesgo de alcalinización en suelos con condiciones de drenaje deficientes y en terrenos de textura fina con elevada capacidad de intercambio catiónico, si no contienen yeso.

### CAMPO DE TORRELAGUNA. Primavera 95

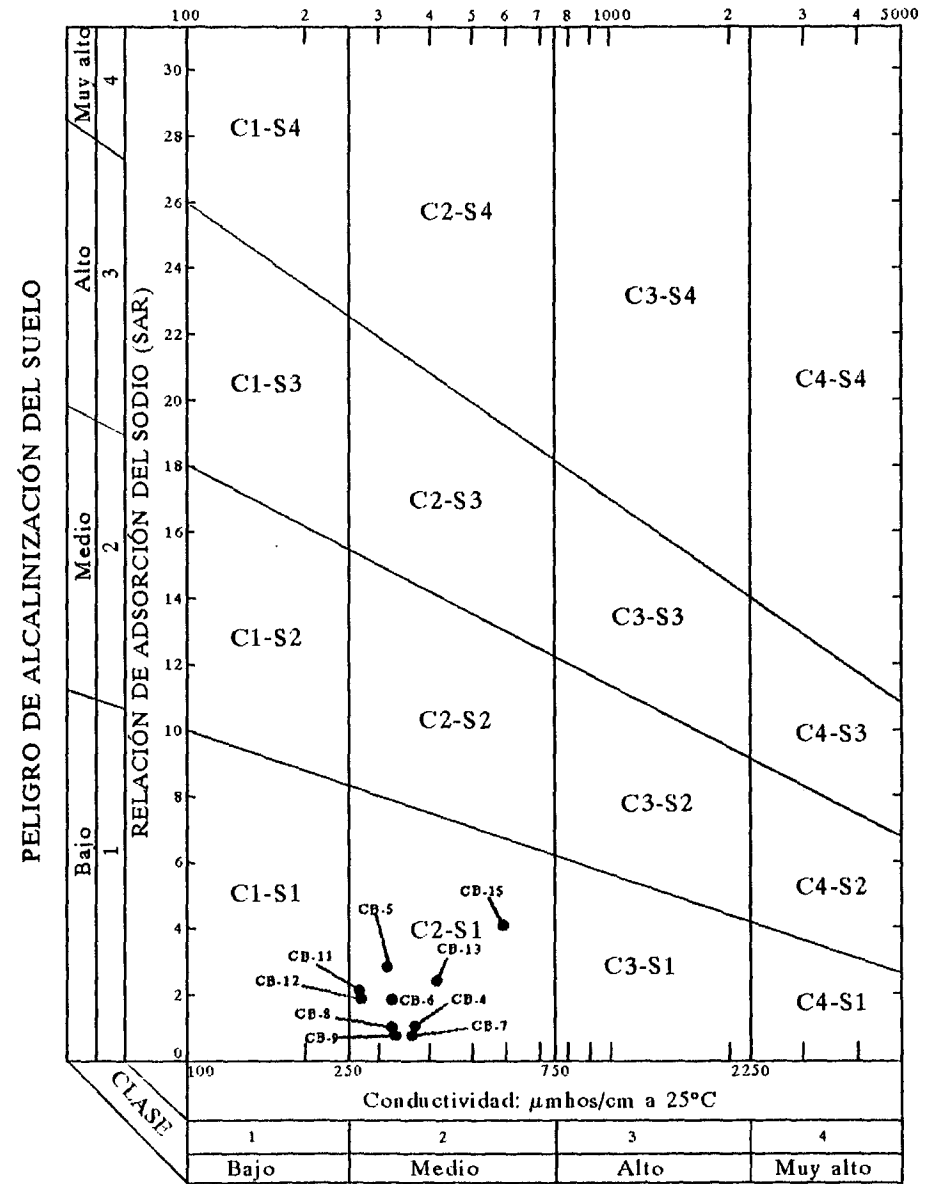
Normas de Riverside. Diagrama para la clasificación de aguas de riego



PELIGRO DE SALINIZACIÓN DEL SUELO

### CANAL BAJO. Primavera 95

Normas de Riverside. Diagrama para la clasificación de aguas para riego.

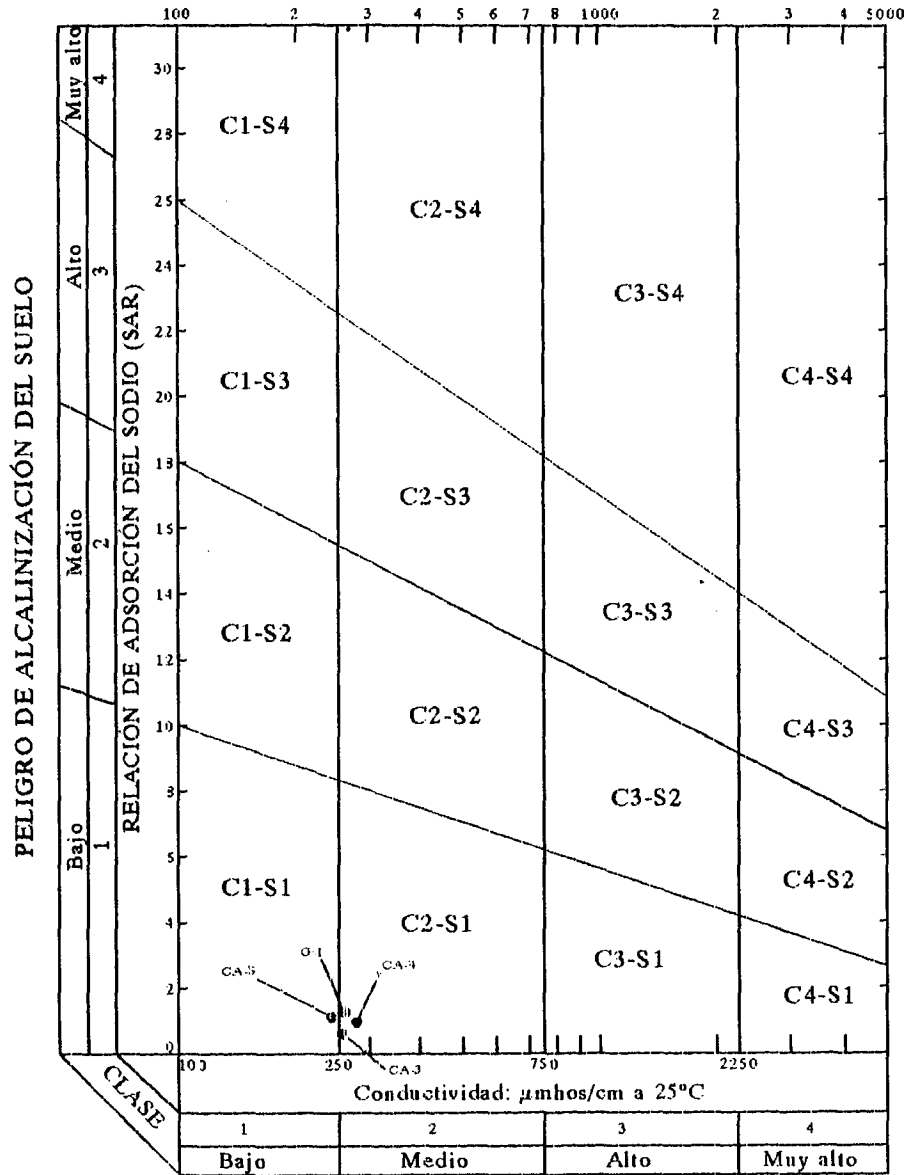


PELIGRO DE SALINIZACIÓN DEL SUELO

Figura 6.1.2.9

CANAL ALTO - EL GOLOSO. Primavera 95

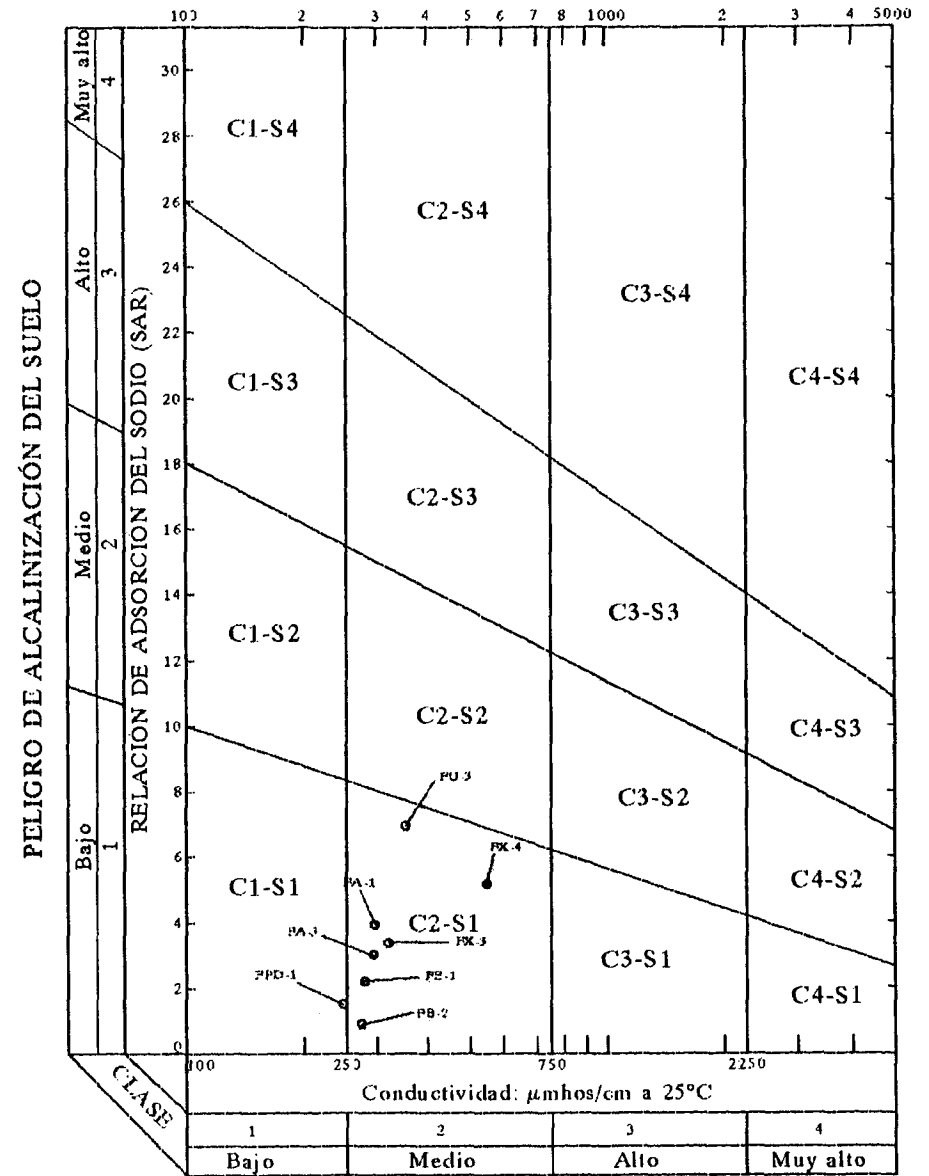
Normas de Riverside. Diagrama para la clasificación de aguas de riego.



PELIGRO DE SALINIZACIÓN DEL SUELO

CAMPO DE FUENCARRAL. Primavera 95

Normas de Riverside. Diagrama para la clasificación de aguas de riego.



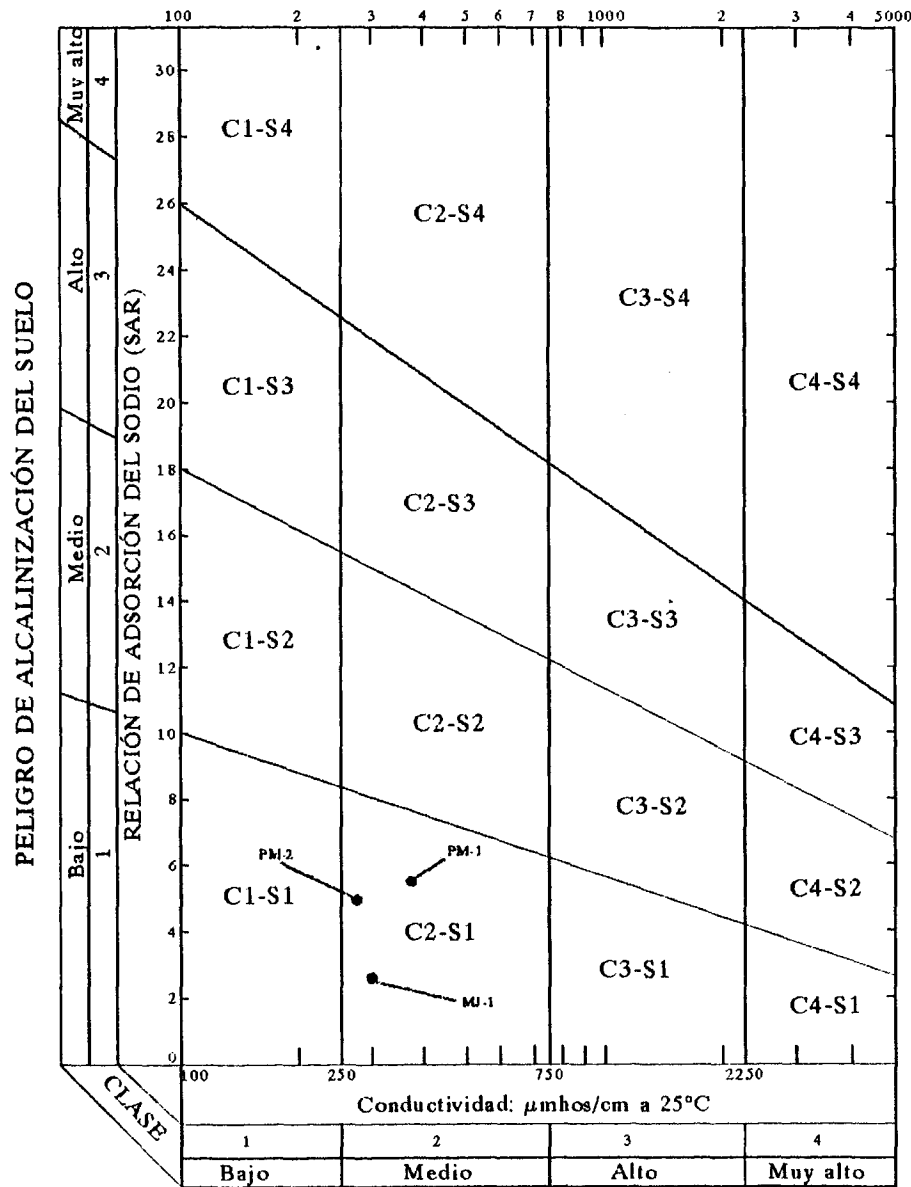
PELIGRO DE SALINIZACIÓN DEL SUELO

Figura 6.1.2.10



### PLANTÍO - MAJADAHONDA. Primavera 95

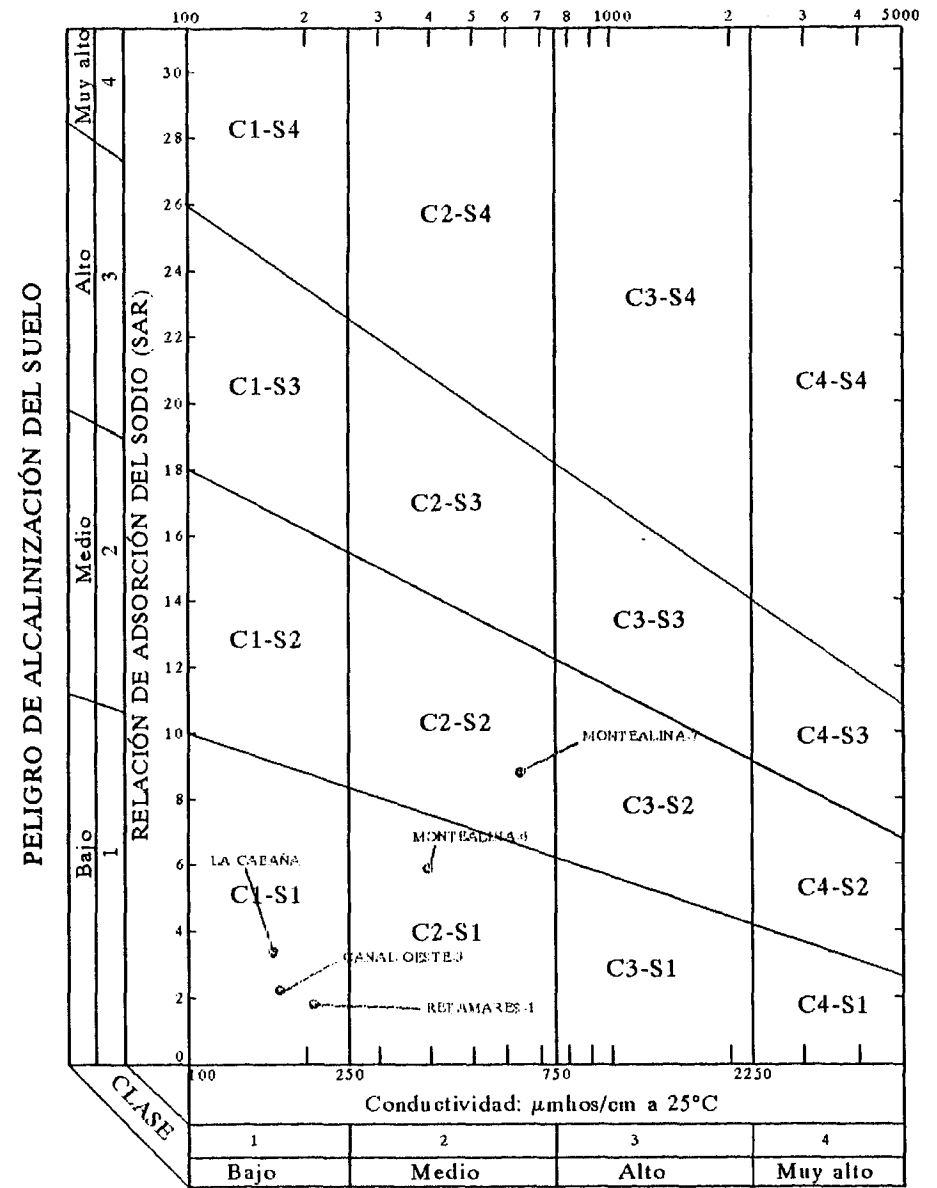
Normas de Riverside. Diagrama para la clasificación de aguas de riego.



PELIGRO DE SALINIZACIÓN DEL SUELO

### CANAL OESTE. Primavera 95

Normas de Riverside. Diagrama para la clasificación de aguas de riego.



PELIGRO DE SALINIZACIÓN DEL SUELO

Figura 6.1.2.11

Las aguas de mejor calidad para riego, con bajo riesgo de alcalinización del suelo, corresponden a la clase C1-S1 y representan el 13.8% del total localizándose, en su mayor parte, en sondeos del Canal del Oeste.

Por lo que se refiere a su coeficiente salino ( Índice de Scott ) la distribución por Sistemas Generales es la que se presenta en el cuadro 6.1.2.17

Cuadro 6.1.2.17. Clasificación de las aguas de los Sistemas Generales por su coeficiente salino.

SISTEMA GENERAL	CLASIFICACIÓN	
	BUENA K>18	TOLERABLE 18>K>6
Torrelaguna (*)	6	-
Canal Bajo	8	2
C. Alto-El Goloso	4	-
Fuencarral	3	5
Plantío-Majadahonda	1	2
Canal del Oeste	2	3
TOTAL	24	12
%	66,6	33,3

(\*) No se incluye el sondeo S. Agustín

El 66% de las aguas muestreadas son de buena calidad, utilizables durante largo tiempo sin precauciones especiales para impedir la acumulación de sales. En el resto (33%), aguas tolerables, se impone la adopción de precauciones para impedir la acumulación de sales excepto en suelos sueltos con drenaje libre.

Por lo que se refiere a su utilización para consumo humano las aguas captadas en los sondeos de los Sistemas Generales son, en su mayor parte, aguas potables sin ninguna restricción.

Los únicos puntos en que estas aguas son objetables por sobrepasar alguno de los límites de concentración máxima admisible son los incluidos en el cuadro 6.1.2.18.

Es de destacar que en el sondeo Montealina-7, con número de identificación 192210180, se ha detectado una concentración de sodio de 148 mg/l, muy próxima al límite de concentración máxima admisible.

Cuadro 6.1.2.18

**RELACIÓN DE SONDEOS EN QUE SE SOBREPASAN LOS  
LIMITES R.T.S PARA AGUAS POTABLES DE CONSUMO PÚBLICO  
SISTEMAS GENERALES C.Y.II**

**Caracteres fisico-químicos**

<b>CAMPO</b>	<b>POZO</b>	<b>Parámetro</b>	<b>C. máxima admisible (mg/l)</b>	<b>C. pri. 95 (mg/l)</b>	<b>Fecha</b>
Torrelaguna	S. Agustín (*)	Cl y Na	200 y 150	244 y 181,2	12-5-95
Torrelaguna	PT-4	SO4	250	713	5-5-95
Torrelaguna	M-2A	SO4	250	280	9-5-95
Torrelaguna	M-1	SO4	250	312	9-5-95

**Caracteres relativos a sustancias no deseables**

<b>CAMPO</b>	<b>POZO</b>	<b>Parámetro</b>	<b>C. máxima admisible (mg/l)</b>	<b>C. pri. 95 (mg/l)</b>	<b>Fecha</b>
Torrelaguna	S. Agustín (*)	F	1,5	4	12-5-95
Torrelaguna	M-2A	Fe	0,2	0,244	9-5-95
Canal Bajo	CB-9	NO2	0,1	0,12	24-5-95
Canal Bajo	CB-4	NO2	0,1	0,12	24-5-95
Canal Bajo	CB-7	NO2	0,1	0,18	30-5-95
Canal Bajo	CB-13	Fe	0,2	0,24	11-5-95
Canal Bajo	CB-6	Fenoles	0,0005	0,0009	12-5-95
Canal Bajo	CB-9	Fenoles	0,0005	0,0009	24-5-95
Canal Bajo	CB-4	Fenoles	0,0005	0,0008	24-5-95
Canal Bajo	CB-7	Fenoles	0,0005	0,0005	30-5-95
Canal Bajo	CB-11	Fenoles	0,0005	0,001	11-5-95
Canal Alto-Goloso	G-I	Fenoles	0,0005	0,0009	11-5-95
Canal Alto-Goloso	CA-3	Fenoles	0,0005	0,001	24-5-95
Canal Alto-Goloso	CA-4	Fenoles	0,0005	0,001	11-5-95
Canal Alto-Goloso	CA-5	Fenoles	0,0005	0,001	11-5-95
Canal Oeste	Montealina 6	Fenoles	0,0005	0,001	12-5-95
Canal Oeste	Montealina 7	Fenoles	0,0005	0,0009	12-5-95
Canal Oeste	Canal Oeste-3	Fenoles	0,0005	0,0007	12-5-95

**Caracteres relativos a las sustancias tóxicas**

<b>CAMPO</b>	<b>POZO</b>	<b>Parámetro</b>	<b>C. máxima admisible (mg/l)</b>	<b>C. pri. 95 (mg/l)</b>	<b>Fecha</b>
Canal Bajo	CB-13	As	0,05	0,058	11-5-95
Canal Oeste	Montealina 6	As	0,05	0,054	12-5-95
Canal Oeste	Montealina 7	As	0,05	0,056	12-5-95

(\*) sin entrar en servicio y muestra obtenida con tomamuestras.

Igualmente, en el sondeo SAN AGUSTÍN, sin entrar en servicio y en muestra obtenida con tomamuestras, la concentración de cloruros (244 mg/l) sobrepasa la concentración aproximada por encima de la cual cabe el peligro de que se produzcan efectos, cifrada en 200 mg/l por la R.T.S.

Constituyentes con concentraciones comprendidas entre el "nivel guía" y la concentración máxima admisible, de la R.T.S, se detectan en los siguientes sondeos :

CONSTITUYENTE	SONDEOS
SO <sub>4</sub>	PT-6, S. Agustín, Valdentales, CB-15, CB-13, FPD-1, FE-1, FX-4, FU-3, PM-1, Montevalina-6, Montevalina-7.
Na	CB-5, CB-6, CB-4, CB-8, CB-12, CB-13 ,G-1, FPD-1, FX3, FA3, FE1, FX-4, FA-1, FU-3, MJ-1, PM-1, PM-2, Montevalina-6, Montevalina-7, Retamares-1, Canal Oeste-3 y La Cabaña.
Mg	PT-4
Ca	PT-4, M2-A, M-1 (Por encima del nivel guía)

En el cuadro 6.1.2.19 se presentan las diferencias de concentración respecto a los niveles guía en los puntos en que no se sobrepasan los límites establecidos.

Cuadro 6.1.2.19. Diferencias de concentración respecto a los niveles guía en muestras que no sobrepasan los límites de la R.T.S

**CAMPO DE TORRELAGUNA**

SONDEO	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca	K	Cond
Nivel guía	25	25	25	20	30	100	10	400
PT-4	-13		-24	-15	10		-9	850
PT-6	-14	39	-25	-15	-6	-27	-8	123
P.del Cubo	-13	-10	-15	-17	-12	-33	-9	33
S.Agustín	219	97	-1		-20	-43	-6	672
M-2A	-12		-19	-15	-4	6	-9	236

SONDEO	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca	K	Cond
M-1	-11		-20	-13	-3	35	-9	332
Valdetales	-14	135	-24	-4	-12	-18	-9	103

**CAMPO DEL CANAL BAJO**

SONDEO	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca	K	Cond
<i>Nivel guía</i>	25	25	25	20	30	100	10	400
CB-4	-11	-18	-17	6	-23	-54	-9	-32
CB-5	-10	-13	-23	29	-24	-85	-9	-90
CB-6	-16	-14	-23	22	-26	-70	-9	-72
CB-7	-11	-16	-19	1	-19	-55	-9	-38
CB-8	-16	-24	-23	7	-22	-57	-9	-76
CB-9	-17	-15	-21	-1	-22	-56	-9	-75
CB-11	-17	-11	-25	14	-28	-75	-9	-132
CB-12	-16	-10	-23	12	-28	-74	-9	-130
CB-13	-9	-25	-24	35	-27	-63	-9	10

**CAMPO DEL CANAL ALTO-EL GOLOSO**

SONDEO	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca	K	Cond
<i>Nivel guía</i>	25	25	25	20	30	100	10	400
G-1	-17	-16	-24	7	-27	-71	-9	-143
CA-3	-17	-15	-18	-7	-16	-82	-9	-146
CA-4	-18	-13	-25	4	-27	-67	-9	-139
CA-5	-15	-13	-25	5	-24	-79	-9	-157

**CAMPO DE FUENCARRAL**

<b>SONDEO</b>	<b>Cl</b>	<b>SO<sub>4</sub></b>	<b>NO<sub>3</sub></b>	<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>Ca</b>	<b>K</b>	<b>Cond</b>
<i>Nivel guía</i>	25	25	25	20	30	100	10	400
FPD-1	-13	11	-22	13	-22	-84	-9	-152
FX-3	-6	-5	-21	41	-24	-88	-9	-73
FA-3	-9	-9	-21	34	-28	-84	-9	-109
FB-2	-8	-16	-22	4	-24	-74	-9	-123
FE-1	-10	5	-22	22	-27	-80	-9	-115
FX-4	18	94	-21	87	-22	-83	-8	152
FA-1	-9	-5	-22	34	-28	-89	-9	-103
FU-3	-7	20	-22	60	-27	-94	-9	-33

**CAMPO DE EL PLANTÍO-MAJADAHONDA**

<b>SONDEO</b>	<b>Cl</b>	<b>SO<sub>4</sub></b>	<b>NO<sub>3</sub></b>	<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>Ca</b>	<b>K</b>	<b>Cond</b>
<i>Nivel guía</i>	25	25	25	20	30	100	10	400
MJ-1	-10	-9	-7	28	-28	-78	-9	-99
PM-1	-1	39	-16	62	-28	-88	-9	-22
PM-2	-9	4	-23	43	-28	-91	-9	-130

**CAMPO DEL CANAL DEL OESTE**

<b>SONDEO</b>	<b>Cl</b>	<b>SO<sub>4</sub></b>	<b>NO<sub>3</sub></b>	<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>Ca</b>	<b>K</b>	<b>Cond</b>
<i>Nivel guía</i>	25	25	25	20	30	100	10	400
Montealina-6	-10	43	-22	67	-28	-87	-9	1
Montealina-7	8	160	-24	128	-27	-84	-9	249
Retamares-1	-18	-14	-17	9	-24	-93	-9	-190
Canal Oeste-3	-16	-11	-18	17	-27	-82	-9	-219
La Cabaña	-19	-12	-19	29	-28	-90	-9	-225

Destaca en este cuadro el hecho de que la concentración de la mayor parte de los iones mayoritarios en la mayor parte de los sondeos se mantiene por debajo de los niveles guía correspondientes. Igualmente destaca la circunstancia de que la conductividad en el campo de pozos de Torrelaguna se encuentra sistemáticamente por encima del nivel guía correspondiente. Por el contrario, el sodio se mantiene prácticamente de forma sistemática por encima del nivel guía en todos los campos excepto en el de Torrelaguna.

Esta situación se refleja porcentualmente en el cuadro 6.1.2.20.

Cuadro 6.1.2.20. Porcentaje de muestras que se mantienen por debajo de los niveles guía de la R.T.S en diversos parámetros.

CAMPO	n	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca	K	Cond
TORRELAGUNA	7	86	25(*)	100	86	86	71	100	0
C. BAJO	10	90	80	100	10	100	100	100	80
C. ALTO	4	100	100	100	25	100	100	100	100
FUENCARRAL	8	87	50	100	0	100	100	100	87
P. MAJADAHONDA	3	100	33	100	0	100	100	100	100
C. OESTE	5	60	60	100	0	100	100	100	80

(\*) Tres muestras sobrepasan el límite de la RTS. Porcentaje calculado sobre las muestras que no lo sobrepasan.

Excepto en el caso del sodio los porcentajes de muestras que mantienen la concentración de diferentes constituyentes por debajo de los niveles guía son elevados, frecuentemente por encima del 70 y aún del 80 % de las ocasiones.

En el cuadro 6.1.2.21 se presentan las diferencias de concentración hasta el límite máximo admisible en las muestras que sobrepasan el nivel guía.

Cuadro 6.1.2.21. Diferencias de concentración hasta el límite de la R.T.S

**CAMPO DE TORRELAGUNA.**

SONDEO	SO <sub>4</sub>		Mg	
	Dif.	% (*)	Dif.	% (*)
PT-6	186	74	-	-
S. Agustín	128	51	-	-

SONDEO	SO <sub>4</sub>		Mg	
	Dif.	% (*)	Dif.	% (*)
PT-4	> límite.		32	64
Valdentaes	90	36	-	

**CAMPO CANAL BAJO**

SONDEO	SO <sub>4</sub>		Na	
	Dif.	%	Dif.	%
CB-4	-		124	82
CB-5	-		101	67
CB-6	-		108	72
CB-7	-		129	86
CB-8	-		123	82
CB-11	-		111	74
CB-12	-		113	75
CB-13	-		95	63
CB-15	114	45	45	30

**CAMPO CANAL ALTO**

SONDEO	SO <sub>4</sub>		Na	
	Dif.	%	Dif.	%
G-1	-		123	82
CA-4	-		126	84
CA-5	-		125	83



**CAMPO FUENCARRAL**

SONDEO	SO <sub>4</sub>		Na	
	Dif.	%	Dif.	%
FPD-1	-	-	117	78
FX-3	-	-	89	60
FA-3	-	-	96	64
FB-2	-	-	126	84
FE-1	220	88	108	72
FX-4	131	52	43	28
FA-1	-	-	96	64
FU-3	205	82	70	46

**CAMPO EL PLANTÍO-MAJADAHONDA**

SONDEO	SO <sub>4</sub>		Na	
	Dif.	%	Dif.	%
MJ-1	-	-	102	68
PM-1	186	74	68	45
PM-2	221	88	87	58

**CAMPO CANAL DEL OESTE**

SONDEO	SO <sub>4</sub>		Na	
	Dif.	%	Dif.	%
Montealina-6	182	73	63	42
Montealina-7	65	26	2	1
Retamares-1	-	-	121	80
Canal Oeste-3	-	-	113	75
La Cabaña	-	-	101	67

(\*) Porcentaje respecto al límite de la R.T.S.

Como se deduce de este cuadro las diferencias porcentuales de concentración hasta el límite de la R.T.S en muestras que sobrepasan el nivel guía es por lo general superior al 60-70% lo que significa que en ellas se está lejos de alcanzar dicho límite.

Un aspecto importante del quimismo en los Sistemas Generales es el de su variación con la profundidad, a efectos de delimitar posibles zonas de empeoramiento con este parámetro.

Aunque las limitaciones impuestas por la modalidad del muestreo (bombeo con supuesta homogeneización de la muestra) son determinantes, el estudio de esta relación puede ser indicativo de un eventual empeoramiento de la calidad del agua en profundidad. Un muestreo por horizontes individuales podría arrojar mayor claridad en esta cuestión.

En el cuadro 6.1.2.22 se incluyen los coeficientes de correlación entre las concentraciones de iones mayoritarios y conductividad con la profundidad, campo por campo. En las figuras 6.1.2.12 a 6.1.2.20 puede observarse la representación gráfica de estas relaciones.

Cuadro 6.1.2.22. Coeficientes de correlación entre iones mayoritarios y profundidad de los sondeos

	Cond	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca	SiO <sub>2</sub>
Torrelaguna	0,85	0,12	0,93	-0,39	-0,60	0,48	0,92	0,89	0,28
Canal Bajo	0,81	0,90	0,86	-0,39	0,51	0,88	0,19	-0,21	-0,53
Canal Alto	0,20	-0,08	-0,92	0,32	0,1	0,22	-0,14	0,08	0,34
Fuencarral	0,17	-0,25	-0,11	-0,53	-0,66	-0,12	-0,50	-0,06	-0,45
Plantío-Maj.	-0,56	-0,25	-0,05	-0,12	-0,82	0,14	0	-0,81	-0,76
Canal Oeste	0,45	0,48	0,48	0,58	-0,68	0,58	-0,89	0,8	-0,93

En general las variaciones de conductividad con la profundidad del sondeo son escasamente significativas como indican los bajos coeficientes de correlación en los campos de el Canal Alto - El Goloso, Fuencarral, El Plantío - Majadahonda y Canal del Oeste.

Destacan los casos de correlación positiva de conductividad y sulfatos en Torrelaguna y Canal Bajo; sodio en Canal Bajo y magnesio y calcio en Torrelaguna y calcio en Canal del Oeste.

En el Canal Bajo, a pesar de que el coeficiente de correlación es elevado (0.81) la tendencia al aumento de la conductividad con la profundidad parece estar notablemente sesgada por los datos del sondeo CB-15. Excluido este punto, la tendencia es escasamente significativa.

La tendencia más clara al aumento de conductividad con la profundidad de las captaciones se detecta en el campo de Torrelaguna en el que el coeficiente de correlación entre ambos parámetros es de 0.85.

Pueden ser significativas las correlaciones inversas de sulfatos en el Canal Alto; nitratos y calcio en Plantío - Majadahonda; magnesio y sílice en Canal del Oeste.

Aunque la cuestión será tratada con más detalle y mayor soporte analítico en el siguiente capítulo, una vez realizada la campaña de otoño, un hecho que conviene destacar es el de la variación de composición observada en algunos sondeos durante la campaña de primavera en relación con los últimos análisis disponibles.

Los análisis más modernos (1992-1993) de algunos puntos de los Sistemas Generales, con cierta frecuencia incompletos, se incluyen en el anexo 6.1.2.

Una comparación con los análisis efectuados en la campaña de muestreo de primavera de 1995 permite establecer variaciones notables en alguno de los parámetros analizados en los siguientes puntos : (Únicamente se señalan las variaciones más significativas)

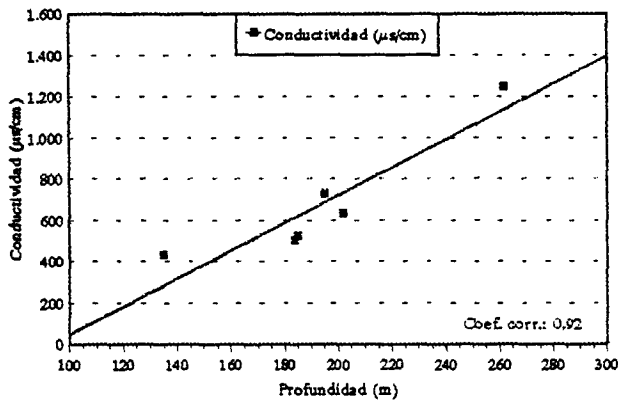
<b>SONDEO M-1 (TORRELAGUNA)</b>	
<b>Fecha</b>	<b>SO<sub>4</sub> (mg/l)</b>
11-11-92	120
09-05-95	312
Incremento	+192
%	+160

<b>SONDEO CANAL OESTE-3 (CANAL DEL OESTE)</b>	
<b>Fecha</b>	<b>SiO<sub>2</sub> (mg/l)</b>
26-01-93	0,6
26-01-93	0,6
26-01-93	5,4
26-01-93	0,9
22-10-93	23,0
12-05-95	40,5

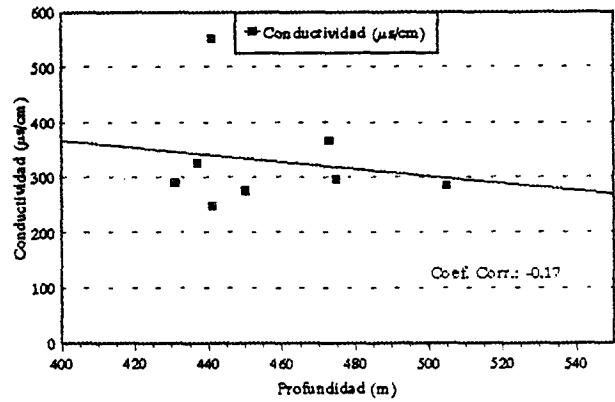
Las muestras del 26/1/93 fueron tomadas a 80, 100, 150 y 200 metros de profundidad respectivamente.



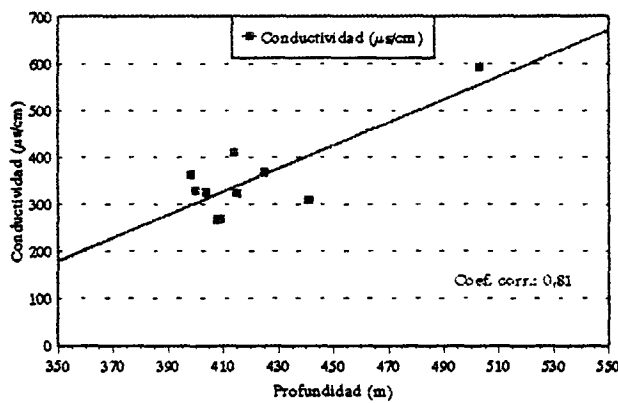
RELACIÓN PROFUNDIDAD/CONDUCTIVIDAD  
Campo de Torrelaguna. Primavera 95



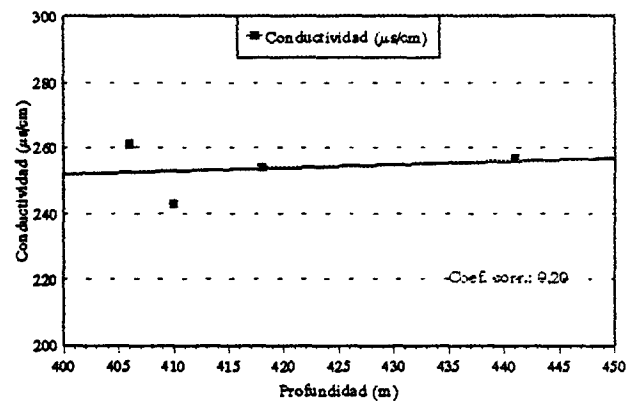
RELACIÓN PROFUNDIDAD/CONDUCTIVIDAD  
Campo de Fuencarral. Primavera 95



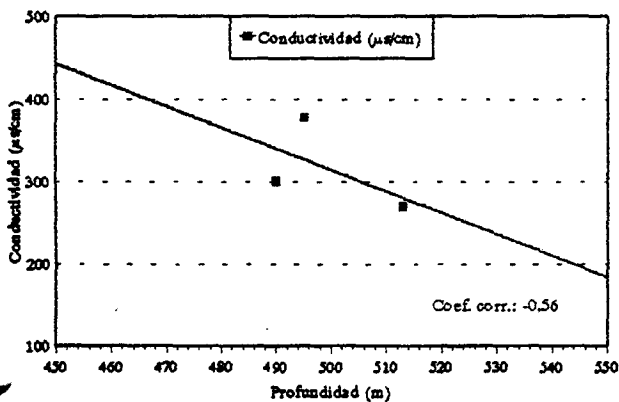
RELACIÓN PROFUNDIDAD/CONDUCTIVIDAD  
Campo del Canal Bajo. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/CONDUCTIVIDAD  
Campo del Canal Alto-El Goloso. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/CONDUCTIVIDAD  
Campo de El Plantío-Majadahonda. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/CONDUCTIVIDAD  
Campo del Canal del Oeste. Primavera 95

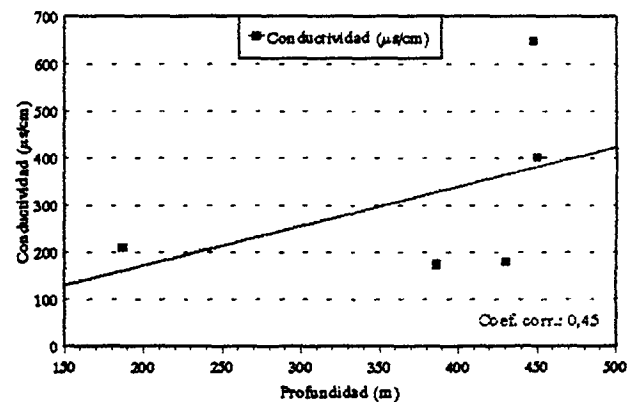
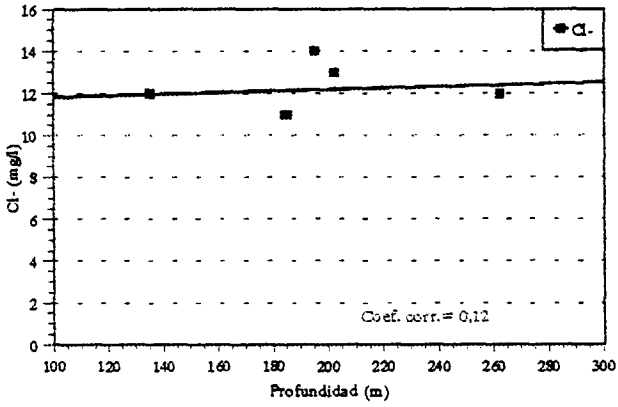


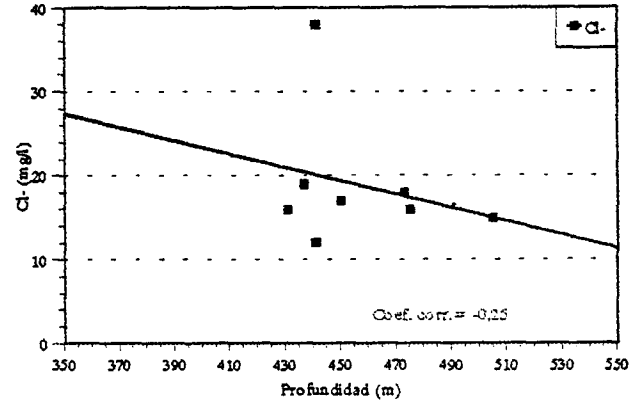
Figura 6.1.2.12



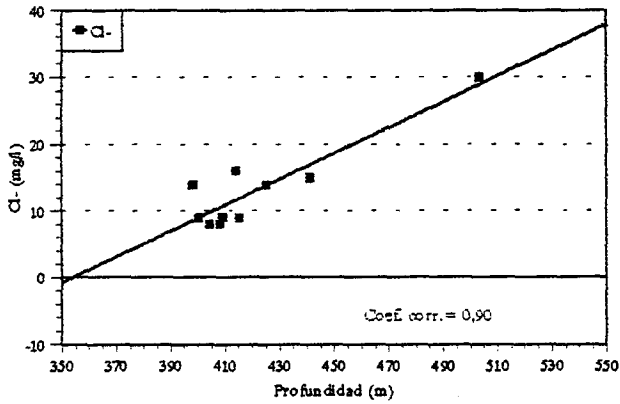
RELACIÓN PROFUNDIDAD/CLORUROS  
Campo de Torrelaguna. Primavera 95



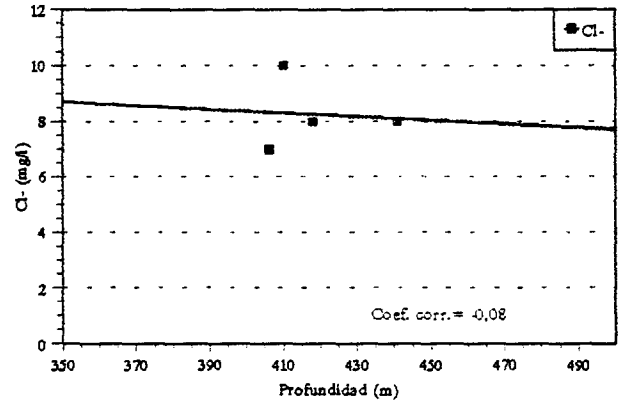
RELACIÓN PROFUNDIDAD/CLORUROS  
Campo de Fuencarral. Primavera 95



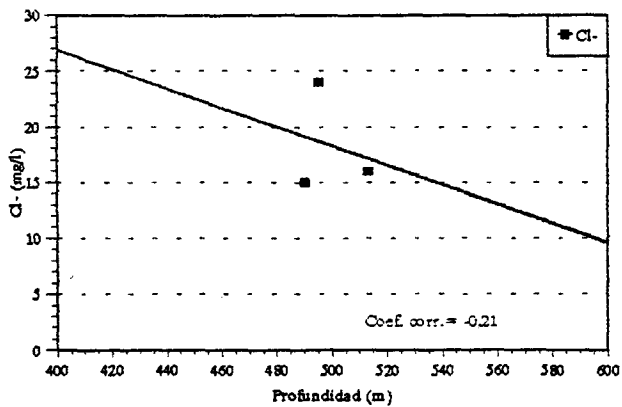
RELACIÓN PROFUNDIDAD/CLORUROS  
Campo del Canal Bajo. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/CLORUROS  
Campo del Canal Alto-El Goloso. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/CLORUROS  
Campo del Plantío-Majadahonda. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/CLORUROS  
Campo del Canal del Oeste. Primavera 95

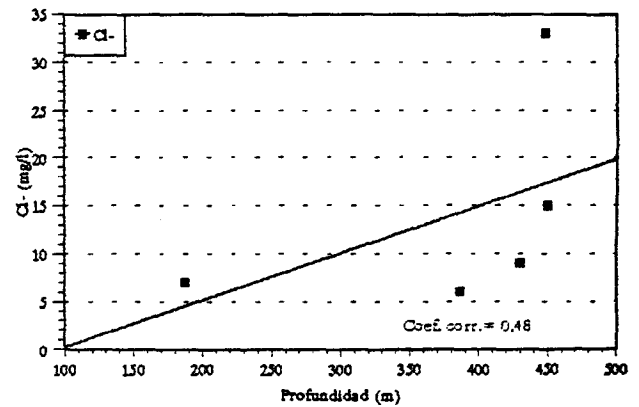
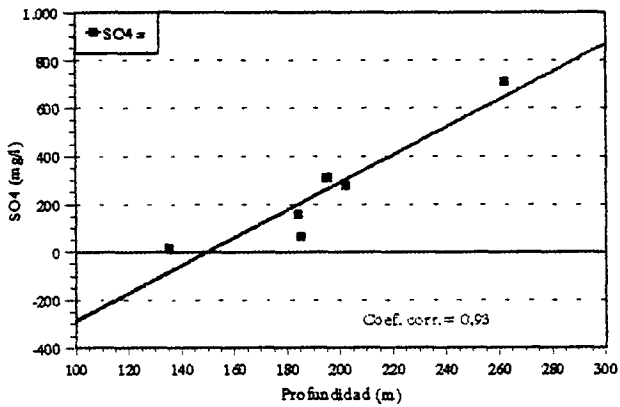


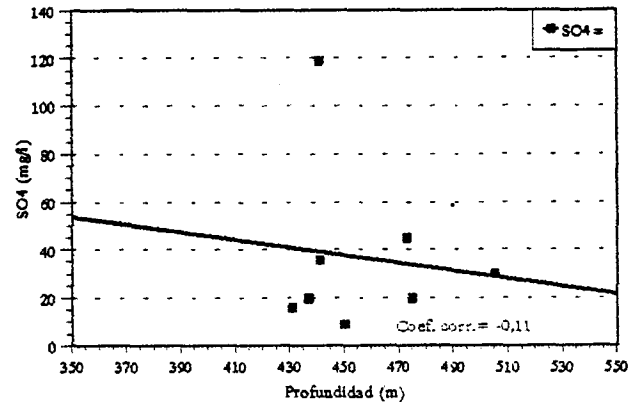
Figura 6.1.2.13



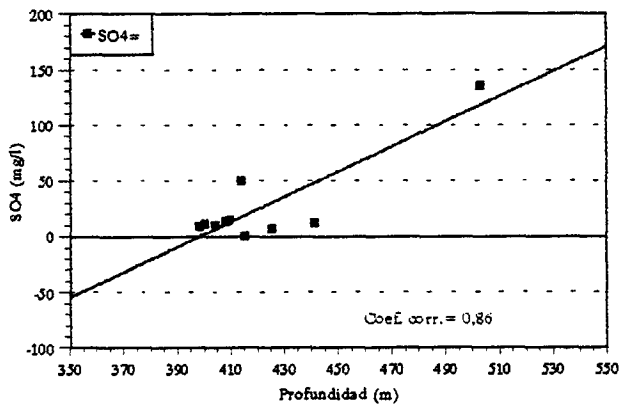
RELACIÓN PROFUNDIDAD/SULFATOS  
Campo de Torrelaguna. Primavera 95



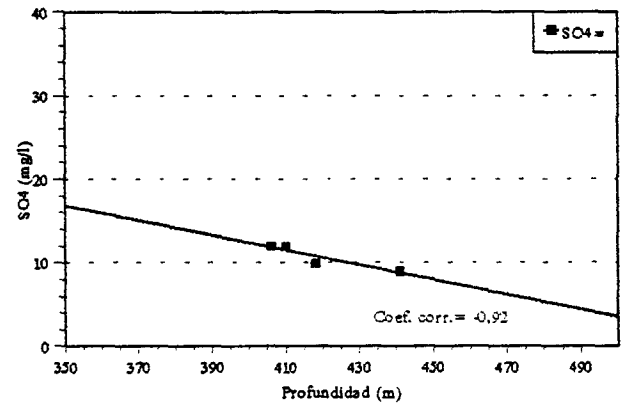
RELACIÓN PROFUNDIDAD/SULFATOS  
Campo de Fuencarral. Primavera 95



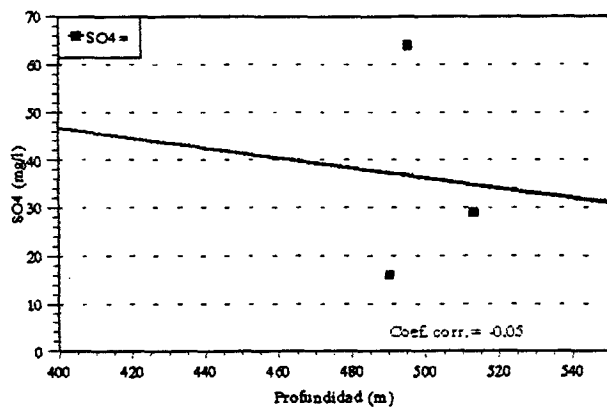
RELACIÓN PROFUNDIDAD/SULFATOS  
Campo del Canal Bajo. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/SULFATOS  
Campo del Canal Alto-El Goloso. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/SULFATOS  
Campo del Plantío-Majadahonda. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/SULFATOS  
Campo del Canal del Oeste. Primavera 95

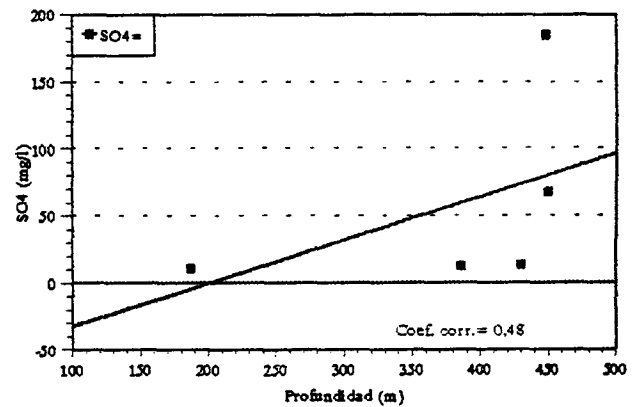
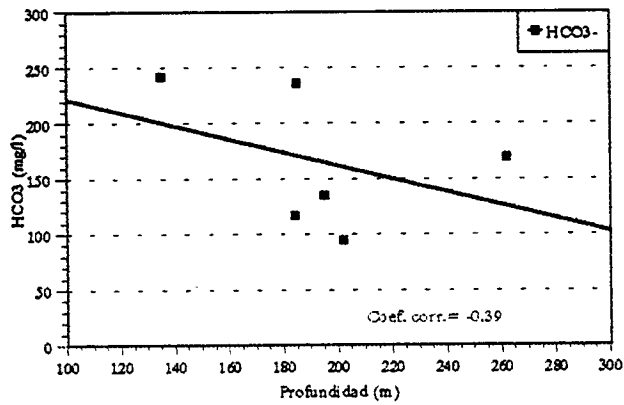


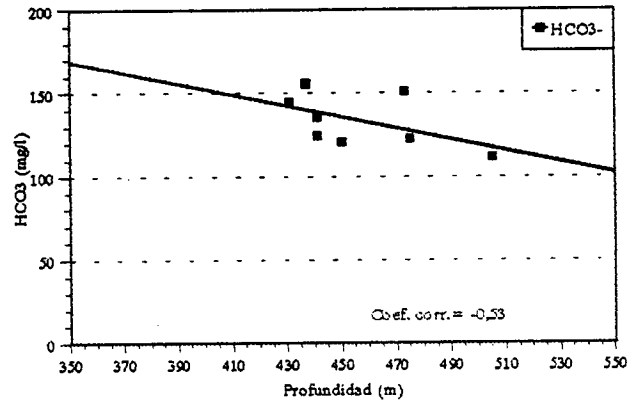
Figura 6.1.2.14



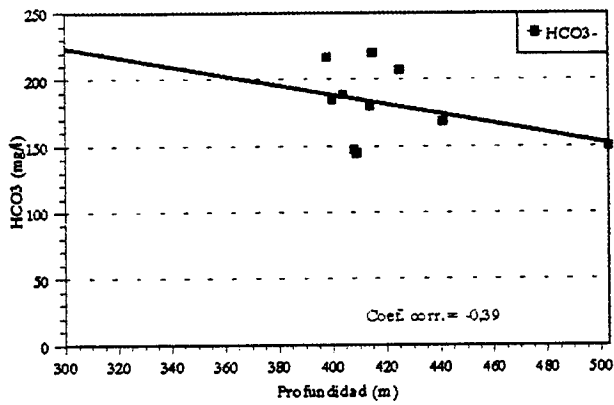
RELACIÓN PROFUNDIDAD/BICARBONATOS  
Campo del Torrelaguna. Primavera 95



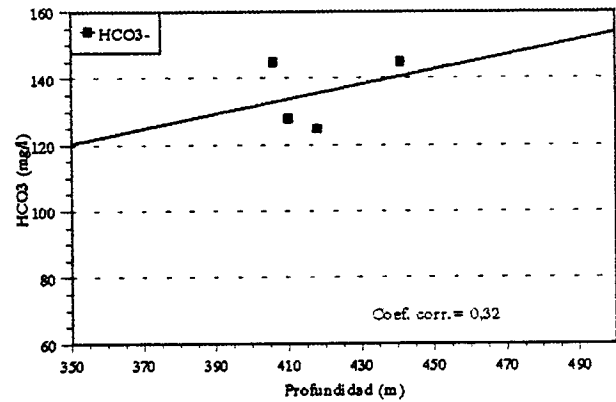
RELACIÓN PROFUNDIDAD/BICARBONATOS  
Campo de Fuencarral. Primavera 95



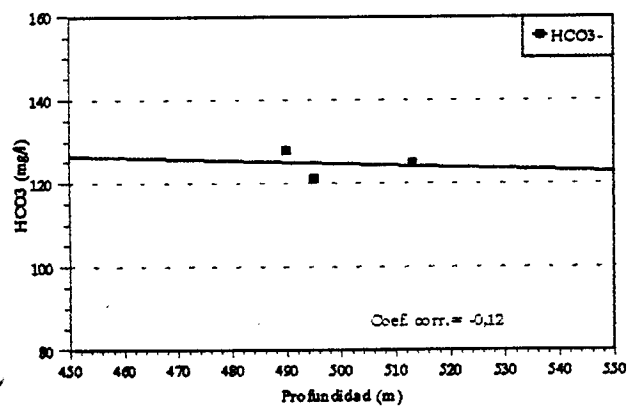
RELACIÓN PROFUNDIDAD/BICARBONATOS  
Campo del Canal Bajo. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/BICARBONATOS  
Campo del Canal Alto-El Goloso. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/BICARBONATOS  
Campo del Plantío-Majadahonda. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/BICARBONATOS  
Campo del Canal del Oeste. Primavera 95

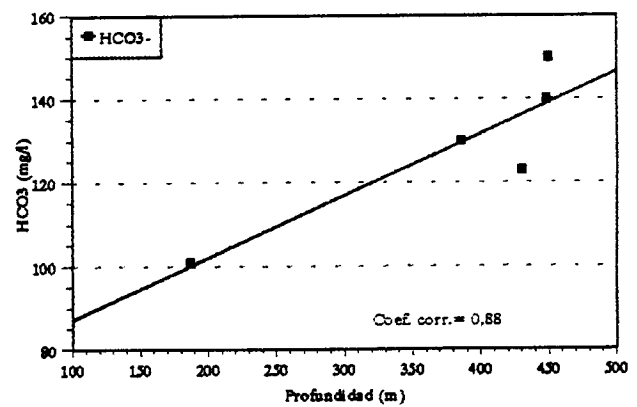
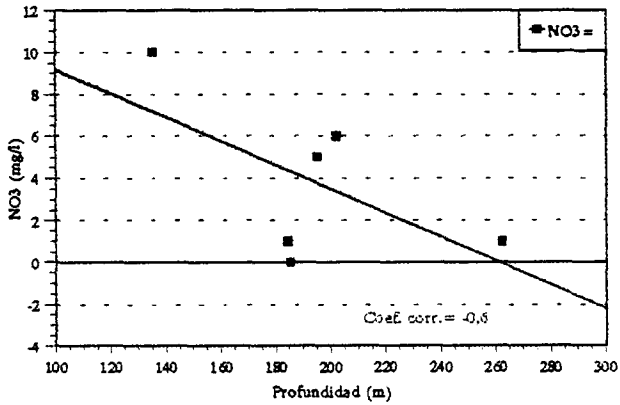


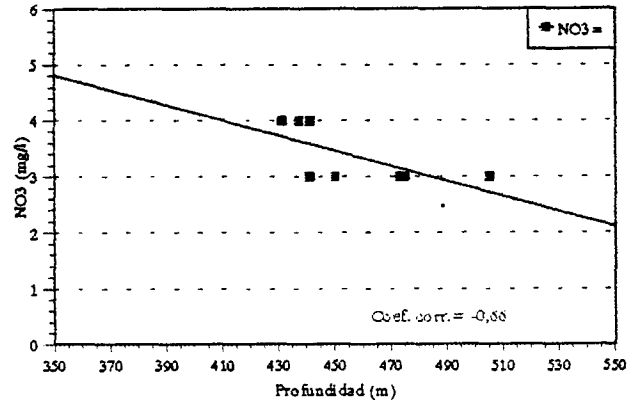
Figura 6.1.2.15



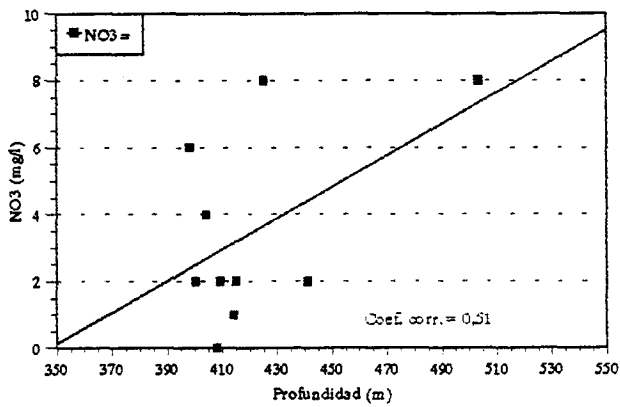
RELACIÓN PROFUNDIDAD/NITRATOS  
Campo de Torrelaguna. Primavera 95



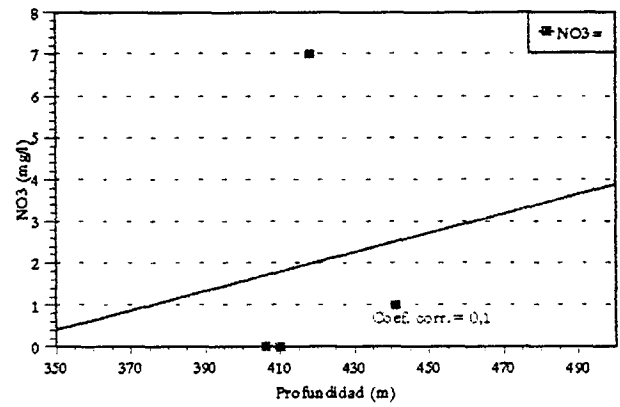
RELACIÓN PROFUNDIDAD/NITRATOS  
Campo de Fuencarral. Primavera 95



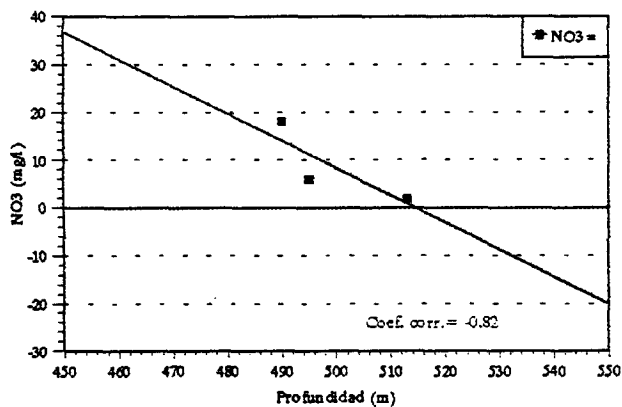
RELACIÓN PROFUNDIDAD/NITRATOS  
Campo del Canal Bajo. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/NITRATOS  
Campo del Canal Alto-El Goloso. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/NITRATOS  
Campo del Plantío-Majadahonda. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/NITRATOS  
Campo del Canal del Oeste. Primavera 95

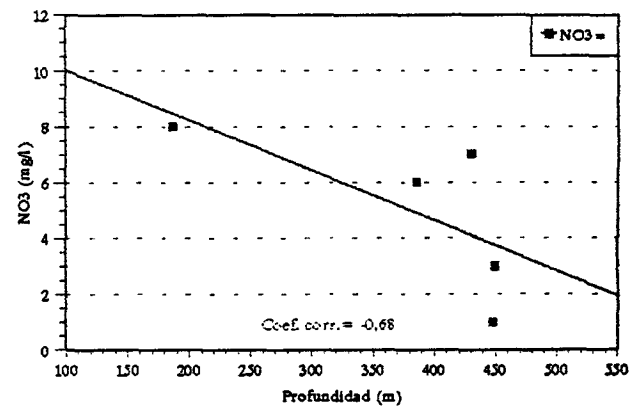
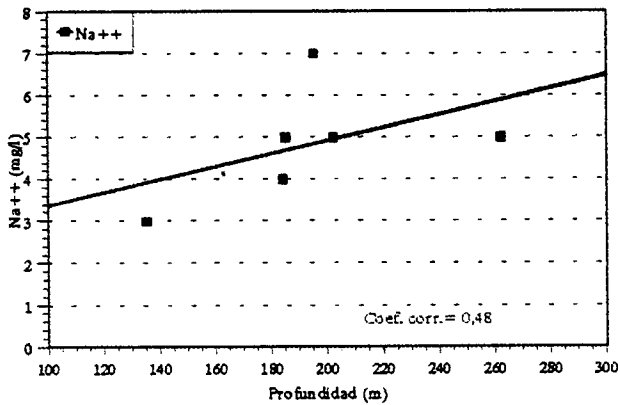


Figura 6.1.2.16

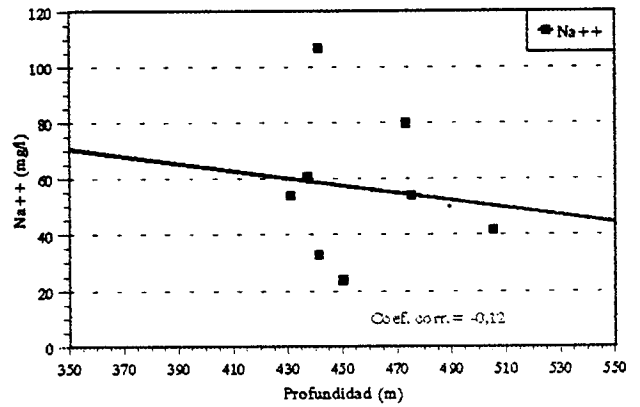




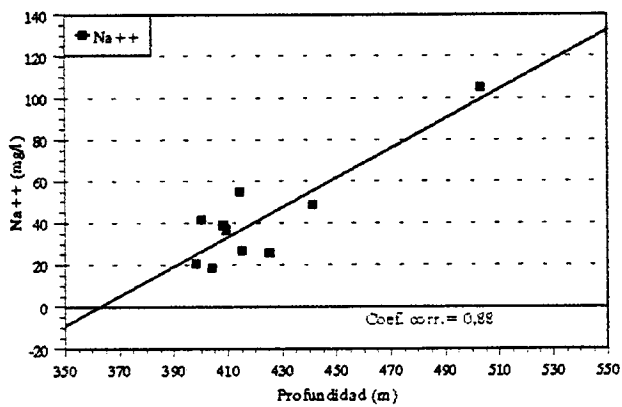
RELACIÓN PROFUNDIDAD/SODIO  
Campo de Torrelaguna. Primavera 95



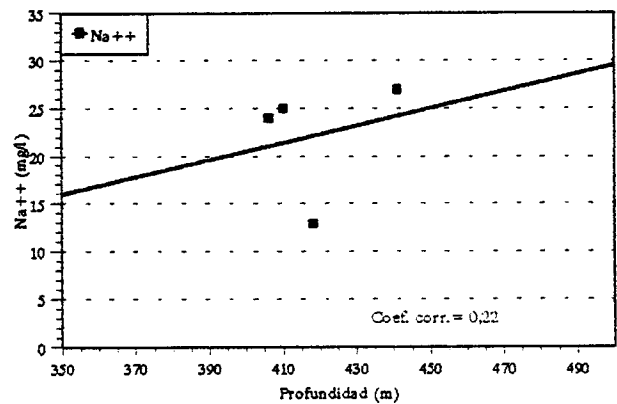
RELACIÓN PROFUNDIDAD/SODIO  
Campo de Fuencarral. Primavera 95



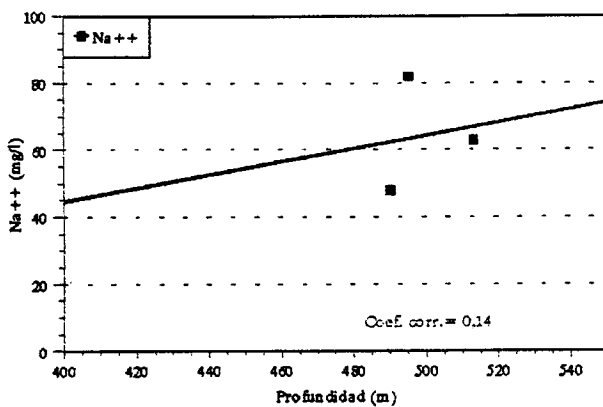
RELACIÓN PROFUNDIDAD/SODIO  
Campo del Canal Bajo. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/SODIO  
Campo del Canal Alto-El Goloso. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/SODIO  
Campo del Plantío-Majadahonda. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/SODIO  
Campo del Canal del Oeste. Primavera 95

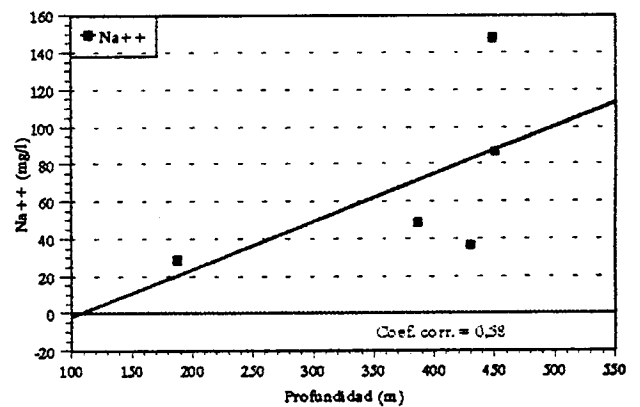
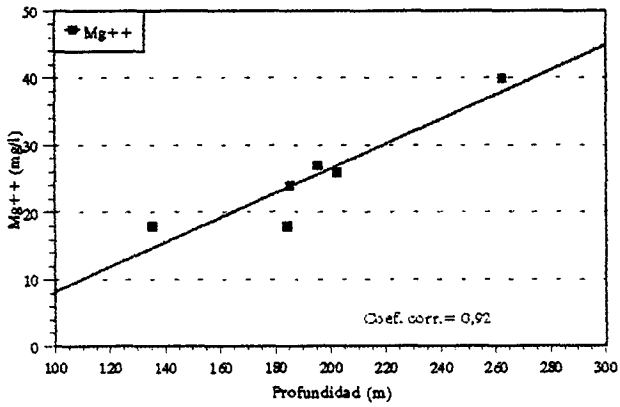


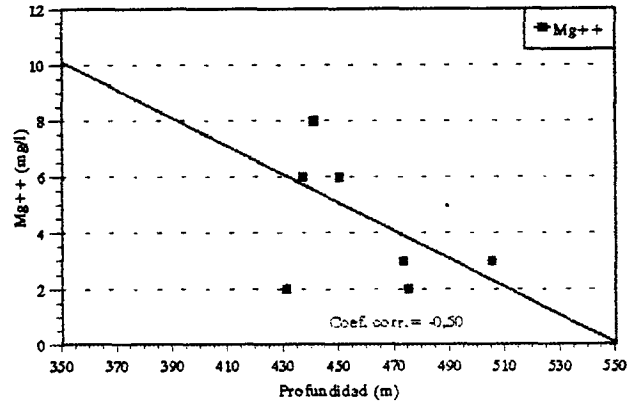
Figura 6.1.2.17



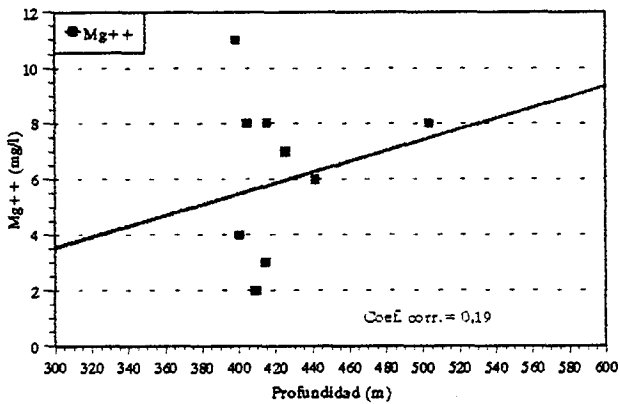
RELACIÓN PROFUNDIDAD/MAGNESIO  
Campo de Torrelaguna. Primavera 95



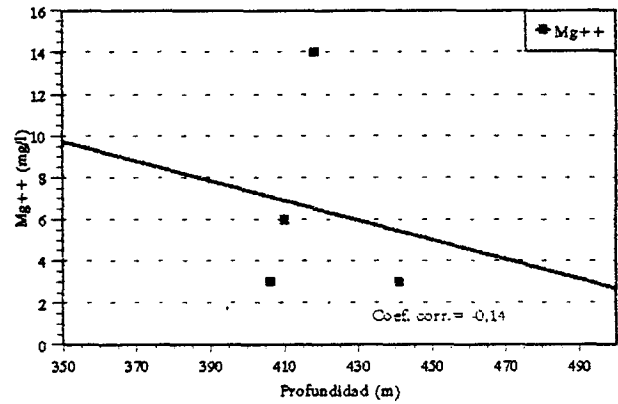
RELACIÓN PROFUNDIDAD/MAGNESIO  
Campo de Fuencarral. Primavera 95



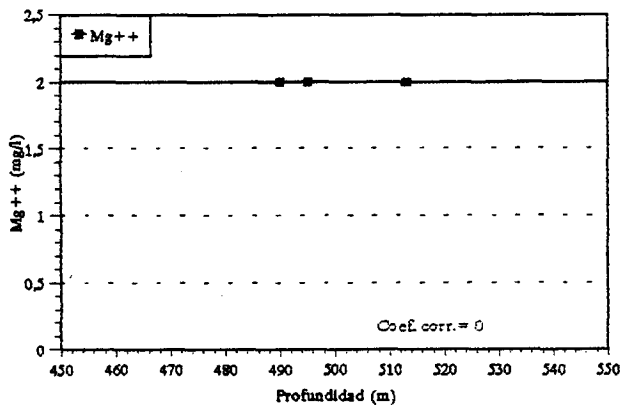
RELACIÓN PROFUNDIDAD/MAGNESIO  
Campo del Canal Bajo. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/MAGNESIO  
Campo del Canal Alto-El Goloso. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/MAGNESIO  
Campo del Plantío-Majadahonda. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/MAGNESIO  
Campo del Canal del Oeste. Primavera 95

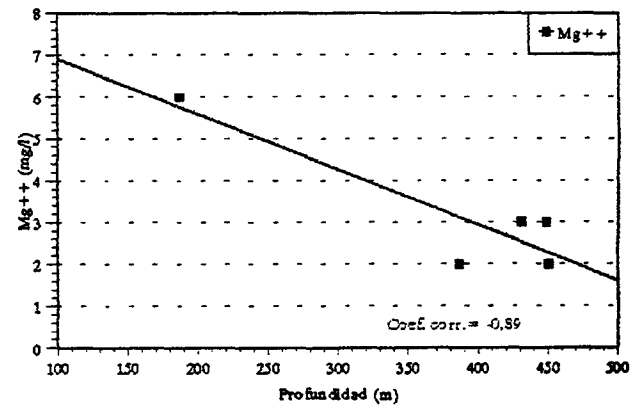
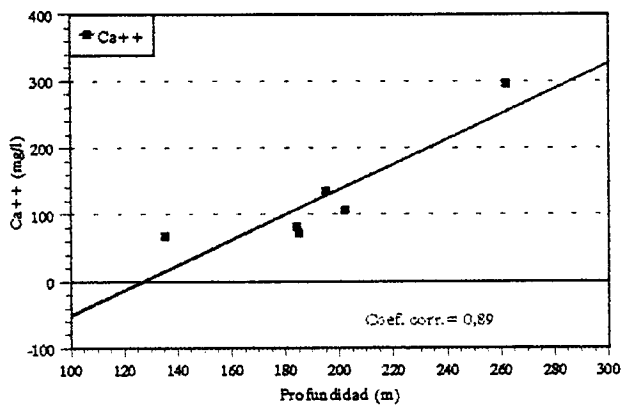


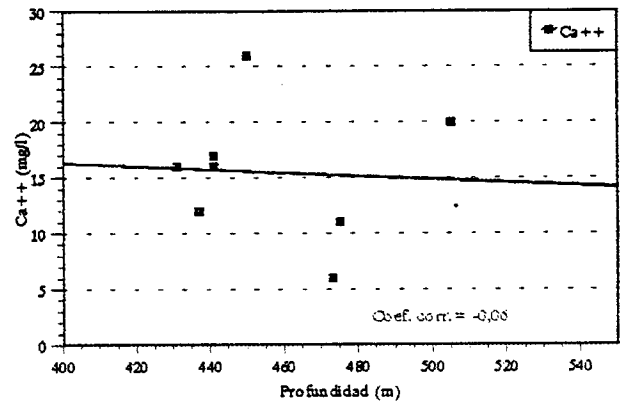
Figura 6.1.2.18



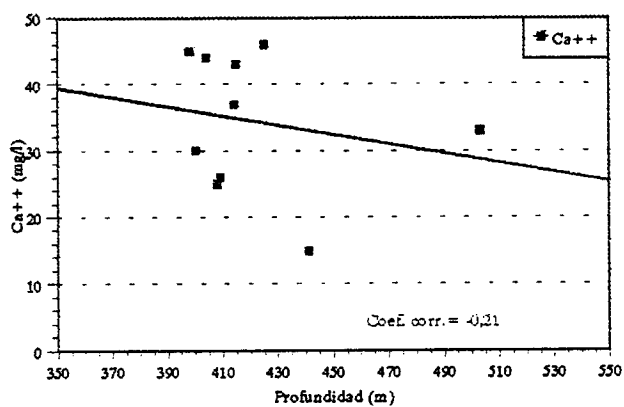
RELACIÓN PROFUNDIDAD/CALCIO  
Campo de Torrelaguna. Primavera 95



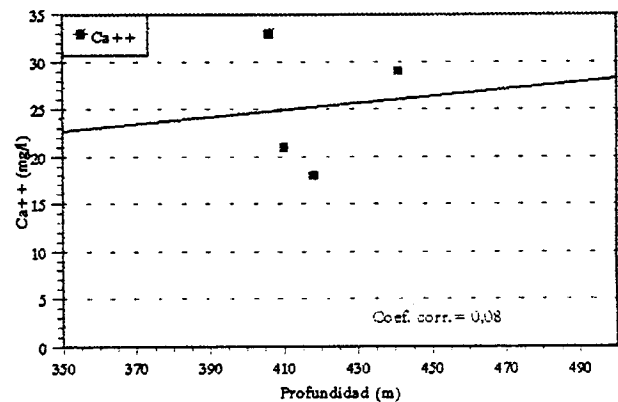
RELACIÓN PROFUNDIDAD/CALCIO  
Campo de Fuencarral. Primavera 95



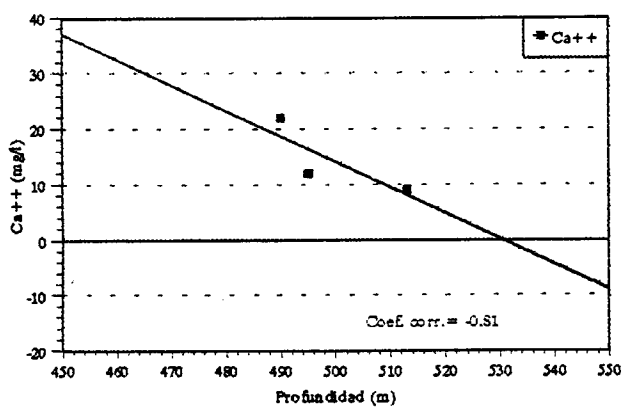
RELACIÓN PROFUNDIDAD/CALCIO  
Campo del Canal Bajo. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/CALCIO  
Campo del Canal Alto-El Goloso. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/CALCIO  
Campo del Plantío-Majadahonda. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/CALCIO  
Campo del Canal del Oeste. Primavera 95

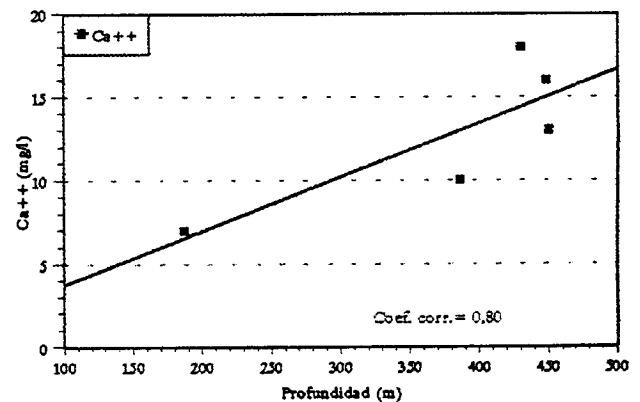
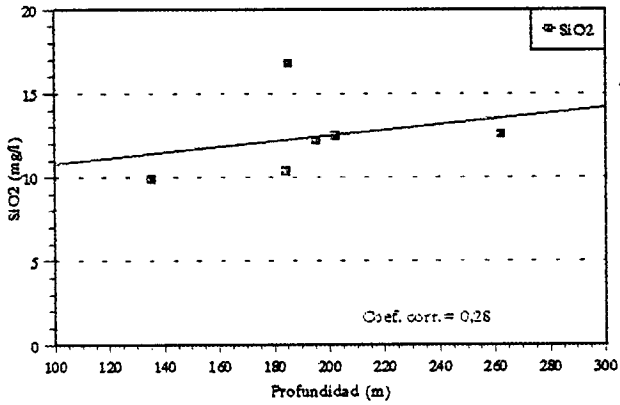


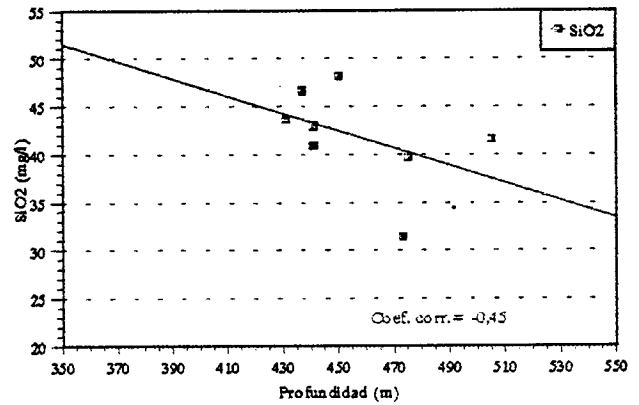
Figura 6.1.2.19



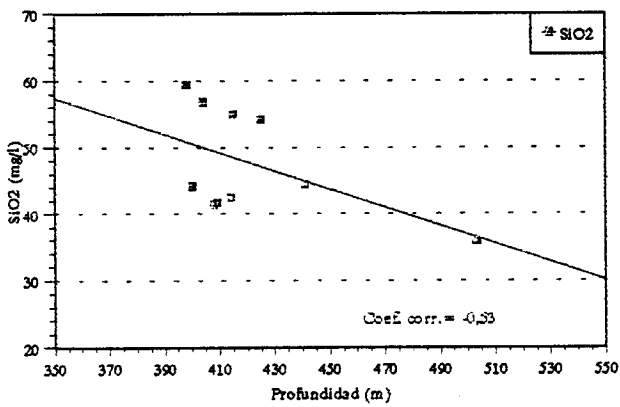
RELACIÓN PROFUNDIDAD/SILICE  
Campo de Torrelaguna. Primavera 95



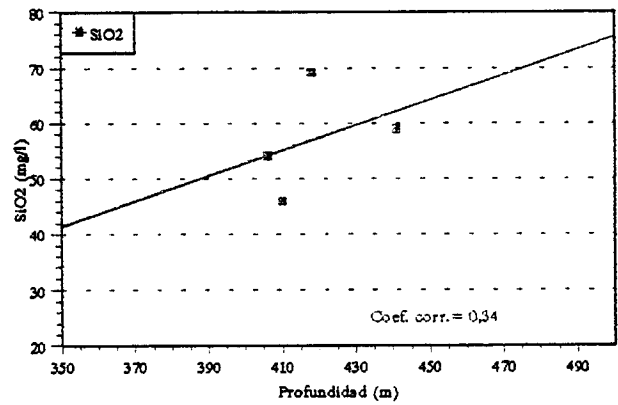
RELACIÓN PROFUNDIDAD/SILICE  
Campo de Fuencarral. Primavera 95



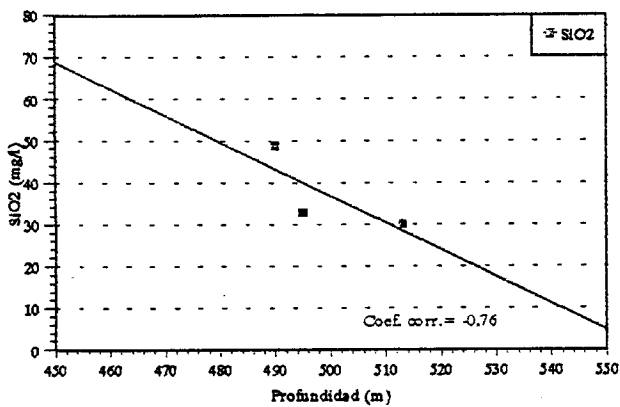
RELACIÓN PROFUNDIDAD/SILICE  
Campo del Canal Bajo. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/SILICE  
Campo del Canal Alto-El Goloso. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/SILICE  
Campo del Plantío-Majadahonda. Primavera 95



RELACIÓN PROFUNDIDAD/SILICE  
Campo del Canal del Oeste. Primavera 95

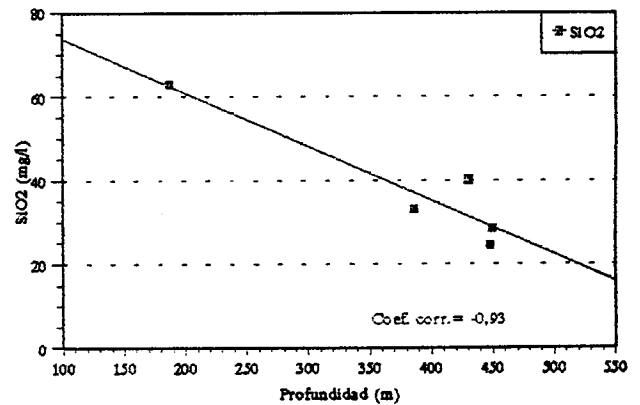


Figura 6.1.2.20

Es de destacar la variación de contenido en sílice en un mismo día para una diferencia de 50 m de profundidad y el incremento de 22 mg/l detectado entre enero de 1993 y octubre del mismo año y de 17.5 mg/l entre esta última fecha y mayo de 1995 que representan porcentajes del 1222 % y del 922 % sobre el valor medio (1.8 mg/l) de las muestras de enero de 1993 respectivamente.

SONDEO MONTEALINA-6					
Fecha	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	Cond	SiO <sub>2</sub>
23-02-93	31	2	48	257	17
12-05-95	15	68	87	401	28
Incremento	-16	+66	+39	+144	+11
%	-51	+3300	+81	+56	+64

SONDEO MONTEALINA-7		
Fecha	Na	Cond
23-02-93	58	255
12-05-95	148	649
Incremento	+90	+394
%	+15	+154

SONDEO PT-4				
Fecha	SO <sub>4</sub>	Mg	Ca	Cond
11-11-92	244	22	202	998
05-05-95	713	40	295	1250
Incremento	+469	+18	+93	+252
%	+192	+81	+46	+25

Antecedentes históricos (1971) de este sondeo muestran variaciones espectaculares de constituyentes en intervalos de tiempo muy cortos (1 a 4 meses) como puede apreciarse a continuación :

Fecha	SO <sub>4</sub>	Mg	Ca	Cond
05-04-71	1206	94	432	2639
24-04-71	671	80	220	1354
10-05-71	166	34	72	534
10-05-71	225	31	96	648
09-09-71	144	17	76	310
12-09-71	191	21	88	390

SONDEO M2-A	
Fecha	SO <sub>4</sub>
11-11-92	184
09-05-95	280
Incremento	+96
%	+52

SONDEO SAN AGUSTÍN						
Fecha	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Cond
30-01-95	98,6	27,2	209,9	8,5	34,1	605
12-05-95	244	122	75	24	181	1072
Incremento	145,4	94,8	-134,9	15,5	146,9	467
%	147	448,5	-64,3	176	431	77

Las diferencias observadas en este sondeo ponen de manifiesto la influencia de la metodología de muestreo en los resultados de la determinación de la composición química pues mientras la muestra de enero se obtuvo por bombeo la de mayo fue extraída con tomamuestras. Estas diferencias justifican la prevención con que han sido tratados los datos del análisis de primavera del 95.

#### 6.1.2.2. Constituyentes minoritarios.

Por lo que se refiere a la presencia de constituyentes minoritarios en los sondeos de los Sistemas Generales la situación es la que se refleja en el cuadro 6.1.2.23.

Cuadro 6.1.2.23. Presencia de constituyentes minoritarios en los sondeos de los Sistemas Generales.

CAMPO	NO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	F	Fe	Zn	Cr	As	Pb	Fenoles
Torrelaguna			*	*	*				
Canal Bajo	*		*	*	*	*	*		*
C.Alto-Goloso	*			*	*		*		*
Fuencarral		*	*	*		*	*		
El Plantío-Majadahonda		*		*	*		*		
Canal del Oeste	*	*		*	*		*	*	*

(\*) Elemento detectado en algún sondeo

En el cuadro 6.1.2.24. se incluyen los datos del número de sondeos en que han sido detectados diferentes elementos minoritarios en cada campo.

Cuadro 6.1.2.24. Numero de sondeos en que se detecta la presencia de constituyentes minoritarios

CAMPO	NO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	F	Fe	Zn	Cr	As	Pb	Fenoles
Torrelaguna			1	7	3				
Canal Bajo	5		2	9	10	1	9		5
C.Alto-Goloso	3			4	4		4		4
Fuencarral		4	3	1		1	7		
El Plantío-Majadahonda		2		1	2		1		
Canal del Oeste	3	2		5	3		4	1	3
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>27</b>	<b>22</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>12</b>
<b>%</b>	<b>29</b>	<b>21</b>	<b>16</b>	<b>73</b>	<b>59</b>	<b>5</b>	<b>59</b>	<b>3</b>	<b>32</b>

Es de destacar la presencia de Fe, Zn y As en la casi totalidad de los campos, la detección más esporádica de nitritos, fosfatos, flúor, cromo y fenoles y la presencia excepcional de plomo en el sondeo Montevalina-7.

Aunque no se dispone de datos mineralógicos de detalle, la presencia de Fe, Zn y As a los niveles de concentración en que han sido detectados puede ser achacada a un origen natural por presencia normal de minerales ferromagnesianos, esfalerita (Zn), apatito (As sustituyendo al P) en las facies detríticas o carbonatadas del acuífero. Esta presencia puede ser debida, en parte, a la disolución de Fe y Zn a partir de las tuberías de revestimiento de los sondeos.

En el cuadro 6.1.2.25 se incluyen los datos estadísticos y los rangos de variación de concentraciones de elementos minoritarios detectados, pormenorizados para cada uno de los Sistemas Generales.

En el cuadro 6.1.2.26 se resumen estos datos para el conjunto de los sondeos de los Sistemas Generales

Cuadro 6.1.2.26. Resumen de datos estadísticos sobre iones minoritarios en el conjunto de los Sistemas Generales.

Constituyente	Mínimo	Máximo	Rango de valores medios	Rango más frecuente
NO <sub>2</sub>	0,04	0,18	0,06 - 0,10	0 - 0,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,06	0,13	0,07 - 0,17	0,01 - 0,1
F	0,5	4	0,6	0 - 0,7
Fe	0,05	0,24	0,09 - 0,12	0 - 0,1
Zn	0,05	0,55	0,11 - 0,24	0 - 0,1
Cr	0,025	0,049	-	0 - 0,05
As	0,01	0,058	0,016 - 0,038	0 - 0,05
Fenoles	0,0005	0,001	0,0008 - 0,0009	0,0005 - 0,001

Como se ha puesto de manifiesto en el cuadro 6.1.2.18 los únicos sondeos en que se sobrepasan de forma llamativa los límites de la R.T.S. en alguno de estos elementos son:

CAMPO	SONDEO	Constituyente	Concentración mg/l
Torrelaguna	S. Agustín	Flúor	4
Canal Bajo	CB-11	Fenoles	0,001
Canal Alto	CA-3, CA-4, CA-5	Fenoles	0,001
Canal del Oeste	Montealina-6	Fenoles	0,001

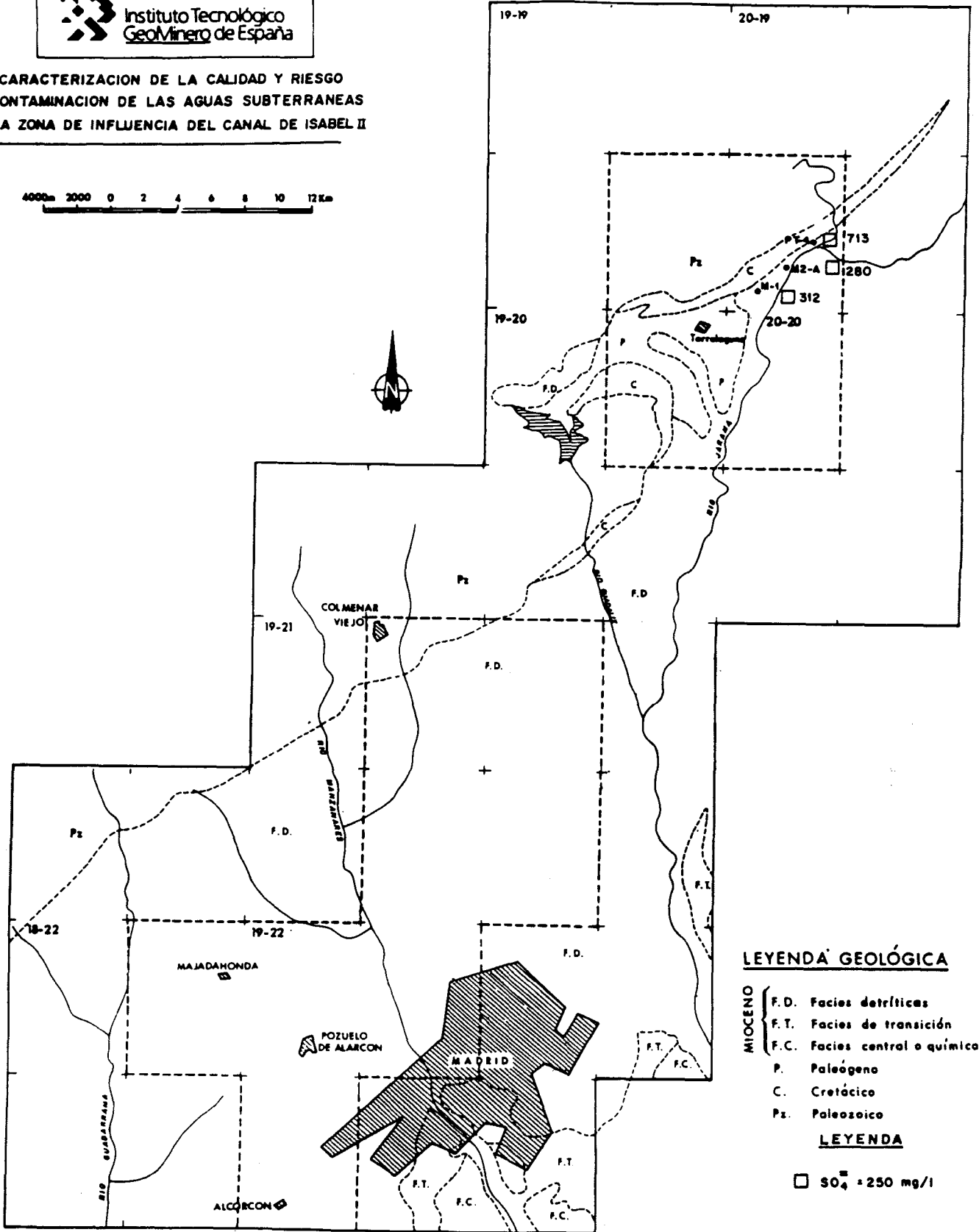
En el resto de los sondeos en que se sobrepasan los límites correspondientes el exceso de concentración por encima del límite es de centésimas o milésimas de mg/l.

En los planos 6.1.2.1 a 3 se presenta la ubicación de los sondeos en que se sobrepasa los límites permitidos en relación con las características fisicoquímicas, sustancias no deseables y sustancias tóxicas.





**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- P. Paleógeno**  
**C. Cretácico**  
**Pz. Paleozoico**

**LEYENDA**

□ SO<sub>4</sub> = 250 mg/l

**LIMITES R.T.S. PARA AGUAS POTABLES DE CONSUMO PUBLICO  
CAMPAÑA MUESTREO PRIMAVERA 95.**

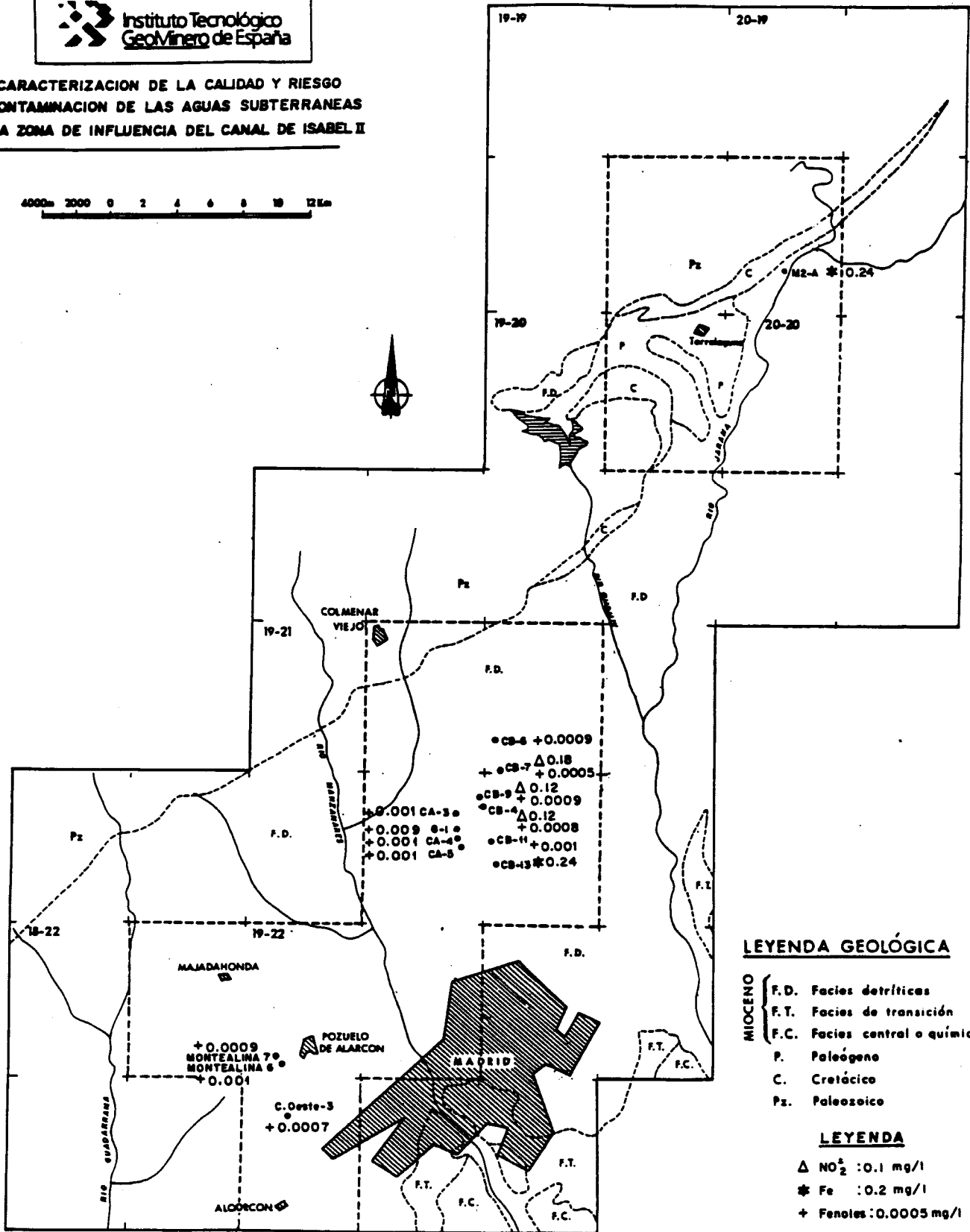
**PUNTOS DE LOS SISTEMAS GENERALES CON CONCENTRACION IGUAL O SUPERIOR A LA MAXIMA ADMISIBLE (R.T.S).  
CARACTERES FISICO - QUIMICOS.**



Instituto Tecnológico  
Geomínero de España

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12 Km

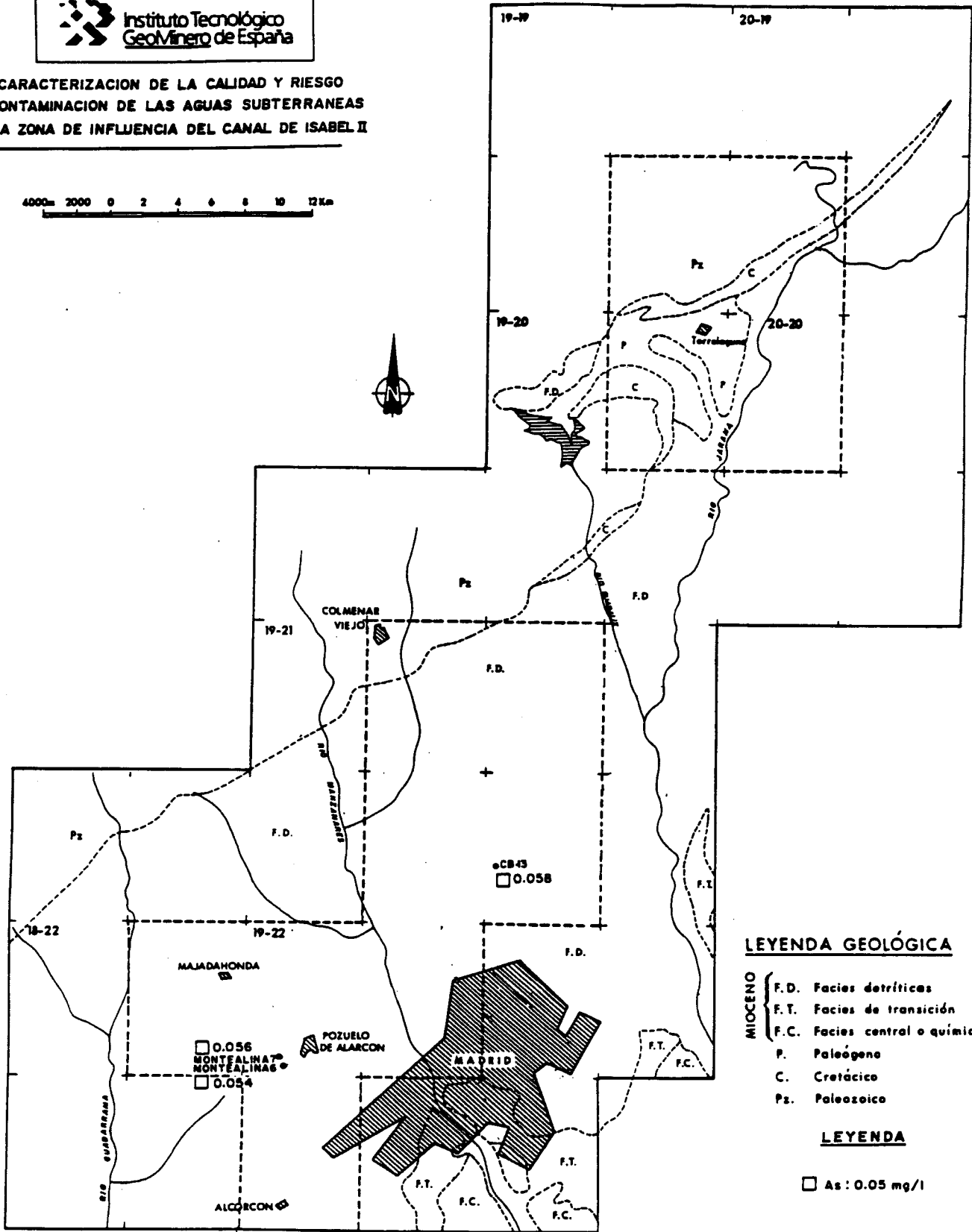


LIMITES R.T.S. PARA AGUAS POTABLES DE CONSUMO PUBLICO  
CAMPAÑA MUESTREO PRIMAVERA 95.

PUNTOS DE LOS SISTEMAS GENERALES CON CONCENTRACION IGUAL O SUPERIOR A LA MAXIMA ADMISIBLE (R.T.S).  
CARACTERES RELATIVOS A SUSTANCIAS NO DESEABLES

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12 Km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- P.** Paleógeno  
**C.** Cretácico  
**Ps.** Paleozoico

**LEYENDA**

□ As: 0.05 mg/l

**LIMITES R.T.S. PARA AGUAS POTABLES DE CONSUMO PUBLICO  
CAMPAÑA MUESTREO PRIMAVERA 95.**

**PUNTOS DE LOS SISTEMAS GENERALES CON CONCENTRACION IGUAL O SUPERIOR A LA MAXIMA ADMISIBLE (R.T.S).  
CARACTERES RELATIVOS A LAS SUSTANCIAS TOXICAS**

Cuadro 6.1.2.25

## RESUMEN ESTADÍSTICO ELEMENTOS MINORITARIOS. Primavera 95

(Datos expresados en mg/l)

## CAMPO DE POZOS DE TORRELAGUNA

Parámetro	n	Max	Mín	Med	$\sigma$
F	1	4,000	4,000	4,000	0,000
Fe	7	0,244	0,059	0,121	0,056
Mn	0				
Cu	0				
Zn	3	0,290	0,050	0,140	0,107
Pb	0				
Cr	0				
Cd	0				
As	0				
Se	0				
Al	0				
Cn	0				
Hg	0				
Fenoles	0				

## CAMPO DE POZOS DE FUENCARRAL

Parámetro	n	Max	Mín	Med	$\sigma$
F	3	0,700	0,500	0,600	0,082
Fe	1	0,092	0,092	0,092	0,000
Mn	0				
Cu	0				
Zn	0				
Pb	0				
Cr	1	0,025	0,025	0,025	0,000
Cd	0				
As	7	0,031	0,010	0,017	0,006
Se	0				
Al	0				
Cn	0				
Hg	0				
Fenoles	0				

## CAMPO DE POZOS DEL CANAL BAJO

Parámetro	n	Max	Mín	Med	$\sigma$
F	2	0,700	0,500	0,600	0,100
Fe	9	0,240	0,053	0,092	0,055
Mn	0				
Cu	0				
Zn	10	0,440	0,060	0,247	0,129
Pb	0				
Cr	1	0,049	0,049	0,049	0,000
As	9	0,058	0,012	0,027	0,016
Se	0				
Al	0				
Cn	0				
Hg	0				
Fenoles	5	0,0010	0,0005	0,0008	0,0002

## CAMPO DE POZOS DEL PLANTÍO - MAJADAHONDA

Parámetro	n	Max	Mín	Med	$\sigma$
F	0				
Fe	1	0,079	0,079	0,079	0,000
Mn	0				
Cu	0				
Zn	2	0,160	0,070	0,115	0,045
Pb	0				
Cr	0				
As	1	0,014	0,014	0,014	0,000
Se	0				
Al	0				
Cn	0				
Hg	0				
Fenoles	0				

## CAMPO DE POZOS DEL CANAL ALTO - EL GOLOSO

Parámetro	n	Max	Mín	Med	$\sigma$
F	0				
Fe	4	0,103	0,084	0,094	0,009
Mn	0				
Cu	0				
Zn	4	0,550	0,050	0,190	0,209
Pb	0				
Cr	0				
As	4	0,029	0,010	0,023	0,008
Se	0				
Al	0				
Cn	0				
Hg	0				
Fenoles	4	0,0010	0,0009	0,0010	0,00004

## CAMPO DE POZOS DEL CANAL DEL OESTE

Parámetro	n	Max	Mín	Med	$\sigma$
F	0				
Fe	5	0,119	0,079	0,102	0,015
Mn	0				
Cu	0				
Zn	3	0,290	0,080	0,163	0,091
Pb	1	0,034	0,034	0,034	0,000
Cr	0				
As	4	0,056	0,018	0,039	0,017
Se	0				
Al	0				
Cn	0				
Hg	0				
Fenoles	3	0,0010	0,0007	0,0009	0,0001

### 6.1.2.3. Conclusiones

A modo de conclusión general puede afirmarse:

- ✓ El agua subterránea de los sondeos de los Sistemas Generales presenta una excelente calidad general sin evidencias de contaminación de origen antrópico. Sus principales características son las siguientes :

#### CONSTITUYENTES MAYORITARIOS

CONSTITUYENTES	VALORES EXTREMOS	VALORES más FRECUENTES
Cl	6 - 244	0 - 20
SO <sub>4</sub>	1 - 713	0 - 100
HCO <sub>3</sub>	75 - 242	100 - 200
NO <sub>3</sub>	1 - 24	0 - 10
Na	2,7 - 181	0 - 50
Mg	1,5 - 40	0 - 10
Ca	6 - 295	0 - 50
K	0,6 - 3,6	0 - 2
Conduc	175 - 1250	200 - 400
SiO <sub>2</sub>	9,9 - 69,2	20 - 60

#### CONSTITUYENTES MINORITARIOS

CONSTITUYENTES	VALORES EXTREMOS	VALORES más FRECUENTES
NO <sub>2</sub>	0,04 - 0,18	0 - 0,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,06 - 0,13	0,01 - 0,1
F	0,5 - 4	0 - 0,7
Fe	0,05 - 0,24	0 - 0,1
Zn	0,05 - 0,55	0 - 0,1
Cr	0,025 - 0,049	0 - 0,049
As	0,01 - 0,058	0 - 0,05
Fenoles	0,0005 - 0,001	0,0005 - 0,001

- ✓ El quimismo de las aguas subterráneas en los Sistemas Generales es el que cabe esperar de la posición de cada uno de ellos en relación con las facies litológicas en que se ubican.
- ✓ En su mayor parte las aguas de los Sistemas Generales son bicarbonatadas sódicas y bicarbonatadas cálcicas, de mineralización escasa y dureza media.
- ✓ Excepcionalmente presentan alguna objeción en cuanto a su utilización directa para consumo humano por exceso de sulfatos, sodio, nitritos, arsénico o fenoles.
- ✓ No se observan indicios de empeoramiento de la calidad del agua con la profundidad excepto en el campo de Torrelaguna por influencias litológicas claras.
- ✓ Las concentraciones de  $\text{SO}_4$  detectadas en los sondeos PT-4, M-2A y M-1 aconsejan asegurar que no sean utilizadas para consumo humano sin la debida dilución.
- ✓ Las concentraciones de elementos minoritarios que superan en centésimas o milésimas la concentración máxima admisible no parecen alarmantes.
- ✓ Datos históricos y muestreos recientes revelan variaciones de cierta consideración en el contenido en sulfatos y otros elementos mayoritarios como magnesio, calcio, sílice o conductividad que, en ocasiones, alcanzan valores que sobrepasan los límites de concentración máxima admitida por la R.T.S. si bien en otras la variación se produce en sentido inverso. No se ha encontrado justificación suficientemente clara para estas variaciones.

Las citadas variaciones aconsejan un seguimiento analítico de corto período de los parámetros en que se han detectado dichas variaciones en las captaciones señaladas.

## 6.2 VARIACIONES DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ENTRE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO DE PRIMAVERA Y OTOÑO DE 1995

Un aspecto que debe complementar la caracterización de la calidad actual de las aguas subterráneas *en la zona de estudio* es el del análisis de las variaciones habidas en el quimismo de estas aguas en 1995. Este análisis se aborda a continuación para el conjunto de la zona (Aptdo. 6.2.1) y se particulariza para los Sistemas Generales (Aptdo. 6.2.2)

### 6.2.1 LAS VARIACIONES DE COMPOSICIÓN EN EL CONJUNTO DE LA ZONA.

Para la determinación de las variaciones de composición química de las aguas subterráneas entre las campañas de primavera y otoño de 1995 en el conjunto de la zona se utilizan los resultados de 94 análisis realizados en octubre y noviembre de este año sobre muestras obtenidas en sondeos ya muestreados en la campaña de primavera.

#### 6.2.1.1 Variación de iones mayoritarios

Los datos de análisis químicos utilizados y las fichas de campo relativas al muestreo de cada punto se incluyen en las correspondientes fichas de inventario. Un resumen de los análisis se adjunta en el anexo 6.2.1.

En el mismo anexo se incluyen los gráficos de variación de concentraciones de los distintos constituyentes para cada sondeo y los de diferencias de concentración observadas entre ambas campañas.

En el cuadro 6.2.1 y en la figura 6.2.1. se presentan los datos redondeados de frecuencia de variación de cada constituyente para el conjunto de las muestras utilizadas.

Cuadro 6.2.1 Frecuencia de variación de concentraciones de elementos mayoritarios y de conductividad.

ELEMENTO	Aumentan %	Disminuyen %	Estables %
Cl	60	31	9
SO <sub>4</sub>	64	34	2
HCO <sub>3</sub>	53	41	5

<b>ELEMENTO</b>	<b>Aumentan %</b>	<b>Disminuyen %</b>	<b>Estables %</b>
NO <sub>3</sub>	51	35	13
Na	38	55	6
Ca	62	33	5
Mg	41	45	14
SiO <sub>2</sub>	46	29	25
Conduc	47	51	2

Estos datos revelan evidentes situaciones de variación en la composición química del agua subterránea de la zona. La mayor frecuencia corresponde a situaciones de aumento o de disminución de concentración y conductividad, sin predominio definido de una u otra tendencia; las situaciones de estabilidad o constancia de concentraciones son las que se detectan con menor frecuencia. Nitratos, magnesio y sílice son los elementos que aparecen como estables más a menudo.

En el cuadro 6.2.2, resumido en el 6.2.3, se incluyen datos estadísticos sobre las variaciones observadas en las concentraciones de iones mayoritarios así como los intervalos de variación de estas concentraciones, gráficamente presentados en la figura 6.2.2.

*Cuadro 6.2.3 Rangos mas frecuentes de variación de concentraciones de constituyentes mayoritarios y de conductividad. (Datos en mg y  $\mu$ S/cm)*

Constituyente	<b>AUMENTO</b>		<b>DISMINUCIÓN</b>	
	<b>RANGO</b>	<b>%</b>	<b>RANGO</b>	<b>%</b>
Cl	0 - 20	95	0 - 20	93
SO <sub>4</sub>	0 - 30	88	0 - 20	81
HCO <sub>3</sub>	0 - 30	78	0 - 40	93
NO <sub>3</sub>	0 - 10	96	0 - 10	97
Na	0 - 20	86	0 - 20	86
Ca	0 - 20	88	0 - 30	97
Mg	0 - 10	90	0 - 10	95
SiO <sub>2</sub>	0 - 10	91	0 - 10	82
Cond	0 - 50	77	0 - 50	79





# Frecuencia de variación de concentraciones de elementos mayoritarios PRIMAVERA - OTOÑO 95.

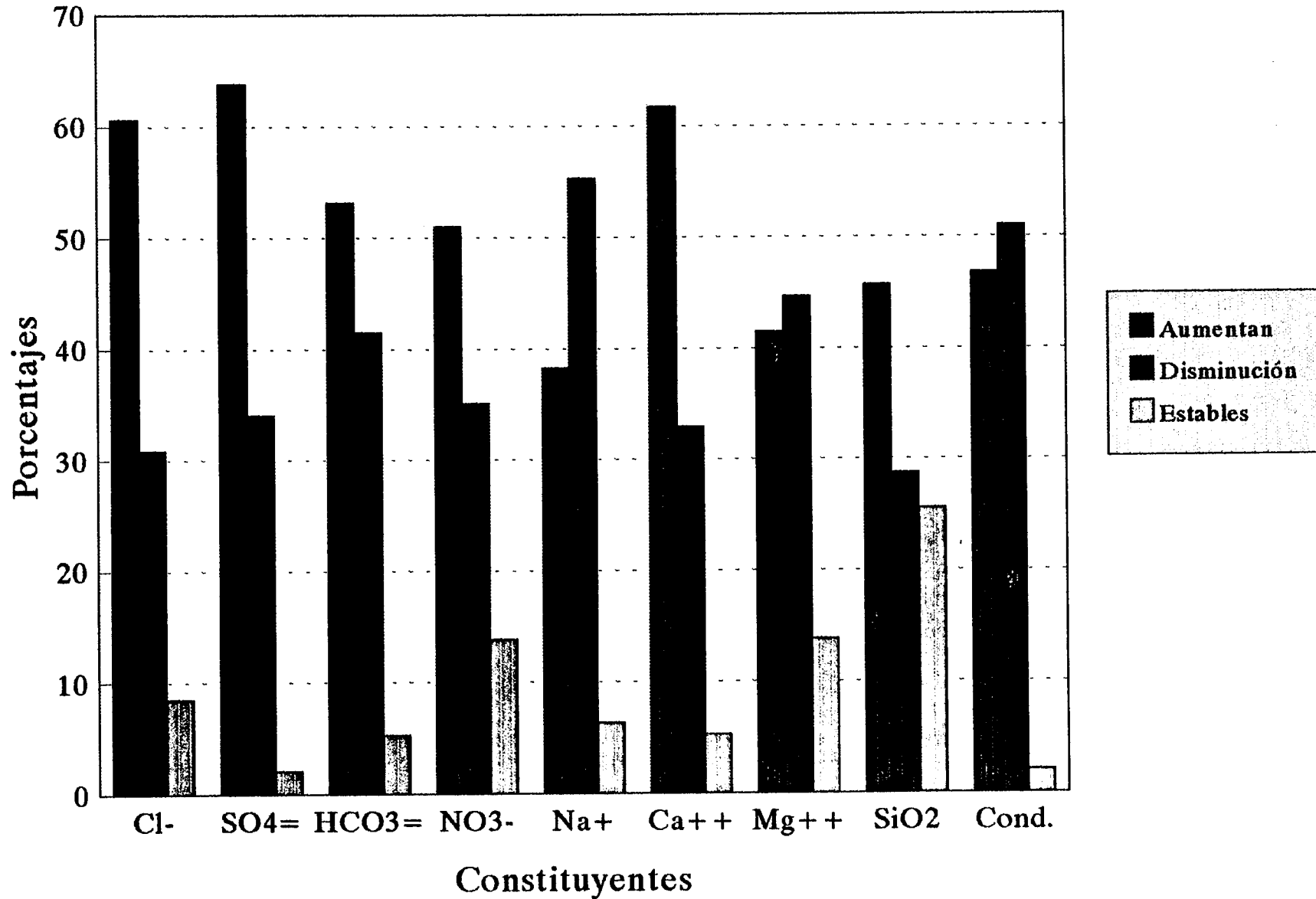


Figura 6.2.1

Cuadro 6.2.2

DATOS ESTADÍSTICOS Y RANGOS DE VARIACIÓN DE CONCENTRACIONES  
DE CONSTITUYENTES MAYORITARIOS. PRIMAVERA-OTOÑO 95

CONST.	AUMENTO								DISMINUCIÓN								% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		
	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	AUMENTAN	DISMINUYEN	ESTABLES
Cl-	57	84	1	9,8	11,3	0-10	38	66,7	29	125	1	9,3	22,3	0-10	26	89,6	60,6	30,9	8,5
						10-20	16	28,1						10-20	1	3,4			
						20-30	2	3,5						20-30	1	3,4			
						80-90	1	1,8						120-130	1	3,4			
SO4=	600	116	2	17,1	17,4	0-10	21	35,0	32	179	1	20,8	36,9	0-10	24	75,0	63,8	34,0	2,1
						10-20	25	41,6						10-20	2	6,3			
						20-30	7	11,4						30-40	2	6,3			
						30-40	2	3,3						60-70	1	3,1			
						40-50	2	3,3						70-80	1	3,1			
						50-60	2	3,3						100-110	1	3,1			
						110-120	1	1,6						170-180	1	3,1			
HCO3=	50	109	1	25,9	24,0	0-10	12	21,0	38	61	2	20,0	13,0	0-10	11	29,0	53,2	41,5	5,3
						10-20	16	40,0						10-20	10	26,0			
						20-30	11	27,5						20-30	9	23,0			
						30-40	2	5,0						30-40	6	15,0			
						40-50	3	5,0						40-50	1	3,0			
						50-60	2	5,0						60-70	1	3,0			
						80-90	2	5,0											
						90-100	1	2,0											
						100-110	1	2,0											
						NO3-	48	12						1	3,3	2,8			
10-20	2	4,2	10-20	1	3,0														
Na+	36	41,35	0,58	9,2	10,7	0-10	26	72,2	52	117,6	0,64	12,8	20,6	0-10	35	67,3	38,3	55,3	6,4
						10-20	5	13,9						10-20	10	19,2			
						20-30	3	8,3						20-30	3	5,8			
						30-40	1	2,8						30-40	2	3,8			
						40-50	1	2,8						90-100	1	1,9			
Ca++	58	70	0,7	10,8	12,7	0-10	38	65,5	31	46	0,8	8,6	9,7	0-10	23	74,2	61,7	33,0	5,3
						10-20	13	22,4						10-20	3	9,7			
						20-30	2	3,4						20-30	4	12,9			
						30-40	3	5,2						40-50	1	3,2			
						50-60	1	1,7											
						60-70	1	1,7											
Mg++	39	13	0,8	4,5	3,3	0-10	35	89,7	42	20	0,1	3,2	3,3	0-10	40	95,2	41,5	44,7	13,8
						10-20	4	10,3						10-20	2	4,8			
SiO2	43	19,2	1	4,4	4,2	0-10	39	90,7	27	17	1,2	5,6	4,4	0-10	22	81,5	45,7	28,7	25,5
						10-20	4	9,3						10-20	5	18,5			
Cond. (µS/cm)	44	236	1	36,8	54,9	0-50	34	77,3	48	528	1	45,5	99,4	0-50	38	75,0	46,8	51,1	2,1
						50-100	6	13,6						50-100	4	8,3			
						150-200	2	4,5						100-150	3	6,3			
						200-250	2	4,5						250-300	1	2,1			
														400-450	1	2,1			
			500-550	1	2,1														

Como se deduce de la observación de este cuadro, los rangos de aumento o disminución más frecuentes son los de 0-20 ó 30 mg/l para todos los constituyentes mayoritarios con porcentajes que superan en prácticamente todas las ocasiones el 80 y el 90 % ; variaciones de cierta entidad, por encima de estos extremos de intervalo, sólo se producen en el 10-20 % de los casos. Las variaciones de conductividad se mantienen en el rango de 0 a 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en, prácticamente, el 80 % de las ocasiones.

En el cuadro 6.2.4 y en la figura 6.2.3 se incluyen los datos de variaciones medias de los constituyentes mayoritarios

Cuadro 6.2.4. Variaciones medias de concentraciones de constituyentes mayoritarios y conductividad

Constituyente	AUMENTO		DISMINUCIÓN	
	Variación media	$\sigma$	Variación media	$\sigma$
Cl	9,8	11,3	9,3	22,3
SO <sub>4</sub>	17,1	17,4	20,8	36,9
HCO <sub>3</sub>	25,9	24	20	13
NO <sub>3</sub>	3,3	2,8	3	3,5
Na	9,2	10,7	12,8	20,6
Ca	10,8	12,7	8,6	9,7
Mg	4,5	3,3	3,2	3,3
SiO <sub>2</sub>	4,4	4,2	5,6	4,4
Cond	36,8	54,9	45,5	99,4

Puede observarse que las variaciones medias, tanto en aumento como en disminución de concentraciones, son de escasa entidad (inferiores a 25 mg/l o 45  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y con dispersión de valores, en general, muy reducida.

En conclusión, se producen variaciones muy frecuentes de quimismo en la zona de estudio en el sentido de aumento o disminución de concentraciones. Estas variaciones, sin embargo, se mantienen por lo general en un rango de un par de decenas de miligramos/litro para cada constituyente mayoritario, escasamente significativas, dado lo reducido de sus valores absolutos, y difícilmente justificables en detalle, caso por caso.

Rangos más frecuentes de variación de concentración de elementos mayoritarios y conductividad  
PRIMAVERA-OTOÑO 95

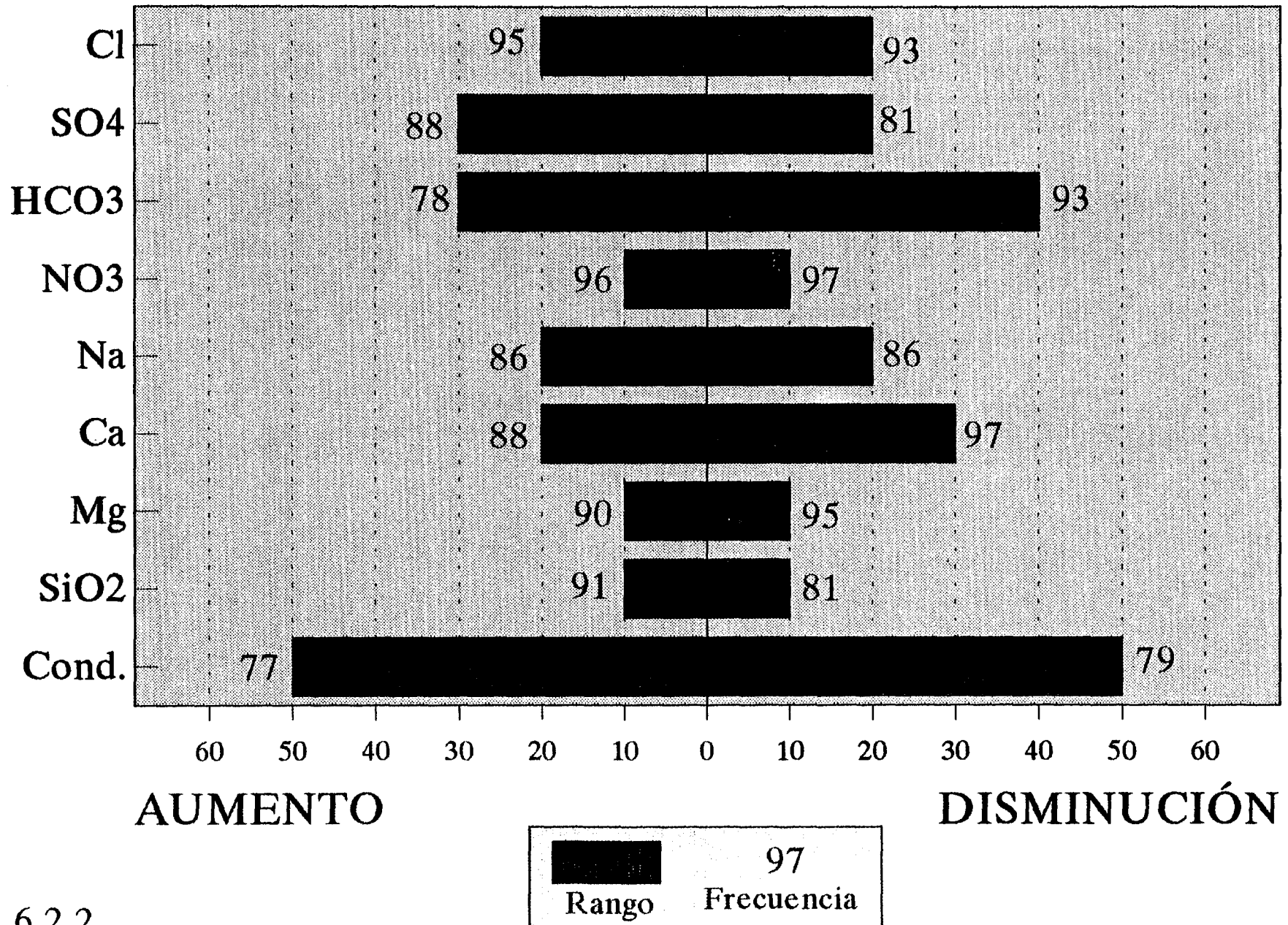


Figura 6.2.2

## Variaciones medias de concentración de constituyentes mayoritarios y conductividad PRIMAVERA-OTOÑO 95

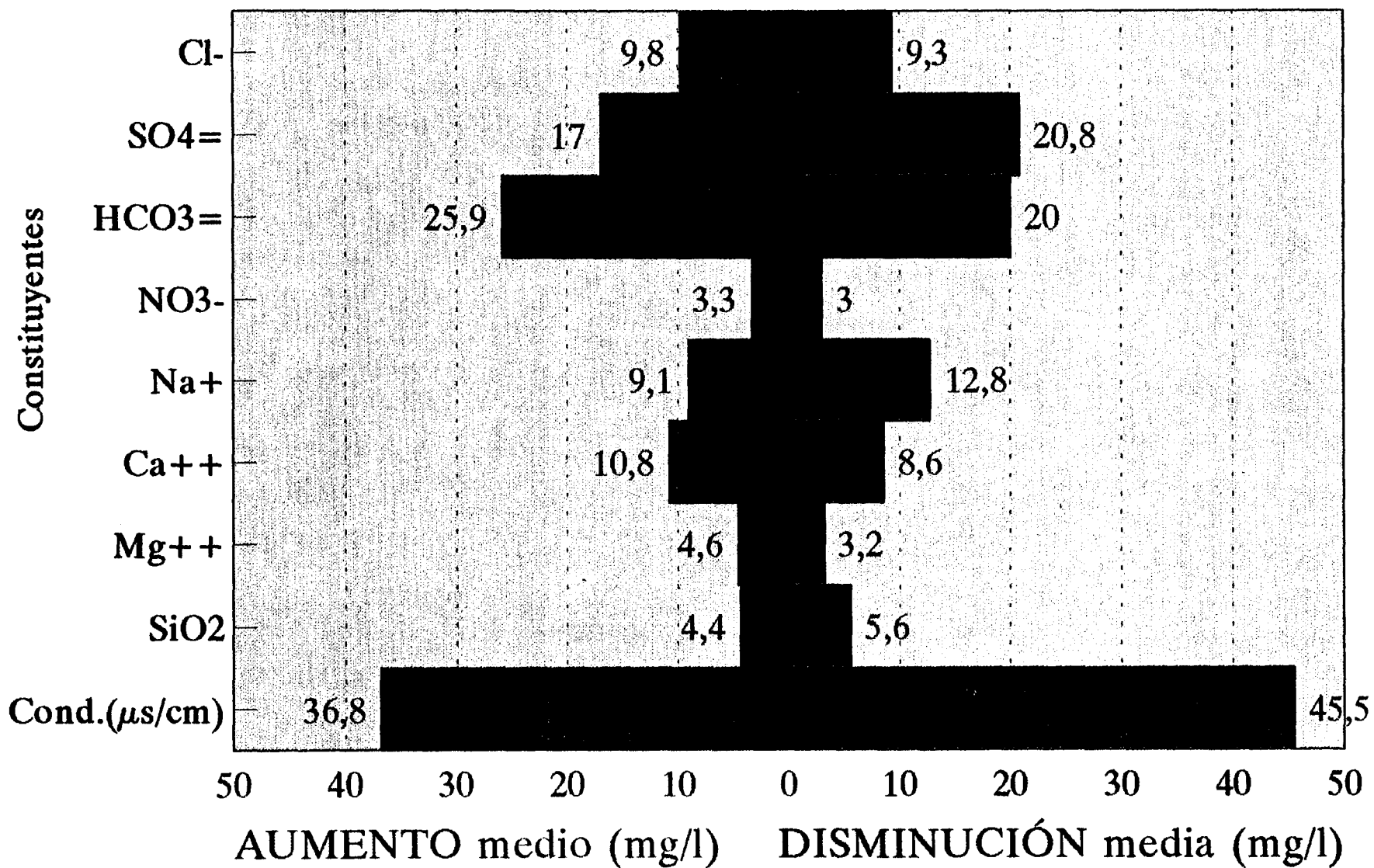


Figura 6.2.3

La distribución espacial de estas variaciones se presenta en los planos 6.2.1 a 6.2.8.

A partir de la observación de estos planos se pueden establecer los siguientes hechos :

\* Las variaciones de concentración (aumento o disminución) de iones mayoritarios se producen de forma dispersa por toda la zona sin relación directa con un área espacial concreta, un dominio litológico, un rango de profundidades, una situación hidrogeológica determinada o, incluso, un esquema de explotación similar. Ello imposibilita el trazado de isolíneas o, incluso, la delimitación de zonas de comportamiento homogéneo del quimismo de las aguas subterráneas.

No obstante, parece advertirse una cierta tendencia, no sistemática, a la disminución de concentraciones de constituyentes mayoritarios en sondeos profundos de la zona centro y sur del área de estudio que parecen haber estado sometidos a un régimen más intenso de explotación continuada.

\* Sondeos de similares características, muy próximos entre sí, presentan pautas de comportamiento diferentes. Mientras en unos se producen incrementos de concentración de determinados elementos o de la conductividad, en otros se detectan disminuciones en los mismos elementos o en la conductividad. Estos casos se comentan con mayor detalle más adelante.

\* Existencia de diferentes pautas de variación de algunos constituyentes químicos en relación con otros constituyentes con los que, en principio, deberían estar relacionados y cuyas pautas de variación deberían ser paralelas.

Tal es el caso, por sólo citar algunos ejemplos, de las pautas de variación de cloruros y sulfatos, bicarbonatos y calcio, sulfatos y calcio. Mientras en algunos sondeos se producen aumentos o disminuciones simultáneas de estos pares de iones, en otros el aumento de uno va acompañado de la disminución de otro o viceversa.

Pueden citarse como ejemplo de variaciones divergentes de sulfatos y cloruros los sondeos Valdetales y Casa Lorenzo con aumento de 21 y 116 mg/l en la concentración de sulfatos y disminución de 6 y 5 mg/l en la de cloruros. En el sentido inverso parece comportarse el sondeo Brezos (V. del Castillo) en que una disminución de 8 mg/l de sulfatos va acompañada de un aumento de 84 mg/l de cloruros.

Una situación similar se produce en las variaciones de concentración de sulfatos y calcio en la zona de Mesones o en los sondeos CB-4, CB-7, CB-8 y CB-9 con aumento de sulfatos y

disminución de calcio. La situación inversa se detecta, aparte de en otros puntos, en los sondeos: Brezos, FPD-1, FA-3 o FX-4 en que la disminución de sulfatos va acompañada de un aumento de calcio.

Situaciones similares pueden observarse igualmente en relación con los bicarbonatos y el calcio.

Esta situación, relativamente generalizada, no es interpretable ni justificable a nivel de detalle y parece apuntar a la no existencia de un proceso dominante de modificación del quimismo de las aguas subterráneas de la zona como disolución/precipitación de carbonatos, intercambio iónico, mezclas de aguas, etc.

La justificación de estos hechos debe buscarse, probablemente, en la concurrencia de varios de estos procesos ligados más a las condiciones del entorno próximo de cada sondeo, a su régimen de explotación y a la eventual interferencia mutua que a procesos generales de modificación del quimismo producidos durante la circulación del agua a nivel regional.

Dado lo reducido de los rangos de variación de los iones mayoritarios (0-20 mg/l por lo general) sólo se comentan con cierto detalle las variaciones de conductividad, como parámetro general indicador del quimismo, y las de nitratos, como eventual índice de contaminación.

#### **6.2.1.2 Variaciones de conductividad.**

En los cuadros 6.2.1 y 6.2.2 se han resumido los datos de variación de conductividad entre las dos campañas.

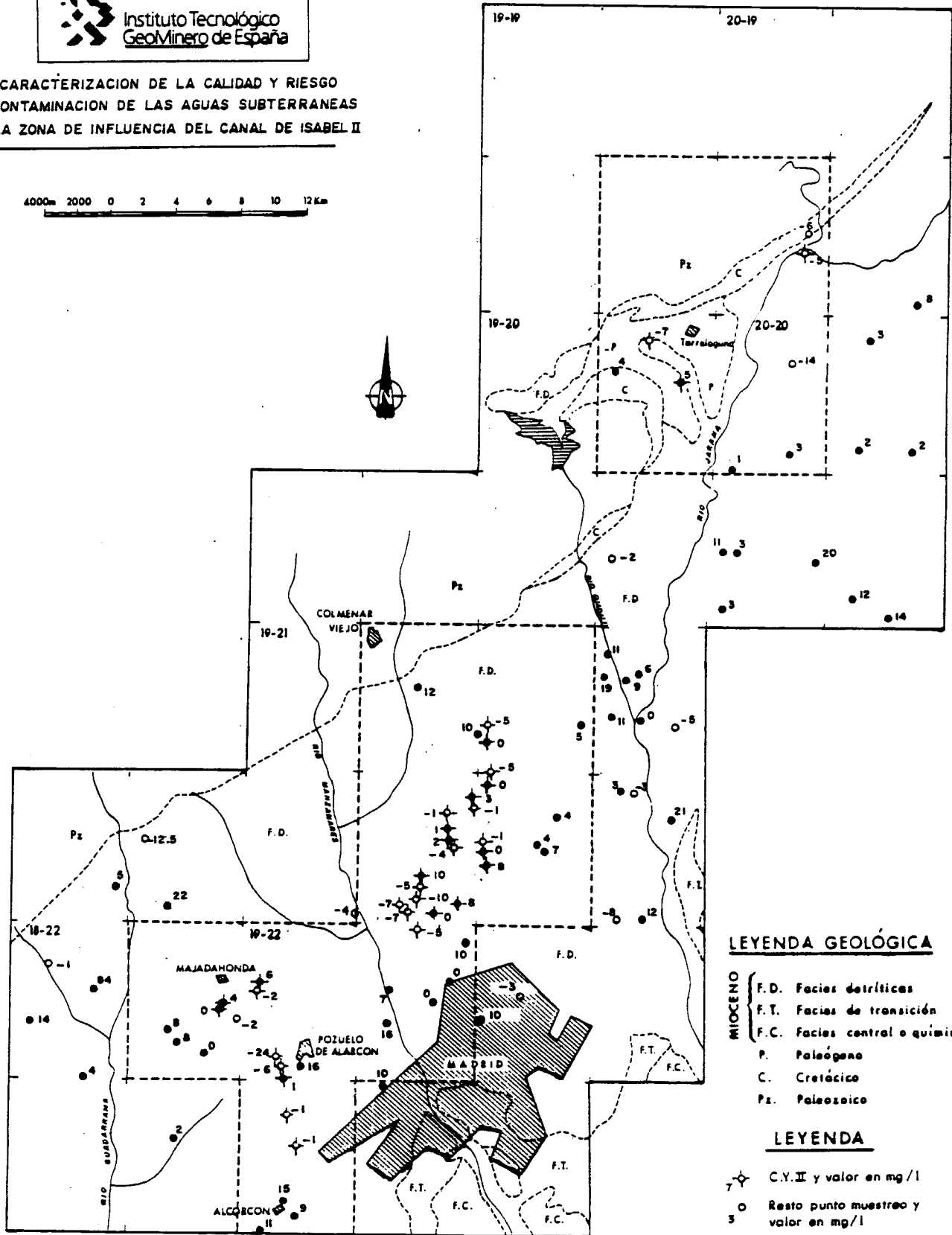
Se detectan aumentos en el 47 % de los sondeos muestreados y disminución en el 51 % de los mismos. La conductividad se mantiene estable en el 2 % de las ocasiones.

En la figura 6.2.4 se presentan los datos de conductividad en las campañas de primavera y otoño y en la figura 6.2.5 las variaciones de la misma para cada uno de los sondeos muestreados.

Por lo que se refiere al aumento de conductividad, (cuadro 6.2.2), éste se detecta en 44 sondeos con un máximo de 236  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el pozo Brezos de Villafranca del Castillo y un mínimo de 1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El valor medio de estos aumentos es de 37  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El rango de variación más frecuente es el de 0.0-50  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el que se incluye el 77 % de los sondeos muestreados.

CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12 Km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO
- { F.D. Facies detríticas
  - { F.T. Facies de transición
  - { F.C. Facies central o química
- P. Paleógeno  
C. Cretácico  
Pz. Paleozoico

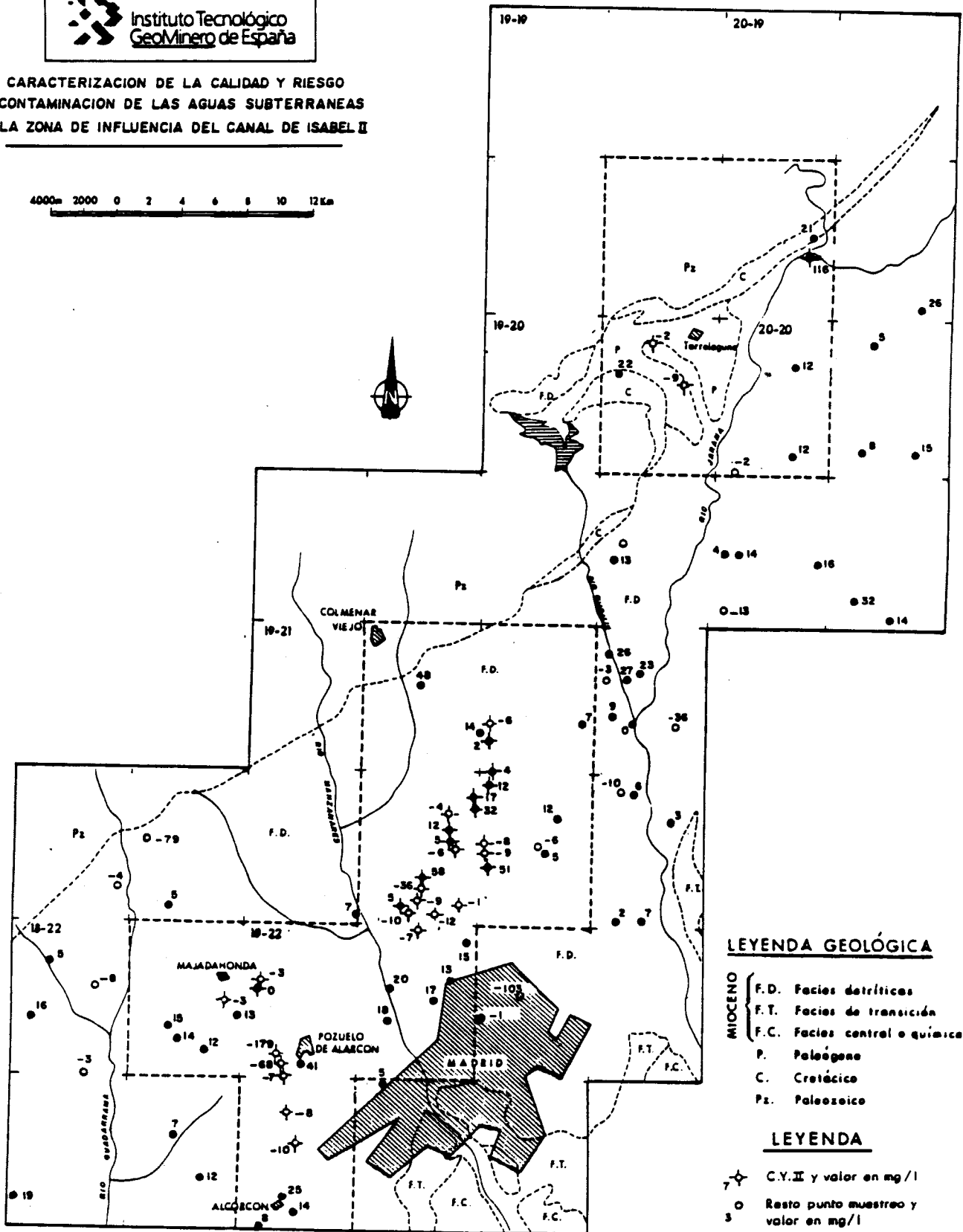
**LEYENDA**

- ☆ C.Y. II y valor en mg/l
- Resto punto muestreo y valor en mg/l
- Valores negativos
- Valores positivos

VARIACION DE CI (OTOÑO-PRIMAVERA 1995)



**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- P. Paleógeno**  
**C. Cretácico**  
**Pz. Paleozoico**

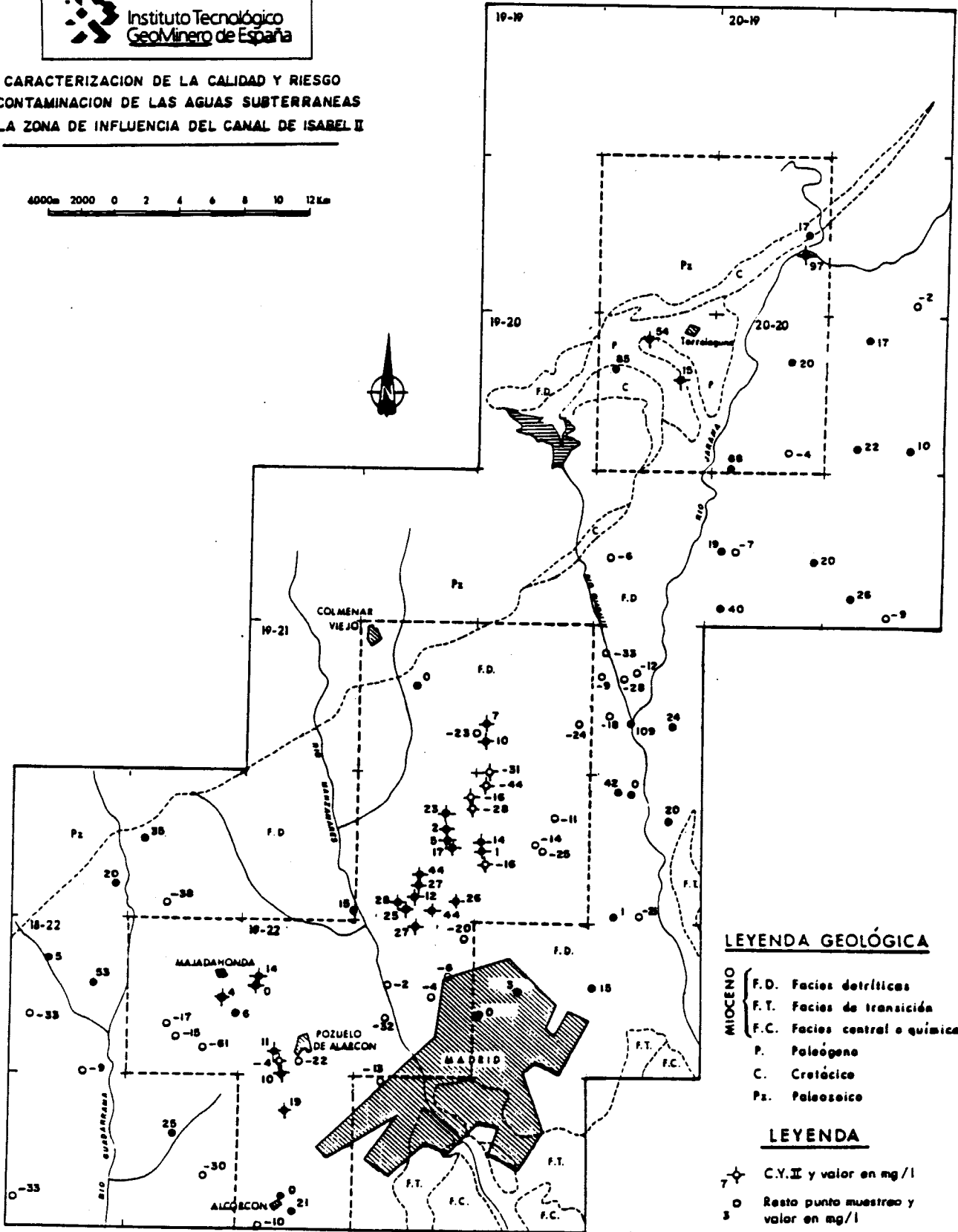
**LEYENDA**

- 7 ✦ C.Y.II y valor en mg/l
- Resto punto muestreo y valor en mg/l
- Valores negativos
- Valores positivos

VARIACION DE SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (OTOÑO-PRIMAVERA 1995)

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12 Km

**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- { F.D. Facies detríticas
  - { F.T. Facies de transición
  - { F.C. Facies central o química
- P. Paleógeno
  - C. Cretácico
  - Pz. Paleozoico

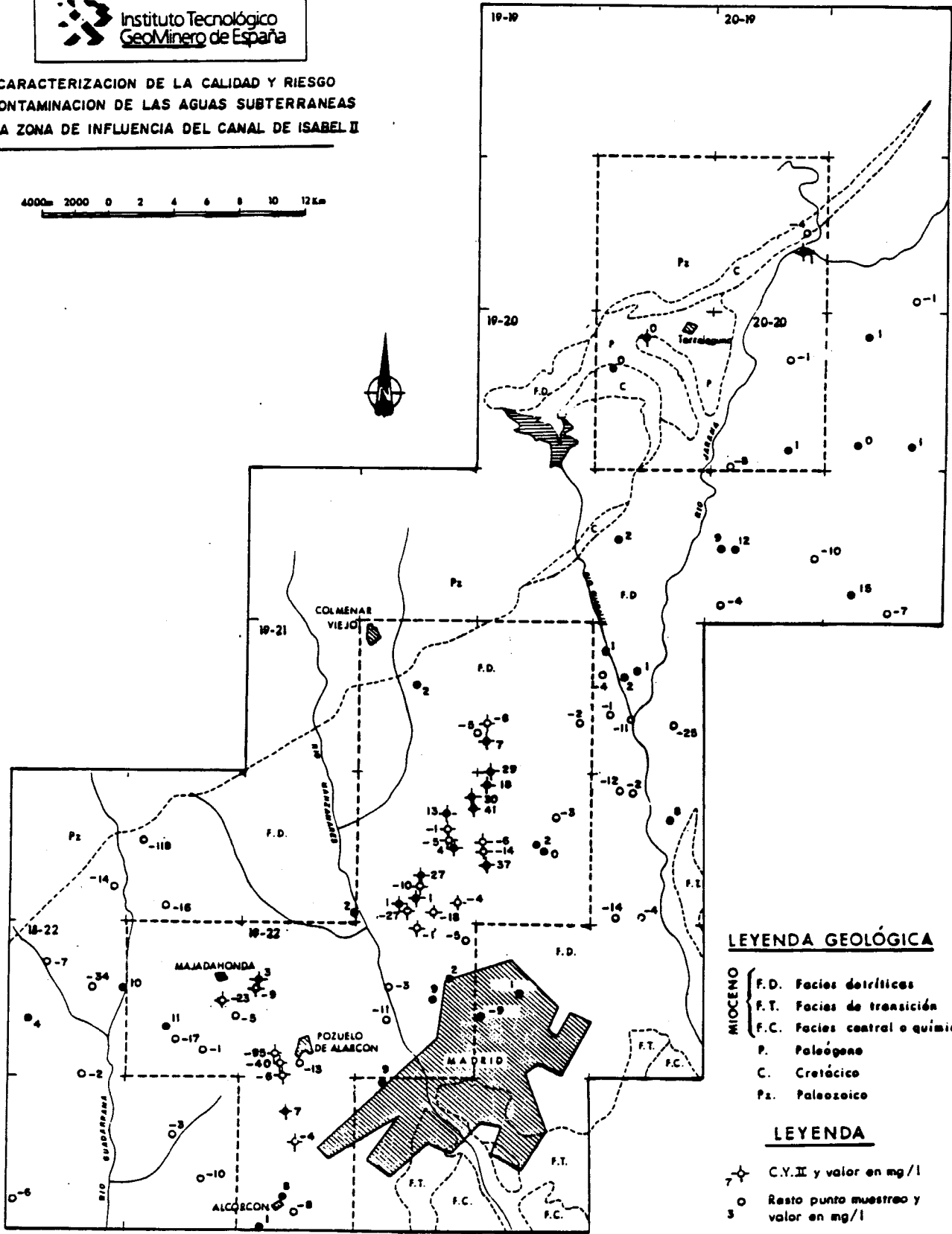
**LEYENDA**

- 7 ✦ C.Y.II y valor en mg/l
- Resto punto muestreo y valor en mg/l
- Valores negativos
- Valores positivos

**VARIACION DE HCO<sub>3</sub> (OTOÑO-PRIMAVERA 1995)**

CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12 Km

**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- P. Paleógeno**  
**C. Cretácico**  
**Ps. Paleozoico**

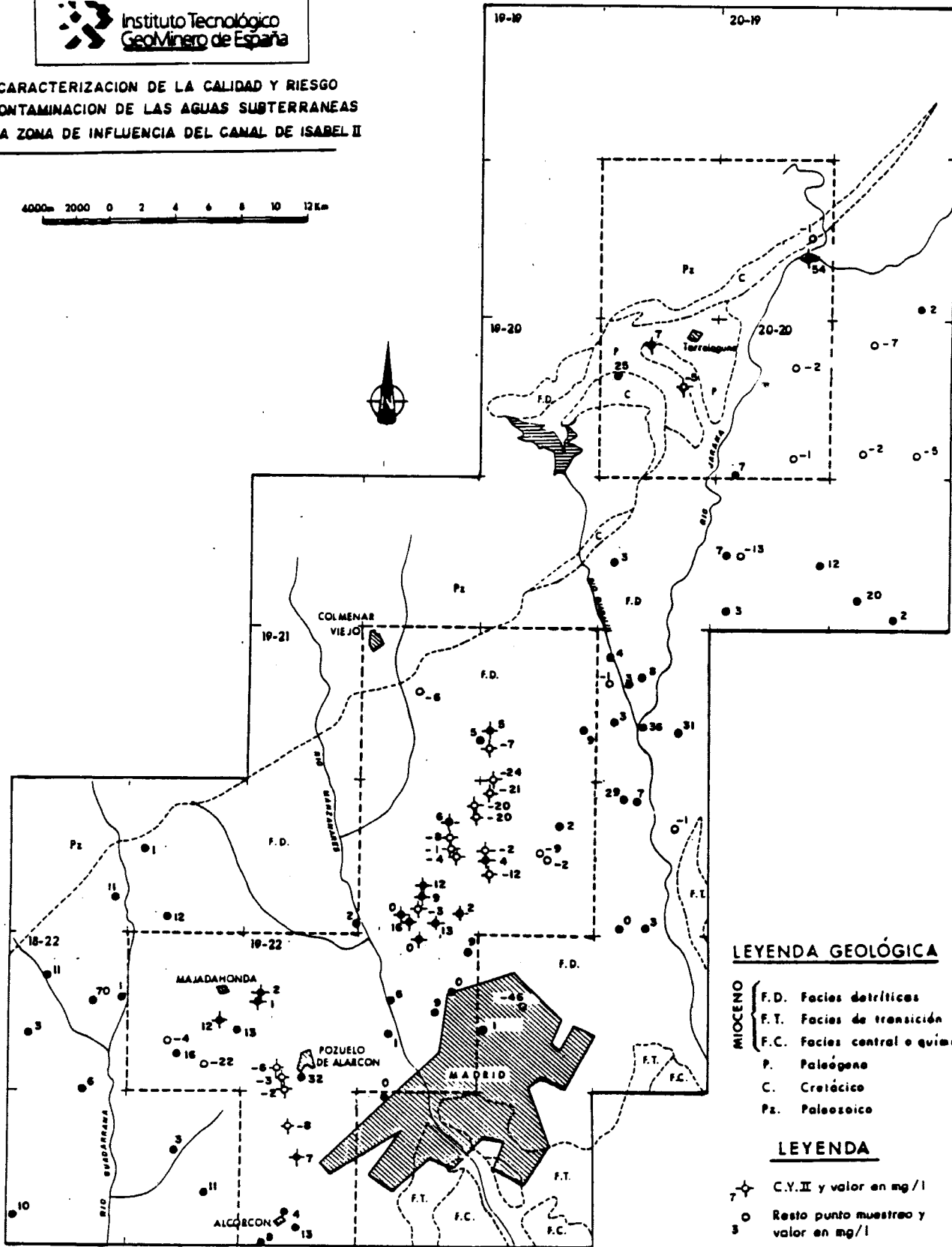
**LEYENDA**

- 7 ✦ C.Y.II y valor en mg/l
- 3 ○ Resto punto muestra y valor en mg/l
- Valores negativos
- Valores positivos

VARIACION DE  $N_0$  (OTOÑO-PRIMAVERA 1995)

CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12Km

**LEYENDA GEOLÓGICA**

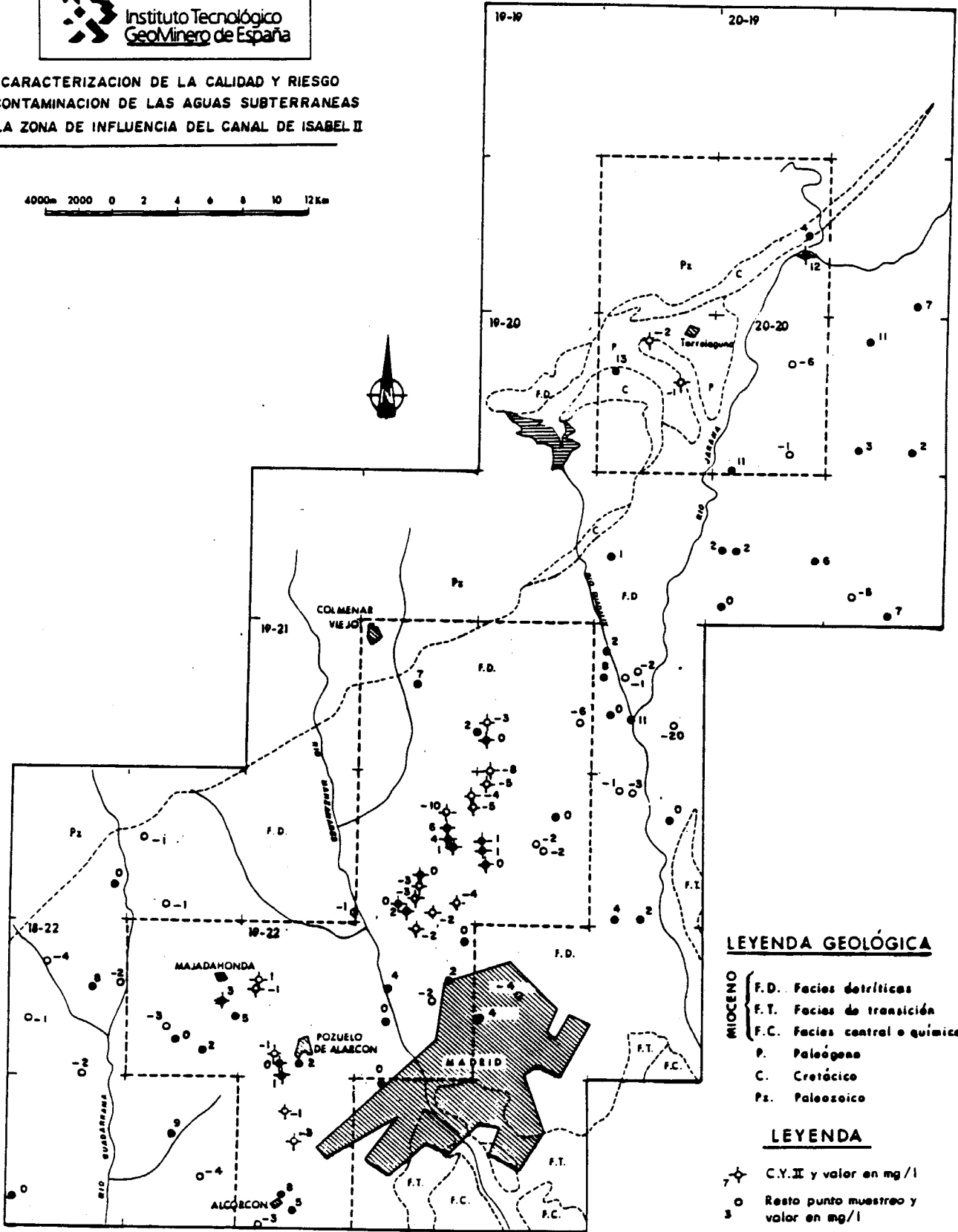
- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central e química
- P. Paleógeno**  
**C. Cretácico**  
**Ps. Paleozoico**

**LEYENDA**

- ★ C.Y.II y valor en mg/l
- Resto punto muestreo y valor en mg/l
- Valores negativos
- Valores positivos

VARIACION DE Co (OTOÑO-PRIMAVERA.1995)

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- { F.D. Facies detríticas
  - { F.T. Facies de transición
  - { F.C. Facies central o química
  - P. Paleógeno
  - C. Cretácico
  - Pt. Paleozoico

**LEYENDA**

- 7 ✦ C.Y.II y valor en mg/l
- 0 ○ Resto punto muestreo y valor en mg/l
- Valores negativos
- Valores positivos

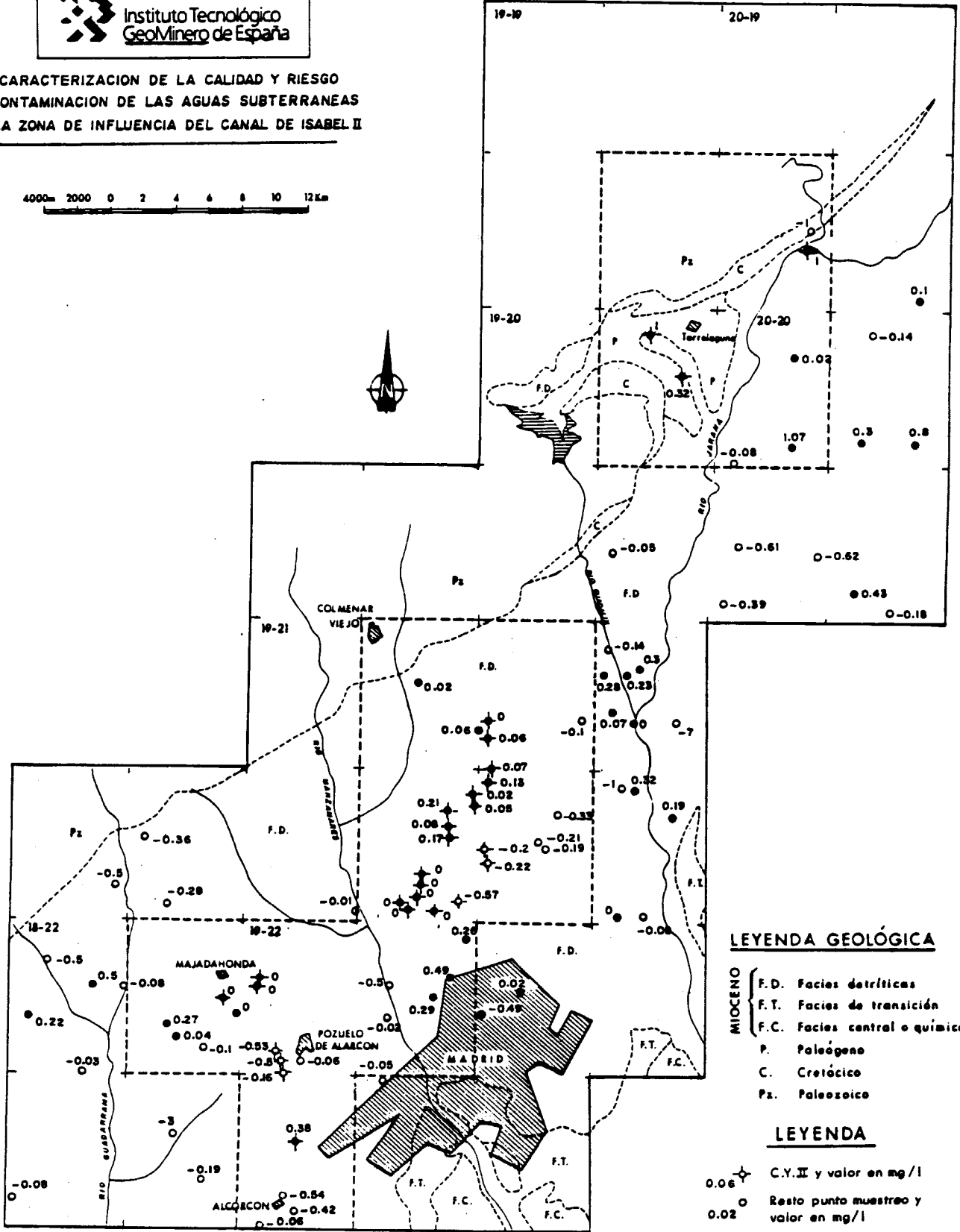
VARIACION DE  $Mg$  (OTOÑO-PRIMAVERA 1995)



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12 Km



LEYENDA GEOLÓGICA

- MIOCENO {  
 F.D. Facies detríticas  
 F.T. Facies de transición  
 F.C. Facies central o química  
 P. Paleógeno  
 C. Cretácico  
 Pz. Paleozoico

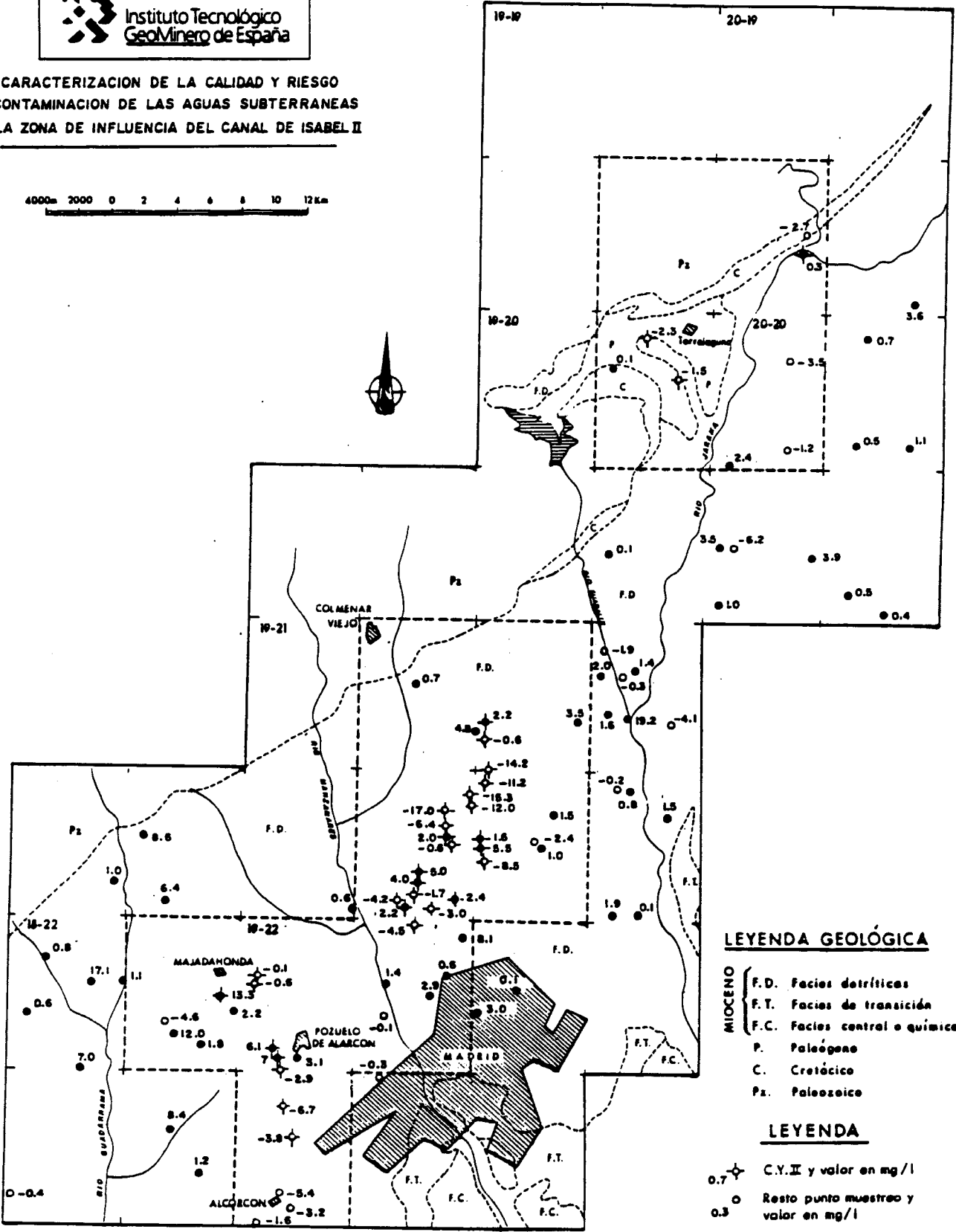
LEYENDA

- 0.06 ✦ C.Y.II y valor en mg/l  
 0.02 ○ Resto punto muestreo y valor en mg/l  
 ○ Valores negativos  
 ● Valores positivos

VARIACION DE K (OTOÑO-PRIMAVERA 1995)

PLANO 6.2.7

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**



**LEYENDA GEOLOGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central e química
  - P. Paleógeno
  - C. Cretácico
  - Ps. Paleozoico

**LEYENDA**

- 0.7 ✦ C.Y.II y valor en mg/l
- Resto punto muestreo y valor en mg/l
- Valores negativos
- Valores positivos

**VARIACION DE SiO<sub>2</sub> (OTOÑO-PRIMAVERA 1995)**



Instituto Tecnológico  
Agrario de Castilla-La Mancha

# Variación de la conductividad. Primavera-Otoño 95.

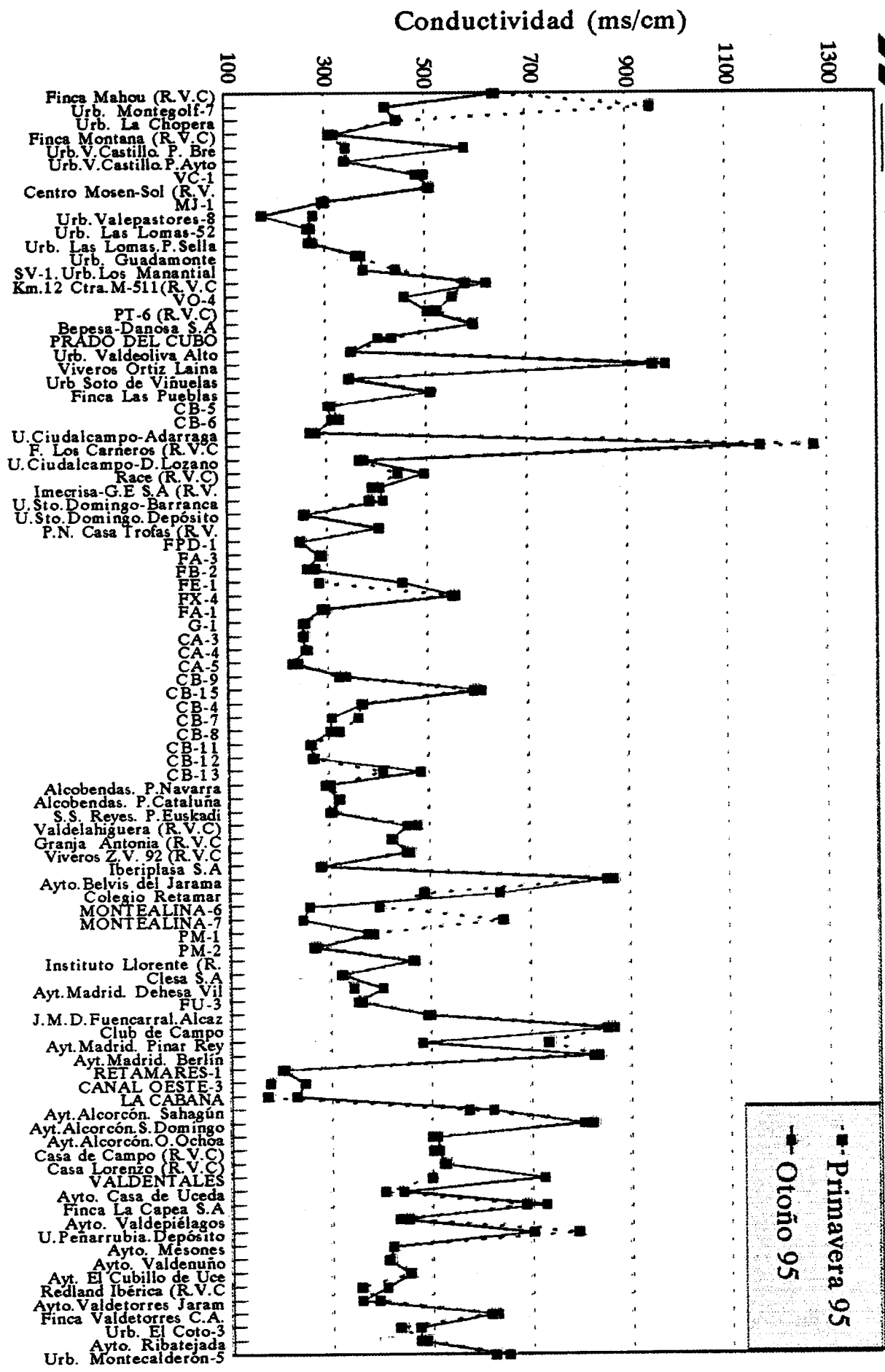


Figura 6.2.4

Puntos muestreados en ambas campañas





Variaciones de Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )

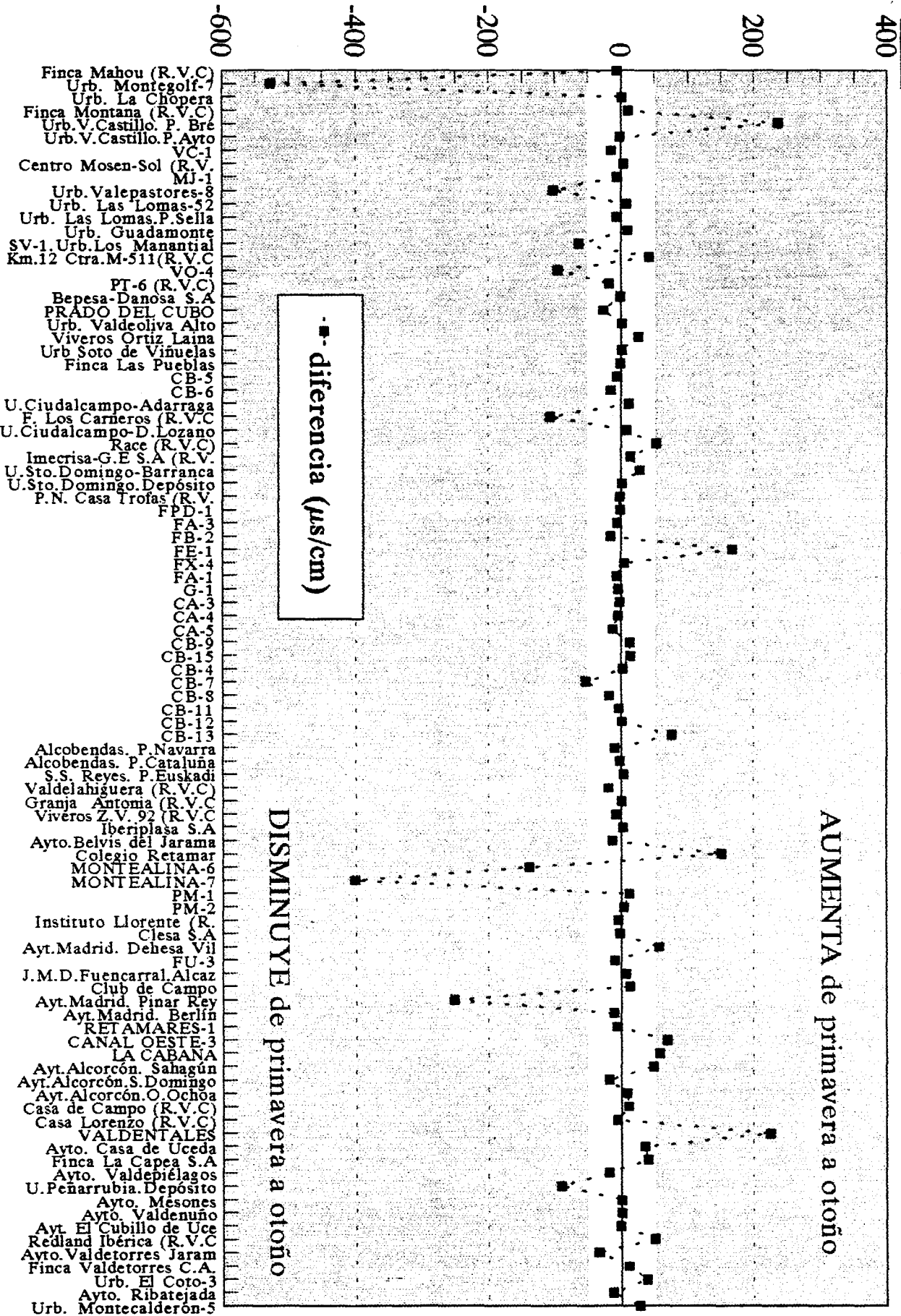


Figura 6.2.5

Puntos muestreados en ambas campañas

Por lo que se refiere a la disminución de conductividad, ésta se detecta en 48 sondeos. La máxima disminución se detecta en el sondeo de la Urbanización Montegolf, con 528  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Destaca, igualmente, la disminución de 401  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el sondeo Montealina 7. El valor mínimo corresponde a 1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El valor medio de esta disminución es de 45  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El 79 % de los sondeos presenta disminuciones de conductividad comprendidas entre 0 y 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

En el cuadro 6.2.5 se presentan los puntos en que se han detectado variaciones de conductividad de más de 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

De los 94 análisis considerados (muestreados en ambas campañas) se presentan variaciones de conductividad por encima de los 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en 20, lo que representa que se ha detectado una variación de conductividad por encima de este valor en el 21 % de los sondeos. De éstos 20 sondeos 10 presentan aumento y otros 10 disminución de conductividad. Aumentos o disminuciones de conductividad superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  sólo se detectan en 10 sondeos (10.6 %).

Por lo que respecta a los aumentos, el máximo detectado ha sido de 236  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el citado sondeo de la Urbanización de Villafranca del Castillo (Pozo Brezos); el mínimo detectado ha sido de 51  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el sondeo Redland Ibérica. El valor medio de estos aumentos se sitúa en 114  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Son de destacar los porcentajes de aumento sobre las conductividades de primavera que oscilan entre el 12 y el 69%, detectados en los mencionados sondeos. El porcentaje medio de variación es del 33.5 %.

Por lo que se refiere a las disminuciones de conductividad, el máximo detectado ha sido de 528  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el sondeo de la Urbanización Montegolf, ya mencionado; el mínimo corresponde a 53  $\mu\text{S}/\text{cm}$  observado en el sondeo CB-7. El valor medio de estas disminuciones es de 183  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los porcentajes de disminución sobre los valores de primavera oscilan entre el 8 y el 62 % .

Como se deduce del cuadro 6.2.6, estas variaciones, en general, están ligadas, respectivamente, a aumentos o disminuciones de concentración de sulfatos y bicarbonatos y, con menor incidencia, a aumentos o disminuciones de concentraciones de cloruros, sodio y calcio.

Cuadro 6.2.6. Iones relacionados con las variaciones de conductividad de mas de 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

**AUMENTO**

<b>SONDEO</b>	<b><math>\mu\text{S}/\text{cm}</math></b>	<b>Ligado a aumento de</b>
U. Villafranca. C. P Brezos	236	Cl, HCO <sub>3</sub> , Mg, Ca
Race	53	HCO <sub>3</sub> , Ca

SONDEO	$\mu\text{S/cm}$	Ligado a aumento de
FE-1	167	$\text{SO}_4, \text{HCO}_3, \text{Na}$
CB-13	76	$\text{SO}_4, \text{Na}$
Colegio Retamar	151	$\text{Cl}, \text{SO}_4, \text{Ca}$
Ayto. Madrid. Dehesa Villa	57	$\text{SO}_4, \text{y (*)}$
Canal del Oeste-3	69	$\text{HCO}_3, \text{y (*)}$
La Cabaña	58	(*)
Valdetales	225	$\text{SO}_4, \text{HCO}_3, \text{Ca}$
Redland Ibérica	51	$\text{Cl}, \text{HCO}_3$

#### DISMINUCIÓN

SONDEO	$\mu\text{S/cm}$	Ligado a disminución de
U.Montegolf	528	$\text{Cl}, \text{SO}_4, \text{Na}$
U.Valdepastores	102	$\text{HCO}_3, \text{Ca}$
SV-1	64	$\text{HCO}_3$
VO-4	95	$\text{HCO}_3$
Finca Los Carneros	107	$\text{SO}_4, \text{Na}, \text{Mg}$
CB-7	53	$\text{HCO}_3, \text{Ca}, \text{SiO}_2$
Montealina-6	139	$\text{SO}_4, \text{Na}$
Montealina-7	401	$\text{Cl}, \text{SO}_4, \text{Na}$
Ayto. Madrid Pinar Rey	252	$\text{SO}_4, \text{NO}_3, \text{Ca}$
U.Peñarubia. Depósito	91	$\text{Cl}$

(\*) Iones con variación inferior a 10 mg/l.

Por lo que se refiere a las situaciones de aumento de conductividad las únicas situaciones que presentan alguna peculiaridad son :

→Sondeo FE-1, muestreado en la campaña de otoño tras un cese de explotación en el mismo durante los meses de verano.

→Sondeo de la Dehesa de la Villa. No se utiliza y fue muestreado treinta minutos después de su puesta en marcha.

→Sondeo Valdetales. Muestreado en bombeo en primavera, hubo de ser muestreado con tomamuestras en otoño. Aunque en la columna litológica de este sondeo no se han descrito la presencia de facies evaporíticas, en la del PT-4, situado a unos 300 m de éste, aparte de intercalaciones dispersas, se han detectado yesos en los metros 17 a 27 y 70 al 93.

Cuadro 6.2.5

RELACIÓN DE SONDEOS CON VARIACIONES DE  
CONDUCTIVIDAD SUPERIORES A 50  $\mu\text{s/cm}$

## AUMENTOS

SONDEO	Cond. ( $\mu\text{s/cm}$ ) Primavera	Cond. ( $\mu\text{s/cm}$ ) Otoño	diferencia	% diferencia sobre primav
Urb.V.Castillo. P. Brezos	343	579	236	68,8
Race (R.V.C)	443	496	53	11,9
FE-1	285	452	167	58,6
CB-13	410	486	76	18,5
Colegio Retamar	491	642	151	30,8
Ayt.Madrid. Dehesa Villa	350	407	57	16,3
CANAL OESTE-3	181	250	69	38,1
LA CABAÑA	175	233	58	33,1
VALDENTALES	503	728	225	44,7
Redland Ibérica (R.V.C)	361	412	51	14,1
valor medio			114,3	33,5

\*datos de 94 análisis

## DISMINUCIÓN

SONDEO	Cond. ( $\mu\text{s/cm}$ ) Primavera	Cond. ( $\mu\text{s/cm}$ ) Otoño	diferencia	% diferencia sobre primav
Urb. Montegolf-7	950	422	528	55,6
Urb. Valepastores-8	277	175	102	36,8
SV-1.Urb.Los Manantiales	442	378	64	14,5
VO-4	554	459	95	17,1
F. Los Carneros (R.V.C)	1275	1168	107	8,4
CB-7	362	309	53	14,6
MONTEALINA-6	401	262	139	34,7
MONTEALINA-7	649	248	401	61,8
Ayt.Madrid. Pinar Rey	738	486	252	34,1
U.Peñarrubia.Depósito	796	705	91	11,4
valor medio			183,2	28,9

\*datos de 94 análisis

Por lo que se refiere a disminuciones, las únicas situaciones con alguna peculiaridad son las de los sondeos Montegolf, con una parada de cuatro días antes de su muestreo, y Pinar del Rey, que no se utiliza y sólo fue bombeado para tomar la muestra.

En el plano 6.2.9 se presenta la distribución espacial de las variaciones generales de conductividad.

Destaca, en primer lugar, el hecho de la dispersión de valores de aumento y disminución por toda la zona y la circunstancia de que el aumento o disminución de conductividad no aparece relacionado inequívocamente con una zona, una profundidad, una facies litológica determinada o con una situación hidrogeológica concreta (zonas de recarga -interfluvio- o de descarga -valle-).

Es de destacar, igualmente, el hecho del contraste de comportamiento en pozos muy próximos en que, frente a disminuciones acusadas de conductividad en unos, se presenta el hecho de aumento notable de la misma en otros o viceversa.

Tal es el caso, por ejemplo, de los sondeos Montealina 6 y 7 y el del Colegio Retamar en que, frente a disminuciones de conductividad de 139 y 401  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en los dos primeros, se produce un aumento de 151  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el tercero.

Otro caso muy llamativo es el de el sondeo FE-1 en el que se detecta un aumento de 167  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de conductividad mientras en los sondeos más próximos se detectan disminuciones que no sobrepasan los 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Como se ha indicado anteriormente, estas variaciones aparentemente anómalas deben ser interpretadas como resultado de la influencia del entorno próximo de cada punto y, probablemente, del régimen de explotación de cada sondeo.

### **6.2.1.3 Variaciones de concentración de nitratos**

Por lo que se refiere a las variaciones de concentración de nitratos, en el cuadro 6.2.2 se incluyen los datos de estas variaciones.

De las 94 muestras consideradas, 80 (85 %) presentan variaciones de concentración inferiores a 5 mg/l.

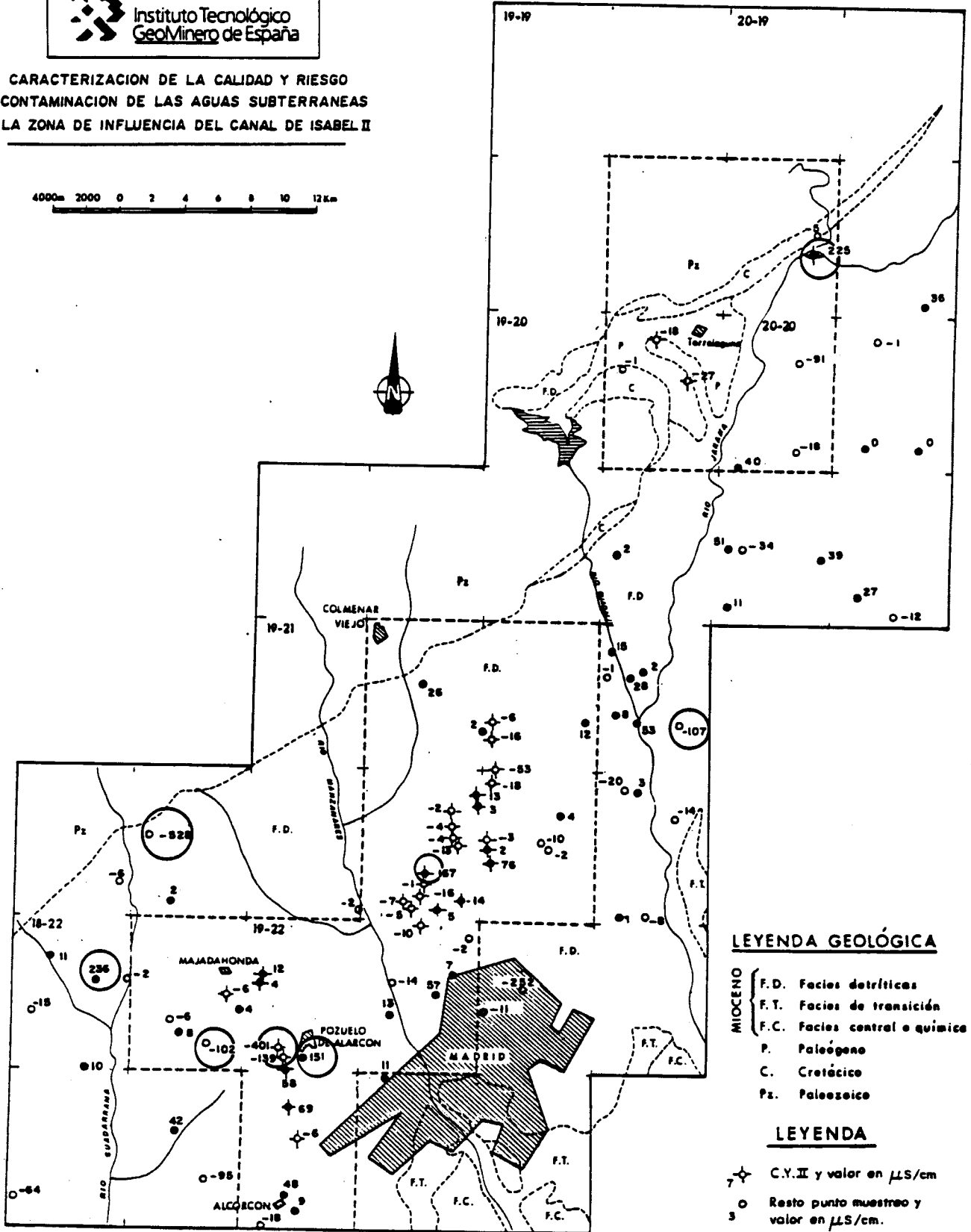
En el cuadro 6.2.7 se incluye la relación de puntos en que se detectan variaciones de concentración de nitratos superiores a 5 mg/l. Únicamente el 15 % presenta variaciones de esta magnitud. De este



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12 Km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO {  
 F.D. Facies detríticas  
 F.T. Facies de transición  
 F.C. Facies central e química  
 P. Paleógeno  
 C. Cretácico  
 Pz. Paleozoico

**LEYENDA**

- ✦ C.Y.II y valor en  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Resto punto muestreo y valor en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- Valores negativos
- Valores positivos
- Puntos anómalos

VARIACION DE CONDUCTIVIDAD (OTOÑO-PRIMAVERA 1995)

PLANO 6.2.9

Cuadro 6.2.7

RELACIÓN DE SONDEOS CON VARIACIONES DE CONCENTRACIÓN  
DE NITRATOS SUPERIORES A 5 mg/l

## AUMENTOS

SONDEO	NO <sub>3</sub> <sup>=</sup> (mg/l) Primavera	NO <sub>3</sub> <sup>=</sup> (mg/l) Otoño	diferencia	% diferencia sobre primav.
Urb. V.Castillo. P. Brezos	1	10	9	900,0
Centro Mosen-Sol (R.V.C)	102	112	10	9,8
Urb. Guadamonte	9	17	8	88,9
Race (R.V.C)	1	13	12	1200,0
Colegio Retamar	48	60	12	25,0
Ayt.Alcorcón. Sahagún	62	68	6	9,7
Finca La Capea S.A	25	31	6	24,0
Redland Ibérica (R.V.C)	7	13	6	85,7
<b>valor medio</b>			<b>8,6</b>	<b>292,9</b>

\*datos de 94 análisis

## DISMINUCIÓN

SONDEO	NO <sub>3</sub> <sup>=</sup> (mg/l) Primavera	NO <sub>3</sub> <sup>=</sup> (mg/l) Otoño	diferencia	% diferencia sobre primav.
PRADO DEL CUBO	10	4	6	60,0
CB-15	8	1	7	87,5
CB-4	8	2	6	75,0
CB-7	6	0,5	6	91,7
Ayt.Madrid. Pinar Rey	48	28	20	41,7
Ayto.Valdetorres Jarama	16	9	7	43,8
<b>valor medio</b>			<b>8,6</b>	<b>66,6</b>

\*datos de 94 análisis

porcentaje el 9,5 % (8 puntos) presenta aumento y el 7 % (6 puntos) presenta disminución.

Las variaciones de concentración de más de 5 mg/l no sobrepasan los 12 mg/l en el caso de aumento ni los 20 mg/l en el caso de disminución. (Figura 6.2.6.)

Aunque los porcentajes de variación sobre los datos de primavera pueden llegar a ser espectaculares (1200 % en el caso del sondeo del RACE) no debe perderse de vista que las variaciones en valores absolutos no sobrepasan como media los 9 mg/l.

En el plano 6.2.10 se presenta la distribución espacial de las variaciones de nitratos.

Al igual que en el caso de los iones mayoritarios y conductividad, se observa una dispersión generalizada de valores de aumento y disminución por toda la zona sin una tendencia inequívoca a la concentración de puntos con aumento o disminución de concentraciones de nitratos en áreas determinadas.

En cualquier caso, la ausencia de aumentos de concentración significativos parece descartar la incidencia generalizada de focos de contaminación generadores de este constituyente. Únicamente en los sondeos del centro Mosén-Sol y del Parque Sahagún del Ayuntamiento de Alcorcón se sigue sobrepasando el límite de la R.T.S; en el Colegio Retamar el aumento producido hace que se sobrepase dicho límite.

#### 6.2.1.4 Variaciones de concentración de iones minoritarios.

El estudio de variación de constituyentes minoritarios se elabora sobre los mismos puntos con análisis que el de mayoritarios.

Los datos de análisis se incluyen en la correspondiente ficha de inventario. Un resumen de estos datos se incluye en el anexo 6.2.1.

En el cuadro 6.2.8 y en la figura 6.2.7 se presentan los datos de frecuencia de variación de cada constituyente :

Cuadro 6.2.8 Frecuencia de variación concentración de elementos minoritarios.(%)

Elemento	Aumentan	Disminuyen	Estables
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	18	15	67





# Variaciones de concentración de nitratos. Primavera-Otoño 95.

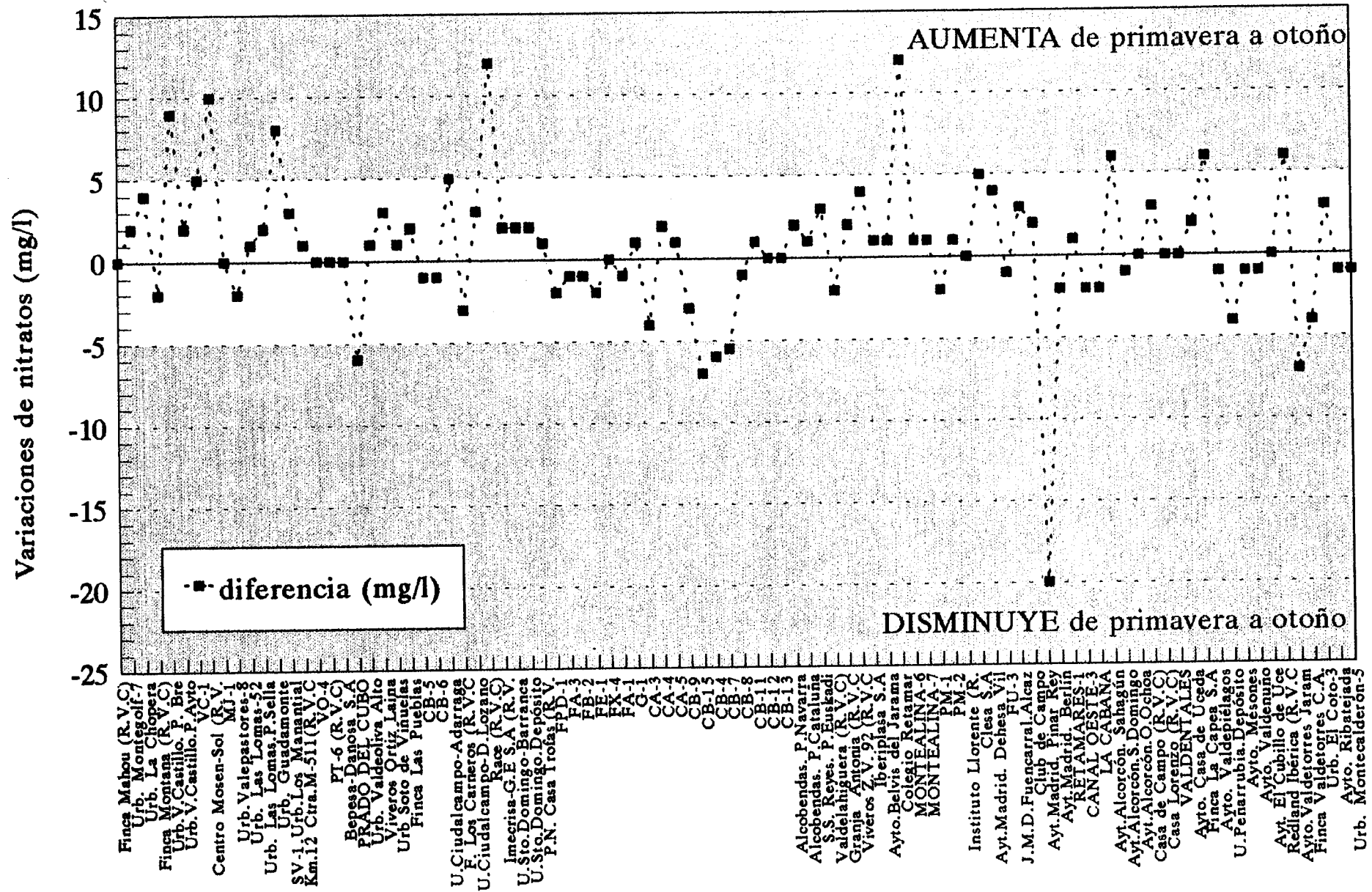
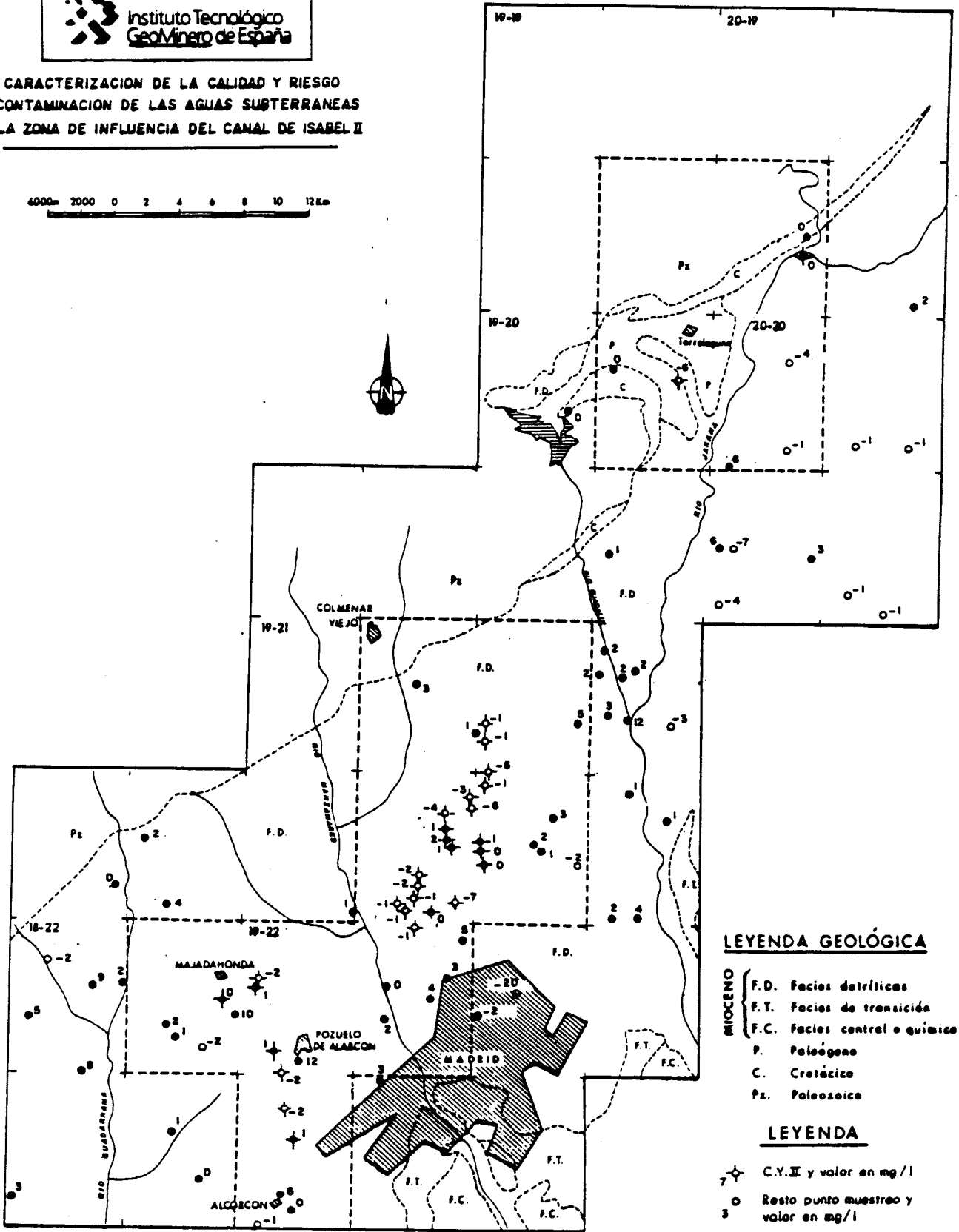


Figura 6.2.6

Puntos muestrados en ambas campañas

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
  - P. Paleógeno
  - C. Cretácico
  - Pz. Paleozoico

**LEYENDA**

- 7 ✦ C.Y.II y valor en mg/l
- Resto punto muestreo y valor en mg/l
- Valores negativos
- Valores positivos

VARIACION DE NO<sub>3</sub> (OTOÑO-PRIMAVERA.1995)

## Frecuencia de variación de concentraciones de constituyentes minoritarios PRIMAVERA - OTOÑO 95

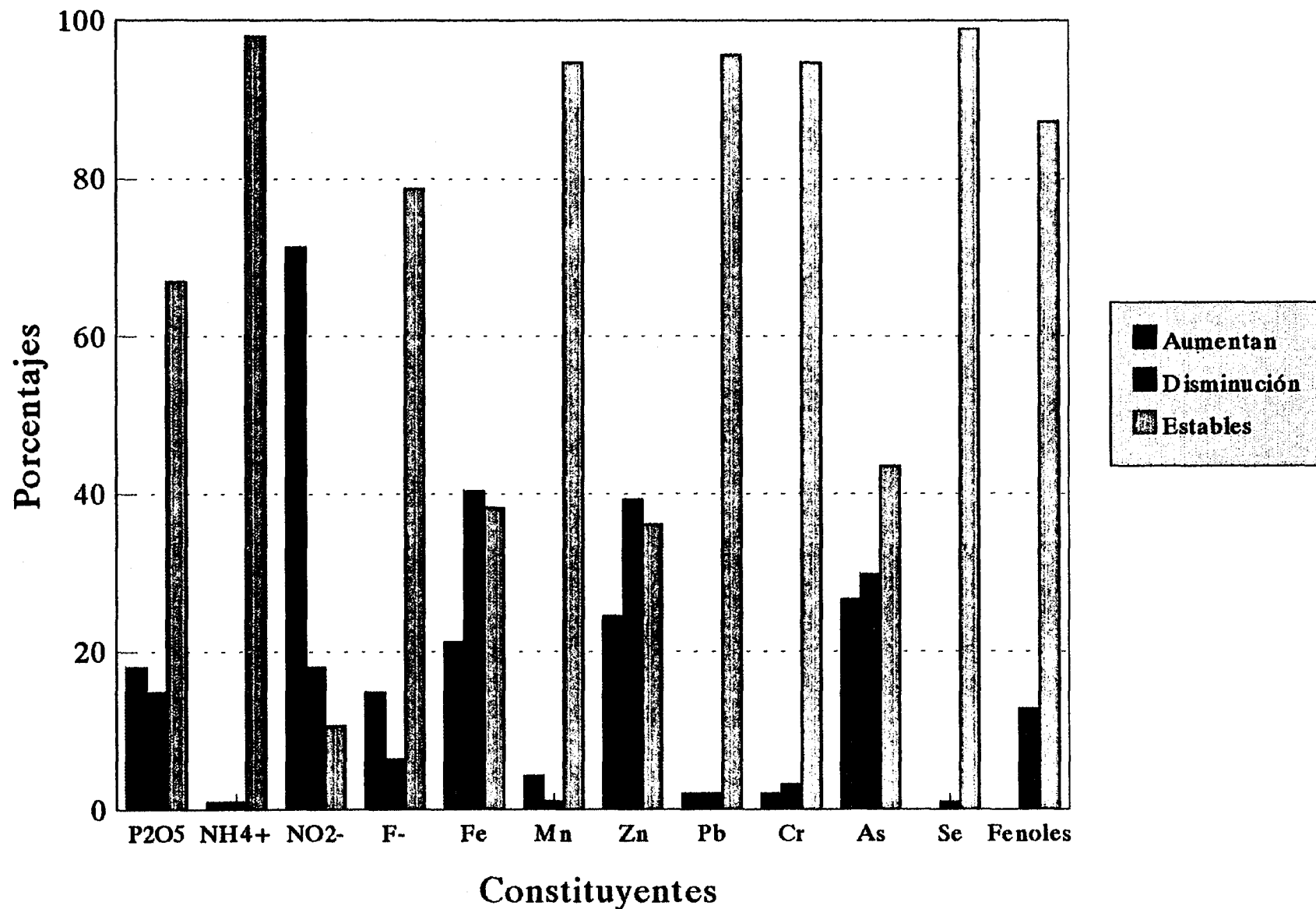


Figura 6.2.7

Elemento	Aumentan	Disminuyen	Estables
NH <sub>4</sub>	1	1	98
NO <sub>2</sub>	71	18	11
F	15	6	79
Fe	21	40	39
Mn	4	1	95
Zn	24	39	36
Pb	2	2	96
Cr	2	3	95
As	27	30	43
Se	0	1	99
Fenoles	0	13	87

Destaca la situación de estabilidad (no variación de concentración) de la mayor parte de estos constituyentes, estables en el 60-99 % de las ocasiones, excepto en el caso de NO<sub>2</sub>, Fe, Zn y As que sólo se mantienen estables en el 11, 39, 36 y 43 % de las ocasiones, respectivamente.

En el cuadro 6.2.9 se incluyen datos estadísticos de variación de concentraciones y los rangos de variación de estos constituyentes.

En el cuadro 6.2.10, resumen del anterior, y en la figura 6.2.8 se presentan los rangos de variación (mg/l) más frecuentes para estos elementos.

Cuadro 6.2.10 Rangos mas frecuentes de variación de concentraciones de elementos minoritarios.

Elemento	AUMENTO		DISMINUCIÓN	
	RANGO	%	RANGO	%
P2O <sub>3</sub>	0 - 0,1	71	0 - 0,1	71
NH <sub>4</sub>	-	-	-	-
NO <sub>2</sub>	0 - 0,1	88	0 - 0,1	59
F	0 - 1,5	100	0 - 1,5	83
Fe	0 - 0,2	60	0 - 0,2	90
Mn	0 - 0,05	50	-	-

Cuadro 6.2.9

**DATOS ESTADÍSTICOS Y RANGOS DE VARIACIÓN DE  
CONCENTRACIONES DE ELEMENTOS MINORITARIOS**

AUMENTO									DISMINUCION							
CONST.	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%
P2O5	17	1,800	0,03	0,21	0,400	0-0,1	12	70,6	14	0,26	0,060	0,100	0,050	0-0,1	10	71,4
						0,1-2	5	29,4						0,1-0,3	4	28,6
NH4+	1	0,050	0,05	0,05					1	0,01	0,010	0,010				
NO2-	67	0,370	0,01	0,07	0,051	0-0,1	59	88,1	17	0,61	0,010	0,110	0,140	0-0,1	10	58,5
						0,1-0,4	8	11,9						0,1-0,7	7	41,2
F-	14	0,900	0,2	0,51	0,180	0-1,5	14	100,0	6	2,3	0,100	0,550	0,795	0-1,5	5	83,3
														1,5-2,5	1	16,7
Fe	20	3,453	0,001	0,44	0,770	0-0,2	12	60,0	38	0,261	0,006	0,099	0,063	0-0,2	34	89,5
						0,2-4	8	40,0						0,2-0,3	4	10,5
Mn	4	0,100	0,033	0,06	0,026	0-0,05	2	50,0	1	0,032	0,032	0,032				
						0,05-0,1	2	50,0								
Zn	23	0,560	0,02	0,12	0,137	0-0,1	15	65,2	37	0,53	0,010	0,151	0,122	0-0,1	20	54,1
						0,1-0,5	7	30,4						0,1-0,5	16	43,2
						0,5-0,6	1	4,3						0,5-0,6	1	2,7
Pb	2	0,045	0,025	0,04	0,010	0-0,05	2	100,0	2	0,065	0,034	0,049	0,020	0-0,05	1	50,0
														0,05-0,1	1	50,0
Cr	2	0,038	0,025	0,03	0,006	0-0,05	2	100,0	3	0,112	0,025	0,062	0,037	0-0,05	2	66,7
														0,05-0,2	1	33,3
As	25	0,068	0,003	0,02	0,019	0-0,05	22	88,0	28	0,11	0,004	0,027	0,023	0-0,05	24	85,7
						0,05-0,1	3	12,0						0,05-0,15	4	14,3
Se	0								1	0,012	0,012	0,012				
Fenoles	0								12	0,0010	0,0005	0,0009	0,0001	0-0,0005	1	8,4
														0,0005-0,001	11	91,6

## Rangos más frecuentes de variación de concentración de constituyentes minoritarios PRIMAVERA-OTOÑO 95.

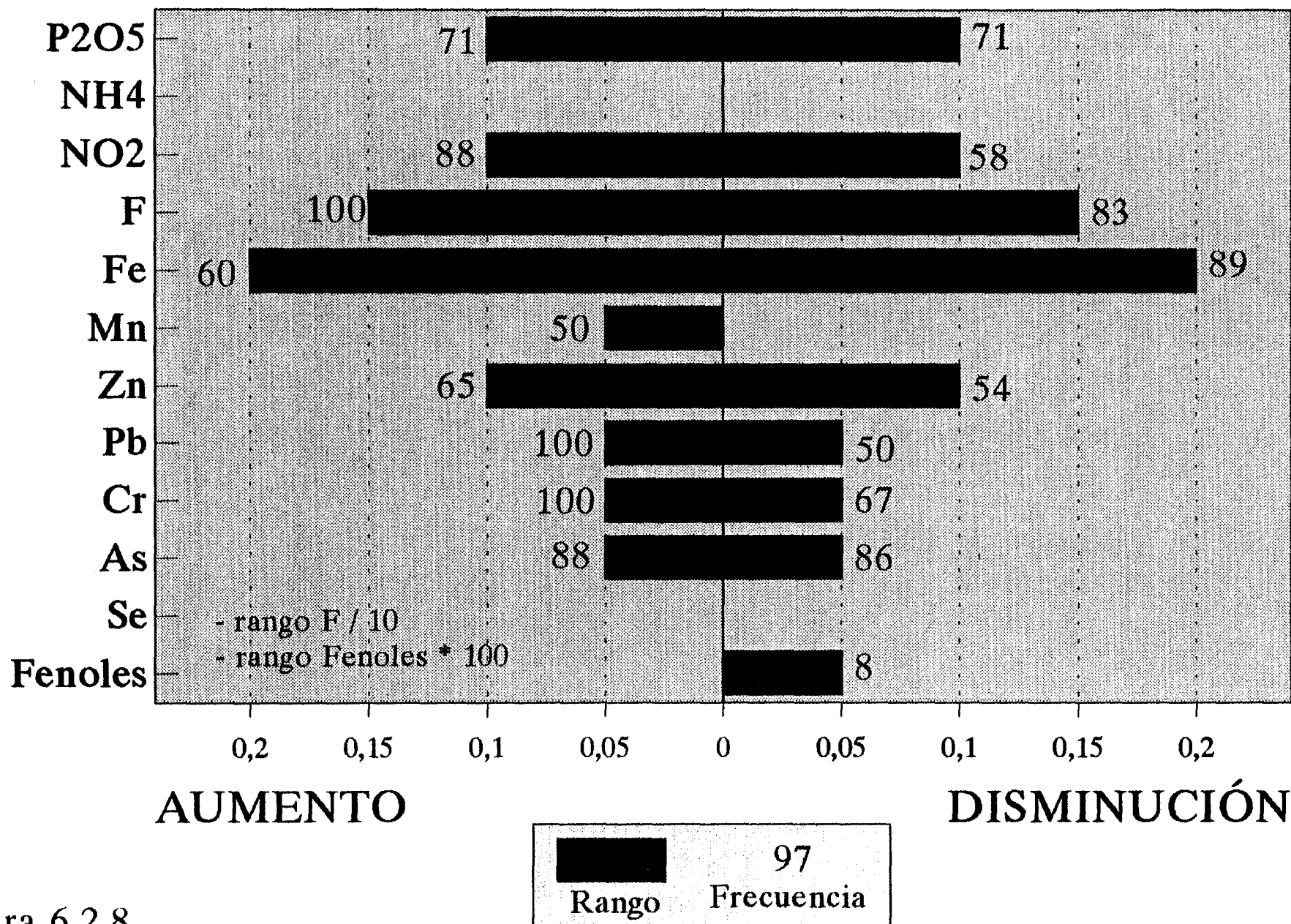


Figura 6.2.8

Elemento	AUMENTO		DISMINUCIÓN	
	RANGO	%	RANGO	%
Zn	0 - 0,1	65	0 - 0,1	54
Pb	0 - 0,05	100	0 - 0,05	50
Cr	0 - 0,05	100	0 - 0,05	67
As	0 - 0,05	88	0 - 0,05	86
Se	-	-	-	-
Fenoles	-	-	0,0005 - 0,001	92

(Valores extremos de los rangos tomados iguales a los límites de potabilidad de la R.T.S.)

En el cuadro 6.2.11 y en la figura 6.2.9 se incluyen los datos de variaciones medias de estos elementos.

Cuadro 6.2.11 Variaciones medias de concentración de elementos minoritarios.

Elemento	AUMENTO		DISMINUCIÓN	
	Variación media	$\sigma$	Variación media	$\sigma$
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,21	0,4	0,1	0,05
NH <sub>4</sub>	0,05	-	0,01	-
NO <sub>2</sub>	0,07	0,05	0,11	0,14
F	0,51	0,18	0,55	0,79
Fe	0,44	0,77	0,099	0,063
Mn	0,06	0,02	0,032	-
Zn	0,12	0,12	0,151	0,122
Pb	0,04	0,01	0,049	0,02
Cr	0,03	0,006	0,062	0,037
As	0,02	0,019	0,027	0,023
Se	-	-	0,012	-
Fenoles	-	-	0,0009	0,0001

Por lo que se refiere a la persistencia o no de elementos minoritarios la situación queda reflejada en el cuadro 6.2.12.

Cuadro 6.2.12 Persistencia de elementos minoritarios

Elemento	Nº de puntos de nueva aparición	Nº de puntos en que desaparecen
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	11	10
NH <sub>4</sub>	1	1
NO <sub>2</sub>	39	1
F	11	1
Fe	9	31
Mn	4	1
Zn	13	21
Pb	2	2
Cr	2	2
As	4	15
Fenoles	0	12

El caso más llamativo, reflejado en el plano 6.2.11 es el de la aparición de NO<sub>2</sub> en 39 sondeos y la desaparición de los mismos en un único sondeo.

En dicho plano se pone de manifiesto la existencia de tres zonas de localización preferente de sondeos en que se detecta por primera vez la aparición de nitritos : área de Mesones-Torrelaguna, Fuencarral-S. Sebastián de los Reyes (área sur del Canal Bajo) y zona norte del casco urbano de Madrid. En la zona sur la aparición de nitritos se produce de forma mucho más dispersa.

Mientras las áreas de Mesones y zona norte del casco urbano de Madrid tienen en común el hecho de la ubicación de sondeos en zonas urbanizadas o muy próximas a ellas, la zona de Fuencarral-área sur del Canal Bajo no presenta esta característica.

La aparición de nitritos por primera vez se detecta tanto en sondeos en explotación continuada como en sondeos que habitualmente no son utilizados o, incluso, están sin instalar.

La magnitud de los aumentos detectados, generalmente centésimas de mg/l, parece descartar un proceso generalizado de contaminación intensa.

Sin descartar eventuales situaciones puntuales de contaminación leve, probablemente esta situación



## Variaciones medias de concentración de constituyentes minoritarios PRIMAVERA-OTOÑO 95

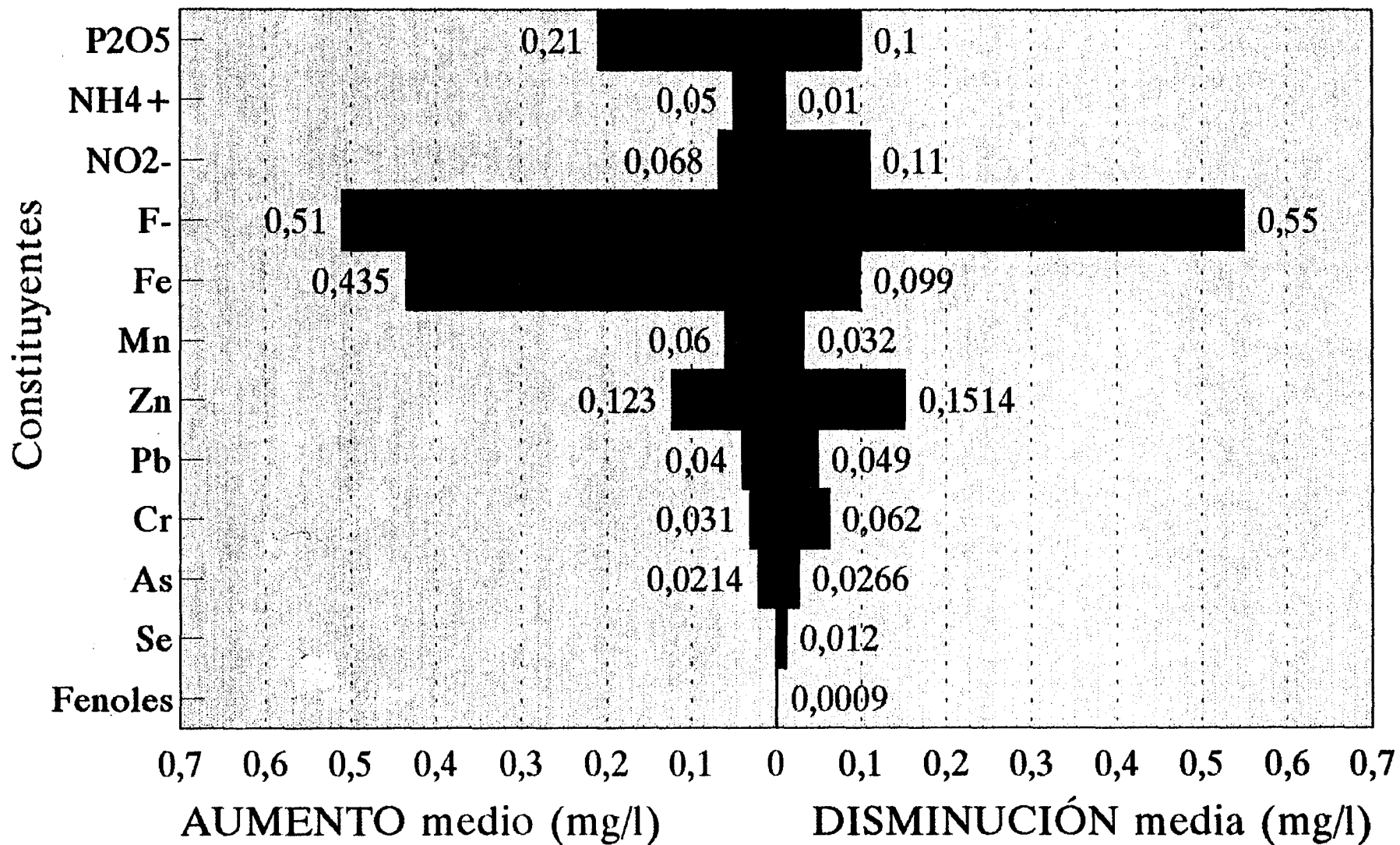
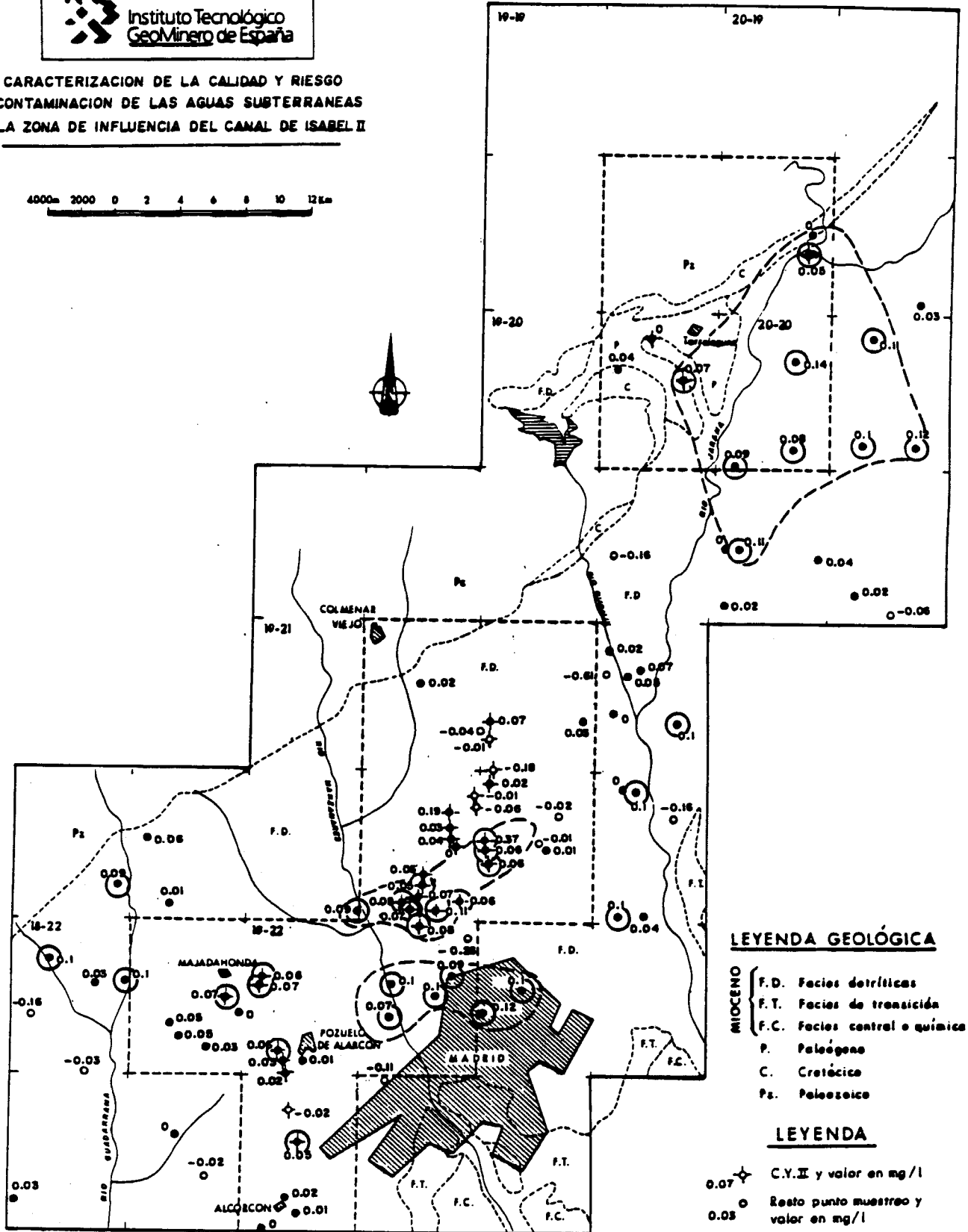


Figura 6.2.9



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- P. Paleógeno**  
**C. Cretácica**  
**Ps. Paleozoico**

**LEYENDA**

- 0.07 ◆ C.Y.II y valor en mg/l
- 0.05 ○ Resto punto muestreo y valor en mg/l
- Valores negativos
- Valores positivos
- Puntos en los que aparecen NO<sub>2</sub> por primera vez en otoño
- Áreas de concentración de puntos con aparición de nitritos en otoño

**VARIACION DE NO<sub>2</sub> (OTOÑO-PRIMAVERA 1995)**

de nueva aparición puede achacarse a procesos naturales poco intensos de oxidación o reducción de especies nitrogenadas en el acuífero (en todos ellos se detecta la existencia de nitratos y la inexistencia de amonio) o, en algunos casos, al mismo tipo de proceso durante el almacenamiento o el análisis de las muestras.

La situación descrita en relación con los nitratos y nitritos no es inusual. La detección de presencia de nitritos en aguas subterráneas, aún muy por encima de las concentraciones observadas en la zona, es bastante frecuente ya que, aunque las formas reducidas del nitrógeno normalmente se transforman en nitratos en la mayor parte de los sistemas naturales, hay numerosas evidencias de que a menudo existen cantidades significativas de nitrógeno reducido en muchos de ellos.

Por otra parte, la oxidación y reducción de los compuestos del nitrógeno en fase acuosa está íntimamente ligada a la actividad biológica y tanto las vías de transformación como los productos finales depende muy estrechamente del tipo y número de especies presentes en el agua.

Estos aspectos son aún bastante desconocidos y están poco justificados en general. Los aspectos microbiológicos en relación con la transformación de especies nitrogenadas son totalmente desconocidos en el área de estudio, particularmente en zonas intermedias o profundas del acuífero.

Excepto en el caso de los fenoles, que no se detectan en ningún sondeo en la campaña de otoño, no parece evidenciarse una tendencia clara a la aparición/desaparición de elementos minoritarios en la campaña de otoño. Los casos más llamativos son los de aparición de  $P_2O_5$ , F, Fe y Zn y los de desaparición de  $P_2O_5$ , Fe, Zn y As en los puntos que se indica en el cuadro anterior.

En los planos 6.2.12 a 6.2.16 se puede observar la distribución espacial de las variaciones de los elementos minoritarios.

Al igual que en el caso de los elementos mayoritarios no se observa en general una localización predominante de las variaciones detectadas ni éstas están restringidas a profundidades determinadas ni a situaciones hidrogeológicas concretas.

Se aparta de esta apreciación general el caso del As que, con excepciones, presenta aumentos localizados en los sondeos de los campos de Fuencarral, Canal Alto - El Goloso y Canal Bajo, situación que se refleja en el plano 6.2.16.

En los sondeos FB-2 y PM-1 aparece por primera vez este elemento en la campaña de otoño con concentraciones de 0.039 y 0.025 mg/l, respectivamente.

Los bajos aumentos de concentración observados no son achacables a procesos de contaminación sino, probablemente, a pequeñas variaciones de la composición mineralógica del entorno inmediato de los sondeos e, incluso, a procesos de disolución de los materiales de las tuberías (Fe, Zn, As) y al régimen de explotación de los mismos.

#### 6.2.1.5 Aptitud del agua para consumo humano. (Otoño 1995)

Revisada la situación general de las variaciones de composición química de las aguas subterráneas en el conjunto de la zona, resta por comentar la aptitud de estas aguas para su utilización en abastecimiento humano.

En el cuadro 6.2.13 se incluye la relación de sondeos en que las concentraciones de algunos elementos sobrepasan los límites de la RTS en ciertos caracteres fisicoquímicos, sustancias no deseables o sustancias tóxicas en la campaña de otoño.

En el cuadro 6.2.14 se incluyen, como resumen del anterior, los datos de frecuencia con que se han detectado puntos en que se igualan o sobrepasan algunos de los límites de la R.T.S. en la campaña de otoño.

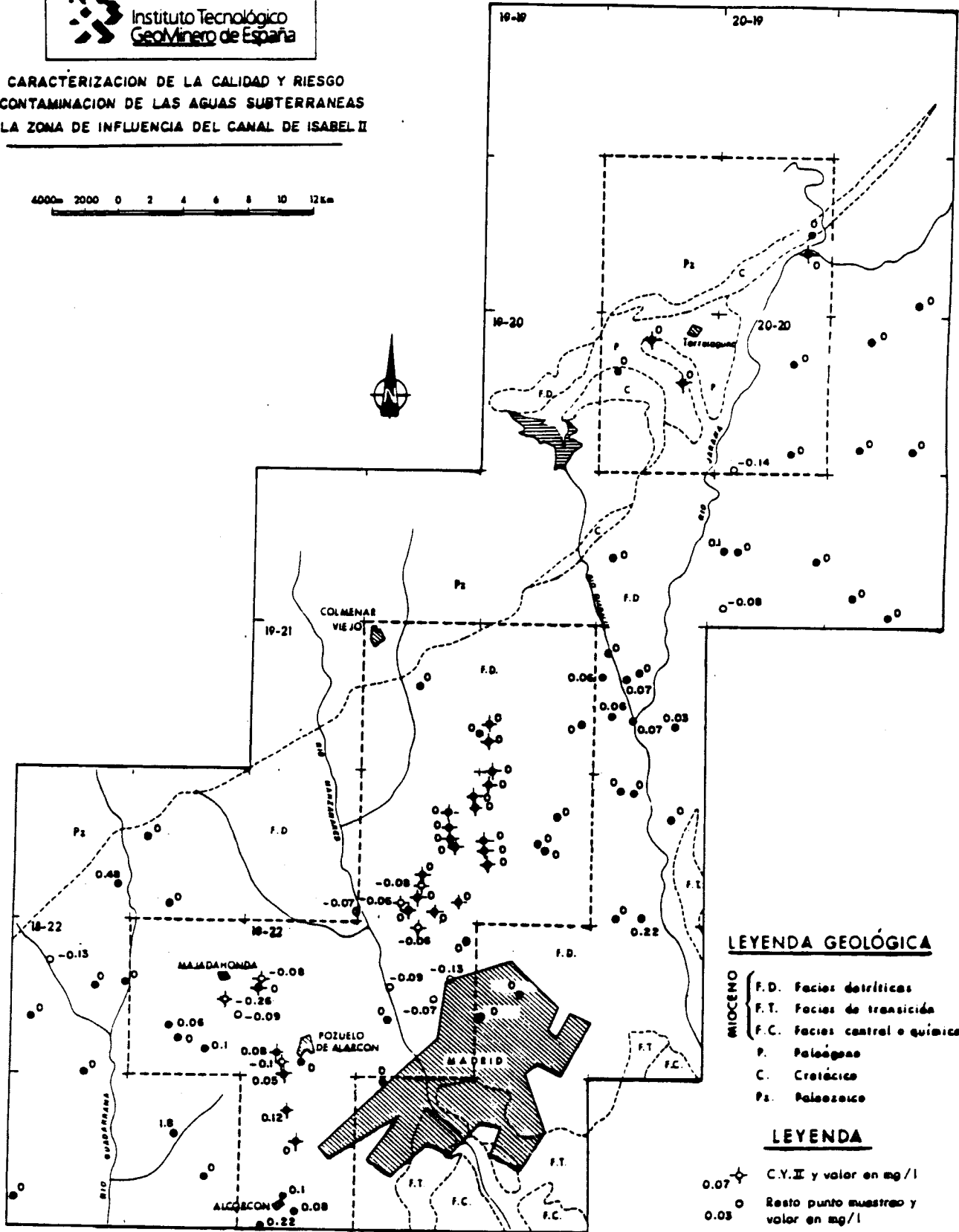
Cuadro 6.2.14 Frecuencia de detección de concentraciones iguales o superiores a los límites de la R.T.S

Elemento	Límite	Nº puntos	%	Concentración media	$\sigma$
SO <sub>4</sub>	250	2	2,1	381	185
Mg	50	1	1,0	-	-
Na	150	2	2,1	215	61
K	12	1	1,0	25	-
NO <sub>3</sub>	50	7	7,4	66	20
NO <sub>2</sub>	0,1	28	29,7	0,11	0,02
Fe	0,2	7	7,4	2,47	3,2
Mn	0,05	2	2,1	0,08	0,02
F	1,5	1	1,0	2	-
As	0,05	4	4,2	0,058	0,005

Destaca el caso, ya comentado, de los nitritos, detectados en concentraciones iguales o superiores



**CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central e química
  - P. Paleógeno
  - C. Cretácico
  - Ps. Paleozoico

**LEYENDA**

- 0.07 \* C.Y.II y valor en mg/l
- Resto punto muestreo y valor en mg/l
- Valores negativos
- Valores positivos

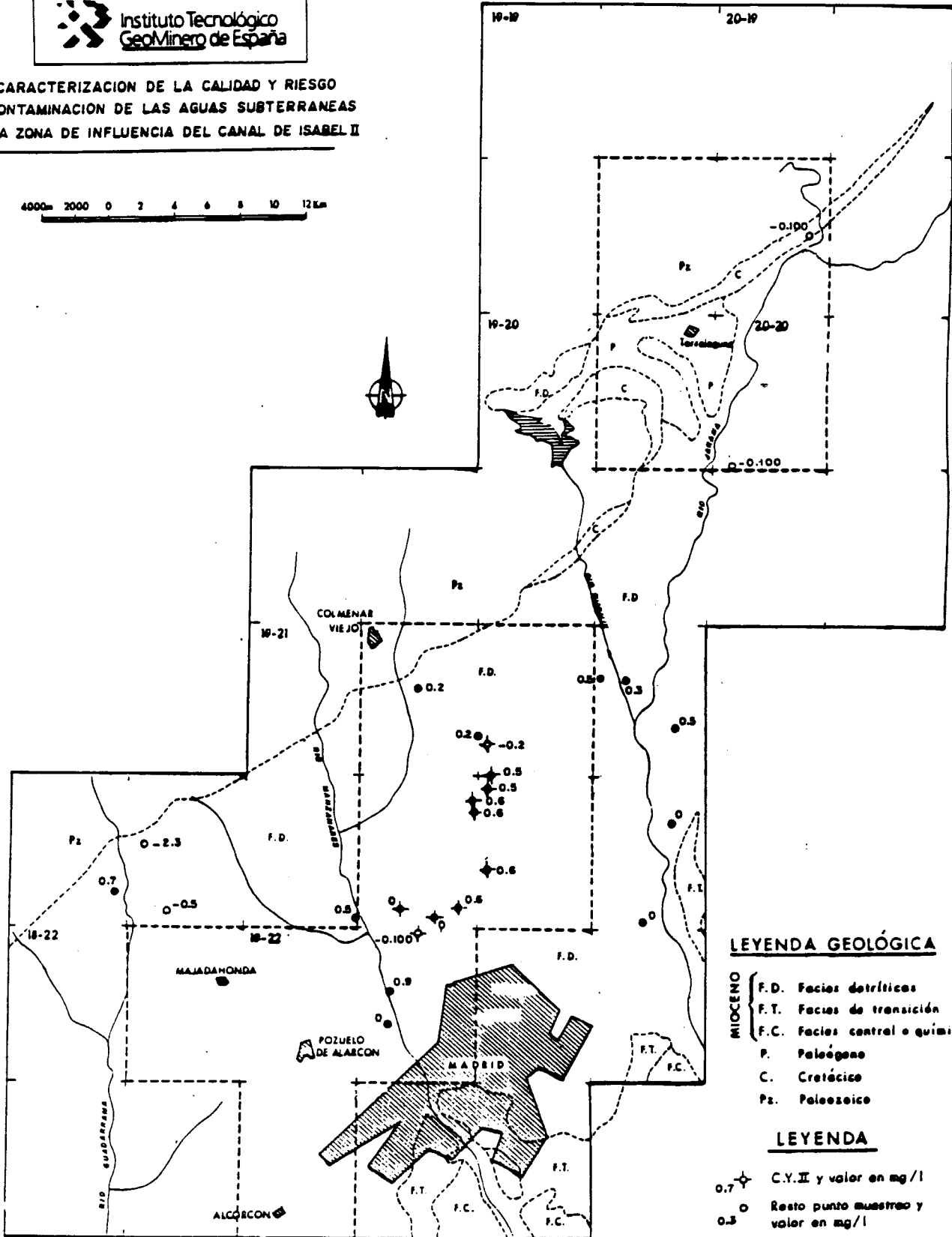
**VARIACION DE P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (OTOÑO-PRIMAVERA 1995)**



Instituto Tecnológico  
Geominero de España

CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II

4000 2000 0 2 4 6 8 10 12 Km



**LEYENDA GEOLOGICA**

- MIOCENO
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- P. Paleógeno  
C. Cretáceo  
Ps. Paleozoico

**LEYENDA**

- 0.7 ✦ C.V.II y valor en mg/l
- 0.5 ○ Resto punto muestreo y valor en mg/l
- Valores negativos
- Valores positivos

VARIACION DE F (OTOÑO-PRIMAVERA 1995)

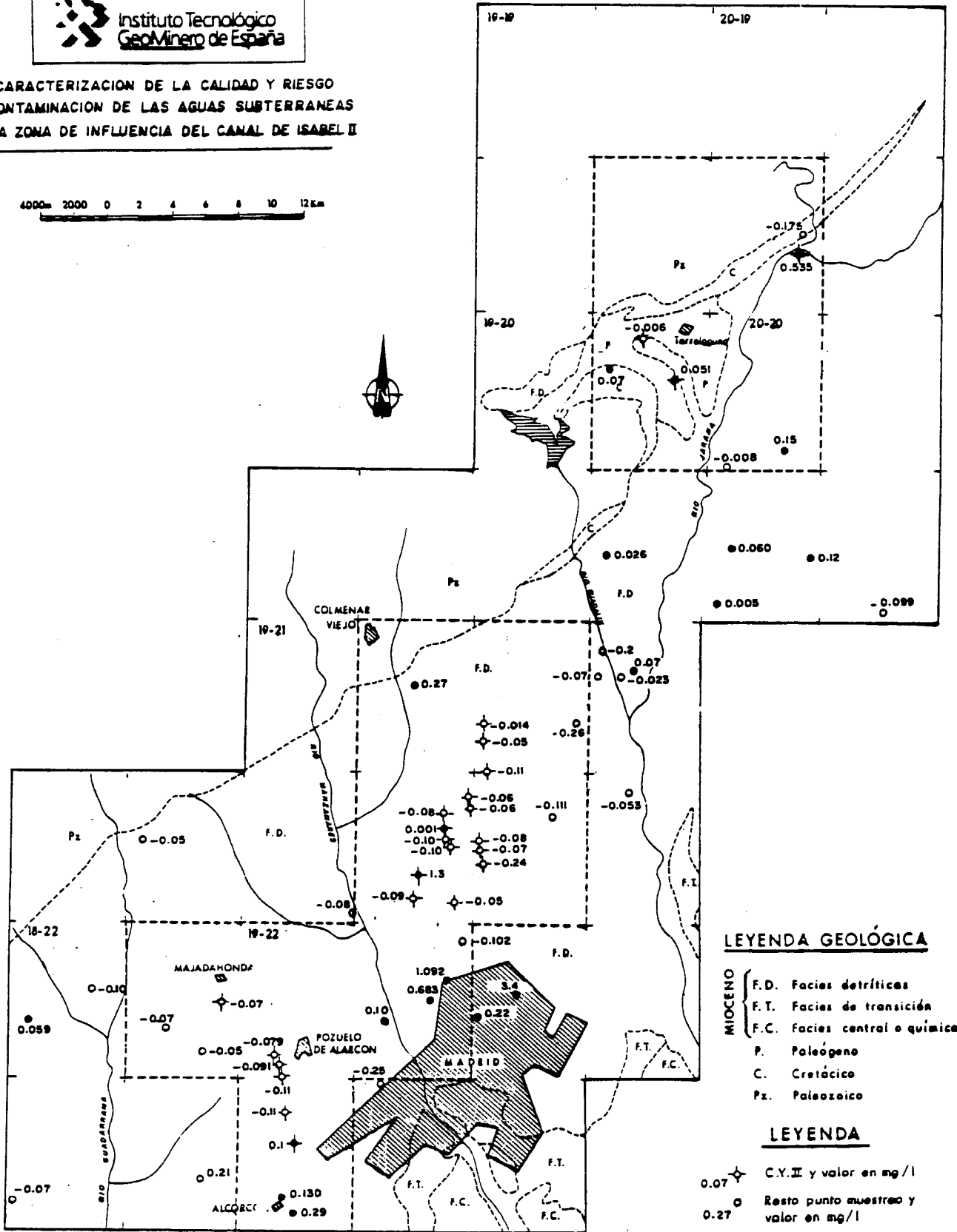
PLANO 6.2.13



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12 km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central o química
- P.** Paleógeno  
**C.** Cretácico  
**Pz.** Paleozoico

**LEYENDA**

- 0.07 ✦ C.Y.II y valor en mg/l
- 0.27 ○ Resto punto muestreo y valor en mg/l
- Valores negativos
- Valores positivos

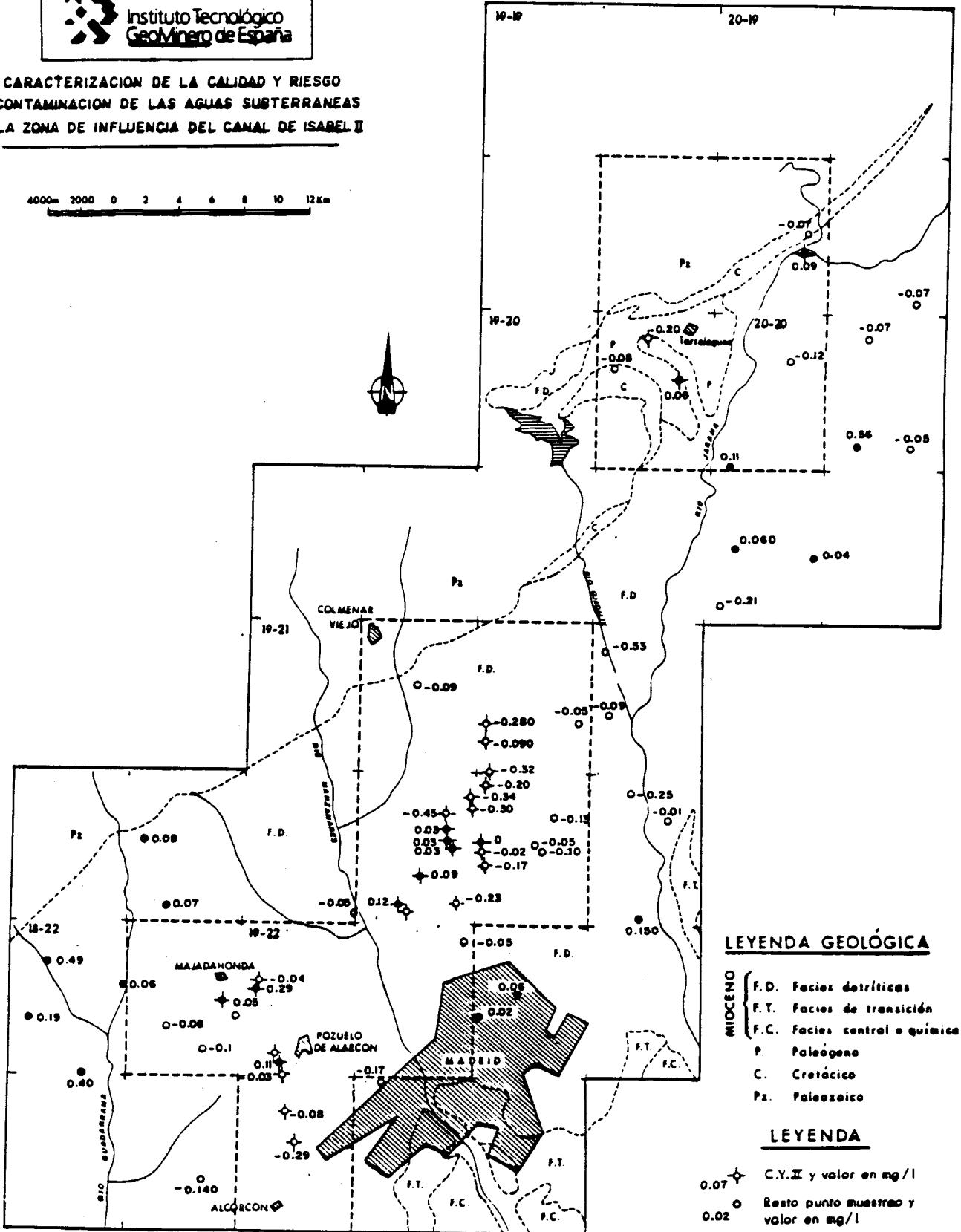
VARIACION DE Fe (OTOÑO-PRIMAVERA 1995)

PLANO 6.2.14



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

**CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO**
- F.D. Facies detríticas
  - F.T. Facies de transición
  - F.C. Facies central e química
- Pz. Paleozoico**
- P. Paleógena
  - C. Cretácico

**LEYENDA**

- 0.07 ✦ C.Y.II y valor en mg/l
- 0.02 ○ Resto punto muestreo y valor en mg/l
- Valores negativos
- Valores positivos

VARIACION DE Zn (OTOÑO-PRIMAVERA 1995)

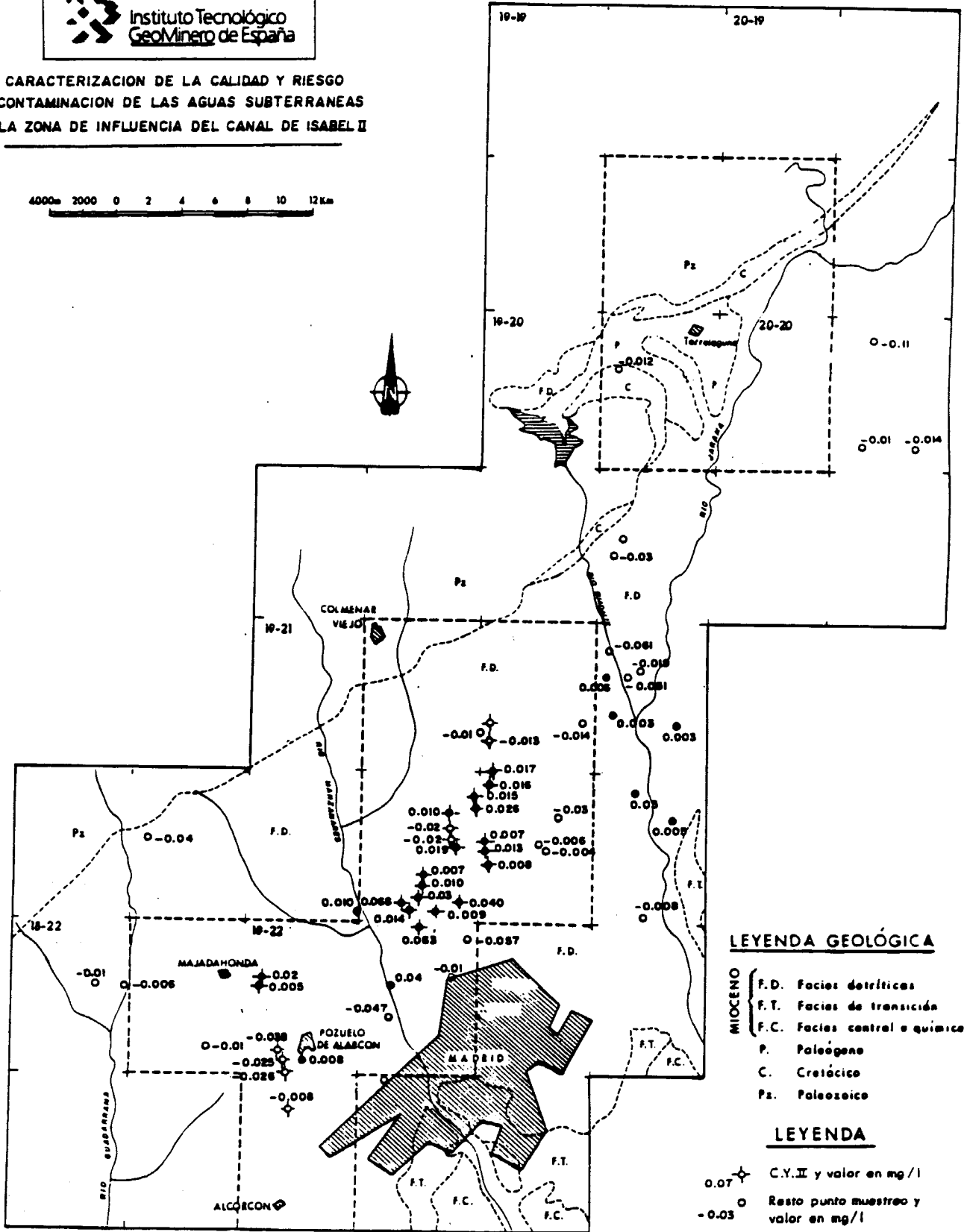




Instituto Tecnológico  
Geominero de España

CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12 Km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

- MIOCENO
- { F.D. Facies detríticas
  - { F.T. Facies de transición
  - { F.C. Facies central e química
- P. Paleógeno
  - C. Cretácico
  - Pz. Paleozoico

**LEYENDA**

- 0.07 ✦ C.Y.II y valor en mg/l
- 0.03 ○ Resto punto muestreo y valor en mg/l
- Valores negativos
- Valores positivos

VARIACION DE As (OTOÑO-PRIMAVERA 1995)

PLANO 6.2.16

Cuadro 6.2.13

## RELACIÓN DE SONDEOS EN QUE SE IGUALAN O SOBREPASAN LOS LÍMITES DE LA R.T.S. PARA ALGÚN CONSTITUYENTE

### Caracteres relativos a sustancias no deseables

TOPONIMIA	Nº	Parámetro	C. máxima admisible (mg/l)	C. oto. 95 (mg/l)	Fecha
Centro Mosen-Sol (R.V.C)	1822-4-0032	NO3	50	112	11-95
Colegio Retamar	1922-1-0112	NO3	50	60	8-11-95
Ayt.Madrid. Berlín	1922-3-0028	NO3	50	58	14-11-95
Ayt.Alcorcón. Sahagún	1922-5-0204	NO3	50	68	10-11-95
Ayt.Alcorcón.O.Ochoa	1922-5-0206	NO3	50	56	10-11-95
Fuente. El Cubillo (R.V.C)	2020-2-0007	NO3	50	54	11-95
Finca Valdeterres C.A.M	2020-5-0051	NO3	50	56	2-11-95
Finca Montana (R.V.C)	1822-3-0002	NO2	0,1	0,10	9-10-95
Urb.V.Castillo.P.Ayto	1822-3-0099	NO2	0,1	0,10	26-10-95
Urb.Valepastores-8	1822-4-0205	NO2	0,1	0,11	7-11-95
Urb. Las Lomas-52	1822-4-0206	NO2	0,1	0,10	7-11-95
Las Nieves	1822-8-0214	NO2	0,1	0,10	7-11-95
Dehesa-Danosa S.A	1920-4-0026	NO2	0,1	0,11	3-11-95
Urb. Valdeoliva Alto	1920-8-0066	NO2	0,1	0,10	3-11-95
Viveros Ortiz Laina	1921-2-0019	NO2	0,1	0,10	8-11-95
Urb Soto de Viñuelas	1921-2-0020	NO2	0,1	0,22	8-11-95
F. Los Carneros (R.V.C)	1921-4-0058	NO2	0,1	0,10	13-10-95
El Aguila S.A-5	1921-4-0143	NO2	0,1	0,18	3-11-95
U.Sto.Domingo-Barranca	1921-4-0155	NO2	0,1	0,12	3-11-95
U.Sto.Domingo.Depósito	1921-4-0156	NO2	0,1	0,11	3-11-95
Granja Antonia (R.V.C)	1921-8-0054	NO2	0,1	0,10	13-10-95
Iberiplasa S.A	1921-8-0176	NO2	0,1	0,10	25-10-95
Finca El Jaral (R.V.C)	1922-1-0138	NO2	0,1	0,11	9-10-95
Instituto Llorente (R.V.C)	1922-2-0061	NO2	0,1	0,10	9-10-95
Clesa S.A	1922-2-0071	NO2	0,1	0,11	8-11-95
Ayt.Madrid. Dehesa Villa	1922-2-0115	NO2	0,1	0,10	14-11-95
Ayt.Madrid. Pinar Rey	1922-3-0027	NO2	0,1	0,10	14-11-95
Ayt.Madrid. Berlín	1922-3-0028	NO2	0,1	0,12	14-11-95
U.Peñarrubia.Depósito	2020-1-0015	NO2	0,1	0,14	13-11-95
Ayto. Mesones	2020-2-0004	NO2	0,1	0,10	13-11-95
Valdenúño	2020-2-0006	NO2	0,1	0,12	2-11-95
El Cubillo de Uceda	2020-2-0009	NO2	0,1	0,11	13-11-95
Ayto.Valdeterres Jarama	2020-5-0050	NO2	0,1	0,11	6-11-95
Urb. El Coto-3	2020-5-0052	NO2	0,1	0,10	6-11-95
Ayto. Ribatejada	2020-6-0024	NO2	0,1	0,11	6-11-95
Viveros Ortiz Laina	1921-2-0019	Fe	0,2	0,2700	8-11-95
Ayt.Madrid. Dehesa Villa	1922-2-0115	Fe	0,2	0,7700	14-11-95
J.M.D.Fuencarral.Alcazaba	1922-2-0118	Fe	0,2	1,1700	16-11-95
Ayt.Madrid. Pinar Rey	1922-3-0027	Fe	0,2	3,5600	14-11-95
Ayt.Madrid. Berlín	1922-3-0028	Fe	0,2	0,2800	14-11-95
Campo de las Naciones-1	1922-3-0029	Fe	0,2	1,9800	17-11-95
Ayt.Alcorcón.O.Ochoa	1922-5-0206	Fe	0,2	0,2900	10-11-95
Ayt.Madrid. Pinar Rey	1922-3-0027	Mn	0,05	0,1000	14-11-95
Ayt.Alcorcón.O.Ochoa	1922-5-0206	Mn	0,05	0,0700	10-11-95
Club de Campo	1922-2-0119	F	1,5	2,0000	8-11-95

Cuadro 6.2.13

## RELACIÓN DE SONDEOS EN QUE SE IGUALAN O SOBREPASAN LOS LÍMITES DE LA R.T.S. PARA ALGÚN CONSTITUYENTE

### Caracteres físico-químicos

TOPONIMIA	Nº	Parámetro	C. máxima admisible (mg/l)	C. oto. 95 (mg/l)	Fecha
Viveros Ortiz Laina	1921-2-0019	SO4	250	260	8-11-95
Campo de las Naciones-1	1922-3-0029	SO4	250	512	17-11-95
Viveros Ortiz Laina	1921-2-0019	Mg	50	51	8-11-95
Club de Campo	1922-2-0119	Na	150	172	8-11-95
Campo de las Naciones-1	1922-3-0029	Na	150	258	17-11-95
Km.12 Ctra.M-511(R.V.C)	1822-8-0116	K	12	25	11-95

### Caracteres relativos a las sustancias tóxicas

TOPONIMIA	Nº	Parámetro	C. máxima admisible (mg/l)	C. oto. 95 (mg/l)	Fecha
U.Ciudalcampo-Adarraga	1921-3-0019	As	0,05	0,0550	25-10-95
Alcobendas. P.Navarra	1921-7-0163	As	0,05	0,0590	25-10-95
Alcobendas.Polideportivo	1921-7-0163	As	0,05	0,0660	25-10-95
Iberiplasa S.A	1921-8-0176	As	0,05	0,0540	25-10-95

al límite de la R.T.S. en 28 sondeos (30 % de las ocasiones) como queda reflejado en la figura 6.2.10.

Estas concentraciones, no obstante, sólo sobrepasan en centésimas de mg/l de NO<sub>2</sub> la concentración límite marcada por la R.T.S. Únicamente en el sondeo de la Urbanización Soto de Viñuelas se alcanza una concentración de 0.22 mg/l.

En los demás casos la frecuencia con que se detectan puntos en que se sobrepasa el límite de la R.T.S. para algún constituyente no llega al 8 % y, por regla general, es inferior al 4 % .

#### **6.2.2. LAS VARIACIONES DE COMPOSICIÓN EN LOS SISTEMAS GENERALES. RESUMEN DE LA SITUACIÓN**

Las variaciones de composición química en el conjunto de los Sistemas Generales se establece a partir de los datos de 32 sondeos con análisis en ambas campañas.

Los datos de análisis en cada sondeo figuran en la correspondiente ficha de inventario. Un resumen de estos análisis para cada uno de los Sistemas Generales se incluye en el anexo 6.2.2.

En el cuadro 6.2.15 se incluye un resumen estadístico de los datos de análisis químicos de la campaña de otoño para cada uno de los Sistemas Generales. Con las salvedades que se comentan más adelante, el cuadro revela una situación del quimismo similar a la de primavera en los Sistemas Generales.

En los cuadros 6.2.16 a 6.2.28 se presentan datos pormenorizados de las variaciones detectadas (aumento/disminución de concentraciones) y de los rangos de estas variaciones para iones mayoritarios y minoritarios que ya han sido comentadas en casos particulares.

Para evitar reiteraciones innecesarias de análisis de constituyente por constituyente en cada uno de los campos de pozos de los Sistemas Generales, se presenta seguidamente un resumen de la situación general.

##### **6.2.2.1 Variaciones de elementos mayoritarios**

En el cuadro 6.2.29, resumen de los cuadros 6.2.16 a 6.2.21, se adjuntan algunos datos estadísticos y los rangos de variación de concentraciones de iones mayoritarios para el conjunto de los Sistemas Generales con indicación de los sondeos en que se han detectado los valores máximos de aumento

o disminución de concentraciones.

En este cuadro puede observarse que la tónica general de la composición química es la de presentar variaciones en el sentido de aumento o disminución de concentraciones. Los porcentajes más bajos, entre el 0 y el 20 %, corresponden a muestras con concentraciones estables (figura 6.2.11)

Estas variaciones, sin embargo, son de escasa entidad como se pone de manifiesto en el cuadro 6.2.30 y en la figura 6.2.12 en los que se destacan los rangos más frecuentes de variación de concentraciones de estos elementos mayoritarios y su frecuencia de detección.

Cuadro 6.2.30 Rangos mas frecuentes de variación de concentraciones de constituyentes mayoritarios y conductividad (Sistemas Generales)

Constituyente	AUMENTO		DISMINUCIÓN	
	Rango	Frecuencia (%)	Rango	Frecuencia (%)
Cl	0 - 10	100	0 - 10	94
SO <sub>4</sub>	0 - 20	64	0 - 20	85
HCO <sub>3</sub>	0 - 30	84	0 - 30	67
NO <sub>3</sub>	0 - 10	100	0 - 10	100
Na	0 - 30	86	0 - 30	87
Ca	0 - 20	93	0 - 20	81
Mg	0 - 10	90	0 - 10	100
SiO <sub>2</sub>	0 - 10	91	0 - 10	69
Cond	0 - 50	58	0 - 50	85

Los rangos de variación más frecuentes son muy reducidos en general: de 0 a +/- 20 mg/l o, en el caso de los bicarbonatos y del sodio, de 0 a +/- 30 mg/l. Estos rangos de variación se presentan en el 80-100 % de las ocasiones.

Las variaciones medias (cuadro 6.2.31 y figura 6.2.13) de los iones mayoritarios se mantienen, tanto en los casos de aumento como de disminución, por debajo de los 20 y aún los 10 mg/l. Únicamente los sulfatos y los bicarbonatos presentan variaciones medias en torno a los 20 - 30 mg/l



# Variaciones de concentración de nitritos. Primavera-Otoño 95.

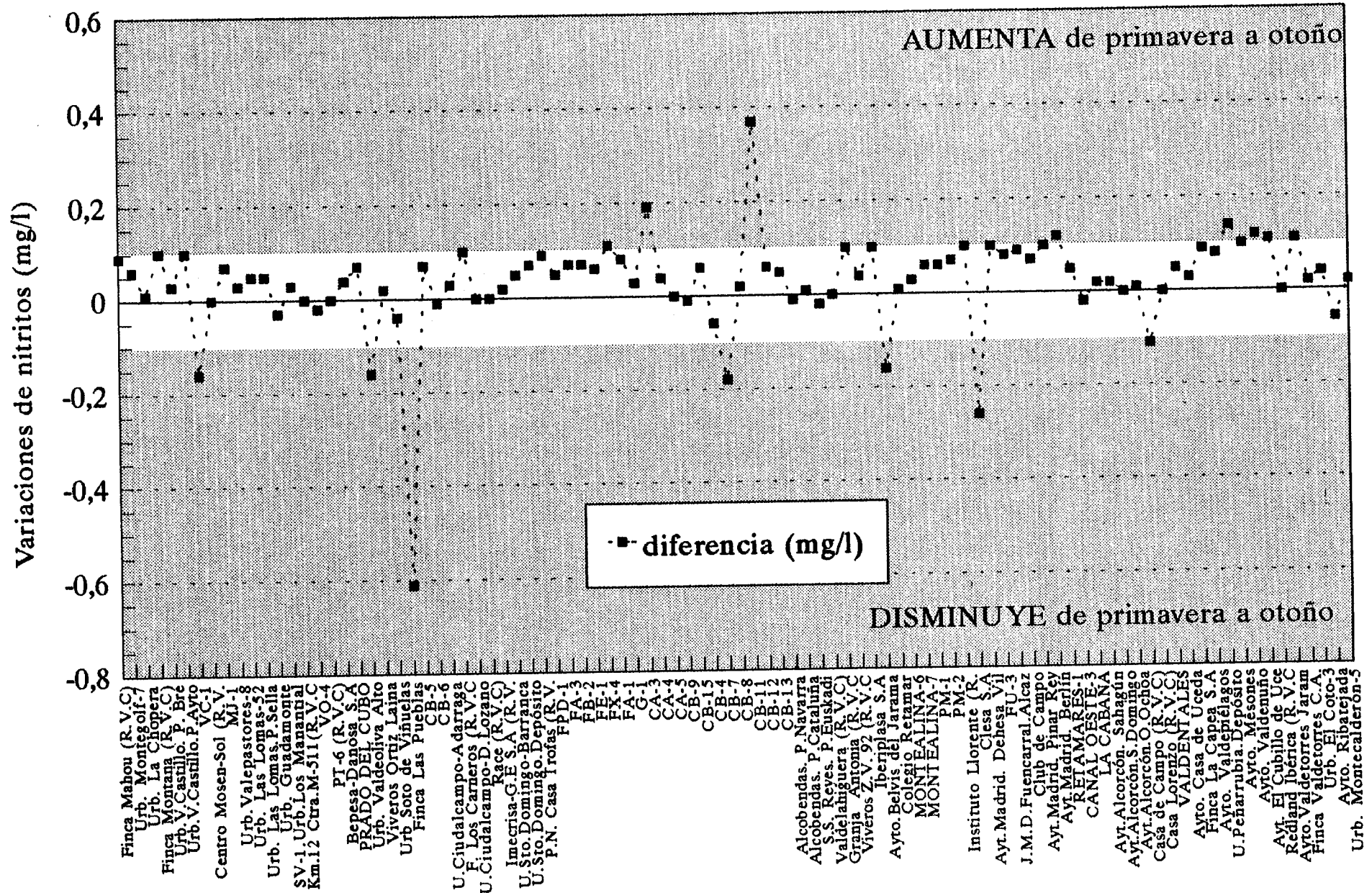


Figura 6.2.10

Puntos muestreados en ambas campañas

## RESUMEN ESTADÍSTICO DE DATOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS. OTOÑO 95 CONSTITUYENTES MAYORITARIOS. SISTEMAS GENERALES

### CAMPO DE POZOS DE TORRELAGUNA

	Máximo	Mínimo	Media	Std
Cl	17	4	8,8	5,7
SO4	616	6	240,0	276,4
HCO3	290	214	244,0	36,6
CO3	0	0	0,0	0,0
NO3	8	1	4,3	3,5
Na	9	3	5,5	2,5
Mg	52	17	30,3	15,5
Ca	248	62	131,5	83,8
K	3	0,5	1,6	1,1
Ph	8,1	8	8,1	0,1
Cond	1185	406	706,0	346,6
Rs	843	280	499,5	249,8
SiO2	18,7	8,4	13,1	4,5

### CAMPO DE POZOS DE FUENCARRAL

	Máximo	Mínimo	Media	Std
Cl	38	7	15,4	11,8
SO4	107	0	37,7	43,5
HCO3	180	133	160,0	16,9
CO3	4	0	1,0	1,7
NO3	4	1	2,1	1,1
Na	89	23	52,4	27,7
Mg	6	1	3,4	1,7
Ca	32	6	22,7	10,4
K	2	1	1,1	0,4
Ph	8,4	7,7	8,0	0,3
Cond	557	247	350,0	115,1
Rs	399	172	248,4	84,0
SiO2	47	26,9	40,9	7,7

### CAMPO DE POZOS DEL CANAL BAJO

	Máximo	Mínimo	Media	Std
Cl	38	7	13,9	9,7
SO4	135	6	35,9	45,2
HCO3	195	146	173,3	13,5
CO3	3	0	1,3	1,2
NO3	2	0,5	1,2	0,5
Na	101	23	55,2	24,7
Mg	4	2	3,2	0,6
Ca	35	20	24,9	4,5
K	1	1	1,0	0,0
Ph	8,3	8,1	8,2	0,1
Cond	608	265	357,1	108,3
Rs	438	188	252,9	78,3
SiO2	47,2	34	42,6	3,9

### CAMPO DE POZOS DEL PLANTÍO - MAJADAHONDA

	Máximo	Mínimo	Media	Std
Cl	30	11	18,5	8,3
SO4	61	13	31,0	21,0
HCO3	135	120	128,0	6,8
CO3	0	0	0,0	0,0
NO3	18	3	8,3	6,8
Na	85	25	54,3	24,5
Mg	5	1	2,8	1,7
Ca	34	10	17,0	11,5
K	1	1	1,0	0,0
Ph	8,1	7,8	8,0	0,2
Cond	390	259	304,5	58,9
Rs	274	184	216,0	40,1
SiO2	62,2	30,7	40,0	14,9

### CAMPO DE POZOS DEL CANAL ALTO - EL GOLOSO

	Máximo	Mínimo	Media	Std
Cl	9	6	7,8	1,5
SO4	21	6	12,5	7,7
HCO3	150	145	147,5	2,1
CO3	2	0	1,0	1,2
NO3	3	1	2,0	0,8
Na	29	19	25,0	4,2
Mg	9	4	6,8	2,1
Ca	32	17	23,5	6,4
K	1	1	1,0	0,0
Ph	8,2	8	8,1	0,1
Cond	257	230	248,0	12,2
Rs	181	165	176,0	7,4
SiO2	56,2	45,5	51,6	4,5

### CAMPO DE POZOS DEL CANAL DEL OESTE

	Máximo	Mínimo	Media	Std
Cl	9	6	7,8	1,3
SO4	6	0	3,8	3,0
HCO3	151	116	139,0	13,5
CO3	0	0	0,0	0,0
NO3	9	2	4,8	2,6
Na	53	25	42,4	10,5
Mg	3	2	2,4	0,5
Ca	14	8	10,4	2,2
K	1	0,5	0,7	0,3
Ph	8,1	7,8	7,9	0,2
Cond	262	204	239,4	22,3
Rs	193	149	172,2	16,6
SiO2	59,2	30,3	37,8	12,2

Cuadro 6.2.15 (b)

**RESUMEN ESTADÍSTICO DE DATOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS. OTOÑO 95  
CONSTITUYENTES MINORITARIOS. SISTEMAS GENERALES**

**AMPO DE POZOS DE TORRELAGUNA**

	Máximo	Mínimo	Media	Std
e	0,650	0,087	0,282	0,319
In	0,040	0,037	0,039	0,002
n	0,110	0,060	0,088	0,021
b	0,025	0,025	0,025	
r	0,025	0,025	0,025	
s				
enoles				

**CAMPO DE POZOS DE FUENCARRAL**

	Máximo	Mínimo	Media	Std
F	0,600	0,500	0,567	0,058
Fe	1,320	1,320	1,320	
Mn				
Zn	0,120	0,090	0,105	0,021
Pb				
Cr				
As	0,094	0,018	0,045	0,031
Fenoles				

**AMPO DE POZOS DEL CANAL BAJO**

	Máximo	Mínimo	Media	Std
	0,600	0,500	0,550	0,053
e	0,058	0,058	0,058	
In				
n	0,120	0,050	0,074	0,029
b				
r	0,038	0,038	0,038	
s	0,075	0,027	0,047	0,017
enoles				

**CAMPO DE POZOS DEL PLANTÍO-MAJADAHONDA**

	Máximo	Mínimo	Media	Std
F				
Fe				
Mn				
Zn	0,290	0,080	0,153	0,094
Pb				
Cr				
As	0,025	0,010	0,018	0,008
Fenoles				

**AMPO DE POZOS DEL CANAL ALTO-EL GÓLOSO**

	Máximo	Mínimo	Media	Std
e	0,085	0,085	0,085	
In				
n	0,130	0,080	0,100	0,022
b				
r				
s	0,047	0,020	0,034	0,019
enoles				

**CAMPO DE POZOS DEL CANAL DEL OESTE**

	Máximo	Mínimo	Media	Std
F				
Fe				
Mn				
Zn	0,110	0,090	0,100	0,014
Pb				
Cr				
As	0,029	0,010	0,019	0,010
Fenoles				



# Frecuencia de variación de concentraciones de elementos mayoritarios SISTEMAS GENERALES. PRIMAVERA-OTOÑO 95

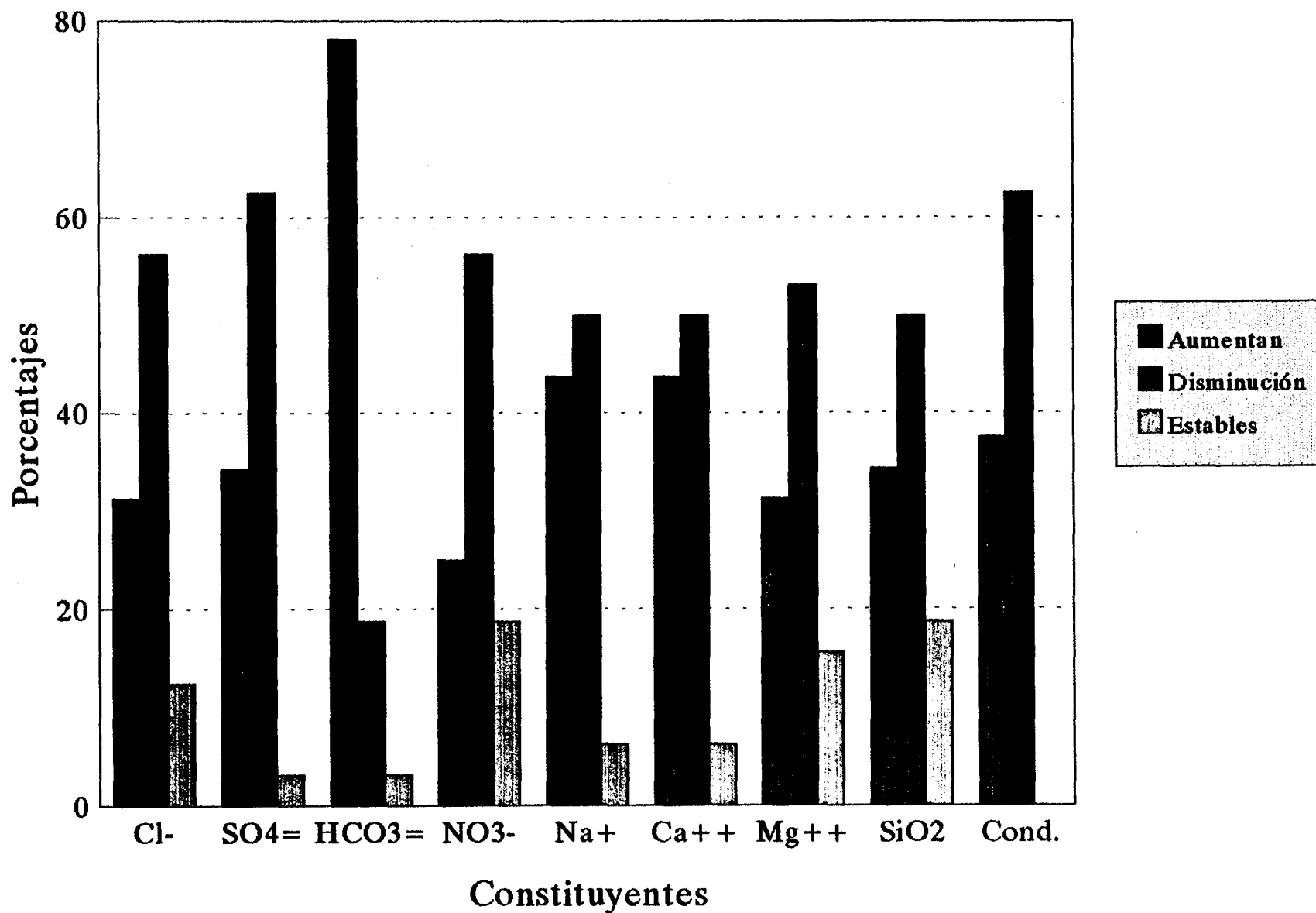


Figura 6.2.11

Rangos más frecuentes de variación de concentración de elementos mayoritarios y conductividad  
**SISTEMAS GENERALES. PRIMAVERA-OTOÑO 95**

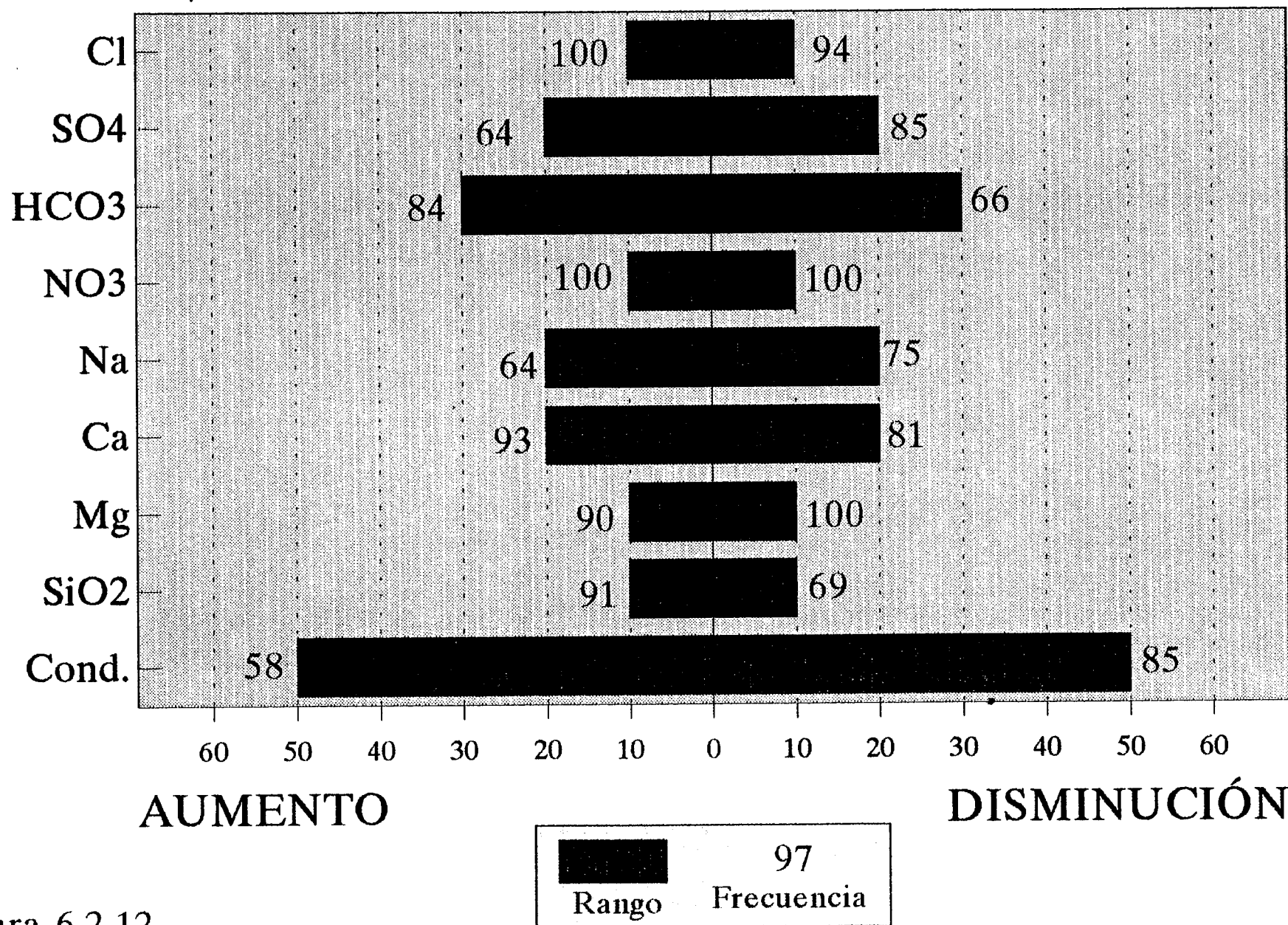


Figura 6.2.12

## Variaciones medias de concentración de constituyentes mayoritarios y conductividad SISTEMAS GENERALES. PRIMAVERA-OTOÑO 95

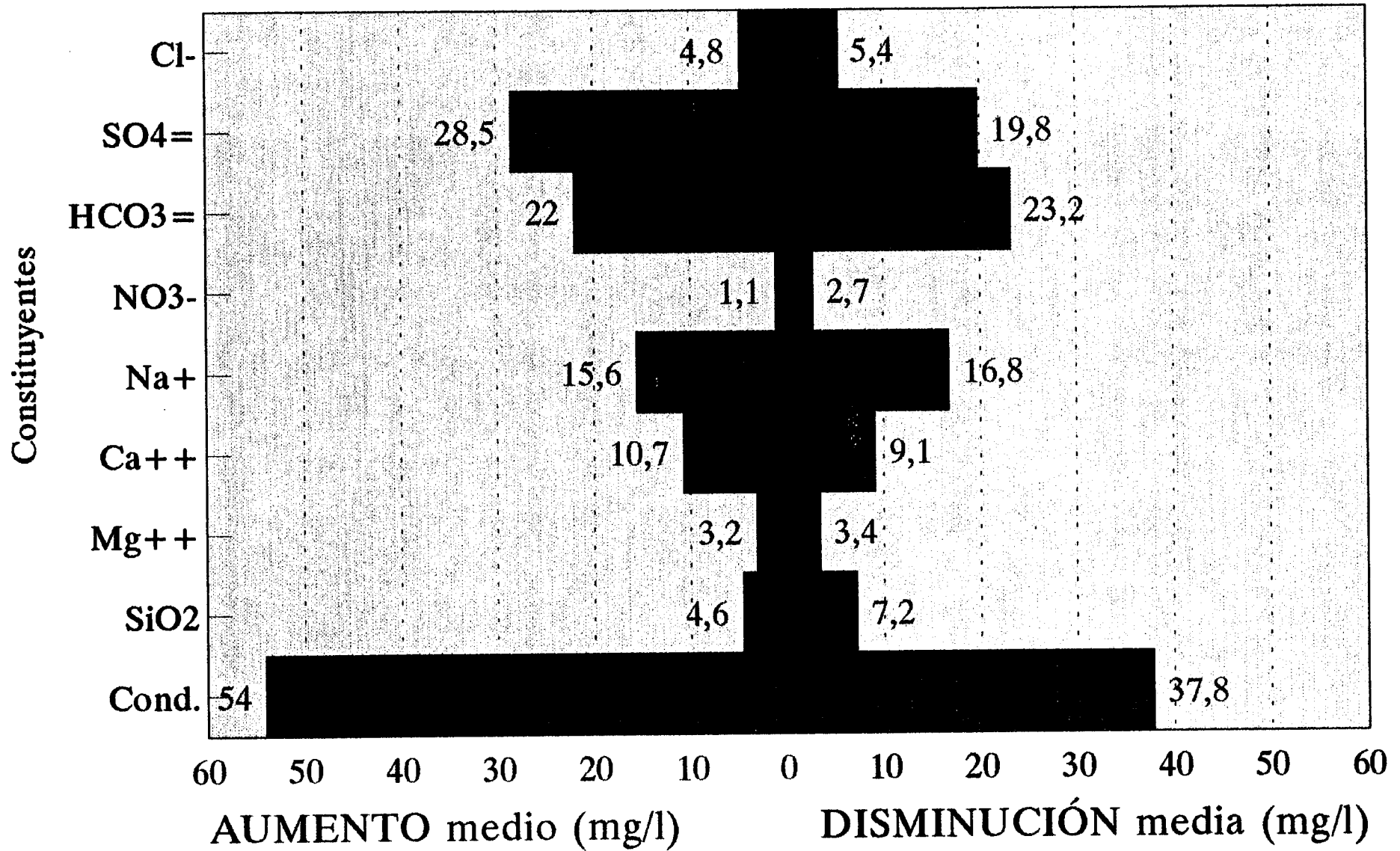


Figura 6.2.13

Cuadro 6.2.16

RANGOS DE VARIACION DE CONSTITUYENTES  
PRIMAVERA-OTOÑO 95  
CAMPO DEL CANAL DEL OESTE

ELEMENTOS MAYORITARIOS. (DATOS 5 ANÁLISIS)

CONST.	AUMENTO								DISMINUCIÓN							
	n	Max (mg/l)	Mín(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	n	Max (mg/l)	Mín(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%
Cl-	1	1	1	1,0	0,00	0-10	1	100,0	4	24	1	8,0	9,46	0-10	3	75,0
SO4=	0								5	179	7	54,4	66,45	20-30	1	25,0
HCO3=	4	19	10	13,8	3,56	0-10	1	25,0	1	4	4	4,0	0,00	6-10	3	60,0
						10-20	3	75,0						60-70	1	20,0
						0-10	3	100,0						170-180	1	20,0
NO3-	3	1	1	1,0	0,00	0-10	1	100,0	2	2	2	2	0,00	0-10	2	100,0
Na+	1	7	7	7,0	0,00	0-10	1	100,0	4	3,8	95,3	36,3	36,97	0-10	2	50,0
														30-40	1	25,0
														90-100	1	25,0
Ca++	1	7	7	7,0	11,00	0-10	1	100,0	4	2	8	4,8	2,38	0-10	4	100,0
Mg++	1	1	1	1,0	0,00	0-10	1	100,0	3	3	1	1,7	0,94	0-10	3	100,0
SiO2	2	7	6,1	6,6	0,45	0-10	2	100,0	3	6,7	2,9	4,5	1,62	0-10	3	100,0
Cond. (µs/cm)	2	69	58	63,5	5,50	50-100	2	100,0	3	401	6	182,0	164,10	0-50	1	33,3
														100-150	1	33,3
														400-450	1	33,3

% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		
AUMENTAN	DISMINUYEN	ESTABLES
20,0	80,0	0,0
0,0	100,0	0,0
80,0	20,0	0,0
60,0	40,0	0,0
20,0	80,0	0,0
20,0	80,0	0,0
20,0	60,0	20,0
40,0	60,0	0,0
40,0	60,0	0,0

Cuadro 6.2.17

RANGOS DE VARIACION DE CONSTITUYENTES  
PRIMAVERA-OTOÑO 95  
CAMPO DE FUENCARRAL

ELEMENTOS MAYORITARIOS. (DATOS 7 ANÁLISIS)

CONST.	AUMENTO								DISMINUCIÓN							
	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%
Cl-	1	10	10	10,0	0,00	0-10	1	100,0	5	10	5	6,8	1,83	0-10	5	100,0
SO4=	2	58	5	31,5	26,50	0-10	1	50,0	5	36	7	14,8	10,72	0-10	3	60,0
						50-60	1	50,0						10-20	1	20,0
														30-40	1	20,0
HCO3=	7	44	12	29,6	10,43	10-20	1	14,3	0							
						20-30	4	57,1								
						40-50	2	28,6								
NO3-									6	2	1	1,333	0,47	0-10	6	100,0
Na+	3	27	1	9,7	12,26	0-10	2	66,7	4	27	1	14,0	9,68	00-10	2	50,0
						20-30	1	33,3						10-20	1	25,0
														20-30	1	25,0
Ca++	4	16	9	12,5	2,50	0-10	1	25,0	1	3	3	3,0		0-10	1	100,0
						10-20	3	75,0								
Mg++	1	2	2	2,0		0-10	1	100,0	4	3	2	2,5	0,50	0-10	4	100,0
SiO2	3	5	2,2	3,7	1,16	0-10	3	100,0	4	4,5	1,7	3,4	1,11	0-10	4	100,0
Cond. (µs/cm)	2	167	5	86,0	81,00	0-50	1	50,0	5	16	1	7,8	5,04	0-50	5	100,0
						150-200	1	50,0								

% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		
AUMENTAN	DISMINUYEN	ESTABLES
14,3	71,4	14,3
28,6	71,4	0,0
100,0	0,0	0,0
0,0	85,7	14,3
42,9	57,1	0,0
57,1	14,3	28,6
14,3	57,1	28,6
42,9	57,1	0,0
28,6	71,4	0,0

Cuadro 6.2.18

RANGOS DE VARIACION DE CONSTITUYENTES  
PRIMAVERA-OTOÑO 95  
CAMPO DEL CANAL BAJO

ELEMENTOS MAYORITARIOS. (DATOS 10 ANÁLISIS)

CONST.	AUMENTO								DISMINUCIÓN							
	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%
Cl-	3	8	3	6,3	2,36	0-10	3	100,0	4	5	1	3,0	2,00	0-10	4	100,0
SO4=	6	51	2	19,7	17,11	0-10	2	33,3	4	9	1	6,0	3,08	0-10	4	100,0
						10-20	2	33,3								
						30-40	1	16,7								
						50-60	1	16,7								
HCO3=	5	26	1	11,6	8,35	0-10	3	60,0	5	44	16	27,0	10,46	10-20	2	40,0
						10-20	1	20,0						20-30	1	20,0
						20-30	1	20,0						30-40	1	20,0
														40-50	1	20,0
NO3-	1	1	1	1,0					7	7	1	3,5	2,43	0-10	7	100,0
Na+	6	41,35	7	27,1	11,46	0-10	1	16,7	4	14,1	4	7,5	3,88	00-10	3	75,0
						10-20	1	16,7						10-20	1	25,0
						20-30	2	33,3								
						30-40	1	16,7								
						40-50	1	16,7								
Ca++	3	5	2	3,7	1,24	0-10	3	100,0	7	24	2	15,2	7,68	0-10	2	28,6
														10-20	2	28,6
														20-30	3	42,9
Mg++	2	1	1	1,0	0,00	0-10	2	100,0	6	8	3	4,8	1,59	0-10	6	100,0
SiO2	4	5,5	1,6	2,9	1,51	0-10	4	100,0	5	15,3	8,5	12,2	2,38	0-10	1	20,0
														10-20	4	80,0
Cond. (µs/cm)	5	76	2	21,6	27,64	0-10	2	40,0	5	53	3	19,2	17,83	0-10	2	40,0
						10-20	2	40,0						10-20	2	40,0
						70-80	1	20,0						50-60	1	20,0

% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		
AUMENTAN	DISMINUYEN	ESTABLES
30,0	40,0	30,0
60,0	40,0	0,0
50,0	50,0	0,0
10,0	70,0	20,0
60,0	40,0	0,0
30,0	70,0	0,0
20,0	60,0	20,0
40,0	50,0	10,0
50,0	50,0	0,0

Cuadro 6.2.19

RANGOS DE VARIACION DE CONSTITUYENTES  
PRIMAVERA-OTOÑO 95  
CAMPO DEL PLANTÍO - MAJADAHONDA

ELEMENTOS MAYORITARIOS. (DATOS 3 ANÁLISIS)

CONST.	AUMENTO							DISMINUCIÓN								
	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%
Cl-	2	6	4	5,0	1,00	0-10	2	100,0	1	2	2	2,0	0,00	0-10	1	100,0
SO4=	0								2	3	3	3	0,00	0-10	2	100,0
HCO3=	2	14	4	9,0	5,00	0-10	1	50,0	0							
						10-20	1	50,0								
NO3-	1	1	1	1,0	0,00	0-10	1	100,0	1	2	2	2	0,00	0-10	1	100,0
Na+	1	3	3	3,0	0,00	0-10	1	100,0	2	23	9	16,0	7,00	0-10	1	50,0
														20-30	1	50,0
Ca++	3	12	1	5,0	4,96	0-10	1	33,3								
						10-20	1	33,3								
Mg++	2	3	0,8	1,9	1,10	0-10	2	100,0	1	1	1	1,0	0,00	0-10	1	100,0
SiO2	1	13,3	13,3	13,3	0,00	0-10	1	100,0	0							
Cond. (µs/cm)	2	12	4	8,0	4,00	0-50	2	100,0	1	6	6	6,0	0,00	0-10	1	100,0

% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		
AUMENTAN	DISMINUYEN	ESTABLES
66,7	33,3	0,0
0,0	66,7	33,3
66,7	0,0	33,3
33,3	33,3	33,3
33,3	66,7	0,0
100,0	0,0	0,0
66,7	33,3	0,0
33,3	0,0	66,7
66,7	33,3	0,0

Cuadro 6.2.20

RANGOS DE VARIACION DE CONSTITUYENTES  
PRIMAVERA-OTOÑO 95  
CAMPO DEL CANAL ALTO - EL GOLOSO

ELEMENTOS MAYORITARIOS. (DATOS 4 ANÁLISIS)

CONST.	AUMENTO								DISMINUCION							
	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%
Cl-	2	2	1	1,5	0,50	0-10	2	100,0	2	4	1	2,5	1,50	0-10	2	100,0
SO4=	2	12	5	8,5	3,50	0-10	1	50,0	2	6	4	5	1,00	0-10	2	100,0
						10-20	1	50,0								
HCO3=	4	23	2	11,8	8,58	0-10	2	50,0	0							
						10-20	1	25,0								
						20-30	1	25,0								
NO3-	3	2	1	1,3	0,47	0-10	3	100,0	1	4	4	4	0,00	0-10	1	100,0
Na+	2	12,57	4	8,3	4,28	0-10	1	50,0	2	4,5	0,8	2,7	1,85	0-10	2	100,0
						10-20	1	50,0								
Ca++	1	6,4	6,4	6,4	0,00	0-10	1	100,0	3	8	1	4,3	2,86	0-10	3	100,0
Mg++	3	6	1	3,7	2,05	0-10	3	100,0	1	10,2	10,2	10,2	0,00	0-10	1	100,0
SiO2	1	2	2	2,0	0,00	0-10	1	100,0	2	17	6,4	11,7	5,30	0-10	1	50,0
														10-20	1	50,0
Cond. (µs/cm)	0								4	13	2	5,8	4,60	0-10	3	75,0
														10-20	1	25,0

% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		
AUMENTAN	DISMINUYEN	ESTABLES
50,0	50,0	0,0
50,0	50,0	0,0
100,0	0,0	0,0
75,0	25,0	0,0
50,0	50,0	0,0
25,0	75,0	0,0
75,0	25,0	0,0
25,0	50,0	25,0
0,0	100,0	0,0



Cuadro 6.2.21

RANGOS DE VARIACION DE CONSTITUYENTES  
PRIMAVERA-OTOÑO 95  
CAMPO DE TORRELAGUNA

ELEMENTOS MAYORITARIOS. (DATOS 3 ANÁLISIS)

AUMENTO									DISMINUCION								
CONST.	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	
Cl-	1	5	5	5,0	0,00	0-10	1	100,0	2	7	5	6,0	1,00	0-10	2	100,0	
SO4=	1	116	116	116	0,00	110-120	1	100,0	2	9	2	5,5	3,50	0-10	2	100,0	
HCO3=	3	97	15	55,3	33,48	10-20 50-60 90-100	1 1 1	33,3 33,3 33,3									
NO3-									1	6	6	6	0,00	0-10	1	100,0	
Na+	1	1	1	1,0	0,00	0-10	1	100,0									
Ca++	2	54	7	30,5	23,50	0-10 50-60	1 1	50,0 50,0	1	5	5	5,0	0,00	0-10	1	100,0	
Mg++	1	12	12	12,0	0,00	10-20	1	100,0	2	2	1	1,5	0,50	0-10	2	100,0	
SiO2									2	2,3	1,5	1,9	0,40	0-10	2	100,0	
Cond. (µs/cm)	1	225	225	225,0	0,00	200-250	1	100,0	2	27	18	22,5	4,50	0-50	2	100,0	

% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		
AUMENTAN	DISMINUYEN	ESTABLES
33,3	66,7	0,0
33,3	66,7	0,0
100,0	0,0	0,0
0,0	33,3	66,7
33,3	0,0	66,7
66,7	33,3	0,0
33,3	66,7	0,0
0,0	66,7	33,3
33,3	66,6	0,0

Cuadro 6.2.22

RANGOS DE VARIACION DE CONSTITUYENTES  
PRIMAVERA-OTOÑO 95  
CAMPO DEL CANAL ALTO-EL GOLOSO

ELEMENTOS MINORITARIOS. (DATOS 4 ANÁLISIS)

CONST.	AUMENTO								DISMINUCION							
	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%
P2O5	0								0							
NH4+	0								0							
NO2-	3	0,190	0,03	0,087	0,073	0-0,1	1	33,3	0							
						0,1-0,2	2	66,7								
F-	0								0							
Fe	1	0,001	0,001	0,001	0,000	0-0,2	1	100,0	3	0,103	0,086	0,097	0,008	0-0,2	3	100,0
Mn	0								0							
Zn	3	0,030	0,03	0,030	0,000	0-0,1	3	100,0	1	0,45	0,450	0,450	0,000	0-0,1	0	0,0
														0,1-0,5	1	100,0
Pb	0								0							
Cr	0								0							
As	2	0,019	0,01	0,015	0,005	0-0,05	2	100,0	2	0,029	0,026	0,028	0,002	0-0,05	2	100,0
Se	0								0							
Fenoles	0								4	0,0010	0,0009	0,0098	0,00004	0-0,0005	0	0,0
														0,0005-0,001	4	100,0

% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		
AUMENTAN	DISMINUYEN	ESTABLES
0,0	0,0	100,0
0,0	0,0	100,0
75,0	0,0	25,0
0,0	0,0	100,0
25,0	75,0	0,0
0,0	0,0	100,0
75,0	25,0	0,0
0,0	0,0	100,0
0,0	0,0	100,0
50,0	50,0	0,0
0,0	0,0	100,0
0,0	100,0	0,0

Cuadro 6.2.23

**RANGOS DE VARIACION DE CONSTITUYENTES  
PRIMAVERA-OTOÑO 95  
CAMPO DEL CANAL BAJO  
ELEMENTOS MINORITARIOS. (DATOS 10 ANÁLISIS)**

CONST.	AUMENTO								DISMINUCIÓN							
	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%
P2O5	0								0							
NH4+	0								0							
NO2-	6	0,370	0,02	0,105	0,120	0-0,1	5	83,3	4	0,18	0,010	0,065	0,069	0-0,1	3	75,0
						0,1-0,2	1	16,7						0,1-0,2	1	25,0
F-	6	0,600	0,5	0,566	0,047	0-1,5	6	100,0	1	0,2	0,200	0,200	0,000	0-1,5	1	100,0
Fe	0								9	0,24	0,014	0,085	0,060	0-0,2	1	11,1
														0,2-0,4	8	88,9
Mn	0								0							
Zn	0								9	0,34	0,020	0,216	0,102	0-0,1	7	77,7
														0,1-0,4	2	22,2
Pb	0								0							
Cr	1	0,038	0,038	0,038	0,000	0-0,05	1	100,0	1	0,049	0,049	0,049	0,000	0-0,05	1	100,0
As	8	0,040	0,007	0,018	0,010	0-0,05	8	100,0	1	0,013	0,013	0,013	0,000	0-0,05	1	100,0
Se	0								0							
Fenoles	0								5	0,0010	0,0005	0,0008	0,0002	0-0,0005	1	20,0
														0,0005-0,0	4	80,0

% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		
AUMENTAN	DISMINUYEN	ESTABLES
0,0	0,0	100,0
0,0	0,0	100,0
60,0	40,0	0,0
60,0	10,0	30,0
0,0	90,0	10,0
0,0	0,0	100,0
0,0	90,0	10,0
0,0	0,0	100,0
10,0	10,0	80,0
80,0	10,0	10,0
0,0	0,0	100,0
0,0	50,0	50,0

Cuadro 6.2.24

RANGOS DE VARIACION DE CONSTITUYENTES  
PRIMAVERA-OTOÑO 95

CAMPO DEL CANAL DEL OESTE

ELEMENTOS MINORITARIOS. (DATOS 5 ANÁLISIS)

CONST.	AUMENTO								DISMINUCIÓN							
	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%
P2O5	3	0,120	0,05	0,083	0,029	0-0,1	2	66,7	1	0,1	0,100	0,100	0,000	0-0,1	1	100,0
						0,1-0,2	1	33,3								
NH4+	0								0							
NO2-	4	0,060	0,02	0,040	0,016	0-0,1	4	100,0	1	0,02	0,020	0,020	0,000	0-0,1	1	100,0
F-	0								0							
Fe	0								5	0,119	0,079	0,102	0,016	0-0,2	5	100,0
Mn	0								0							
Zn	1	0,110	0,11	0,110	0,000	0-0,1	0	0,0	3	0,29	0,030	0,133	0,113	0-0,1	2	66,7
						0,1-0,2	1	100,0						0,1-0,3	1	33,3
Pb	0								1	0,034	0,034	0,034	0,000	0-0,05	1	100,0
Cr	0								0							
As	0								4	0,038	0,008	0,024	0,011	0-0,05	4	100,0
Se	0								0							
Fenoles	0								3	0,0010	0,0007	0,0009	0,00012	0-0,0005	0	0,0
														0,0005-0,001	3	100,0

% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		
AUMENTAN	DISMINUYEN	ESTABLES
60,0	20,0	20,0
0,0	0,0	100,0
80,0	20,0	0,0
0,0	0,0	100,0
0,0	100,0	0,0
0,0	0,0	100,0
20,0	60,0	20,0
0,0	20,0	80,0
0,0	0,0	100,0
0,0	80,0	20,0
0,0	0,0	100,0
0,0	60,0	40,0

Cuadro 6.2.26

RANGOS DE VARIACION DE CONSTITUYENTES  
PRIMAVERA-OTOÑO 95  
CAMPO DE FUENCARRAL

ELEMENTOS MINORITARIOS. (DATOS 7 ANÁLISIS)

CONST.	AUMENTO								DISMINUCIÓN							
	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%
P2O5	0								3	0,08	0,060	0,066	0,009	0-0.1	3	100,0
NH4+																
NO2-	7	0,110	0,05	0,01	0,017	0-0.1 0.1-0.2	6 1	85,7 14,3	0							
F-	0								1	0,1	0,100	0,100	0,000	0-1.5	1	100,0
Fe	1	1,320	1,32	1,32	0,000	0-0.2 0.2-2	0 1	0,0 100,0	1	0,092	0,092	0,092	0,000	0-0.2	1	100,0
Mn	0															
Zn	2	0,120	0,09	0,11	0,015	0-0.1 0.5-1.5	1 1	50,0 50,0								
Pb	0															
Cr	0								1	0,025	0,025	0,025	0,000	0-0.05	1	100,0
As	7	0,068	0,007	0,03	0,025	0-0.05 0.05-0.1	5 2	71,4 28,6								
Se	0															
Fenoles	0															

% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		
AUMENTAN	DISMINUYEN	ESTABLES
0,0	42,9	57,1
0,0	0,0	100,0
100,0	0,0	0,0
0,0	14,3	85,7
14,3	14,3	71,4
0,0	0,0	100,0
28,6	0,0	71,4
		100,0
0,0	14,3	85,7
100,0	0,0	0,0
0,0	0,0	100,0
0,0	0,0	100,0

Cuadro 6.2.27

RANGOS DE VARIACION DE CONSTITUYENTES  
PRIMAVERA-OTOÑO 95  
CAMPO DEL PLANTÍO-MAJADAHONDA

ELEMENTOS MINORITARIOS. (DATOS 3 ANÁLISIS)

CONST.	AUMENTO								DISMINUCION							
	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%
P2O5	0								2	0,26	0,080	0,170	0,090	0-0,1	1	50,0
NH4+	0								0					0,1-0,3	1	50,0
NO2-	3	0,070	0,06	0,067	0,005	0-0,1	3	100,0	0							
F-	0								0							
Fe	0								1	0,079	0,079	0,079	0,000	0-0,2	1	100,0
Mn	0								0							
Zn	2	0,290	0,05	0,170	0,120	0-0,1	1	50,0	1	0,04	0,040	0,040	0,000	0-0,1	1	100,0
						0,1-0,3	1	50,0								
Pb	0								0							
Cr	0								0							
As	2	0,025	0,005	0,015	0,010	0-0,05	2	100,0	0							
Se	0								0							
Fenoles	0								0							

% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		
AUMENTAN	DISMINUYEN	ESTABLES
0,0	66,7	33,3
0,0	0,0	100,0
100,0	0,0	0,0
0,0	0,0	100,0
0,0	33,3	66,7
0,0	0,0	100,0
66,7	33,3	0,0
0,0	0,0	100,0
0,0	0,0	100,0
66,7	0,0	33,3
0,0	0,0	100,0
0,0	0,0	100,0

Cuadro 6.2.28

RANGOS DE VARIACION DE CONSTITUYENTES  
PRIMAVERA-OTOÑO 95  
CAMPO DE TORRELAGUNA

ELEMENTOS MINORITARIOS. (DATOS 3 ANÁLISIS)

CONST.	AUMENTO								DISMINUCIÓN							
	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%
P2O5																
NH4+																
NO2-	2	0,070	0,05	0,06	0,010	0-0.1	2	100,0								
F-																
Fe	2	0,535	0,051	0,29	0,242	0-0.2 0.2-1	1 1	50,0 50,0	1	0,006	0,006	0,006	0,000	0-0.2	1	100,0
Mn	1	0,040	0,04	0,04	0,000	0-0.05	1	100,0								
Zn	2	0,090	0,06	0,08	0,015	0-0.1	2	100,0	1	0,2	0,200	0,200	0,000	0-0.1 0,1-0,2	0 1	0,0 100,0
Pb	1	0,025	0,025	0,03	0,000	0-0.05	1	100,0								
Cr	1	0,025	0,025	0,03	0,000	0-0.05	1	100,0								
As																
Se																
Fenoles																

% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		
AUMENTAN	DISMINUYEN	ESTABLES
0,0	0,0	100,0
0,0	0,0	100,0
66,7	0,0	33,3
0,0	0,0	100,0
66,7	33,3	0,0
33,3	0,0	66,7
66,7	33,3	0,0
33,3	0,0	66,7
33,3	0,0	66,7
0,0	0,0	100,0
0,0	0,0	100,0
0,0	0,0	100,0

Cuadro 6.2.29

RANGOS DE VARIACION DE CONSTITUYENTES  
SISTEMAS GENERALES (C.Y.II)  
PRIMAVERA-OTOÑO 95

## ELEMENTOS MAYORITARIOS. (DATOS 32 ANÁLISIS)

CONST.	AUMENTO								DISMINUCION							
	n	Max (mg/l)	Mín(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	n	Max (mg/l)	Mín(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%
Cl-	10	10 (FE-1)	1	4,8	3,0	0-10	10	100,0	18	24 (Montealina-7)	1	5,4	5,2	0-10 20-30	17	94,4 5,6
SO4=	11	116 (Valdetales)	2	28,5	33,2	0-10 10-20 30-40 50-60 110-120	4 3 1 2 1	36,4 27,3 9,1 18,2 9,1	20	179 (Montealina-7)	1	19,9	39,4	0-10 10-20 30-40 60-70 170-180	16 1 1 1 1	80,0 5,0 5,0 5,0 5,0
HCO3=	25	97 (Valdetales)	1	22,0	20,2	0-10 10-20 20-30 40-50 50-60 80-90	7 8 6 2 1 1	28,0 32,0 24,0 8,0 4,0 4,0	6	44 (CB-8)	4	23,2	12,8	0-10 10-20 20-30 30-40 40-50	1 2 1 1 1	16,6 33,3 16,6 16,6 16,6
NO3-	8	2 (CA-4)	1	1,1	0,3	0-10	8	100,0	18	7 (CB-15)	1	2,7	2,0	0-10	18	100,0
Na+	14	41,35 (CA-4)	1	15,6	14,0	0-10 10-20 20-30 30-40 40-50	7 2 3 1 1	50,0 14,3 21,4 7,1 7,1	16	95,3 (Montealina-7)	0,8	16,8	22,8	0-10 10-20 20-30 30-40 90-100	10 2 2 1 1	62,5 12,5 12,5 6,3 6,3
Ca++	14	54 (Valdetales)	1	10,7	12,8	0-10 10-20 50-60	9 4 1	64,3 28,6 7,1	16	24 (CB-7)	1	9,2	7,6	0-10 10-20 20-30	11 2 3	68,8 12,5 18,8
Mg++	10	12 (Valdetales)	0,8	3,2	3,4	0-10 10-20	9 1	90,0 10,0	17	10,2	0,5	3,4	2,5	0-10	17	100,0
SiO2	11	13,3 (MJ-1)	1,6	4,7	3,3	0-10 10-20	10 1	90,9 9,1	16	17 (CA-3)	1,5	7,2	5,0	0-10 10-20	11 5	68,8 31,3
Cond. (µs/cm)	12	225 (Valdetales)	2	54,0	69,5	0-30 50-100 150-200 200-250	7 3 1 1	58,3 25,0 8,3 8,3	20	401 (Montealina-7)	1	37,8	88,5	0-50 50-100 100-150 400-450	17 1 1 1	85,0 5,0 5,0 5,0

% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		
AUMENTAN	DISMINUYEN	ESTABLES
31,3	56,3	12,5
34,4	62,5	3,1
78,1	18,8	3,1
25,0	56,3	18,8
43,8	50,0	6,3
43,8	50,0	6,3
31,3	53,1	15,6
34,4	50,0	18,8
37,5	62,5	0,0



Cuadro 6.2.31 variaciones medias de concentración de constituyentes mayoritarios.  
(SISTEMAS GENERALES)

Constituyente	AUMENTO		DISMINUCIÓN	
	Variación media	$\sigma$	Variación media	$\sigma$
Cl	4,8	3	5,4	5,2
SO <sub>4</sub>	28,5	33,2	19,9	39,4
HCO <sub>3</sub>	22	20,2	23,2	12,8
NO <sub>3</sub>	1,1	0,3	2,7	2
Na	15,6	14	16,8	22,8
Ca	10,7	12,8	9,2	7,6
Mg	3,2	3,4	3,5	2,5
SiO <sub>2</sub>	4,7	3,3	7,2	5
Cond	54	69,5	37,8	88,5

Los aumentos de concentración máximos se han detectado en el sondeo Valdetales (SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, Ca, Mg y conductividad); los descensos máximos de concentración se presentan en el sondeo Montevalina-7 (Cl, SO<sub>4</sub>, Na y conductividad)

#### 6.2.2.2 Variaciones de elementos minoritarios

En el cuadro 6.2.32 y en la figura 6.2.14 se presentan los datos de frecuencia de variación de elementos minoritarios en los Sistemas Generales. Destaca la estabilidad de prácticamente todos ellos con excepción evidente de los nitritos a los que se ha hecho alusión al hablar de los iones mayoritarios.

Cuadro 6.2.32 Frecuencia de variación de concentraciones de constituyentes minoritarios  
(SISTEMAS GENERALES)

Elemento	Aumento (%)	Disminución (%)	Estable (%)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	9,4	18,8	71,9
NH <sub>4</sub>	3,1	0	6,9
NO <sub>2</sub>	78,1	15,6	6,3

# Frecuencia de variación de concentración de constituyentes minoritarios SISTEMAS GENERALES. PRIMAVERA-OTOÑO 95

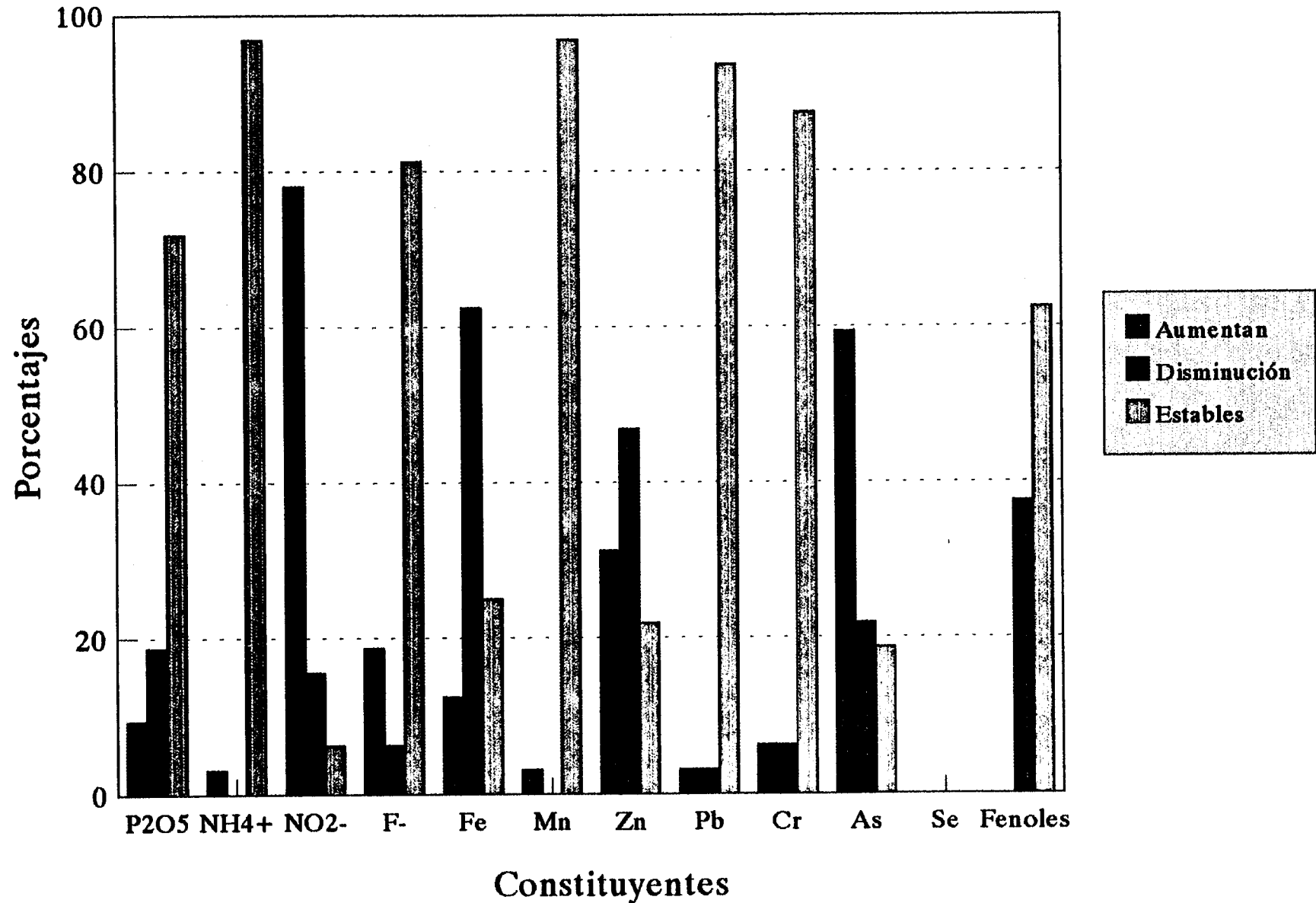


Figura 6.2.14

Elemento	Aumento (%)	Disminución (%)	Estable (%)
F	18,8	6,3	81,3
Fe	12,5	62,5	25
Mn	3,1	0	96,9
Zn	31,3	46,9	21,9
Pb	3,1	3,1	93,8
Cr	6,3	6,3	87,5
As	59,4	21,9	18,8
Fenoles	0	37,5	62,5

En el cuadro 6.2.33, resumen de los cuadros 6.2.21 a 6.2.28, se presentan algunos datos estadísticos y los rangos de variación de concentraciones de iones minoritarios para el conjunto de los Sistemas Generales, con indicación de los sondeos en que se han detectado los valores máximos de aumento o disminución de concentraciones.

En el cuadro 6.2.34 y en la figura 6.2.15 se señalan los rangos más frecuentes de elementos minoritarios en el conjunto de los Sistemas Generales.

Cuadro 6.2.34 Rangos más frecuentes de variación concentraciones de iones minoritarios (SISTEMAS GENERALES)

Elemento	AUMENTO		DISMINUCIÓN	
	RANGO	%	RANGO	%
P2O <sub>5</sub>	0 - 0,1	67	0 - 0,1	83
NO <sub>2</sub>	0 - 0,1	88	0 - 0,1	80
F	0 - 1,5	100	0 - 1,5	100
Fe	0 - 0,2	50	0 - 0,2	95
Zn	0 - 0,1	70	0 - 0,1	67
Cr	0 - 0,05	100	0 - 0,05	100
As	0 - 0,05	89	0 - 0,05	100
Fenoles	.-	-	0,0005 - 0,001	92

Los rangos de variación más frecuentes son muy reducidos en general y se mantienen por debajo de los límites de la R.T.S con frecuencias que por lo común sobrepasan el 70-80 % de las ocasiones.

Los aumentos y disminuciones máximas de concentración de los diferentes constituyentes minoritarios no se circunscriben de forma predominante a un único sondeo, como sucedía en el caso de los constituyentes mayoritarios, sino que se detectan en varios sondeos distribuidos por el conjunto de todos los Sistemas Generales.

Las variaciones medias de iones minoritarios se presentan en el cuadro 6.2.35 y en la figura 6.2.16

Cuadro 6.2.35 Variaciones medias de concentración de elementos minoritarios.  
(SISTEMAS GENERALES)

Elemento	AUMENTO		DISMINUCIÓN	
	Variación media	$\sigma$	Variación media	$\sigma$
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,08	0,02	0,1	0,06
NH <sub>4</sub>	0,05	-	-	-
NO <sub>2</sub>	0,08	0,06	0,05	0,06
F	0,56	0,04	0,1	0,05
Fe	0,48	0,52	0,08	0,04
Mn	0,04	-	-	-
Zn	0,09	0,07	0,2	0,1
Pb	0,02	-	0,03	-
Cr	0,03	0,007	0,03	0,012
As	0,02	0,01	0,02	0,009
Fenoles	-	-	0,0009	0,0001

Destacan los aumentos medios de Fe y F, condicionados por las concentraciones detectadas en los sondeos FE-1 y Valdentales, en el primer caso, y las de los sondeos CB-4, CB-7, CB-8, CB-9 y CB-13, en el segundo.



### Rangos más frecuentes de variación de concentración de constituyentes minoritarios SISTEMAS GENERALES. PRIMAVERA-OTOÑO 95

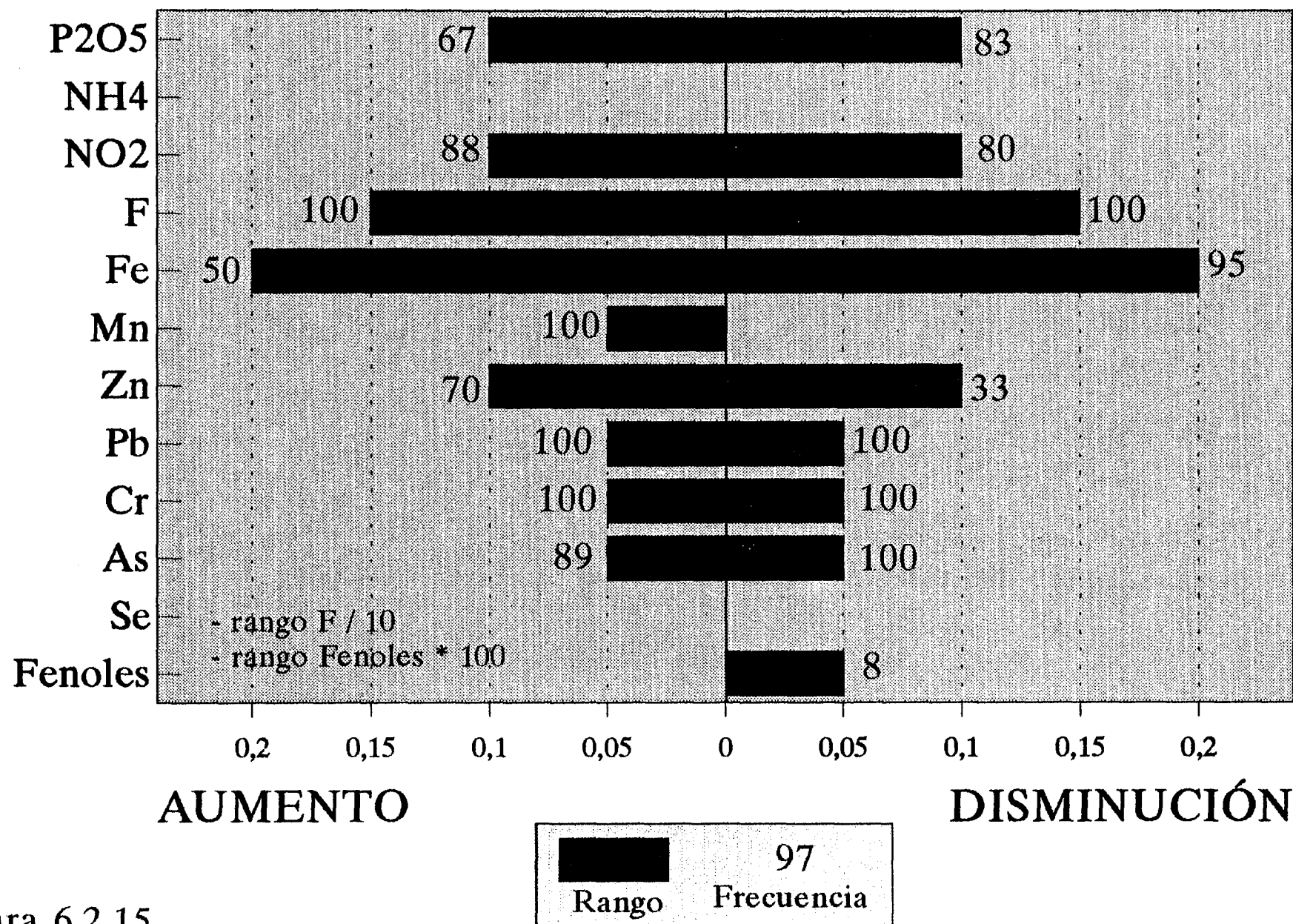
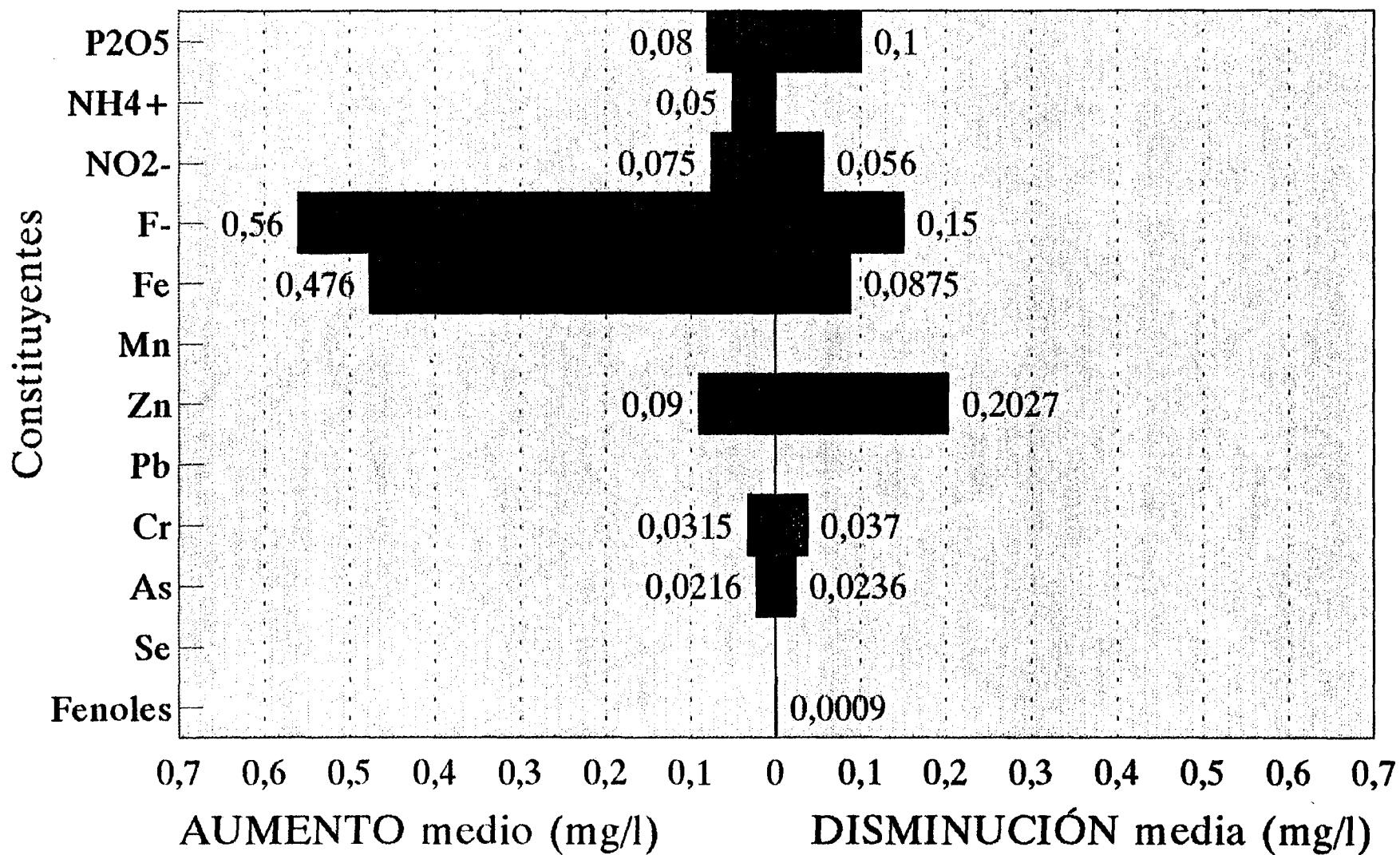


Figura 6.2.15

## Variaciones medias de concentración de constituyentes minoritarios SISTEMAS GENERALES. PRIMAVERA-OTOÑO 95



Cuadro 6.2.33

RANGOS DE VARIACION DE CONSTITUYENTES  
SISTEMAS GENERALES (C.Y.II)  
PRIMAVERA-OTOÑO 95

## ELEMENTOS MINORITARIOS. (DATOS 32 ANÁLISIS)

CONST.	AUMENTO								DISMINUCION							
	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%
P2O5	3	0,120 (CO-3)	0,05	0,08	0,028	0-0,1	2	66,7	6	0,26 (MU-1)	0,060	0,100	0,069	0-0,1	5	83,3
						0,1-0,2	1	33,3						0,1-0,3	1	16,7
NH4+	1	0,050 (CB-7)	0,05	0,05												
NO2-	25	0,370 (CB-11)	0,02	0,08	0,068	0-0,1	22	88,0	5	0,18 (CB-7)	0,010	0,056	0,064	0-0,1	4	80,0
						0,1-0,4	3	12,0						0,1-0,2	1	20,0
F-	6	0,600 (varios)	0,5	0,56	0,047	0-1,5	6	100,0	2	0,2 (CB-6)	0,100	0,150	0,050	0-1,5	2	100,0
Fe	4	1,320 (FE-1)	0,001	0,48	0,529	0-0,2	2	50,0	20	0,24 (CB-13)	0,006	0,088	0,045	0-0,2	19	95,0
						0,2-1,5	2	50,0						0,2-0,25	1	5,0
Mn	1	0,040 (Valdentaes)	0,04													
Zn	10	0,290 (PM-2)	0,03	0,09	0,073	0-0,1	7	70,0	15	0,45 (CA-3)	0,020	0,203	0,125	0-0,1	5	33,3
						0,1-0,3	3	30,0						0,1-0,5	10	66,7
Pb	1	0,025 (Valdentaes)	0,025						1	0,034 (Montcalina-7)	0,034					
Cr	2	0,038 (CB-15)	0,025	0,03	0,007	0-0,05	2	100,0	2	0,049 (CB-5)	0,025	0,037	0,012	0-0,05	2	100,0
As	19	0,068 (FA-1)	0,005	0,02	0,018	0-0,05	17	89,5	7	0,038 (Montcalina-7)	0,008	0,024	0,009	0-0,05	7	100,0
						0,05-0,1	2	10,5								
Se																
Fenoles	0								12	0,0010 (varios)	0,0005	0,0009	0,0001	0-0,0005	1	8,4
														0,0005-0,001	11	91,6

% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		
AUMENTAN	DISMINUYEN	ESTABLES
9,4	18,8	71,9
3,1	0,0	96,9
78,1	15,6	6,3
18,8	6,3	81,3
12,5	62,5	25,0
3,1	0,0	96,9
31,3	46,9	21,9
3,1	3,1	93,8
6,3	6,3	87,5
59,4	21,9	18,8
0,0	0,0	0,0
0,0	37,5	62,5

### 6.2.2.3 Aptitud del agua para consumo humano

Por lo que se refiere a la potabilidad de las aguas subterráneas captadas en los sondeos de los Sistemas Generales, en el cuadro 6.2.36 se presenta la relación de puntos en que se han detectado concentraciones por encima de los respectivos límites de la R.T.S para caracteres fisicoquímicos, sustancias no deseables y sustancias tóxicas.

Destacan los sondeos PT-3 y Valdetales (Campo de Torrelaguna) en que se superan los 250 mg/l de sulfatos.

En relación con el exceso de nitritos sólo destacan los sondeos CB-11 y CA-3 con concentraciones de 0.37 y 0.24 mg/l respectivamente. Los restantes cuatro sondeos en que se ha detectado exceso de este constituyente sólo sobrepasan el límite en centésimas de mg/l, escasamente significativas y en absoluto preocupantes.

Las concentraciones de Fe sólo sobrepasan el límite de la R.T.S. en los sondeos FE-1 y Valdetales con concentraciones respectivas de 1.32 y 0.65 mg/l. Estas concentraciones, relativamente elevadas, parecen explicables por el tiempo de permanencia sin explotación de estos sondeos.

Al igual que en el caso de los nitritos, las concentraciones de As por encima del límite reglamentario sólo sobrepasan éste en centésimas de miligramo. Conviene recordar que la presencia de As en la zona de estudio en las concentraciones detectadas, obedece probablemente a procesos naturales.

## 6.3 LAS VARIACIONES DE COMPOSICIÓN EN LOS SISTEMAS GENERALES. (CAMPAÑAS DE OTOÑO DE 1995 Y ENERO DE 1996)

En enero de 1996, con ocasión de la interrupción de la explotación de los sondeos de los Sistemas Generales, el C. Y. II muestreó los sondeos que se relacionan en el cuadro 6.3.1.

Cuadro 6.3.1 Relación de sondeos muestreados en enero de 1996

CAMPO	SONDEOS MUESTREADOS
TORRELAGUNA	PT-3
CANAL ALTO - EL GOLOSO	G-1, CA-3, CA-4, CA-5
CANAL BAJO	CB-5, CB-7, CB-8, CB-9, CB-11, CB-12 CB-13, CB-15
PLANTÍO-MAJADAHONDA	MJ-1, PM-1, PM-2, PM-5
CANAL DEL OESTE	Montealina-6, Montealina-7, Retamares-1, CO-3, La Cabaña



Cuadro 6.2.36

## RELACIÓN DE SONDEOS DE LOS SISTEMAS GENERALES EN LOS QUE SE SOBREPASAN LOS LÍMITES DE LA R.T.S PARA ALGÚN CONSTITUYENTE

### Caracteres físico-químicos

CAMPO DE POZOS	POZO	Nº	Parámetro	C. máxima admisible (mg/l)	C. oto. 95 (mg/l)	Fecha
Torrelaguna	PT-3	1920-3-0001	SO4 y Mg	250 y 50	616 y 52	31-10-95
Torrelaguna	VALDENTALES	2019-5-0016	SO4	250	276	31-10-95

### Caracteres relativos a sustancias no deseables

CAMPO DE POZOS	POZO	Nº	Parámetro	C. máxima admisible (mg/l)	C. oto. 95 (mg/l)	Fecha
Fuencarral	FX-4	1921-6-0094	NO2	0,1	0,11	27-10-95
Canal Alto-Goloso	G-1	1921-6-0096	NO2	0,1	0,11	31-10-95
Canal Alto-Goloso	CA-3	1921-6-0097	NO2	0,1	0,24	27-10-95
Canal Alto-Goloso	CA-4	1921-6-0098	NO2	0,1	0,10	30-10-95
Canal Bajo	CB-9	1921-6-0100	NO2	0,1	0,11	27-10-95
Canal Bajo	CB-11	1921-7-0160	NO2	0,1	0,37	27-10-95
Fuencarral	FE-1	1921-6-0093	Fe	0,2	1,320	27-10-95
Torrelaguna	VALDENTALES	2019-5-0016	Fe	0,2	0,650	31-10-95

### Caracteres relativos a las sustancias tóxicas

CAMPO DE POZOS	POZO	Nº	Parámetro	C. máxima admisible (mg/l)	C. oto. 95 (mg/	Fecha
Fuencarral	FA-1	1921-6-0095	As	0,05	0,085	27-10-95
Fuencarral	FU-3	1922-2-0117	As	0,05	0,094	27-10-95
Canal Bajo	CB-15	1921-6-0102	As	0,05	0,075	27-10-95
Canal Bajo	CB-11	1921-7-0160	As	0,05	0,054	27-10-95
Canal Bajo	CB-12	1921-7-0161	As	0,05	0,050	27-10-95
Canal Bajo	CB-13	1921-7-0162	As	0,05	0,066	27-10-95

Cuadro 6.3.2

**RESUMEN ESTADÍSTICO DE DATOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS. ENERO 96  
CONSTITUYENTES MAYORITARIOS. SISTEMAS GENERALES**

**CAMPO DE POZOS DE TORRELAGUNA**

Sólo se dispone de un análisis químico en el PT-3.

**CAMPO DE POZOS DEL CANAL BAJO**

	Máximo	Mínimo	Media	Std
Cl	31,9	9,6	15,4	7,5
SO4	115,8	3,4	32,5	43,5
HCO3	190,3	32,45	89,2	69,5
CO3				
NO3	2,7	1,99	2,3	0,2
Na	99	34	56,1	23,2
Mg	4,9	1	2,5	1,4
Ca	27,5	16,6	19,4	8,8
K	1,6	0,9	1,1	0,2
Ph	8,1	7,8	8,0	0,1
Cond	568	258	355,5	103,2
Rs	380	189,5	250,0	67,8
SiO2	31	23	28,5	2,4

**CAMPO DE POZOS DE FUENCARRAL**

No se dispone de análisis individualizados de cada sondeo

**CAMPO DE POZOS DEL PLANTÍO - MAJADAHONDA**

	Máximo	Mínimo	Media	Std
Cl	29,9	13,6	19,9	6,1
SO4	58,1	3,7	25,2	20,7
HCO3	140,3	128,1	132,7	5,1
CO3				
NO3	17	4,15	8,5	5,1
Na	84,5	28,7	54,8	20,2
Mg	3,5	0,9	1,6	1,1
Ca	15,7	2,7	7,5	5,0
K	1	0,6	0,8	0,2
Ph	8,4	7,4	8,0	0,4
Cond	398	258	306,0	54,3
Rs	272,4	179,9	212,0	35,8
SiO2	43,2	21,3	27,7	9,1

**CAMPO DE POZOS DEL CANAL ALTO - EL GOLOSO**

	Máximo	Mínimo	Media	Std
Cl	8,1	7,2	7,8	0,4
SO4	3,9	1,8	3,0	0,8
HCO3	176,9	146,4	163,2	10,9
CO3				
NO3	8,26	1,77	3,8	2,6
Na	31,5	26,1	28,1	2,2
Mg	1,2	0,5	0,9	0,3
Ca	19,9	15,6	18,0	1,5
K	1	0,9	0,9	0,0
Ph	8	7,7	7,8	0,1
Cond	255	233	248,8	9,1
Rs	193,5	181	188,4	4,7
SiO2	38	11,7	25,7	11,9

**CAMPO DE POZOS DEL CANAL DEL OESTE**

	Máximo	Mínimo	Media	Std
Cl	40	7,3	15,9	12,2
SO4	260 (Mo-7)	1,4	55,8	102,1
HCO3	170,8	122	145,2	15,6
CO3				
NO3	9,3	2,61	5,5	2,5
Na	99,9	26,5	52,9	24,9
Mg	1,5	1	1,4	0,2
Ca	12,3	0,5	6,9	3,9
K	1,2	0,5	0,7	0,3
Ph	8,7	7,4	8,0	0,5
Cond	780	203	347,8	217,3
Rs	527	161	240,6	143,4
SiO2	46,5	15,5	27,0	10,6

Cuadro 6.3.3

DATOS ESTADÍSTICOS Y RANGOS DE VARIACION DE CONSTITUYENTES  
SISTEMAS GENERALES (C.Y.II)  
OTOÑO 95 - ENERO 96

## ELEMENTOS MAYORITARIOS. (DATOS 22 ANÁLISIS)

CONST.	n	AUMENTO							DISMINUCIÓN							
		Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	
Cl-	16	31 (Montcalina-7)	0,5	3,8	3,0	0-10	15	93,8	6	6,1 (CB-15)	0,1	1,7	2,0	0-10	6	100,0
						10-40	1	6,3								
SO4=	3	254 (Montcalina-7)	6,6	89,2	116,5	0-10	2	66,7	19	549,1 (PT-3)	1,5	35,0	121,3	0-10	15	78,9
														10-20	3	15,8
						250-300	1	33,3						500-550	1	5,3
HCO3=	14	26,9 (CA-4)	1,4	11,3	7,1	0-10	8	57,1	8	147,2 (CB-7)	0,8	88,2	63,4	0-10	1	12,5
						10-20	5	35,7						10-20	2	25,0
						20-30	1	7,1						120-130	1	12,5
														130-140	3	37,5
NO3-	19	6,3 (G-1)	0,18	1,3	1,3	0-10	19	100,0	3	1 (MJ-1)	0,3	0,6	0,3	0-10	3	100,0
Na+	15	46,9 (Montcalina-7)	0,1	6,7	11,1	0-10	13	86,7	7	5,5 (PM-5)	0,5	2,9	1,6	0-10	7	100,0
						10-20	1	6,7								
						40-50	1	6,7								
Ca++	2	2,3 (Canal Oeste-3)	1	1,7	0,7	0-10	2	100,0	20	29 (PT-3)	0,8	7,7	6,3	0-10	16	80,0
														10-20	3	15,0
														20-30	1	5,0
Mg++	2	1,9 (CB-7)	0,8	1,4	0,6	0-10	2	100,0	20	48,4	0,1	4,5	10,3	0-10	19	95,0
														40-50	1	5,0
SiO2	0					0-10			22	40,9 (G-1)	6	14,8	7,5	0-10	5	22,7
														10-20	15	68,2
														20-30	1	4,5
														40-50	1	4,5
Cond. (µs/cm)	11	532 (Montcalina-7)	1	52,3	151,7	0-50	10	90,9	8	54 (PT-3)	1	15,2	19,1	0-50	7	63,6
						500-550	1	9,1						50-100	1	12,5

% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		
AUMENTAN	DISMINUYEN	ESTABLES
72,7	27,3	0,0
13,6	86,4	0,0
63,6	36,4	0,0
86,4	13,6	0,0
68,2	31,8	0,0
9,1	90,9	0,0
9,1	90,9	0,0
0,0	100,0	0,0
50,0	36,4	13,6

En la campaña de enero no se han muestreado individualmente los sondeos del Campo de Fuencarral sino que se ha tomado una muestra del depósito al que vierten juntos.

Los datos de análisis correspondientes a esta campaña, realizados en los laboratorios del C.Y.II, se adjuntan en las respectivas fichas de inventario. Un resumen de los mismos se acompaña en el anexo 6.3.1. En dichos análisis no figura el dato de concentración de bicarbonatos por lo que ha sido calculado a partir del correspondiente dato de alcalinidad expresado en mg/l de  $\text{CaCO}_3$ . Este dato calculado no se tiene en cuenta a efectos de interpretación.

Ha de advertirse que los límites de detección de concentraciones de elementos minoritarios son más bajos en los laboratorios del C.Y.II por lo que en la campaña de enero se detecta la presencia frecuente de Cu, Cr, Al y Cn, no detectada por los análisis de otoño realizados en los laboratorios del I.T.G.E. Plaguicidas e hidrocarburos, detectados en enero del 96, no han sido analizados en otoño del 95.

Los gráficos de valores de concentraciones en las campañas de otoño del 95 y de enero del 96, junto con los de variaciones observadas entre ambas campañas, se incluyen en el anexo 6.3.2.

En el cuadro 6.3.2 se incluye un resumen estadístico de los datos de análisis químicos de la campaña de enero para cada uno de los Sistemas Generales. Con las salvedades que se comentan más adelante, el cuadro revela una situación del quimismo equiparable a la de otoño.

### **6.3.1 VARIACIONES DE CONSTITUYENTES MAYORITARIOS**

Por lo que se refiere a las variaciones de concentración de iones mayoritarios, en el cuadro 6.3.3 se adjuntan algunos datos estadísticos y los rangos de variación de concentraciones de iones mayoritarios con indicación de los sondeos en que se han detectado los valores máximos de aumento o disminución de concentraciones.

Al igual que en la campaña de otoño, en este cuadro puede observarse que la tónica general de la composición química es la de presentar, como es lógico, variaciones en el sentido de aumento o disminución de concentraciones. Excepto en el caso de la conductividad, que aparece en situación estable en el 13 % de las ocasiones, no se detectan situaciones de estabilidad, es decir, no variación de concentración de los elementos mayoritarios.

Estas variaciones, sin embargo, son de escasa entidad como se pone de manifiesto en el cuadro 6.3.4,

resumen del anterior. En él se destacan los rangos más frecuentes de variación de concentraciones de estos elementos mayoritarios y su frecuencia de detección.

Cuadro 6.3.4 Rangos mas frecuentes de variación de concentraciones de constituyentes mayoritarios y conductividad (Sistemas generales)

Constituyente	AUMENTO		DISMINUCIÓN	
	Rango	Frecuencia (%)	Rango	Frecuencia (%)
Cl	0 - 10	94	0 - 10	100
SO <sub>4</sub>	0 - 10	67	0 - 20	94
HCO <sub>3</sub> (*)	-	-	-	-
NO <sub>3</sub>	0 - 10	100	0 - 10	100
Na	0 - 20	93	0 - 10	100
Ca	0 - 10	100	0 - 20	95
Mg	0 - 10	100	0 - 10	95
SiO <sub>2</sub>	-	-	0 - 20	91
Cond	0 - 50	91	0 - 50	87

(\*) Valores calculados; no considerados

Los rangos de variación más frecuentes son muy reducidos en general: de 0 a +/- 10 o 20 mg/l; estos rangos de variación se presentan casi siempre con una frecuencia superior al 80 % de las ocasiones, lo que permite afirmar que no existe una modificación sustancial del quimismo.

Las variaciones medias (cuadro 6.3.5) de los iones mayoritarios se mantienen, tanto en los casos de aumento como de disminución, por debajo de los 10 y aún los 5 mg/l. Únicamente los sulfatos presentan variaciones medias de 89 y 35 mg/l, en aumento y disminución respectivamente, como consecuencia de las variaciones extraordinarias de este constituyente detectadas en los sondeos Montevalina-7 y PT-3.

Cuadro 6.3.5 Variaciones medias de concentración de constituyentes mayoritarios. (SISTEMAS GENERALES)

Constituyente	AUMENTO		DISMINUCIÓN	
	Variación media	$\sigma$	Variación media	$\sigma$
Cl	3,8	3	1,7	2

Constituyente	AUMENTO		DISMINUCIÓN	
	Variación media	$\sigma$	Variación media	$\sigma$
SO <sub>4</sub>	89,2	116,5	35	121,3
NO <sub>3</sub>	1,3	1,3	0,6	0,3
Na	6,7	11,1	2,9	1,6
Ca	1,7	0,7	7,7	6,3
Mg	1,4	0,6	4,5	10,3
SiO <sub>2</sub>	-	-	14,8	7,5
Cond	52,3	151,7	15,2	19,1

Los aumentos de concentración máximos se han detectado en el sondeo Montevalina-7 (Cl, SO<sub>4</sub>, Na y conductividad), en una situación inversa a la observada en otoño de 1995 en que los descensos máximos de casi todos estos parámetros se localizaban precisamente en este sondeo; los descensos máximos de concentración se presentan en el sondeo PT-3 (SO<sub>4</sub>, Na y conductividad)

### 6.3.2 VARIACIONES DE ELEMENTOS MINORITARIOS

En el cuadro 6.3.6 se presentan un resumen estadístico de datos de concentraciones de elementos minoritarios.

Al igual que en el caso de los constituyentes mayoritarios, los minoritarios presentan situaciones de variación con la frecuencia de aumentos, disminuciones y situaciones de estabilidad que se indican en el cuadro 6.3.7

Destaca en este sentido la disminución generalizada de la concentración de nitritos (100 % de las ocasiones) y los elevados porcentajes de disminución de Zn (72 %) y As (63 %).

Se detectan aumentos con frecuencia elevada en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, F y Cr. En la campaña de otoño de 1995 no se detectaron : Al, Cn, Fenoles, HAP ni plaguicidas que se detectan en enero debido a la mayor sensibilidad analítica de los laboratorios del C.Y.II. En la campaña de otoño los hidrocarburos no fueron analizados.

Las concentraciones de NH<sub>4</sub>, Fe, Mn y Pb presentan los mayores porcentajes de estabilidad.

Cuadro 6.3.6

## RESUMEN ESTADÍSTICO DE DATOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS. ENERO 96 CONSTITUYENTES MINORITARIOS. SISTEMAS GENERALES

### CAMPO DE POZOS DE TORRELAGUNA

\*Sólo se muestreó el PT-3

	Máximo	Mínimo	Media	Std
F	0,450	0,262	0,364	0,065
Fe	0,020	0,020	0,020	
Mn	0,030	0,030	0,030	
Cu	0,015	0,000	0,004	0,004
Zn	0,100	0,015	0,034	0,026
Pb	0,003	0,003	0,003	
Cr	0,002	0,001	0,001	0,0004
As	0,021	0,015	0,017	0,002
Al	0,029	0,016	0,023	0,004
Cn	0,008	0,003	0,006	0,002
Fenoles	0,0003	0,0001	0,0003	0,0001
HAP	0,00002	0,00002	0,00002	
PLAG				
Hidrocarburos				

### CAMPO DE POZOS DE FUENCARRAL

\*No se muestrearon independientemente

### CAMPO DE POZOS DEL PLANTÍO-MAJADAHONDA

	Máximo	Mínimo	Media	Std
F	0,293	0,155	0,200	0,055
Fe	0,020	0,020	0,020	0,0000
Mn				
Cu	0,002	0,001	0,002	0,0003
Zn	0,047	0,013	0,027	0,013
Pb				
Cr	0,002	0,001	0,001	0,000
As	0,015	0,002	0,011	0,006
Al	0,023	0,019	0,021	0,002
Cn	0,003	0,002	0,003	0,001
Fenoles	0,0002	0,0001	0,0002	0,00004
HAP	0,00001	0,00001	0,00001	
PLAG	0,00001	0,00001	0,00001	
Hidrocarburos				

### CAMPO DE POZOS DEL CANAL ALTO-EL GOLOSO

	Máximo	Mínimo	Media	Std
F	0,295	0,254	0,281	0,016
Fe				
Mn				
Cu	0,002	0,001	0,001	0,0003
Zn	0,053	0,027	0,038	0,010
Pb				
Cr	0,001	0,001	0,001	0,0003
As	0,015	0,008	0,012	0,002
Al				
Cn	0,003	0,002	0,003	0,001
Fenoles	0,0004	0,0001	0,0002	0,0001
HAP				
PLAG	0,00001	0,00001	0,00001	
Hidrocarburos	0,050	0,050	0,050	

### CAMPO DE POZOS DEL CANAL DEL OESTE

	Máximo	Mínimo	Media	Std
F	0,595	0,188	0,296	0,152
Fe	0,020	0,020	0,020	0,0000
Mn	0,020	0,020	0,020	
Cu	0,003	0,001	0,002	0,001
Zn	0,063	0,010	0,029	0,020
Pb				
Cr	0,003	0,001	0,001	0,001
As	0,019	0,005	0,014	0,005
Al	0,059	0,011	0,027	0,019
Cn	0,007	0,002	0,005	0,002
Fenoles	0,0002	0,0001	0,0001	0,00005
HAP				
PLAG	0,00031	0,00002	0,00012	0,00014
Hidrocarburos	0,050	0,050	0,050	0,000

RANGOS DE VARIACION DE CONSTITUYENTES  
SISTEMAS GENERALES (C.Y.II)  
OTOÑO 95 - ENERO 96

## ELEMENTOS MINORITARIOS. (DATOS 22 ANÁLISIS)

CONST.	AUMENTO								DISMINUCION							
	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%	n	Max (mg/l)	Min(mg/l)	Med	d.s.	RANGO	N° PTOS	%
P2O5	10	0,040 (AU-1)	0,01	0,02	0,009	0-0,1	10	100,0	4	0,09 (Canal Oeste-3)	0,040	0,062	0,017	0-0,1	4	100,0
NH4+	0								1	0,05 (CB-7)	0,050	0,050		0-0,5	1	100,0
NO2-	0								20	0,37 (CB-11)	0,050	0,095	0,074	0-0,1	16	80,0
F-	16	0,595 (Montealina-7)	0,155	0,27	0,100	0-1,5	16	100,0	6	0,209 (CB-13)	0,050	0,152	0,051	0-1,5	6	100,0
Fe	3	0,020 (varios)	0,02	0,02	0,000	0-0,2	3	100,0	2	0,085 (G-I)	0,058	0,070	0,010	0-0,2	2	100,0
Mn	2	0,030 (CB-7)	0,02	0,03	0,005	0-0,05	2	100,0	1	0,037 (PT-3)	0,037	0,037		0-0,05	1	100,0
Zn	6	0,040 (Canal Oeste-3)	0,01	0,02	0,012	0-0,1	6	100,0	16	0,277 (PM-2)	0,020	0,072	0,056	0-0,1	14	87,5
Pb	1	0,003 (CB-9)	0,003	0,003		0-0,05	1	100,0	0							
Cr	20	0,003 (Retamares-1)	0,0006	0,001	0,001	0-0,05	20	100,0	1	0,0368 (CB-15)	0,037	0,037	0,000	0-0,05	1	100,0
As	7	0,019 (La Cabaña)	0,0028	0,01	0,006	0-0,05	7	100,0	14	0,0562 (CB-15)	0,002	0,021	0,016	0-0,05	13	92,9
Al	12	0,039 (Canal Oeste-3)	0,0109	0,03	0,013	0-0,2	12	100,0	0							
Cn	22	0,0078 (CB-15)	0,0016	0,0041	0,0019	0-0,05	22	100,0	0							
Fenoles	22	0,0004 (CA-4)	0,0001	0,0002	0,0001	0-0,0005	22	100,0	0							
HAP	2	0,00002 (CB-9)	0,00001	0,00002	0,000005				0							
Plaguicidas	5	0,00031 (Montealina-6)	0,00001	0,00007	0,00011	0-0,0001	4	80,0	0							
						>0,0001	1	20,0								
Hidrocarburos	4	0,050	0,05	0,0500		0-0,01	0	0,0	0							
						>0,01	4	100,0								

% SOBRE TOTAL DE MUESTRAS		
AUMENTAN	DISMINUYEN	ESTABLES
45,5	18,2	36,4
0,0	4,5	95,5
0,0	90,9	9,1
72,7	27,3	0,0
13,6	9,1	77,3
9,1	4,5	86,4
27,3	72,7	0,0
4,5	0,0	95,5
90,9	4,5	4,5
31,8	63,6	4,5
54,5	0,0	45,5
100,0	0,0	0,0
100,0	0,0	0,0
9,1	0,0	90,9
22,7	0,0	77,3
18,2	0,0	81,8

\* Al, Cianuros, Fenoles, HAP y Plaguicidas no fueron detectados en la campaña de Otoño 95

\* Hidrocarburos no se analizaron en la campaña de Otoño 95



En el cuadro 6.3.7 se presentan algunos datos estadísticos y los rangos de variación de concentraciones de iones minoritarios para el conjunto de los sondeos muestreados con indicación de aquellos en que se han detectado los valores máximos de aumento o disminución de concentraciones.

Es de destacar que los máximos aumentos de concentración de elementos minoritarios se detectan por lo general en sondeos del Canal del Oeste y Canal Bajo. Las disminuciones máximas se detectan frecuentemente en sondeos del Canal Bajo.

En el cuadro 6.3.8 se señalan los rangos más frecuentes de variación de concentraciones de elementos minoritarios en el conjunto de los Sistemas Generales.

Cuadro 6.3.8 Rangos mas frecuentes de variación concentraciones de iones minoritarios (SISTEMAS GENERALES)

Elemento	AUMENTO		DISMINUCIÓN	
	RANGO	%	RANGO	%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0 - 0,1	100	0 - 0,1	100
NH <sub>4</sub>	-	-	0 - 0,05	100
NO <sub>2</sub>	-	-	0 - 0,1	80
F	0 - 1,5	100	0 - 1,5	100
Fe	0 - 0,2	100	0 - 0,2	100
Mn	0 - 0,05	100	0 - 0,05	100
Cu	0 - 0,01	95	-	-
Zn	0 - 0,1	100	0 - 0,1	87
Pb	0 - 0,05	100	-	-
Cr	0 - 0,05	100	0 - 0,05	100
As	0 - 0,05	100	0 - 0,05	93
Al	0 - 0,2	100	-	-
Cn	0 - 0,05	100	-	-
Fenoles	0 - 0,0005	100	-	-
Plaguicidas	0 - 0,0001	80	-	-
Hidrocarburos	> 0,01	100	-	-

Los rangos de variación más frecuentes son muy reducidos en general y se mantienen por debajo de los límites de la R.T.S con frecuencias que sobrepasan el 80 % de las ocasiones.

Los aumentos y disminuciones máximas de concentración de los diferentes constituyentes minoritarios no se circunscriben de forma predominante a un único sondeo sino que se detectan en varios sondeos distribuidos por el conjunto de todos los Sistemas Generales.

Excepto en el caso de plaguicidas e hidrocarburos las variaciones medias de iones minoritarios se mantienen por debajo de los límites de la R.T.S. (Cuadro 6.3.7)

### **6.3.3 APTITUD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

Por lo que se refiere a la potabilidad de las aguas subterráneas captadas en los sondeos muestreados en enero de 1996 en el cuadro 6.3.9 se presenta la relación de puntos en que se han detectado concentraciones por encima de los respectivos límites de la R.T.S para caracteres fisicoquímicos, sustancias no deseables y sustancias tóxicas.

En relación con los caracteres fisicoquímicos únicamente se sobrepasan los límites de sulfatos en el sondeo Montealina-7 que presenta una concentración de 260 mg/l.

En lo tocante a sustancias no deseables es de destacar la presencia de hidrocarburos en concentraciones uniformes de 50 µg, por encima del límite de la R.T.S., en el sondeo CA-5 del Canal Alto y en los sondeos Montealina-6, Retamares-1 y La Cabaña, del Canal del Oeste.

Por lo que se refiere a las sustancias tóxicas sólo se ha detectado la presencia de plaguicidas por encima del límite permitido en el sondeo Montealina-6 con una concentración de 0.00031 mg/l.

Cuadro 6.3.9

**RELACIÓN DE SONDEOS DE LOS SISTEMAS GENERALES EN LOS QUE SE  
SE SOBREPASAN LOS LÍMITES DE LA R.T.S PARA ALGÚN CONSTITUYENTE  
Campaña Enero 96. C.Y.II**

Caracteres fisico-químicos

CAMPO DE POZOS	POZO	N°	Parámetro	C. máxima admisible (mg/l)	C. Enero 96 (mg/	Fecha
Canal del Oeste	MONTEALINA-7	1922-1-0180	SO4	250	260	15-01-96

Caracteres relativos a sustancias no deseables

CAMPO DE POZOS	POZO	N°	Parámetro	C. máxima admisible (mg/l)	C. Enero 96 (mg/	Fecha
Canal Alto-Goloso	CA-5	1921-6-0099	Hidrocarburos	0,01	0,05	23-01-96
Canal del Oeste	MONTEALINA-6	1922-1-0179	Hidrocarburos	0,01	0,05	22-01-96
Canal del Oeste	RETAMARES-1	1922-5-0201	Hidrocarburos	0,01	0,05	15-01-96
Canal del Oeste	LA CABAÑA	1922-5-0203	Hidrocarburos	0,01	0,05	15-01-96

Caracteres relativos a las sustancias tóxicas

CAMPO DE POZOS	POZO	N°	Parámetro	C. máxima admisible (mg/l)	C. Enero 96 (mg/	Fecha
Canal del Oeste	MONTEALINA-6	1922-1-0179	Plaguicidas	(*) 0 ,0005	0,00031	22-01-96

(\*) Límite por sustancia individualizada: 0,0001 mg/l

En el desglose de los pesticidas organoclorados el Lindano Gamma Hexaclorociclohexano: 0,00028 mg/l

#### **6.4 LAS VARIACIONES HISTÓRICAS EN LOS SONDEOS DE LOS SISTEMAS GENERALES.**

A fin de presentar una panorámica de la evolución del quimismo en los sondeos de los Sistemas Generales se incluyen en el Anexo 6.3.3 los gráficos de variación histórica de concentraciones entre 1971 y 1996, junto con los análisis correspondientes, en los sondeos de los que se posee información.

Cuando en un sondeo se dispone de varios análisis en el mismo año, para su representación gráfica se ha seleccionado el más completo y el considerado más representativo del quimismo del agua en el sondeo.

A pesar de que esta información es incompleta y discontinua puede observarse en dichos gráficos que la mayor parte de los sondeos de los Sistemas Generales mantienen una marcada línea de estabilidad en lo que se refiere a conductividad eléctrica, parámetro representativo del quimismo del agua captada en dichos sondeos.

De esta tónica de estabilidad sólo se apartan los sondeos PT-4 y Montealina-7.

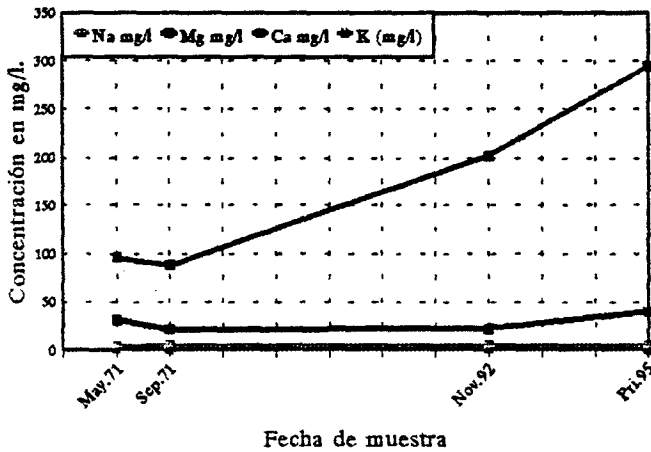
En el primero, figura 6.3.1, se ha observado una inequívoca tendencia al aumento de conductividad en el tiempo pues desde concentraciones del orden de 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , detectadas en 1971, la conductividad ha evolucionado hasta valores del orden de 1200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  observados en 1995. Esta tendencia se mantiene en paralelo con el aumento de sulfatos y calcio.

En el segundo, figura 6.3.2, se observa una tendencia irregular al aumento y disminución de concentraciones en períodos de tiempo de 3 a 6 meses, paralela a la evolución de los sulfatos y el sodio en este sondeo.

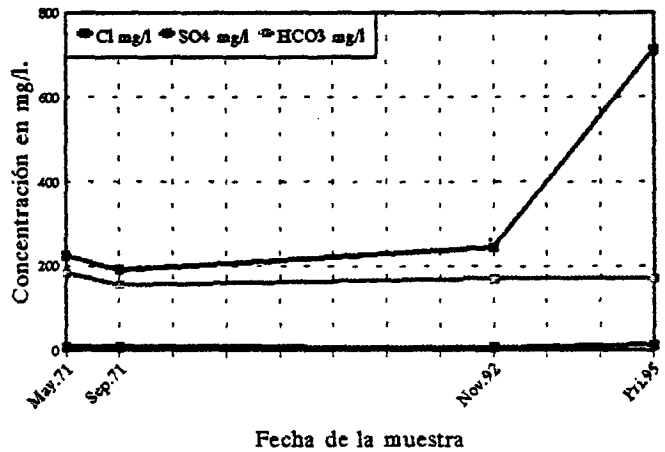
Las evoluciones de nitratos y nitritos son muy dispares. Mientras las concentraciones de nitratos, detectados sistemáticamente en rangos inferiores a 25 mg/l, y muy frecuentemente inferiores a 10 mg/l, presentan variaciones irregulares con disminuciones (Retamares-1, PM-2, Montealina-6, FPD-1) o aumentos notables (MJ-1, G-1, Canal del Oeste-3) los nitritos aparecen de forma esporádica y cuando se detectan con cierta persistencia sus concentraciones suelen mantenerse prácticamente constantes por debajo de 0.1 mg/l. Se adjuntan a modo de ejemplo (figuras 6.3.3 y 6.3.4) las evoluciones en los sondeos Montealina-6 y G-1.



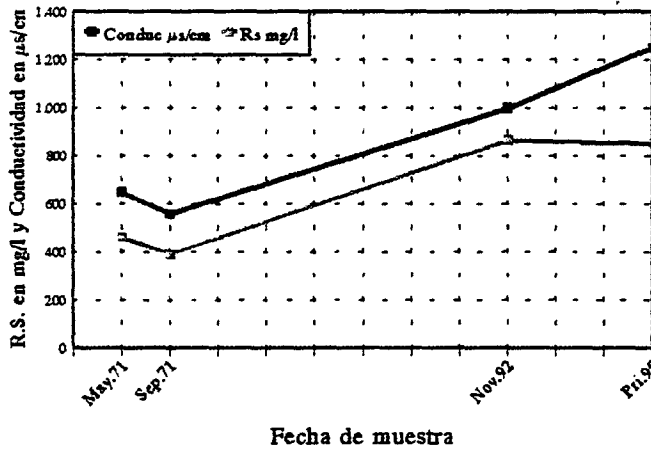
Evolución de la concentración de cationes (mg/l)



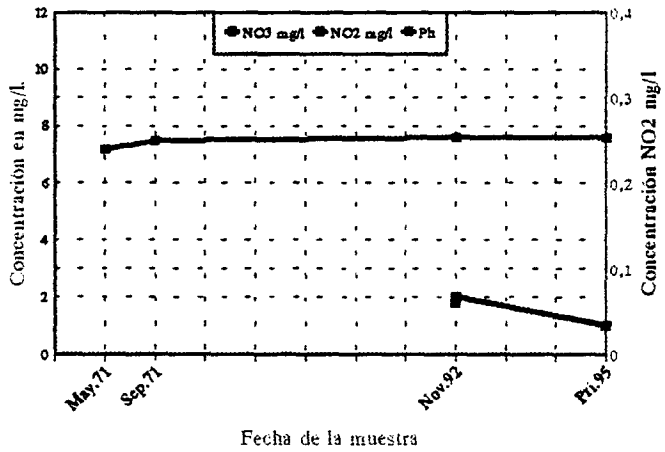
Evolución de la concentración de Aniones (mg/l)



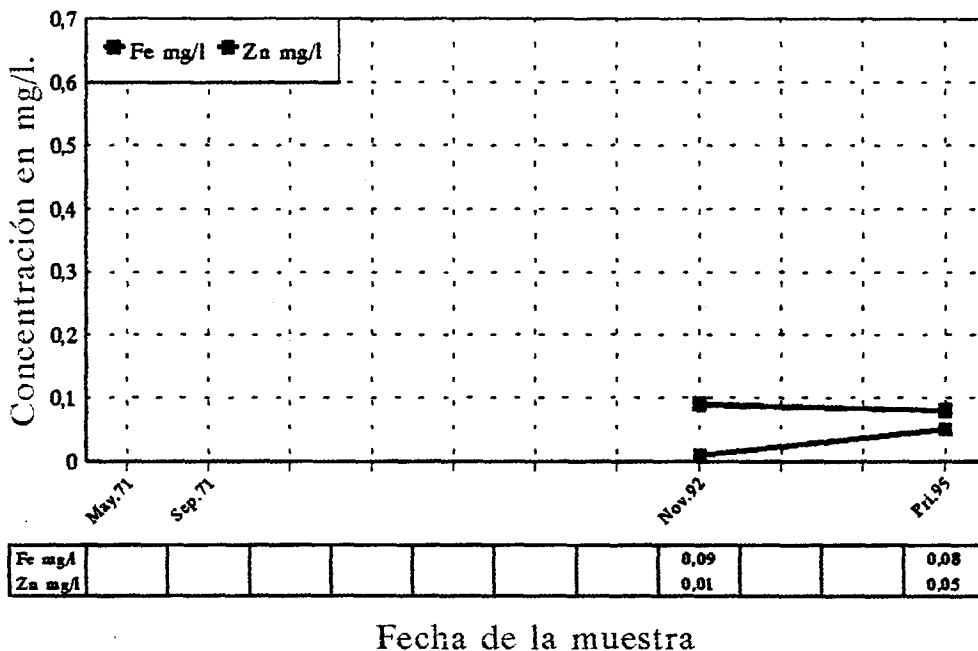
Evolución de la Conductividad y Residuo seco



Evolución de NO3(mg/l), NO2(mg/l) y Ph



Evolución de Minoritarios (mg/l) \*



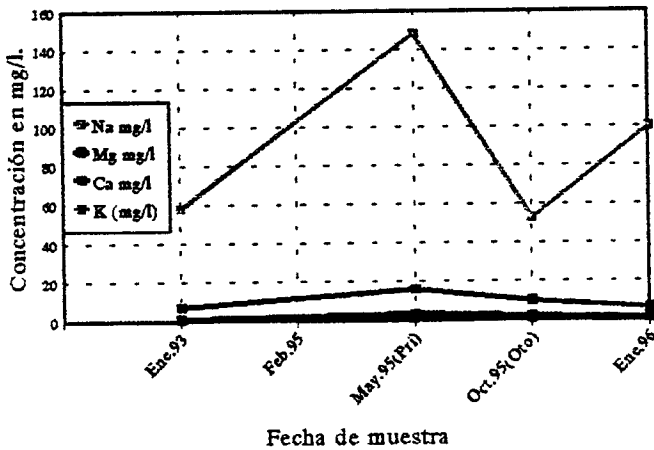
\*Detectados en más de 1 análisis

Figura 6.3.1

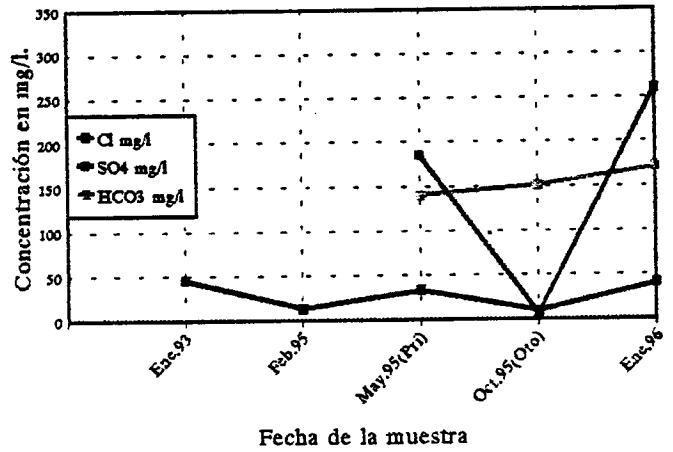


# Montealina-7

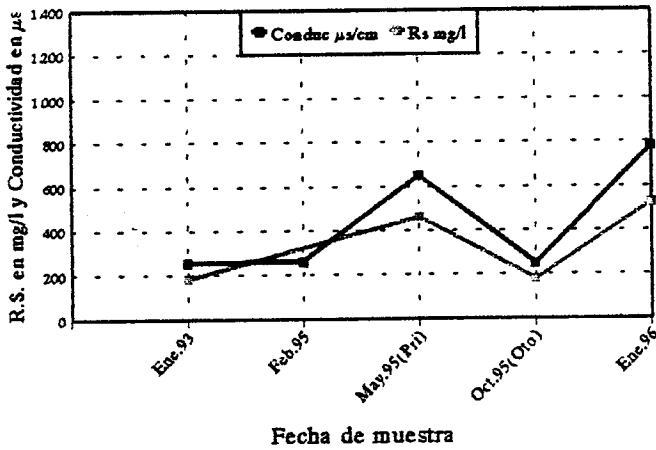
Evolución de la concentración de cationes (mg/l)



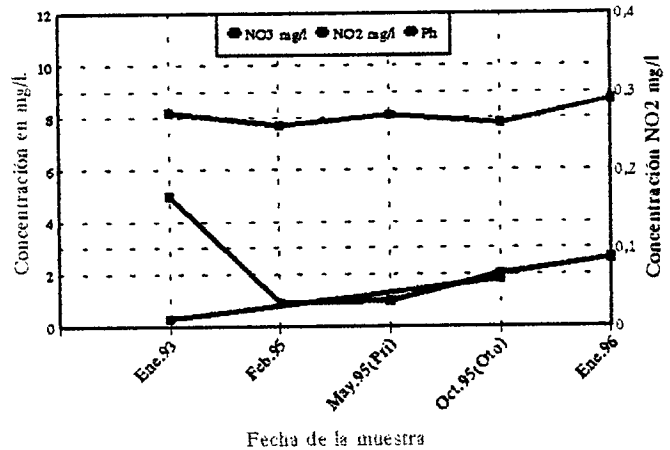
Evolución de la concentración de Aniones (mg/l)



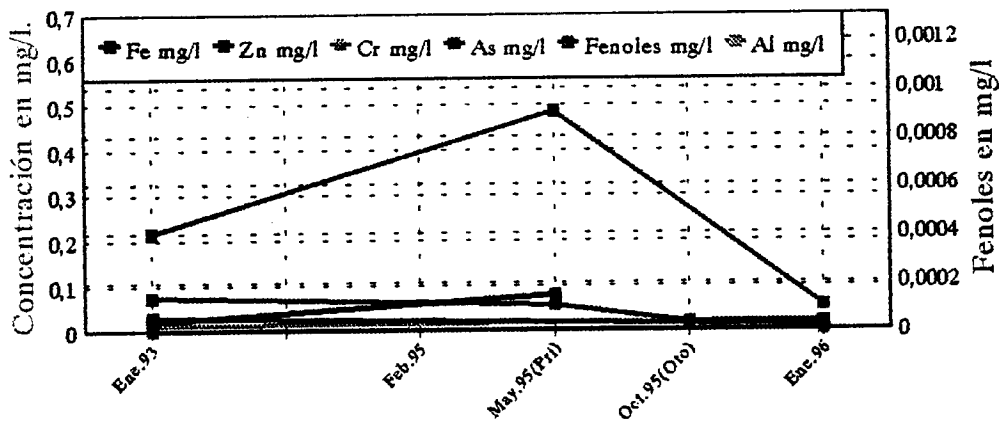
Evolución de la Conductividad y Residuo seco



Evolución de NO3(mg/l), NO2(mg/l) y Ph



Evolución de Minoritarios (mg/l) \*



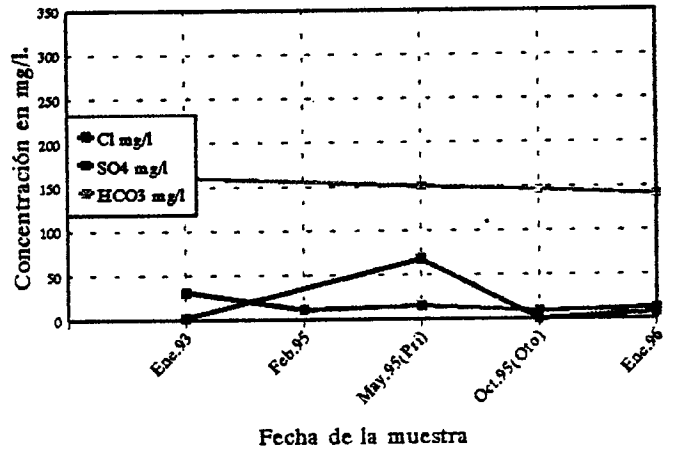
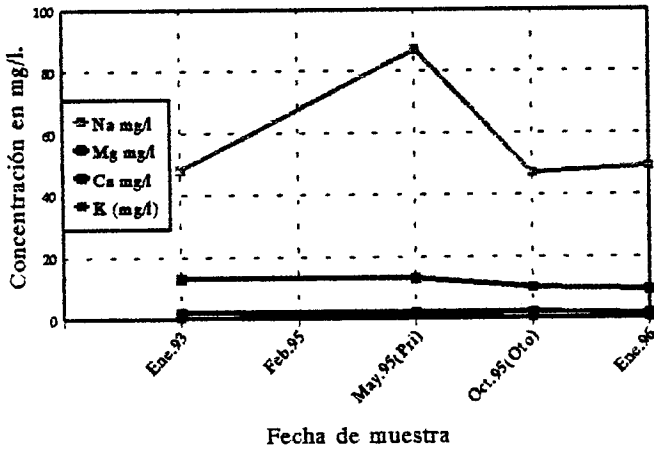
Fe mg/l	0,02			0,079		0,01
Zn mg/l	0,03					0,0006
Cr mg/l	0,0004					0,0162
As mg/l	0,074			0,056	0,018	0,0001
Fenoles mg/l	0,0004			0,0009		0,0191
Al mg/l	0,012					

Fecha de la muestra

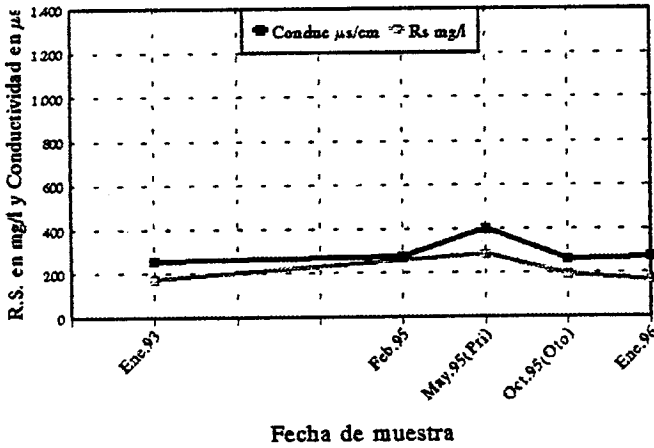
\*Detectados en más de 1 análisis



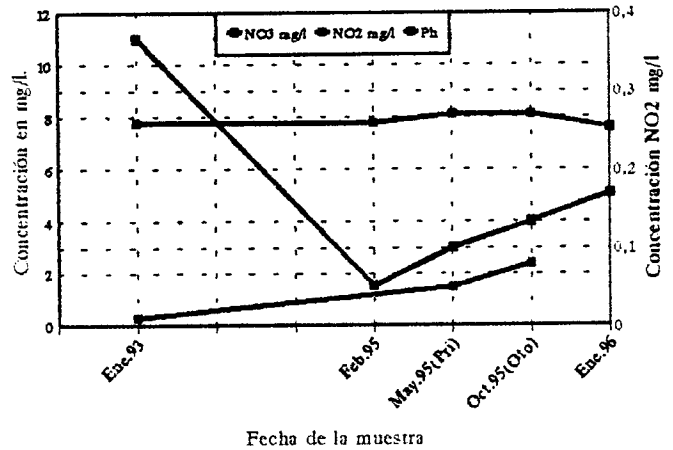
Evolución de la concentración de cationes (mg/l) Evolución de la concentración de Aniones (mg/l)



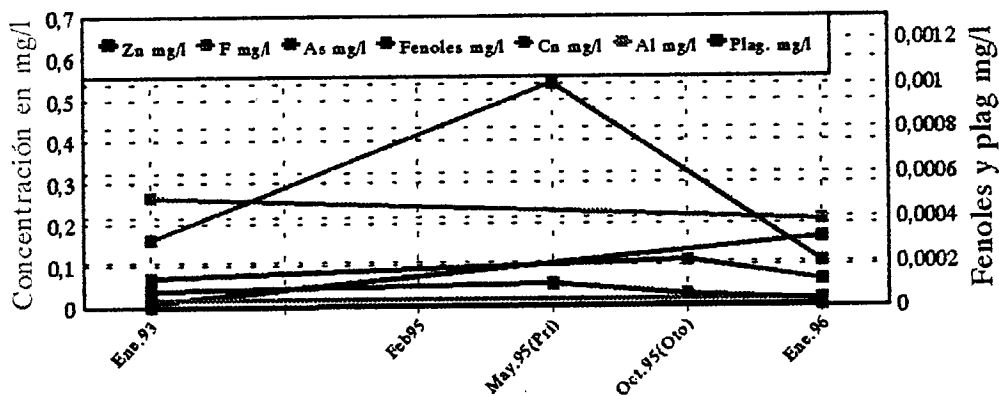
Evolución de la Conductividad y Residuo seco



Evolución de NO3(mg/l), NO2(mg/l) y Ph



Evolución de Minoritarios (mg/l) \*



Zn mg/l	0,069				0,11	0,063
F mg/l	0,265					0,21
As mg/l	0,0392			0,054	0,029	0,0155
Fenoles mg/l	0,0003			0,001		0,0002
Ca mg/l	0,0002					0,0036
Al mg/l	0,018					0,0184
Plag. mg/l	0,00002					0,00031

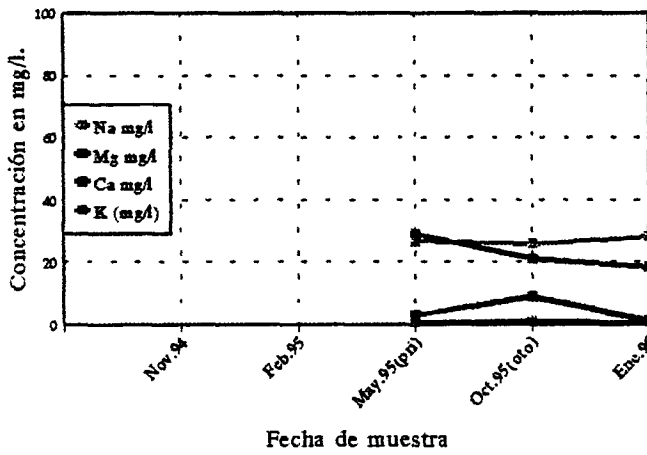
Fecha de la muestra

\*Detectados en más de 1 análisis

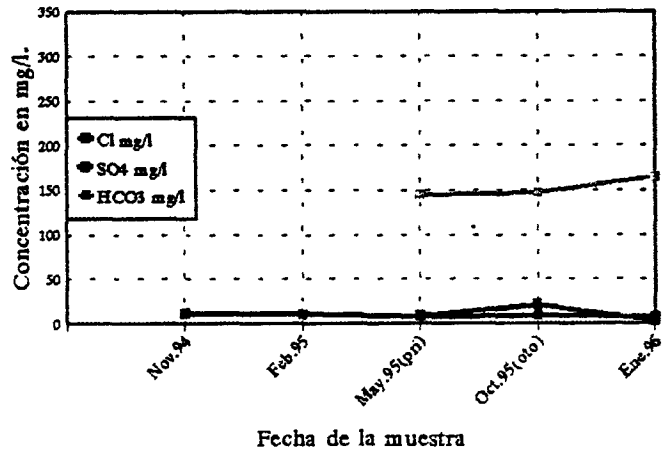
Figura 6.3.3



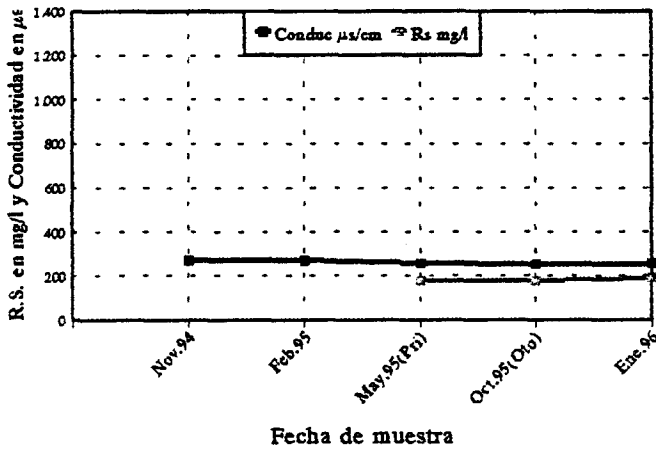
Evolución de la concentración de cationes (mg/l)



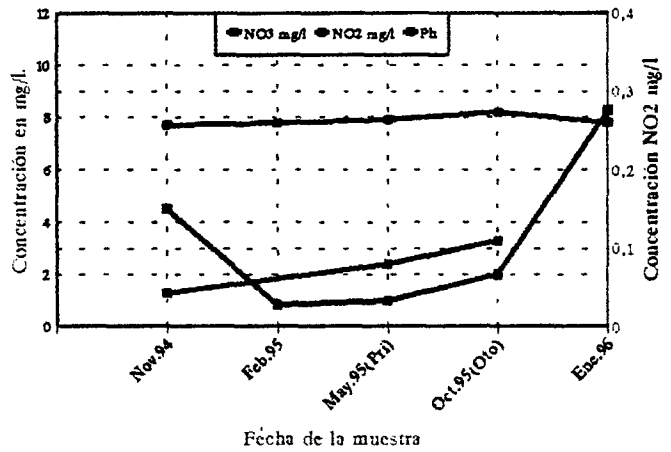
Evolución de la concentración de Aniones (mg/l)



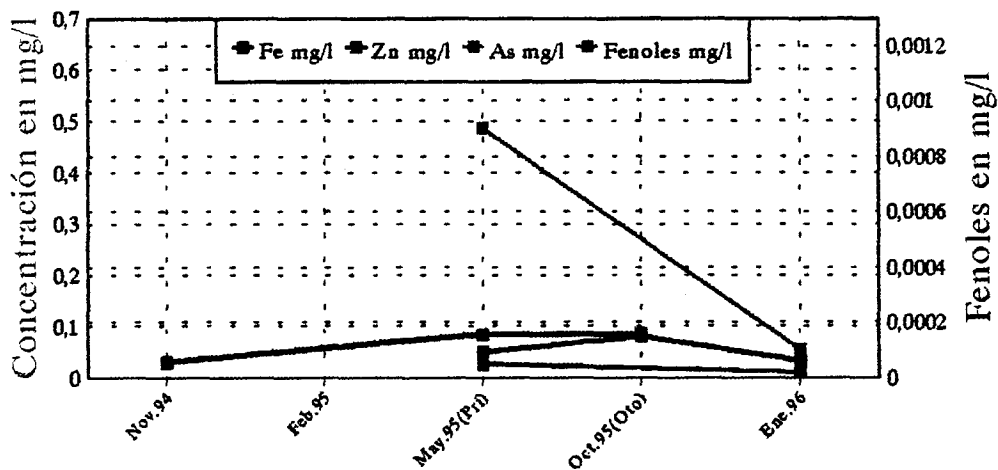
Evolución de la Conductividad y Residuo seco



Evolución de NO3(mg/l), NO2(mg/l) y Ph



Evolución de Minoritarios (mg/l) \*



Fe mg/l	0,03		0,084	0,085	
Zn mg/l			0,05	0,08	0,032
As mg/l			0,026		0,0105
Fenoles mg/l			0,0009		0,0001

Fecha de la muestra

\*Detectados en más de 1 análisis

Figura 6.3.4



## 6.5 LA SITUACIÓN HISTÓRICA EN CUANTO A POTABILIDAD EN LOS SISTEMAS GENERALES.

Finalmente, con el fin de ofrecer una panorámica muy general sobre las limitaciones en la potabilidad del agua en los sondeos de los Sistemas Generales, en el cuadro 6.3.10 se adjunta la relación de sondeos en que, según la información analítica disponible actualmente, discontinua desde 1971 a 1996, se han sobrepasado alguna vez los límites de la R.T.S. en algunos caracteres fisicoquímicos, sustancias no deseables o sustancias tóxicas con indicación de las fechas en que se produce esta situación.

En el cuadro 6.3.11 se resume la situación por campos. La relación *n° de parámetros no conformados (>R.T.S.) / n° de parámetros analizados* se mantiene en la práctica totalidad de las ocasiones por debajo de 0,10.

Hay que resaltar que, por lo que se refiere a las características fisico-químicas, en el Campo de Torrelaguna son los sulfatos la causa predominante de objeción esporádica en cuanto a potabilidad. Por lo que se refiere a las sustancias no deseables son las concentraciones de nitritos y fenoles las causas de impotabilidad. Estas concentraciones por encima del límite son esporádicas en el tiempo y no persistentes en el mismo sondeo. No obstante, desde el punto de vista del consumo humano conviene indicar que el agua producida por el campo de pozos de Torrelaguna, mezclada con volúmenes mayores de agua de procedencia superficial, es tratada y controlada en la E.T.A.P de El Bodonal del Canal de Isabel II.

Sólo en el caso de los sondeos CB-11 y CA-3 con concentraciones respectivas de 0.37 y 0.24 mg/l de NO<sub>2</sub> estas concentraciones sobrepasan el límite en décimas de mg/l (1995). En los demás casos la diferencia de concentración respecto a dicho límite es de centésimas de mg/l (cuadro 6.3.10)

En lo referente a las concentraciones de fenoles por encima del límite establecido, la diferencia en relación con dicho límite es significativa - 0.001 frente a 0.0005 mg/l - en los sondeos CB-11, CA-3, CA-4, CA-5 y Montealina-6. Es de destacar que la presencia de fenoles ha sido observada de forma esporádica puntual desde 1992 (sondeos PT-4 y Retamares-1).

Por lo que se refiere a sustancias tóxicas la causa de impotabilidad son las concentraciones de As detectadas en algunos sondeos de los campos de Fuencarral, Canal Bajo y Canal del Oeste. Las diferencias con el límite establecido para este constituyente (0.05 mg/l) son de milésimas de mg/l excepto en los sondeos FA-1 y FU-3, del campo de Fuencarral en los que dichas diferencias son del orden de la centésima de mg/l. En este caso, las aguas se aportan al depósito de El Goloso, de 534000 m<sup>3</sup> de capacidad, en el que se mezclan con volúmenes muy superiores de aguas superficiales tratadas en la E.T.A.P.

Cuadro 6.3.10

**RELACIÓN DE SONDEOS (SISTEMAS GENERALES C.Y.II) QUE SOBREPASAN ALGUNA VEZ ALGÚN LÍMITE DE LA R.T.S**

**Caracteres físico-químicos**

CAMPO DE POZOS	POZO	Parámetro	C. máxima admisible (mg/l)	Concentración (mg/l)	Fecha
Torrelaguna	PT-4	Mg	50	94	5-4-71
Torrelaguna	PT-4	Rs	1500	1800	5-4-71
Torrelaguna	PT-4	SO4	250	1206	5-4-71
Torrelaguna	PT-4	Mg	50	80	24-4-71
Torrelaguna	PT-4	SO4	250	671	24-4-71
Torrelaguna	PT-4	Al	0,2	0,847	11-11-92
Torrelaguna	PT-4	SO4	250	713	5-5-95
Torrelaguna	S. Agustín	Cl y Na	200 y 150	244 y 181,2	12-5-95
Torrelaguna	M-2A	Al	0,2	0,701	11-11-92
Torrelaguna	M-2A	SO4	250	280	9-5-95
Torrelaguna	M-1	Al	0,2	0,562	11-11-92
Torrelaguna	M-1	SO4	250	312	9-5-95
Torrelaguna	PT-3	SO4	250	363	21-6-71
Torrelaguna	PT-3	SO4	250	326	21-6-71
Torrelaguna	PT-3	SO4	250	284	22-6-71
Torrelaguna	PT-3	SO4 y Mg	250 y 50	616 y 52	31-10-95
Torrelaguna	Valdetales	SO4	250	276	31-10-95
Torrelaguna	Monterrey	Al	0,2	0,703	11-11-92
Canal del Oeste	Montealina-7	SO4	250	260	15-1-96

**Caracteres relativos a las sustancias tóxicas**

CAMPO DE POZOS	POZO	Parámetro	C. máxima admisible (mg/l)	C. Enero 96 (mg/l)	Fecha
Canal Bajo	CB-13	As	0,05	0,058	11-5-95
Canal Bajo	CB-13	As	0,05	0,066	27-10-95
Canal Bajo	CB-15	As	0,05	0,075	27-10-95
Canal Bajo	CB-11	As	0,05	0,054	27-10-95
Canal Bajo	CB-12	As	0,05	0,050	27-10-95
Canal del Oeste	Montealina 6	As	0,05	0,054	12-5-95
Canal del Oeste	Montealina 6	Plaguicidas	(*) 0,0005	0,00031	22-01-96
Canal del Oeste	Montealina 7	As	0,05	0,056	12-5-95
Fuencarral	FA-1	As	0,05	0,085	27-10-95
Fuencarral	FU-3	As	0,05	0,094	27-10-95

(\*) Límite por sustancia individualizada: 0,0001 mg/l

En el desglose de los pesticidas organoclorados el Lindano Gamma Hexaclorociclohexano: 0,00028 mg/l

Cuadro 6.3.10

RELACIÓN DE SONDEOS (SISTEMAS GENERALES C.Y.II) QUE SOBREPASAN ALGUNA VEZ ALGÚN LÍMITE DE LA R.T.S

**Caracteres relativos a sustancias no deseables**

CAMPO DE POZOS	POZO	Parámetro	C. máxima admisible (mg/l)	Concentración (mg/l)	Fecha
Torrelaguna	S. Agustín	F	1,5	4	12-5-95
Torrelaguna	M-2A	Fe	0,2	0,244	9-5-95
Torrelaguna	PT-4	Fenoles	0,0005	0,0005	11-11-92
Torrelaguna	PT-4	Mn	0,05	0,22	11-11-92
Torrelaguna	Monterrey	Mn	0,05	0,27	11-11-92
Torrelaguna	M2-A	Mn	0,05	0,15	11-11-92
Torrelaguna	M-1	Mn	0,05	0,08	11-11-92
Torrelaguna	Valdentalas	Fe	0,2	0,650	31-10-95
Canal Bajo	CB-9	Fenoles	0,0005	0,0009	24-5-95
Canal Bajo	CB-9	NO2	0,1	0,12	24-5-95
Canal Bajo	CB-9	NO2	0,1	0,11	27-10-95
Canal Bajo	CB-4	Fenoles	0,0005	0,0008	24-5-95
Canal Bajo	CB-4	NO2	0,1	0,12	24-5-95
Canal Bajo	CB-7	Fenoles	0,0005	0,0005	30-5-95
Canal Bajo	CB-7	NO2	0,1	0,18	30-5-95
Canal Bajo	CB-13	Fe	0,2	0,24	11-5-95
Canal Bajo	CB-6	Mn	0,05	0,16	13-3-95
Canal Bajo	CB-6	Fenoles	0,0005	0,0009	12-5-95
Canal Bajo	CB-11	Fenoles	0,0005	0,001	11-5-95
Canal Bajo	CB-11	NO2	0,1	0,37	27-10-95
Canal Alto-Goloso	G-1	Fenoles	0,0005	0,0009	11-5-95
Canal Alto-Goloso	G-1	NO2	0,1	0,11	31-10-95
Canal Alto-Goloso	CA-3	Fenoles	0,0005	0,001	24-5-95
Canal Alto-Goloso	CA-3	NO2	0,1	0,24	27-10-95
Canal Alto-Goloso	CA-4	Fenoles	0,0005	0,001	11-5-95
Canal Alto-Goloso	CA-4	NO2	0,1	0,10	30-10-95
Canal Alto-Goloso	CA-5	Fenoles	0,0005	0,001	11-5-95
Canal Alto-Goloso	CA-5	Hidrocarburos	0,01	0,05	23-01-96
Canal del Oeste	Montealina 6	Fenoles	0,0005	0,001	12-5-95
Canal del Oeste	Montealina 6	Hidrocarburos	0,01	0,05	22-01-96
Canal del Oeste	Montealina 7	Fenoles	0,0005	0,0009	12-5-95
Canal del Oeste	Canal Oeste-3	NH4	0,5	0,96	26-1-93
Canal del Oeste	Canal Oeste-3	NH4	0,5	0,89	26-1-93
Canal del Oeste	Canal Oeste-3	NH4	0,5	1,08	26-1-93
Canal del Oeste	Canal Oeste-3	Mn	0,05	0,06	26-1-93
Canal del Oeste	Canal Oeste-3	Mn	0,05	0,07	26-1-93
Canal del Oeste	Canal Oeste-3	Mn	0,05	0,08	26-1-93
Canal del Oeste	Canal Oeste-3	Fenoles	0,0005	0,0007	12-5-95
Canal del Oeste	Retamarca-1	Fe	0,2	0,49	27-5-92
Canal del Oeste	Retamarca-1	Fenoles	0,0005	0,0006	11-8-93
Canal del Oeste	Retamarca-1	Hidrocarburos	0,01	0,05	15-01-96
Canal del Oeste	LA CABAÑA	Hidrocarburos	0,01	0,05	15-01-96
Fuencarral	FX-4	NO2	0,1	0,11	27-10-95
Fuencarral	FE-1	Fe	0,2	1,320	27-10-95
Plantío-Majadahonda	MJ-1	NH4	0,5	0,72	13-11-92
Plantío-Majadahonda	MJ-1	NH4	0,5	1,33	17-11-92
Plantío-Majadahonda	MJ-1	Mn	0,05	0,12	14-12-92

Cuadro 6.3.11

RELACIÓN DE SONDEOS EN QUE SE SOBREPASAN  
ALGUNA VEZ LOS LÍMITES DE LA R.T.S

CAMPO	SONDEO	CARACTER. FISICO-QUIMICOS							SUBSTANCIAS NO DESEABLES						S. TOXICAS		I (*)	
		R.S	Cl	SO4	Na	Mg	K	Al	NO2	NH4	Hidrocarburos	Fenoles	Fe	Mn	F	As		Plaguicidas
TORRELAGUNA	PT-4	*		*		*		*				*		*				0,17
	S. Agustín		*		*								*		*			0,08
	M2-A			*				*					*					0,11
	M-1			*				*					*					0,08
	PT-3			*		*							*					0,05
	Valdetales			*									*					0,05
PT-6							*						*				0,02	
Monterrey							*						*				0,05	
FUENCARRAL	FX-4								*									0,02
	FE-1											*						0,02
	FA-1														*			0,02
	FU-3														*			0,02
CANAL ALTO	G-1								*			*						0,05
	CA-3								*			*						0,05
	CA-4								*			*						0,05
	CA-5									*		*						0,05
CANAL BAJO	CB-4								*			*						0,05
	CB-6								*			*		*				0,05
	CB-7								*			*						0,05
	CB-9								*			*						0,05
	CB-11								*			*						0,08
	CB-12														*			0,02
	CB-13												*		*			0,05
	CB-15														*			0,02
PLANTIO	MJ-1								*				*					0,05
C. DEL OESTE	Montcalina-6			*							*	*			*	*		0,11
	Montcalina-7			*							*	*			*	*		0,08
	C. Oeste-3			*					*		*	*	*		*	*		0,08
	Retamares-1			*							*	*	*		*	*		0,08
	La Cabaña			*							*	*	*		*	*		0,05

(\*) I= N&gt;R.T.S. / n° de parámetros analizados

## CONCLUSIONES

Del estudio de las variaciones del quimismo entre las campañas de muestreo de primavera y otoño de 1995 y enero de 1996 pueden destacarse las siguientes conclusiones :

1ª: En la zona se produce una situación muy compleja y dinámica de modificación de la composición química con frecuentes aumentos o disminuciones de concentración en los constituyentes de las aguas subterráneas.

2ª: Estas variaciones, sin embargo, se mantienen en un rango de +/- 20 mg/l para la mayor parte de los constituyentes mayoritarios en el 80 - 100 % de las ocasiones.

3ª: En consecuencia, la situación en el conjunto de la zona puede calificarse de **SUSTANCIALMENTE ESTABLE** en cuanto a composición química de las aguas subterráneas.

4ª : Las ligeras variaciones observadas se caracterizan por no presentar una tendencia dominante al aumento o disminución ni aparecer ligadas sistemáticamente a un área, una profundidad, una litología, un comportamiento hidroquímico constante, ni a una situación hidrogeológica o de explotación determinadas.

Pese a ello, parece advertirse cierta tendencia a que las disminuciones de concentración de elementos mayoritarios se localicen preferentemente, aunque de forma no sistemática, en los sondeos de los Sistemas Generales y en sondeos profundos como consecuencia, probablemente, de su régimen intensivo de explotación en el período considerado.

5ª: Sondeos muy próximos, con similares características, en los que sería esperable un comportamiento paralelo de variaciones del quimismo, presentan, sin embargo, pautas de variación divergentes.

Ello induce a pensar que los contrastes en las variaciones de escasa magnitud deben interpretarse, probablemente, como efecto de la influencia del entorno inmediato de los puntos de muestreo e, incluso, del régimen de su explotación.

6ª: Pese a lo apuntado en la conclusión nº 2, se detectan situaciones puntuales de variaciones de concentración y conductividad de cierta magnitud, en puntos dispersos, sin una justificación suficientemente clara e inequívoca.

La detección de estas variaciones corrobora la conclusión del análisis de la caracterización preliminar de la calidad (estudio de la serie histórica) en el sentido de que en la zona se producen variaciones de composición química de cierta importancia, de carácter puntual, en intervalos de tiempo muy cortos sin una justificación bien definida.

Las variaciones de cierta entidad observadas entre las campañas de primavera y otoño no son imputables a hipotéticos errores de identificación o ubicación del punto de muestreo dado que el personal que ha intervenido en ambas campañas ha sido el mismo.

7ª: No se han detectado variaciones significativas de concentración de  $\text{NO}_3$ . Ello parece apuntar a la existencia de un fondo regional poco variable, al menos en profundidades de más de 100 m, en el acuífero.

La ausencia de aumentos significativos de concentración de nitratos parece indicar que no se han producido, en general, procesos de contaminación reseñables por este constituyente.

8ª: La persistencia y/o aparición de nitritos en muchos puntos no presenta relación evidente directa cuantificable con la presencia de nitratos.

9ª: La ausencia de aumentos significativos de concentración de constituyentes minoritarios descarta la eventualidad de impactos actuales de contaminación puntual de origen antrópico. No obstante la presencia de fenoles debe ser seguida analíticamente y estudiada con detalle.

No existen evidencias justificativas a nivel individual para las pequeñas variaciones observadas. Se deben, probablemente, a la propia dinámica del acuífero por influencia directa del "entorno inmediato" del punto de muestreo y al régimen de explotación del mismo.

10ª: Vistos los valores y las variaciones de concentración de elementos mayoritarios y minoritarios, no parecen existir síntomas evidentes de contaminación generalizada de origen antrópico a las profundidades de muestreo.

11ª: Las aguas subterráneas de la zona mantienen su buena calidad general, particularmente en los sondeos de los Sistemas Generales en los que los excesos

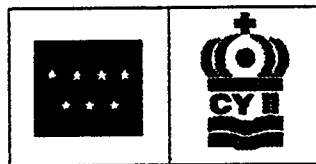
puntuales de concentración de elementos mayoritarios responden a influencias litológicas bien determinadas (Torrelaguna) y los de los minoritarios son escasamente significativos y no alarmantes.

12ª: La constancia del quimismo en el conjunto de la zona permite suponer una buena calidad general de los recursos potencialmente aprovechables en el intervalo de profundidad de 100 a 500 m, excepto en casos puntuales.

En estos casos puntuales no es posible establecer la amplitud del entorno hipotéticamente afectado en las proximidades del punto de muestreo en que se ha detectado alguna limitación, esporádica y de escasa magnitud, en la potabilidad del agua.



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España



Canal de  
Isabel II

**CAPÍTULO 7**  
**LOS FOCOS POTENCIALES DE**  
**CONTAMINACIÓN EN LA**  
**ZONA DE ESTUDIO**



## 7. LOS FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO

Este capítulo tiene por objeto describir la situación general relativa a los residuos que pueden constituir focos potenciales de contaminación de las aguas subterráneas en el área de estudio.

En el apartado 7.1. se ofrece una visión panorámica sobre la gestión controlada, eliminación y tratamiento de los residuos sólidos urbanos (R.S.U.) así como sobre el problema del vertido incontrolado en la Comunidad de Madrid.

En el apartado 7.2 se presenta la situación general relativa a residuos líquidos agrícolas, ganaderos, industriales y urbanos a nivel del conjunto de la zona y en las proximidades de los sondeos de los Sistemas Generales.

El análisis de la situación específica creada por la presencia de focos potenciales en las inmediaciones de los sondeos de los Sistemas Generales se aborda en el capítulo 8 de esta Memoria.

### 7.1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

#### 7.1.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se trata de exponer de forma resumida los aspectos más destacables relativos a la situación de los residuos sólidos urbanos en la Comunidad de Madrid y, más concretamente, al estado actual de la gestión de éstos en los términos municipales incluidos en el área de estudio. Los datos que se presentan reflejan la situación en el año 1995.

Dentro de la Comunidad Autónoma de Madrid existen dos grandes gestores de los residuos generados: el Ayuntamiento de Madrid, que controla más del 60%, y la Agencia de Medio Ambiente, que gestiona el resto de los residuos generados en la Comunidad y ayuda, con Servicios de Apoyo, a diferentes Ayuntamientos en la fase de recogida y transporte. Actualmente (1996) menos del 1% de los residuos sólidos urbanos tienen como destino el vertido incontrolado.

No obstante lo expuesto con anterioridad, son numerosos los "puntos negros" que corresponden a vertido de residuos urbanos, industriales y escombros que de forma clandestina se localizan en la Comunidad de Madrid. Aunque globalmente no es significativo el volumen que representan frente

al total de los residuos generados, sí pueden originar, en ocasiones, graves problemas de contaminación.

Dado que la Comunidad de Madrid tiene un plan general de eliminación y tratamiento, de los residuos sólidos urbanos y asimilables que genera, es por lo que se ha considerado más conveniente la realización de un planteamiento global de la problemática de éstos, para con posterioridad pasar a analizar mas detalladamente, en los términos municipales que ha sido posible, los vertidos incontrolados existentes, referenciando su naturaleza, alcance, localización y peculiaridades.

En la caracterización de la problemática específica de cada término municipal, se han incluido algunos que quedan fuera de la zona de estudio y que se sitúan al Sur de ésta. Esta inclusión se ha debido a tres motivos fundamentales: la existencia de abundante información en lo que se refiere a vertidos incontrolados por tratarse de áreas donde se desarrolla una importante actividad industrial; anticiparse a una posible ampliación de la zona que comprende el actual estudio; y por último por tratarse de una zona con claras posibilidades de explotación futura.

La documentación utilizada para la elaboración de este apartado procede de la AMA de la Comunidad de Madrid, que ha facilitado el Programa Coordinado de Actuación de Residuos Sólidos Urbanos (PCARSU) y su actualización, la relación de términos municipales con vertederos de inertes y el inventario de puntos de vertido de los sectores Oeste y Suroeste de la Comunidad de Madrid. Procedentes del Ministerio de Obras Públicas Transporte y Medio Ambiente, se han utilizado los documentos correspondientes a la Comunidad de Madrid, del Inventario nacional de residuos sólidos urbanos y del Inventario nacional de espacios contaminados; por último se ha consultado, del Ayuntamiento de Madrid, la Memoria anual sobre residuos sólidos urbanos del año 1994.

#### **7.1.2 GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA COMUNIDAD DE MADRID**

La Asamblea de Madrid aprobó, en el año 1984, la Ley de Ordenación Territorial de la Comunidad de Madrid y como consecuencia el Consejo de Gobierno encomienda la formulación del Programa Coordinado de Actuación de Residuos Sólidos Urbanos (en adelante PCARSU) a la Consejería de Ordenación de Territorio, Medio Ambiente y Vivienda, aprobado definitivamente mediante Decreto 38/1986 de la CAM.

El PCARSU ha sido la base para llegar a la situación actual, adaptándolo la Agencia de Medio Ambiente (AMA) según las necesidades, llevando a cabo una revisión interna en 1991 con el fin de actualizar los datos.

Los residuos que contempla el PCARSU son los desechos y residuos sólidos producidos como consecuencia de las siguientes actividades y situaciones: domiciliarias, comerciales y de servicios, sanitarias, limpieza viaria, abandono de animales muertos, muebles, enseres y vehículos, industria agrícola, de construcción y obras menores y, en general, todos aquellos residuos cuya recogida, transporte, almacenamiento o eliminación corresponden a los Ayuntamientos, de acuerdo con lo establecido en la Ley de Régimen Local.

Los objetivos del PCARSU, actualizado en 1991, se concretan en:

- Establecimiento de una red de vertederos sanitariamente controlados en la totalidad del ámbito de la Comunidad de Madrid.
- Fomentar la mancomunidad de municipios para la recogida, transporte y tratamiento de residuos sólidos urbanos.
- Eliminar "puntos negros" de vertido incontrolado.

El ámbito geográfico y administrativo del PCARSU es la totalidad de los municipios que componen la Comunidad de Madrid, estableciendo 9 sectores, denominados unidades de tratamiento (U.T.), organizados en 17 mancomunidades de municipios para la recogida y transporte.

En el plano 7.1.1 se delimitan las plantas y unidades de tratamiento (U.T.) establecidas con sus correspondientes términos municipales, así como la situación de los vertederos, estaciones de transferencia, puntos de recuperación y de incineración.

Las unidades de tratamiento en las que se sitúan la mayor parte de los municipios a caracterizar corresponden a la I (NORDESTE), II (MANZANARES), III (NOROESTE), IV (CENTRO) y IX (SUR), quedando solo dos de los municipios estudiados en la VI (OESTE) y uno en la V (HENARES).

En la actualidad se puede decir que el sistema puesto en marcha con el PCARSU está, en lo referente a tratamiento, agotado. Para adaptarse a la nueva situación creada, dada la dificultad de encontrar terrenos aptos para construir o ampliar vertederos, las nuevas tendencias dirigidas hacia la recuperación y la legislación actual, el AMA está en la línea de desarrollar un nuevo programa que contemple estas otras perspectivas.

**7.1.3 ESTADO ACTUAL DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

**SITUACIÓN PROVINCIAL**

La Agencia de Medio Ambiente (AMA) controla y gestiona la eliminación, mediante vertido controlado, de los residuos generados en 157 municipios, de un total de 179, de la Comunidad de Madrid, atendiendo a una población aproximada de 2.000.000 de habitantes que generan 800.000 t/año de residuos domiciliarios, siendo el coeficiente de generación medio de 1,09 x kg/hab/día.

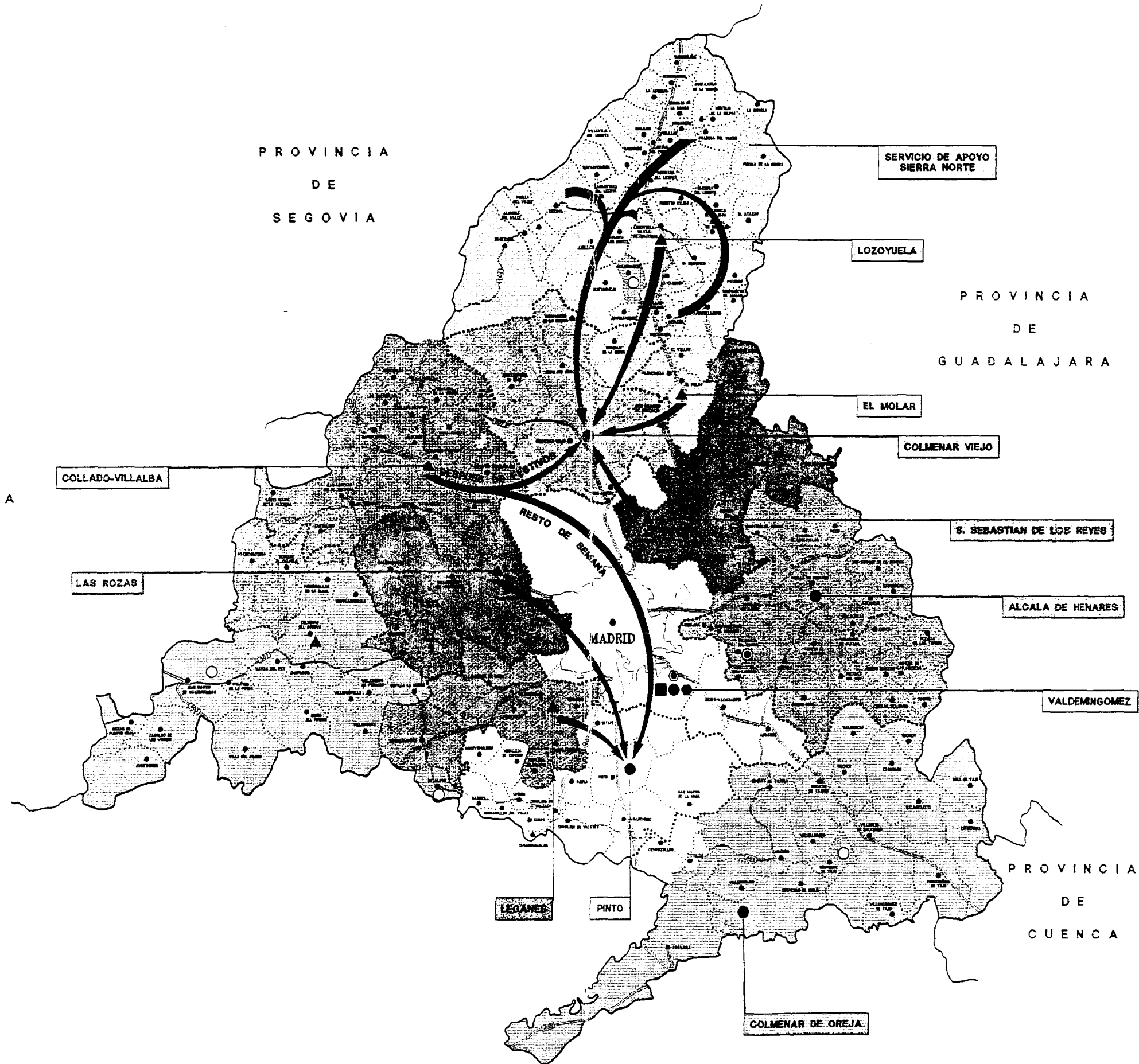
El Ayuntamiento de Madrid es el único que gestiona de forma integral e independiente sus residuos, que ascienden a casi 1.200.000 t/año con un coeficiente de generación medio de 1,23 kg/hab/día.

La agrupación de municipios realizada en el PCARSU sigue siendo válida en la actualidad con ligeras modificaciones, quedando la Comunidad dividida en 9 unidades de tratamiento. En el Cuadro 7.1.1, se presentan los datos de la generación de residuos de cada una de las U.T., así como el porcentaje que supone cada una de ellas respecto al total provincial generado y el coeficiente de generación por habitante/día.

*Cuadro 7.1.1 Generación de residuos por unidad de tratamiento  
(Año 1994)*

UNIDAD DE TRATAMIENTO	POBLACIÓN	GENERACIÓN		Coefic. de generación kg/hab/día
		t/año	% respecto al total	
<b>I NORDESTE</b>	180.473	77.950	3,8	1,18
<b>II. MANZANARES</b>	62.516	31.200	1,5	1,37
<b>III. NOROESTE</b>	267.852	136.365	6,7	1,39
<b>IV. CENTRO</b>	3.068.000	1.268.100	62,0	1,13
<b>V. HENARES</b>	173.122	57.405	2,8	0,91
<b>VI. OESTE</b>	42.221	20.100	1,1	1,43
<b>VII. ESTE</b>	218.854	78.310	3,8	0,98
<b>VIII. TAJO</b>	86.072	37.050	1,8	1,18
<b>IX. SUR</b>	949.654	335.370	16,4	0,97
<b>TOTALES</b>	5.049.661	2.041.850	100,00	1,11

Fuente: AMA y Ayto. de Madrid



PLANTA DE TRATAMIENTO	HABITANTES	Tm./Año (1983)
ALCALA DE HENARES	389.000	189.950
COLMENAR DE OREJA	72.600	39.400
COLMENAR VIEJO	65.200	148.180
PINTO	287.900	535.600
VALDEMINGOMEZ - TORMADRID	3.088.800	1.400.000
COLLADO-VILLALBA	105.302	76.370
EL MOLAR	9.900	4.850
LAS ROZAS	168.000	78.850
LEGANES	684.900	219.700
LOZOYUELA	5.600	3.860
S. SEBASTIAN DE LOS REYES	164.000	68.250
INCONTROLADOS	27.700	16.000

**LEYENDA**

- LIMITE PROVINCIAL
- LIMITE MUNICIPAL
- ..... LIMITE DE UNIDADES DE TRATAMIENTO (PCARSU)
- NUCLEO URBANO
- AUTOVIAS
- CARRETERAS NACIONALES
- CARRETERAS COMARCALES
- VERTEDERO**
- ⊙ CONTROLADO EN OPERACION
- ⊙ CONTROLADO EN CONSTRUCCION
- INCONTROLADO
- PLANTA DE TRANSFERENCIA**
- ▲ EN OPERACION
- ▲ EN CONSTRUCCION
- PLANTA DE RECUPERACION**
- EN OPERACION
- PLANTA DE INCINERACION**
- EN OPERACION (RESIDUOS ESPECIALES)
- ⊙ EN CONSTRUCCION (R.S.U.)

PLANO 7.1.1  
PLANTAS Y UNIDADES DE TRATAMIENTO



CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II

Los datos anteriormente expuestos corresponden a entradas de residuos, fundamentalmente domiciliarios, en las plantas de tratamiento. Los correspondientes a la generación de los municipios con vertido incontrolado y que se sitúan, fundamentalmente, al Oeste de la Comunidad de Madrid (unidad de tratamiento VI), se han estimado en función de la población y de las actividades, que se desarrollan en ellos, y que generan residuos asimilables a urbanos.

La práctica totalidad de los residuos sólidos urbanos generados se tratan en los 12 Centros que en la actualidad se encuentran en funcionamiento en la Comunidad de Madrid. En el Cuadro 7.1.2 se reflejan sus características, localización y dependencia.

Cuadro 7.1.2 Centros de tratamiento de residuos sólidos urbanos.

TIPO DE CENTRO DE TRATAMIENTO/ELIMINACIÓN	AMA	AYUNTAMIENTO MADRID
Vertedero controlado	Alcalá de Henares Colmenar de Oreja Colmenar Viejo Pinto	Valdemingómez
Planta de transferencia	El Molar Lozoyuela S. Sebastián de los Reyes Las Rozas Collado-Villalba Leganés	
Planta de recuperación		Compost (Valdemingómez TIR Madrid)

Con el fin de caracterizar los residuos sólidos urbanos que se generan en la Comunidad de Madrid, la Agencia de Medio Ambiente está realizando estudios, mediante el muestreo y posterior análisis, en cinco Centros de tratamiento y/o eliminación en funcionamiento (Alcalá de Henares, Colmenar de Oreja, Colmenar Viejo, Pinto y la planta de transferencia de las Rozas). Se han realizado dos campañas durante el verano e invierno de 1993, recogiendo sus resultados en el Cuadro 7.1.3 en el que se refleja su composición en tanto por ciento en peso y su caracterización analítica. Del análisis del estudio, destaca el elevado contenido en materia orgánica de los residuos, circunstancia que va a favorecer la formación de lixiviados por descomposición de ésta y la incorporación de otros elementos no deseables en su composición.

Cuadro 7.1.3 Caracterización residuos sólidos urbanos. Comunidad de Madrid

COMPOSICIÓN MEDIA		COMPOSICIÓN ANALÍTICA	
FRACCIÓN	% PESO	PARÁMETRO	VALOR
Materia orgánica	56,0	Materia orgán.total (%)	76
Papel cartón	16,1	Nitrógeno(%)	2,2
Vidrio	3,4	Relación C/N	15,5
Plástico	10,4	Potasio total(%)	0,9
Metal no férrico	0,4	Fósforo total(%)	0,5
Metal férrico	3,2	Poder calorif.Sup(kcal/kg)	3.900
Textil	3,2	Poder calorif.Inf(kcal/Kg)	1.450
Gomas y Arenas	0,9	Humedad (%)	49
Madera	1,3	Densidad kg/m <sup>3</sup>	282
Pilas y baterías	0,1		
Tierra y cenizas	4,9		
Varios	0,1		
Total	100		

La implantación de nuevos sistemas de recogida selectiva en la Comunidad de Madrid está dando lugar a un cambio en la composición de los residuos generados.

Es de gran importancia la aplicación de estos sistemas por una doble ventaja: por un lado, la disminución del volumen de residuos que entran en vertedero y, por tanto, la dilatación de la vida útil de la capacidad de los depósitos y, por otro, por que con la recogida selectiva de algunos sectores, se reducirá la incorporación de sustancias no deseables, contenidas en estos residuos, a los lixiviados que se originan en los vertederos de la Comunidad, que son los potenciales agentes causantes de la contaminación de aguas subterráneas, por vertido de residuos.

Con el fin de dar una visión global de estos nuevos sistemas, es por lo que se pasan a describir las distintas iniciativas, que por sectores, se están desarrollando, así como su grado de operatividad y de aplicación.

#### PAPEL-CARTÓN

Según información obtenida en REPACAR (Reciclaje de Papel y Cartón), en la Comunidad de Madrid operan 25 empresas recuperadoras de papel-cartón que recogen entre el 28 y 30% del total nacional. Durante el año 1994, se recuperaron por la CAM 500.000 toneladas, de las cuales la mayor parte procedía de imprentas, grandes almacenes y oficinas, destacando, en cuanto a recogida de tipo domiciliario, el municipio de Madrid que durante el mismo año recuperó 4.323 toneladas.

## **VIDRIO**

Se dispone de datos completos del año 1993, por municipios, a través de ANFEVI (Asociación Nacional de Fabricantes de Vidrio), relativos al sector doméstico. En este año existían en la Comunidad de Madrid 3.083 puntos de recogida, recuperándose 15.480 toneladas, lo que supone el 14% de total nacional. Dentro de la CAM destaca el municipio de Madrid, con recogida implantada desde el año 1983, que recuperó 11.386 t, un 74% del total de la Comunidad.

## **TETRA BRIK**

La empresa NESA, fabricante de papel reciclado, mediante acuerdos con la compañía Tetra Pak (fabricante de envases para alimentos líquidos) y otros organismos, entre ellos la Agencia de Medio Ambiente, ha llevado a cabo una experiencia de recogida selectiva de envases de tetra brik, en diversos colegios de 17 municipios de la Comunidad (11.000 escolares) recuperándose 15.000 kg de envases.

De los envases recuperados, los elementos no celulósicos contenidos en el Tetra Brik se someten a un tratamiento en la fábrica de NESA de Valencia. Con parte de la celulosa obtenida se fabrican sacos industriales y bolsas para establecimientos comerciales.

## **PILAS Y ACUMULADORES**

En la Comunidad de Madrid se generan del orden de 2.300 t/año de pilas (13% del total nacional), de las cuales el 99,3% son convencionales (alcalinas y salinas) y un 0,7% pilas botón lo que equivale a 15,5 t/año, añadiendo a estos datos los correspondientes a la recogida del Ayuntamiento de Madrid 166 kg/año de pilas botón y 49 t/año del resto (datos referidos 1994).

La única planta de tratamiento, existente en la actualidad, para el tratamiento de pilas botón, es gestionada por la AMA y se sitúa dentro de las instalaciones del depósito de seguridad de residuos tóxicos y peligrosos de San Fernando de Henares. Esta planta tiene una capacidad de tratamiento de 25 kg/día de pilas botón, de las que, mediante el proceso correspondiente, se obtiene el mercurio contenido en ellas; por tanto si se suponen 300 días de operación al año, tendríamos que podría tratar 7,5 t/año, que corresponde a la mitad de lo generado en la CAM según los datos obtenidos.

Por tanto es evidente la necesidad, por una parte, de ampliar la recogida de pilas botón y, por otra, de mejorar o construir nuevas plantas de tratamiento, siendo su objetivo último el evitar su eliminación, sin ningún tipo de precauciones, mezcladas con el resto de los residuos urbanos, y



depositadas en vertederos convencionales y el de aumentar la capacidad de tratamiento que existe en la actualidad. El vertido incontrolado de estos residuos supone un importante riesgo de contaminación, por la incorporación de mercurio a los lixiviados que se originan y que, posteriormente, pueden infiltrarse y ocasionar un deterioro de la calidad de las aguas subterráneas utilizables.

En los apartados anteriores se ha expuesto un resumen de la situación de la gestión de los residuos sólidos urbanos en la provincia de Madrid, pero éste quedaría incompleto si no se hiciera referencia a residuos voluminosos (neumáticos, cartón, electrodomésticos, restos de demolición y construcción, residuos cárnicos, animales muertos, etc), que en general, tienen un tratamiento diferenciado en los municipios de la Comunidad de Madrid.

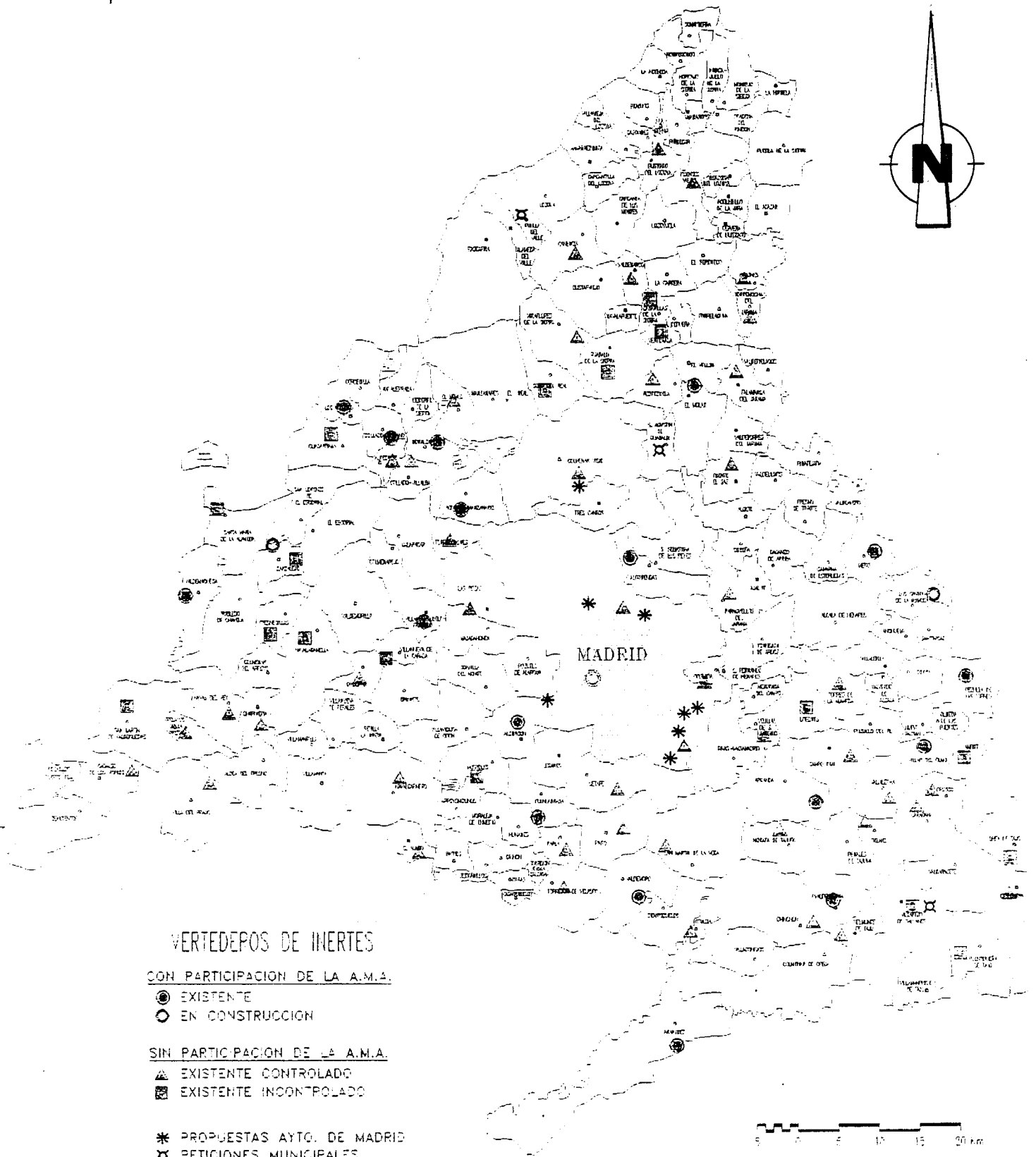
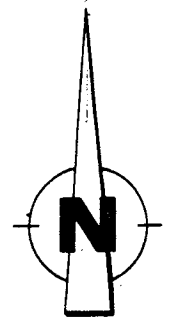
### CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

En la actualidad tanto la Agencia de Medio Ambiente como el Ayuntamiento de Madrid están poniendo a punto proyectos para la instalación de nuevos vertederos de inertes para sustituir, en algunos casos, los existentes ya agotados y en otros para instalar vertederos controlados que recojan los residuos generados, que en el momento presente se eliminan de forma incontrolada.

El AMA aporta, a los ayuntamientos que solicitan la instalación en su término de un vertedero que recoja de forma controlada los residuos de construcción y demolición, fondos para el vallado, regeneración del terreno al final de la vida útil y subvención por m<sup>3</sup> durante 3 años, corriendo por cuenta de los municipios los terrenos para la instalación de los vertederos, así como su gestión. El volumen total generado en la CAM se estima en 1.500.000 t/año, variando los costes de gestión entre las 35 pta/m<sup>3</sup> del Ayuntamiento de Madrid y las 55 pta/m<sup>3</sup> para los controlados por la CAM.

Aunque son muy numerosos los vertederos de inertes existentes en los términos municipales que constituyen el área de estudio, pocos de ellos se encuentran legalizados y más escaso aún es el número de los que llevan un adecuado control que impida la llegada de otros residuos no inertes, que en algunos casos corresponden a industriales tóxicos y peligrosos, que pueden constituir uno de los principales focos potenciales de contaminación de las aguas subterráneas.

En el Plano 7.1.2, que acompaña a este apartado, y que ha sido facilitado por la AMA, se refleja la relación de vertederos de inertes legalizados que están en funcionamiento en la Comunidad de Madrid, su estado de gestión, así como las propuestas futuras de los distintos ayuntamientos madrileños.



## NEUMÁTICOS

No existe en la CAM una recogida selectiva de neumáticos aunque, con la puesta en marcha por parte de el AMA de una planta de trituración en Arganda, se ha conseguido que una gran parte de los que se encuentran inutilizados sean transportados, para ser triturados y posteriormente eliminados en el vertedero de inertes existente en el interior de este recinto.

La recepción actual de neumáticos en la planta es de unos 300 t/mes, aunque esta cifra va creciendo muy rápidamente, pudiendo llegar a triturarse 100 t/día (turno de 8 horas). El 85% de los neumáticos que entran proceden de la Asociación de Recambistas (AMARAUTO), correspondiendo el 15% restante a recauchutadores, ayuntamientos y particulares. Los datos de generación (Cuadro 7.1.4) se han obtenido desglosados según el tipo de vehículo, siendo el total generado en la Comunidad un 12,5% del total nacional.

Cuadro 7.1.4 Generación neumáticos t/año

CAM	Camiones	Autobuses	Turismos	Motos	Otros	TOTAL
CAM	11.279	818	14.628	167	1.116	28.008
Resto nacional	106.921	4.821	98.956	1.620	9.917	223.637

A la vista de estos datos de generación, se puede establecer que la Planta de Trituración de Arganda podría absorber, en pleno funcionamiento, toda la producción de neumáticos de la CAM.

## VEHÍCULOS FUERA DE USO

No ha sido muy completa la información obtenida, pero si se ha podido disponer de las bajas de vehículos según la Dirección General de Tráfico (1994) y que corresponde en la CAM a:

- Camiones . . 6.275
- Autobuses . . . 287
- Turismos . . 47.204
- Motocicletas . . 348

A estos datos hay que añadir los de vehículos retirados por el Ayuntamiento de Madrid de la vía pública, que en el año 1994 fueron 9.115.

Uno de los problemas fundamentales, en lo que se refiere al potencial riesgo de contaminación de las aguas subterráneas, es la existencia en estos vehículos de fluidos contaminantes contenidos en las baterías, depósitos de aceite, etc., que no se someten a ningún tipo de depuración. La única información conocida en la CAM, relativa a tratamiento de vehículos fuera de uso, corresponde a la realizada por Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones (ANFAC) y la Sociedad de Reciclaje y Fragmentación que llevó a cabo, en 1994, una experiencia piloto de reciclaje de vehículos, consistente en: descontaminación, mediante la eliminación de fluidos contaminantes, desmontando elementos tales como vidrios, neumáticos y plástico y, finalmente, trituración del resto de los materiales.

No se tiene constancia de que, en la actualidad, esta experiencia se haya incorporado al tratamiento de vehículos, y por tanto se continúan eliminando sin ningún tipo de garantías, mediante su acumulación y posterior achatarramiento, sin efectuar control alguno, pudiendo llegar a constituir esta actividad un foco puntual de contaminación de las aguas subterráneas, dado el desconocimiento de la situación geográfica de los depósitos de vehículos existentes en la CAM y del destino final de los residuos contaminantes que no son recuperados ni tratados.

#### **SUBPRODUCTOS CÁRNICOS Y ANIMALES MUERTOS**

No existe un plan general, de recogida, eliminación y tratamiento de estos residuos, dentro de la Comunidad de Madrid, siendo los propios ayuntamientos los encargados de su eliminación, y dependiendo su gestión, según los casos, de los departamentos de sanidad o de medio ambiente .

Como regla general, los animales muertos y subproductos cárnicos generados por los distintos municipios, tienen como destino final el vertedero controlado donde se depositan residuos sólidos urbanos, disponiéndose de una zona específica, separada del resto de los vertidos, para su depósito y recubrimiento posterior con cal.

Esta regla es válida para los grandes municipios de la Comunidad, si se exceptúan los de Madrid, Rivas-Vaciamadrid y Arganda, que los tratan, mediante su combustión, en un horno incinerador instalado, a tal efecto, en el vertedero de Valdemingómez.

En la mayor parte de los pequeños municipios, la gestión depende de los departamentos sanitarios, eliminándose estos residuos en los cementerios, en zonas y fosas específicas, preparadas para recibirlos.

#### **7.1.4 ELIMINACIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.**

En los anteriores capítulos se ha analizado la problemática de la gestión de residuos urbanos en la Comunidad de Madrid, haciendo no sólo referencia a la basura doméstica, sino también a otros residuos asimilable a urbanos que suponen un importante problema en los términos municipales de mayor población.

En este apartado se va a describir, para cada uno de los términos municipales que constituyen el área de estudio, el estado actual del tratamiento y eliminación de los residuos sólidos urbanos que generan, así como si se ha procedido al sellado de los antiguos vertederos y el año en que se realizó.

Es necesario señalar que, en lo referente a los vertederos sellados, no se ha podido disponer de datos de su exacta localización, ni de las actuaciones seguidas para su sellado, en cuanto a la aplicación de las especificaciones técnicas precisas para su clausura, o simplemente, de si se han cubierto en parte y siguen realizándose vertidos en su entorno.

Toda la información que ha sido posible recopilar en lo que se refiere a la gestión de residuos sólidos urbanos, se recoge en el Cuadro 7.1.5 que acompaña a este apartado, con el fin de mostrar de forma esquemática la problemática de cada término municipal.

Como complemento a la información antes descrita, se ha realizado un ficha resumen de los centros de tratamiento, estaciones de transferencia y plantas de tratamiento específico de residuos (tratamiento de neumáticos y de pilas botón), situadas en la zona de estudio, no incluyendo aquellas otras que aunque reciben vertidos de los términos municipales considerados, se localizan fuera del ámbito de estudio.

En las fichas se recogen los datos generales del centro de tratamiento y/o eliminación (situación, coordenadas, municipios a los que da servicio, vida útil, etc), una descripción de las instalaciones y servicios, así como una breve descripción de los principales impactos negativos. A cada ficha le acompaña un plano de situación de la actividad considerada.

Toda la información referente a las fichas de instalaciones se recoge en el anexo 7.1 de esta memoria, ya que al tratarse de una documentación complementaria se ha considerado más conveniente su no inclusión en este capítulo; así mismo se acompaña un disquette que contiene las coordenadas de estas actividades y símbolos de identificación de la naturaleza del vertido que se realiza, con el fin de que se puedan representar gráficamente en planos o mapas, a distintas escalas cuando se considere de utilidad.

Los términos municipales incluidos en el Cuadro 7.1.5 corresponden no solo a los que constituyen la zona de estudio, sino que también se han considerado aquellos situados al sur y oeste de ésta que pueden constituir una posible zona de explotación futura de agua subterránea.

*Cuadro 7.1.5 Gestión de residuos sólidos urbanos por Términos Municipales*

<b>T. Municipal</b>	<b>Unidad de tratamiento</b>	<b>Estación transferencia</b>	<b>Destino final vertedero controlado</b>	<b>Antiguo vertedero sellado/año.</b>
Álamo, El	VI Oeste	INCONTROLADO		
Alcobendas	I Norte	E.T. S. Sebastián de los Reyes	Colmenar Viejo	si/ 1987
Alcorcón	IX Sur	E.T. Leganés	Pinto	si/ 1987
Algete	I Norte	E.T. S. Sebastián de los Reyes	Colmenar Viejo	si/ 1987
Atazar, El	I Norte	E.T. Móvil El Molar	Colmenar Viejo	si/ 1987
Batres	VI Oeste		Pinto (V.D.)	si/1988
Berzosa de Lozoya	I Norte	E.T. Móvil Lozoyuela	Colmenar Viejo	si/1987
Berrueco, El	I Norte	E.T. Móvil Lozoyuela	Colmenar Viejo	---
Boadilla del Monte	III Noroeste	E.T. Las Rozas	Pinto	si/1986
Brunete	VI Oeste	E.T. Las Rozas junto con Quijorna	Pinto	
Buitrago de Lozoya	I Norte	E.T. Móvil Lozoyuela	Colmenar Viejo	si/1991
Cabanillas de la S <sup>a</sup>	I Norte	E.T. Móvil El Molar	Colmenar Viejo	si/1993
Cabrera, La	I Norte	E.T. Móvil Lozoyuela	Colmenar Viejo	---
Ciempozuelos	VIII Tajo	---	Pinto (V D)	---
Cobeña	I Norte	E.T. San Sebastián de los Reyes	Colmenar Viejo	si/1987

V.D. vertido directo

V.M. vertido mancomunado

E.T. estación transferencia

(continuación)

T. Municipal	Unidad de tratamiento	Estación transferencia	Destino final vertedero controlado	Antiguo vertedero sellado/año.
Colmenarejo	III Noroeste	E.T. Las Rozas	Pinto	si/1987
Colmenar Viejo	II Manzanares	---	Colmenar Viejo (V.D)	si/1987
Cubas de la Sagra	IX Sur	---	Pinto (V.D)	si/1988
Chinchón	VIII Tajo	Mancomunidad MIR-SUR	Colmenar de Oreja	---
Fuenlabrada	IX Sur	E.T. Leganés	Pinto	si/1987
Fuente del Saz	I Norte	E.T.S.Sebastián de los Reyes	Colmenar Viejo	si/1989
Garganta de los Montes	I Norte	E.T. El Molar	Colmenar Viejo	si/1988
Galapagar	III Noroeste	E.T. Collado-Villalba	Después festivos Colmenar Viejo Resto Pinto	si/1987
Getafe	IX Sur		Pinto (V.D.)	si/1987
Grifón	IX Sur		Pinto (V.M.)	si/1988
Guadalix de la Sª	II Manzanares	E.T.Móvil El Molar	Colmenar Viejo	si/1987
Humanes	IX Sur	E.T.Leganés	Pinto	si/1987
Leganés	IX Sur	E.T.Leganés	Pinto	si/1987
Lozoyuela-Nava Siete Iglesias	I Norte	E.T.Lozyuela	Colmenar Viejo	---
Madrid	IV Centro	---	Valdemingomez (Rivas-Vaciamadrid)	---
Majadahonda	III Noroeste	E.T.Las Rozas	Pinto	si/1983
Manjirón		INCONTROLADO		---



(continuación)

T. Municipal	Unidad de tratamiento	Estación transferencia	Destino final vertedero controlado	Antiguo vertedero sellado/año.
Manzanares el Real	II Manzanares	---	Colmenar Viejo (V.D.)	si/1986
Molar, El	I Norte	E.T. Móvil El Molar	Colmenar Viejo	si parcial/1993
Moraleja de Enmedio	IX Sur	---	---	---
Móstoles	IX Sur	E.T.Leganés	Pinto	si/1993
Navalafuente	I Norte	E.T.Móvil El Molar	Colmenar Viejo	
Navalcarnero	VI Oeste	E.T. Leganés	Pinto	si/1989
Paracuellos del Jarama	I Norte	E.T.S.Sebastián de los Reyes	Colmenar Viejo	si/1987
Parla	IX Sur	---	Pinto (V.D.)	si/1987
Patones	I Norte	E.T.Móvil El Molar	Colmenar Viejo	si/1988
Pedrezuela	I Norte	E.T.Móvil El Molar	Colmenar Viejo	
Pozuelo del Alarcón	III Noroeste	E.T.Móvil Las Rozas	Pinto	
Redueña	I Norte			
Ribatejada	V Henares	E.T.S.Sebastián de los Reyes	Colmenar Viejo	
Rivas-Vaciamadrid	IV Centro	---	Valdemingómez (V.D.)	si/1987
Robledillo de la Jara	I Norte			
Rozas, Las	III Noroeste	E.T. Las Rozas	Pinto	si/1983

(continuación)

<b>T. Municipal</b>	<b>Unidad de tratamiento</b>	<b>Estación trasferencia</b>	<b>Destino final vertedero controlado</b>	<b>Antiguo vertedero sellado/año.</b>
S. Agustín de Guadalix	II Manzanares	---	Colmenar Viejo (V.D.)	si/1986
S. Fernando Henares	VII Este	---	Alcalá de Henares (V.D.)	
S. Martín de la Vega	IX Sur	---	Pinto (V.D.)	si/1986
S. Sebastián de los Reyes	I Norte	E.T.S. Sebastián de los Reyes	Colmenar Viejo	si/1987
Serranillos del Valle	IX Sur	---	Pinto (V.M.)	si/1988
Sevilla la Nueva	VI Oeste	---		
Soto del Real	II Manzanares	---	Colmenar Viejo (V.D.)	si/1986
Talamanca del Jarama	I Norte	E.T.S. Sebastián de los Reyes	Colmenar Viejo	si/1992
Torrelaguna	I Norte	E.T. Móvil El Molar	Colmenar Viejo	
Torrelodones	III Noroeste	E.T. Collado-Villalba	Después de festivos Colmenar Viejo resto Pinto	si/1987
Torremocha del Jarama	I Norte	E.T. Móvil El Molar	Colmenar Viejo (V.D.)	si/1987
Tres Cantos	II Manzanares	---	Colmenar Viejo (V.D.)	
Valdemanco	I Norte	VERTEDERO INCONTROLADO		
Valdemoro	IX Sur	---	Pinto (V.D.)	si/1993
Valdepiélagos	I Norte	E.T.S. Sebastián de los Reyes	Colmenar Viejo	

(continuación)

<b>T. Municipal</b>	<b>Unidad de tratamiento</b>	<b>Estación transferencia</b>	<b>Destino final vertedero controlado</b>	<b>Antiguo vertedero sellado/año.</b>
Valdetorres del Jarama	I Norte	E.T.S. Sebastián de los Reyes	Colmenar Viejo	---
Vellón, El	I Norte	E.T.Móvil El Molar	Colmenar Viejo	si/1987
Venturada	I Norte	E.T.Móvil El Molar	Colmenar Viejo	si/1987
Villamanta	VI Oeste			---
Villanueva de la Cañada	III Noroeste	E.T.Las Rozas	Pinto	si/1987
Villanueva del Pardillo	III Noroeste	E.T. Las Rozas junto a Colmenarejo	Pinto	si/1993
Villaviciosa de Odón	IX Sur	E.T.Leganés	Pinto	si/1987

### 7.1.5 VERTIDO INCONTROLADO . "PUNTOS NEGROS".

Existe un gran número de vertidos incontrolados que se realizan en los términos municipales que están incluidos en el área de estudio. Su volumen y naturaleza es muy variable y por tanto hay que considerar su posible incidencia sobre las aguas subterráneas.

Con el fin de recoger toda la información recabada sobre esta problemática y que procede de la Consejería de Medio Ambiente de la CAM y del inventario de suelos contaminados de la provincia de Madrid (MOPTMA 1992-1995), se ha confeccionado el cuadro 7.1.6 en el que se reflejan, cuando ha sido posible, coordenadas, paraje, término municipal en que se sitúa, distancias a núcleos urbanos, accesos, naturaleza del vertido y una somera descripción hidrogeológica.

Dada la disparidad de la información recogida, en este apartado sólo se reflejan aquellos "puntos negros" y vertidos incontrolados que pueden representar un riesgo potencial ya sea por su volumen, composición de su residuo, inadecuada situación hidrogeológica y proximidad a cursos de agua superficial. Así mismo sólo se han considerado aquéllos de los que se ha podido conseguir una caracterización y situación geográfica exacta.

Se dispone de análisis químicos, de suelo y agua, de algunos de los puntos de vertido incontrolado y más concretamente de aquéllos que, incluidos en la zona estudiada y su entorno, han sido caracterizados dentro del Plan Nacional de Suelos Contaminados. La información completa de estos puntos, tanto analítica como de caracterización de los residuos y de la zona donde se depositan, se incluye en los anexos a esta memoria.

También se incluye en los mencionados anexos, la documentación de vertidos incontrolados facilitada por la AMA, que no se ha recogido en el cuadro 7.1.6, al no disponerse de la información suficiente para poder realizar una caracterización. En general esta documentación consta de algunos planos, sin las correspondientes coordenadas que permitan una localización exacta, ya que simplemente dan una visión general de los "puntos negros" existentes en los términos municipales de los que disponen de información. Aunque en ninguno de estos casos se indica la naturaleza, volumen y extensión del vertido, se ha considerado conveniente adjuntarlos.

Toda la documentación referente a vertidos incontrolados se complementa con un disquette que contiene la información referente a coordenadas de los "puntos negros" y a la naturaleza de los vertidos que se realizan en ellos, mediante símbolos; si se realizan vertidos de distinta naturaleza en la misma zona, únicamente se indica una de ellas, seleccionando aquélla que puede representar un mayor riesgo para la calidad natural de las aguas subterráneas.

Cuadro 7.1.6 Vertederos y/o puntos negros caracterizados

NÚCLEO/DISTAN.	NÚCLEO.PROX/ DISTANCIA	COORDENADAS UTM	Hoja Topográf. E:1:25.000	PARAJE	ACCESOS	VERTIDO	HIDROGEOL.	OBSERVACIONES
7.1. Alcorcón/1 km	Alcorcón/1 km	X            Y 432,00      4466,50 Cota 690	Madrid III (559)	Valdecuervo	M-406 Km 11	Enseres, tierras plásticos y res. urbanos	Arenas, gravas cota piezométrica 630. Acuífero 60 m	Queman residuos D/N
7.2. Alcorcón/550m	Alcorcón/500 m	X            Y 431,40      4466,50 Cota 685	Madrid III (559)	Polígono Ind. Urtinsa	M-406 Km 12	Chatarra, plásticos, enseres escombros y res. urbanos	Arenas y gravas Cota piez. 630 m. Acuíf. a 55 m	D/N
7.3. Alcorcón/500m	Alcorcón/500 m	X            Y 431,80      4468,2 Cota 670	Madrid III Hoja (559)	Las Presillas	M-406 cruce con M-501	Escombros	Arenas, gravas y arcillas. Cota piez. 660 Acuífero a 10 m	D/N
7.4. Alcorcón/1 km	Alcorcón/1 km	X            Y 429,40      4468,2 Cota 700	Madrid III Hoja (559)	El Retablo	M-501 Km 1	Escombros ind.	Arenas, gravas y arcillas Cota piez. 665 Acuífero 55 m	Vertidos al borde del camino D/N
7.5. Alcorcón/1,5k	Alcorcón/ 1,5 km	X            Y 429,40      4468,4 Cota 700	Madrid III Hoja (559)	El Retablo	M-501 Km 1 desvío al N	Escombros ind. Mov. tierra	Arenas y gravas arcilla Cota piez. 665 Acuífero 35 m	Contiguo al anterior P/N
7.6. Alcorcón/2 km	Alcorcón/2 km	X            Y 429,40      4469,2 Cota 705	Madrid III Hoja (559)	Pozo de la bomba	Cº Villaviciosa de Odón -Madrid	Escombros	Arenas y gravas Cota piez. 670 Acuífero 35 m	Próximo a los anteriores está relleno P/N
7.7. Alcorcón/4 km	Villaflorida Boadilla Monte/ 1,5 km	X            Y 428,70      4471,4 Cota 720	Madrid III Hoja (559)	Alto de las Cruces	Cañada de Alcorcón	Industrial y escombros	Arenas, gravas y arcillas Cota piez. 660 Acuífero 60 m	Queman residuos. Nacimiento de varios arroyos P/N
7.8. Alcorcón/3 km	Camprodrón Villaviciosa de Odón/1,5 km	X            Y 427,70      4469,9 Cota 690	Madrid III Hoja (559)	Boo. de los Majuelos	Camino al NO desde M-501 km. 1	Enseres domésticos	Arenas, gravas, arcillas Cota piez. 650 Acuífero 40 m	D/N
7.9. Alcorcón/4 km	Camprodrón- Villaviciosa de Odón/1,2 km	X            Y 427,80      4470,3 Cota 690	Madrid III Hoja (559)	Pradera Moreno	Camino NO desde M-501 km 1	Escombros	Arenas, gravas, arcillas Cota piez. 650 Acuífero 40 m	D/N

P- Particular. M- Municipal. D- Desconocido. Controlado (S-sí, N-no)

(continuación)

NUC./DISTANCIA	NUC.PROX/ DISTANCIA	COORDENADAS UTM	HOJA TOPOG. e:1/25.000	PARAJE	ACCESOS	VERTIDO	HIDROGEOL.	OBSERVACIONES	
7.10.Alcorcón/2 Km	Móstoles/ 1,5 Km	X 427,16 Cota 695	Y 4469,9	Villaviciosa Hoja (558)	El Lucero	A-S km 16.300	Escombros y enseres	Arenas,gravas, arcilla Cota piez.640 Acuífero 55 m	D/N
7.11.Alcorcón/3 Km	Móstoles/200 m	X 427,7 Cota 675	Y 4465,3	Getafe I Hoja (582)	Mingo Fraile	C <sup>m</sup> Móstoles Alcorcón	Escombros	Arenas,gravas, arcilla Cota piez. 620 m Acuífero 55 m	D/N
7.12.Alcorcón/400m	Alcorcón/400 m	X 428,90 Cota 690	Y 4466,40	Madrid III Hoja (581)	Los Marotos	Camino rural Alcorcón- Mostoles	Escombros	Arenas,gravas arcillas Cota piez. 640 m Acuíf.princ. 50 m	D/N
15.1.Arroyomolinos /2,5 Km	Batres /2,5 Km	X 423,60 Cota 645	Y 4451,70	Navalcarnero IV Hoja (581)	El Cristo	M-404 km 15,5	Escombros, enseres y electrodoméstic.	Arenas,gravas, arcillas Cota piez. 600 m Acuíf. 45 m	Queman los residuos D/N
17.1.Batres/300 m	Batres /300 m	X 421,50 Cota 620	Y 4451,40	Navalcarnero IV Hoja (581)	La Olivilla	Camino rural al S de Batres	Res.urbanos, escombros y enseres cartones	Arenas,gravas, arcillas Cota piez. 580 m Acuífero 40 m	Queman residuos y está próximo al Arroyo D/N
17.1.Batres/3 km	Batres /3 km	X 419,30 Cota 550	Y 4452,70	Navalcarnero IV Hoja (581)	El Vado	M-404 km 10,5	Escombros, neumáticos y Mov.de tierras	Arenas, gravas Terraza Cota piez.535 Acuífero 15 m	Sobre terraza sup. del río Guadarrama P/N
17.3 Batres/4 km	Batres/4 km	X 419,20 Cota 550	Y 4452,30	Navalcarnero IV Hoja (581)	El Vado	Camino al S M-404 km 10,5	Escombros, enseres y mov.de tierras	Arenas,gravas, terrazza baja Cota piez. 530 m Acuíf.pro.20 m	P/N
17.4 Batres/4,5 km	Batres/4,5 km	X 419,10 Cota 585	Y 4451,40	Navalcarnero IV Hoja (581)	Llanos del Cardenal	M-404 km 10,5 Camino rural al S.	Mov.de tierras y escombros	Arenas,gravas, terrazza baja Cota piez. 530 m Acuífero 15 m	D/N

(continuación)

NUC./DISTANCIA	NUC.PROX/ DISTANCIA	COORDENADAS UTM	HOJA TOPOG. e:1/25.000	PARAJE	ACCESOS	VERTIDO	HIDROGEOL.	OBSERVACIONES
58.1 Fuenlabrada/4,5Km	Fuenlabrada/ 4,5 Km	X                      Y 436,30              4456,30 Cota 650	Getafe I Hoja (582)	Polig.Ind. Polo Calleja	M-506 desvío Polig.Ind.	Res.industriales y escombros	Arenas, gravas, arcillas Cota piez. 610 m Acuífero 40 m	Queman los residuos, el solar donde se encuentran es urbanizable P/N
58.2 Fuenlabrada 4,5 Km	Fuenlabrada/ 4,5 Km	X                      Y 436,20              4456,50 Cota 650	Getafe I Hoja (582)	Polig.Ind. Polo Calleja	M-506 desvío Polig.Ind.	Res.urbanos, industriales y escombros	Arenas,gravas, arcilla Cota piez. 610 m Acuífero 40 m	Contiguo al anterior. se trata de vertidos puntuales en un gran solar. P/N
58.3 Fuenlabrada/3 Km	Fuenlabrada/3 Km	X                      Y 435,60              4456,50	Getafe I Hoja (582)	La Alcantueña	M-401 desvío Km 18 y 19,300	Res.urbanos,ind. escombros y enseres	Arcillas, margas,algún nivel arenoso y calizo	Quema los residuos D/N
58.4 Fuenlabrada/4 Km	Fuenlabrada/4 Km	X                      Y 435,50              4457,30	Getafe I Hoja (582)	La Alcantueña	M-401 desvío Km 18	Escombros	Arcillas y margas, algún nivel arenoso y calcáreo	Dos zonas diferenciadas de vertido. P/N
58.5 Fuenlabrada/12 Km	Fuenlabrada/ 12 Km	X                      Y 435,20              4457,70 Cota 645	Getafe I (Hoja (582)	Polig.ind. Sonsoles	M-402 km 18,5	Res.industriales y escombros	Arenas,gravas, arcillas Cota piez. 610 m Acuífero 35 m	D/N
58.6 Fuenlabrada/3 km	Fuenlabrada/3 Km	X                      Y 435,70              4457,50 Cota 650	Getafe I Hoja (582)	Polig.Ind. Cabo Calleja	M-401 km 18	Res.industriales y escombros	Arenas, gravas, arcillas Cota piez.610 Acuífero 40 m	P/N
58.7 Fuenlabrada/2,5 km	Fuenlabrada/ 2,5 km	X                      Y 436,20              4458,60 Cota 610	Getafe I Hoja (582)	Cruce M-401 y M-506	Cruce M-401 M-506	Escombros	Arenas, gravas finas, arcillas Cota piez.605 m Acuífero 5 m	Junto a la autovía de Toledo.Cercano al Arroyo Culebro D/N

(continuación)

NUC./DISTANCIA	NUC.PROX/ DISTANCIA	COORDENADAS UTM	HOJA TOPOG. e:1/25.000	PARAJE	ACCESOS	VERTIDO	HIDROGEOL.	OBSERVACIONES
58.8 Fuenlabrada/1,5 Km	Fuenlabrada/ 1,5 Km	X 435,70 Y 4458,50 Cota 610	Getafe I Hoja (582)	Polig.Ind. Cadein	M-506 Km 16,700	Escombros	Terraza baja Cota piez. 605 m Acuifero 5 m	Junta al Arroyo Culebro. D/N
59.9 Fuenlabrada/	Fuenlabrada/	X 435,50 Y 4459,50 Cota 640	Getafe I Hoja (582)	Polig.Ind. Sevilla	M-506 Camino a Getafe	Res.industriales y escombros	Arenas, gravas y arcillas Cota piez. 605 m. Acuifero 35 m	Vertidos al borde del camino. P/N
59.10 Fuenlabrada/1 Km	Fuenlabrada/1 Km	X 435,30 Y 4459,30 Cota 630	Getafe I Hoja (582)	Polig.Ind. Sevilla	M-506 Desvío Km 16	Res.industriales y escombros	Arenas, gravas, arcillas Cota piez. 605 m Acuifero 25 m	Vertido en un cruce de caminos. P/N
58.11 Fuenlabrada/700 m	Fuenlabrada/700 m	X 434,6 Y 4459,7 Cota 630	Getafe I Hoja (582)	Polig.Ind. El Páramo	M-506 Acceso Pol.Ind.	Escombros	Arenas, gravas, arcillas Cota piez. 605 m. Acuifero 25 m	
58.12 Fuenlabrada/1,5 Km	Fuenlabrada/ 1,5 Km	X 431,10 Y 4462,3 Cota 680	Getafe I Hoja (582)	Polig.Ind. Niño del Remedio	Camino de Moralejo	Res. industriales y escombros	Arenas, grava fina, arcillas Cota piez. 600 m Acuifero 80 m	Vertidos al borde del camino P/N
58.13 Fuenlabrada/1 Km	Fuenlabrada/1 Km	X 430,70 Y 4461,70 Cota 670	Getafe I Hoja (582)	Polig.Ind. Uranda	Camino de Moraleja	Res.urbanos, escombros y ramas secas	Arenas, grava fina, arcillas Cota piez. 600 m Acuifero 70 m	D/N
58.14 Fuenlabrada/3 Km	Móstoles/ 1 Km	X 429,30 Y 4463,50 Cota 670	Getafe I Hoja(582)	Miraflores	Autovia Móstoles- Fuenlabrada Km2	Res.urbanos, ind. escombros y enseres	Arenas, gravas finas, arcillas Cota piez.610 m. Acuifero 60 m	P/N



(continuación)

NUC./DISTANCIA	NUC.PROX/ DISTANCIA	COORDENADAS UTM	HOJA TOPOG. e:1/25.000	PARAJE	ACCESOS	VERTIDO	HIDROGEOLOG.	OBSERVACIONES
58.15 Fuenlabrada/300 m	Fuenlabrada/300 m	X                      Y 431,50                4458,60 Cota 665	Getafe I Hoja (582)	Valdeserra-nos	Circunvalación de Fuenlabrada	Escombros	Arenas, gravas finas, arcillas Cota piez. 610 Acuífero 55 m	D/N
58.16 Fuenlabrada/1 Km	Fuenlabrada/1 Km	X                      Y 431,40                4458,50 Cota 660	Getafe I Hoja (582)	Polig. Ind. El Álamo- Valdeserra-nos	M-405 Desvío circumv. Fuenlabrada	Res. Ind. y escombros	Arenas, gravas finas, arcillas Cota piez. 610 Acuífero 55 m	D/N
58.17 Fuenlabrada/2 Km	Fuenlabrada/2 Km	X                      Y 433,30                4457,70 Cota 665	Getafe I Hoja (582)	Loranca	Camino de la Mula (rural)	Res. Ind. escombros, enseres y mov. de tierras	Arenas, gravas finas, arcillas Cota piez. 610 Acuífero 55 m	Vertedero municipal de escombros, está vallado. T/año 8.800. Junto a los Arroyos Valdeserrano y Loranca. M/N
58.18 Fuenlabrada/1,5 Km	Fuenlabrada/ 1,5 Km	X                      Y 432,40                4457,70 Cota 660	Getafe I Hoja (582)	Bco. de la Chorrera	Camino de Fuenlabrada al S	Res. urbanos escombros y enseres	Arenas, gruesas finas, arcillas Cota piez. 610 Acuífero 50 m	D/N
58.19 Fuenlabrada/500 m	Fuenlabrada/500 m	X                      Y 434,40                4459,20 Cota 640	Getafe I Hoja (582)	M-506 Km 15	Polig. Ind. El Álamo	Escombros	Arenas, gravas finas, arcillas Cota piez. 605 Acuífero 35 m	Varios montículos de vertido en una explanada que se encuentra vallada. D/N
58.20 Fuenlabrada/1,5 Km	Fuenlabrada/ 1,5 Km	X                      Y 435,20                4458,40 Cota 630	Getafe I Hoja (582)	Matahijos	Fuenlabrada al Polig. Ind. El Álamo	Escombros	Arenas, gravas finas, arcillas Cota piez. 605 m Acuífero 25 m	Vertidos al borde del camino. D/N
58.21 Fuenlabrada/2 Km	Fuenlabrada/2 Km	X                      Y 435,70                4458,50 Cota 635	Getafe I Hoja (582)	Polig. Ind. Codein	M-401 Km 17	Escombros	Arenas, gravas finas, arcillas Cota piez. 605 m. Acuífero 30 m	Grandes dimensiones de vertido. D/N

(continuación)

NUC./DISTANCIA	NUC.PROX/ DISTANCIA	COORDENADAS UTM	HOJA TOPOG. e:1/25.000	PARAJE	ACCESOS	VERTIDO	HIDROGEOLOG.	OBSERVACIONES
58.22 Fuenlabrada/200 m	Fuenlabrada/ 200 m	X                      Y 431,99                4460,70 Cota 680	Getafe I Hoja (582)	Las Cortes	Circunvalac. Fuenlabrada	Res.industriales Escombros Mov.de tierras	Arenas, gravas finas, arcilla Cota piez.615 Acuífero 65 m	P/N
58.24 Fuenlabrada/2,7 Km	Fuenlabrada/ 2,7 Km	X                      Y 435,50                4457,60 Cota 640	Getafe I Hoja (582)	Polig.Ind. Campel	M-401	Escombros	Arenas, gravas finas, arcillas Cota piez. 61o Acuífero 30 m	Vertidos entre autovía y un puente D/N
65.1. Getafe/ 2 Km	Getafe/ 2 Km	X                      Y 441,30                4463,20 Cota 605	Getafe I Hoja (582)	Polig. Ind. Los Ángeles	A-4,Km 12,700 Camino del Molino	Res.urbanos, enseres, electrodoméstic. y fangos	Yesos y margas yesíferas	D/N
65.2. Getafe/ 2 Km	Getafe /2 Km	X                      Y 440,50                4462,70 Cota 620	Getafe I Hoja (582)	Polig. Ind. Los Ángeles	A.4, Km 13	Res.urbanos, escombros, enseres, cartones	Yesos y margas yesíferas	Queman los residuos.Propietario el Ayuntamiento. M/N
65.3. Getafe/1,8 Km	Móstoles/ 1,8 Km	X                      Y 440,20                4460,80 Cota 600	Getafe I Hoja 582	El Lomo	A.4 Km 14 entre camino y vía del tren	escombros	Yesos y margas yesíferas.	D/N
65.4. Getafe/ 3 Km	Móstoles /3 Km	X                      Y 440,30                4459,00 Cota 600	Getafe I Hoja 582	Santa Paula	Junto vía del tren Km 17	escombros	Yesos y margas yesíferas	D/N
66.1.Grifón/2,8 Km	Humanes/2 Km	X                      Y 428,3                    4453,9 Cota 680	Getafe III 582	-	Camino Grifón a Humanes	Escombros, naves, enseres	Yesos y margas	Vertidos diseminados en un área grande P/N
66.2. Grifón/300 m	Grifón/300 m	X                      Y 427,4                    4452,50 Cota 670	Getafe III 582	Colonia de Los Prados	M-417 Km 27,700	Enseres res.urbanos escombros	Aluvial del Ayo.Culebro	Junto al Casco urbano P/N

(continuación)

NUC./DISTANCIA	NUC.PROX/ DISTANCIA	COORDENADAS UTM	HOJA TOPOG. e:1/25.000	PARAJE	ACCESOS	VERTIDO	HIDROGEOL.	OBSERVACIONES
73.1 Humanes/2 km	Humanes/2 km	X 428,6 Cota 700 Y 4458,2	Getafe I 582	Polig.indust. Calaborres	M-413 km 3,7	Mov.de tierras escombros	Arenas y acillas	D/N
73.2.Humanes 1 km	Humanes/1 Km	X 429,3 Cota 675 Y 4455,3	Getafe III 582	Cerrajería	M-405 Km 4,5	Escombros y enseres	Arenas y arcillas	D/N
74.1.Leganés/1Km	Leganés/1 Km	X 437,8 Cota 615 Y 4466,4	Madrid III 559	Huerta nueva	M-402 K 9,5 al N 4 M-401 K 8 camino al O	Res.urb. escombros Res.ind. aceites vidrio	Arenas,gravas y arcillas.Cota p 595 Acuf.20 m	Vertidos a ambos lados del camino 2 m de altura Fuegos y explosivos D/N
74.2.Leganés/2 Km	Getafe/1 Km	X 438,5 Cota 615 Y 4466,6	Madrid III 559	Polideportivo olímpico (al O)	M-401 Km 8,5 camino al O	Mov.de tierras escombros enseres	Arenas gravas arcillas Cota p 595 Acuf.20 m	D/N
74.3.Leganés/2,5Km	Leganés/2,5 Km	X 437,2 Cota 625 Y 4467,2	Madrid III 559	Margen N del Arroyo Butarque	Camino hacia el SE	Escombros tierras semi- vegetado	Terraza baja arenas y limos Cota 620 Acuf.5 m	Situado sobre el trazado del alcantarillado D/N
74.4.Leganés/2,5Km	Leganés 2,5 Km	X 436,5 Cota 630 Y 4467,7	Madrid III 559	Entre Fuente de la Mora y olivos	M.425 hacia el E	Escombros res.urbanos enseres	Terraza baja arenas y linos Cota 620 Acuf. 5m	Vertido con taludes inestables D/N
74.5.Leganés/3 Km	Barrio de La Fortuna/100 m	X 435,0 Cota 660 Y 4466,5	Madrid III 559		Al S del Arroyo Canaleja B°de la Fortuna Sur	Escomb. mov.de tierras res.urb	Arenas y arcillas Cota p 620 Acuf. 40 m	Talud hacia el Arroyo de la Canaleja Queman residuos D/N
74.6.Leganés/2,5Km	Barrio de la Fortuna/100 m	X 434,0 Cota 650 Y 4467,8	Madrid III 559	Arroyo la Canaleja	Al S del B° de la Fortuna	Res.urbanos enseres escombros	Arenas gruesas y arcillas Cota pies 640 Acuf.10 m	Queman residuos D/N

(continuación)

NUC./DISTANCIA	NUC.PROX/ DISTANCIA	COORDENADAS UTM	HOJA TOPOG. e:1/25.000	PARAJE	ACCESOS	VERTIDO	HIDROGEOL.	OBSERVACIONES	
74.7.Leganés/3,5 Km	Fuenlabrada/700 m	X 435,5 Cota 680	Y 4461,2	Getafe I 582	Las Roturas	Crta.Leganés Fuenlabrada 3Km al S	Chatarra Res.urbanos escombros	Arcillas y arenas Cota piez. 610 Acuíf. 70 m	Se recubren con arena M/N
92.1.Móstoles/200	Móstoles/200 m	X 428,0 Cota 655	Y 4463,3	Getafe I 582	Versalles	Crta. Fuenlabrada	Aceites mov.tierras escombros	Arenas y arcillas Cota piez.610 Acuíf. 45	Queman residuos Vallado.Socavón con agua P/N
92.2.Móstoles/3 Km	Villaviciosa de Odón/1,2 Km	X 423,4 Cota 655	Y 4466,6	Majadahonda IV 558	IBEMET- Española	M-506 Km 1,4	Res.urbanos chatarra escombros	Arenas y arcillas Cota p.600 m Acuíf. 55 m	Próximo a un pozo P/N
92.3 Móstoles/ 2,5 Km	Villaviciosa de Odón/300 m	X 425,7 Cota 695	Y 4467,3	Majadahonda IV 558	Pol.Ind. "Las Nieves"	M-501 Km 5 Al S	Res.urbanos chatarra enseres escombros	Arenas y arcillas Cota piez. 640 Acuíf. 55 m	Rodeado de sembrados P/N
92.4.Móstoles/ 4,5 Km	Urb.Guadarrama 500 m	X 420,9 Cota 580	Y 4463,3	Navalcarnero II 581	La Serena	Crta.Urbaniz.a Móstoles	Res.urbanos enseres,plásticos electrodomésticos	Arenas y arcillas Cota piez.590 Acuíf. 10 m.	Junto al río Guadarrama. Afluente al N P/N
92.5.Móstoles/2 Km	Parque Coímbra/ 1Km	X 423,0 Cota 640	Y 4463,0	Navalcarnero II 581	Caserío Fuente Húmera	Parque Coímbra	Res.urbanos madera,plásticos res.ind.	Aluviones,terraza Cota piez.570 Acuíf. 70 m	Los caminos llenos de basura. Mal olor Queman residuos P/N
106.1.Parla 1,8 Km	Parla/1,8 Km	X 435,4 Cota 617	Y 4465,4	Getafe III 582	---	Camino S. Parque Comunidad Europea	Escombros restos mov.tierras enseres	Arenas y arcillas Cota p 605 Acuíf. 12 m	Vallado.Próximo al Arroyo Humanejos M/N
106.2.Parla/1,2 Km	Parla/1,2 Km	X 436,0 Cota 640	Y 4453,2	Getafe III 582	Canto Loco	Camino al SE de PRICONSA	Res.ind. Pinturas enseres	Arenas, gravas arcillas Cota piez.610 Acuíf. 30 m	D/N

(continuación)

NUC./DISTANCIA	NUC.PROX/ DISTANCIA	COORDENADAS UTM	HOJA TOPOG. e:1/25.000	PARAJE	ACCESOS	VERTIDO	HIDROGEOL.	OBSERVACIONES	
161.1.Valdemoro/ 2,5 Km	Valdemoro/2,5 Km	X 444,8 Cota 595	Y 4447,1	Getafe IV 582	Camino de Carros	Camino de La Correruela y Carros	Res.urbanos fangos, escombros, neumáticos	Yesos y margas	Cantera de yesos Queman residuos D/N
161.2.Valdemoro 2,5 Km	Valdemoro/2,5 Km	X 444,3 Cota 605	Y 4447,3	Getafe IV 582		Crta.Valencia Km 27 Camino de Los Pocillos	Res.urbanos fango, Res.ind. escombros	Yesos y margas	Cantera abandonada hay una gran charca P/N
161.3.Valdemoro/ 1,5 km	Valdemoro/1,5 Km	X 444,3 Cota 600	Y 44448,3	Getafe IV 582	Polig.Valmor.	A-4 Km 27,5	Res.urbanos industrial enseres electrodoméstic.	Yesos y margas	Antiguo vertedero mal sellado M/N
161.4.Valdemoro/ 700 m	Valdemoro/700 m	X 444,2 Cota 620	Y 4450,5	Getafe IV 582		Caminos del Portillo de Valdesaro- Chuela	Res.urbanos industrial enseres arenas	Yesos y margas	Antiguo vertedero mal sellado queman residuos M/N
181.1.Villaviciosa de Odón/4 Km	Urb. "El Bosque"/2,5Km	X 423,5 Cota 645	Y 4270,8	Villaviciosa de Odón IV 558	Barranco Rosendino	M-513 Km13,5 desvío SE	Escomb. enseres tierras	Arenas, gravas arcosas Cota p. 610 Acuf. 35 m	Existe un vigilante camino con cadenas P/N
181.2.Villaviciosa de Odón/5 Km	Villaviciosa de Odón/5 Km	X 419,6 Cota 560	Y 4466,0	Villaviciosa de Odón IV 558	Vado de las Viñas	Crta. del río al SO de Villaviciosa	Tierras res.urb, escombros	Gravas y arenas y limos Cota p.550 Acuf. 10 m	Sobre las terrazas del río Guadarrama D/N
181.3.Villaviciosa de Odón/3,5 Km	Villaviciosa de Odón/3,5 Km	X 419,8 Cota 575	Y 4466,5	Villaviciosa de Odón IV 558	Barranco Hondo	Crta.del río SO de Villaviciosa	Escombros enseres mov.tierras	Gravas,cantos poligénicos y arenas Cota p. 550 Acuf. 25 m	Sobre las terrazas del río Guadarrama P/N
181.4.Villaviciosa de Odón/1,5 Km	Villaviciosa de Odón/1,5 Km	X 422,0 Cota 640	Y 4468,0	Villaviciosa de Odón IV 558	Fuente Nueva	M-501 Km.10,200 desvío al Ayo de La Vega	Estiércol de granja	Terrazas gravas, cantos, arenas Cota p. 580 Acuf. 60 m	Vertidos junto al Arroyo de la Vega P/N

(continuación)

NÚCLEO/DISTAN.	NÚCLEO.PROX/ DISTANCIA	COORDENADAS UTM	HOJA TOPOGRAF. e:1/25.000	PARAJE	ACCESOS	VERTIDO	HIDROGEOL.	OBSERVACIONES
181.5 Villaviciosa de Odón/1,5 Km	Villaviciosa de Odón/2 Km	X 425,1 Cota 665	Y 4471,2 558	El Cerrón	Cruce Cañada N y camino Zarzuela	Escombros restos vegetales	Arcosas y arenas Cota p.630 Acuf.35 m	situados sobre el cauce del Arroyo de La Zarzuela
181.6. Villaviciosa de Odón/300 m	Villaviciosa de Odón/300 m	X 425,0 Cota 660	Y 4469,6 558	Pasidre	Camino al N al pasar al Arroyo Pasidre	Escombros	Arcosas y arenas Cota p 640 Acuf. 20 m	Vertido abandonado a 25 m del Arroyo Pasidre D/N

#### 7.1.6 RESUMEN Y CONCLUSIONES

A lo largo de los capítulos anteriores se ha tratado de sintetizar la información relativa al estado actual de la gestión de los residuos sólidos urbanos y asimilables tanto de la Comunidad de Madrid, como, más concretamente, de los términos municipales que integran el área de estudio.

Al encontrarse en funcionamiento, en la Comunidad de Madrid, un plan general para la eliminación y el tratamiento de residuos sólidos urbanos y asimilables, se ha considerado más conveniente abordar la problemática de éstos, realizando, en los tres primeros apartados del capítulo, un planteamiento global, para pasar posteriormente a describir, en los casos que ha sido posible, la problemática particular de los términos municipales que abarca la zona de estudio, así como de aquellos otros limítrofes que presentan una problemática particular y que pueden constituir una posible zona de nuevas captaciones; en ellos se han localizado los principales vertidos incontrolados que se realizan, aportando información relativa a su situación naturaleza del vertido y posible riesgo sobre las aguas subterráneas.

La información recopilada en los distintos organismos no ha podido ser tan completa como sería deseable ya que la documentación facilitada sobre los municipios del Norte de la Comunidad ha sido muy poco precisa en cuanto a situación, naturaleza y volumen de los vertidos incontrolados. Por tanto ésta no se ha podido reflejar en la caracterización, que en el apartado correspondiente se ha realizado, de los vertidos incontrolados. Para completar y cubrir las lagunas existentes de información relativa a focos potenciales de contaminación, se ha realizado un inventario "in situ" de éstos, en el entorno de los campos de pozos que utiliza para abastecimiento el CYII, incorporándose los resultados obtenidos, en el capítulo 8 de esta memoria.

Del análisis de la problemática expuesta se desprende que, en general, en el área de estudio la gestión de los residuos sólidos urbanos generados está controlada, ya que menos de un 1% se eliminan de forma incontrolada. Una excepción la constituyen los residuos procedentes de construcción y demolición que, como se ha expuesto en el apartado 7.1.5, se eliminan, en ocasiones, sin la adecuada selección y control, por lo que puntos de vertido en principio inertes se convierten en potencialmente contaminantes al verterse junto a ellos todo tipo de residuos (urbanos, industriales, etc.).

Las zonas más conflictivas, en cuanto a vertido incontrolado de residuos, que pueden ocasionar la degradación de las aguas subterráneas utilizables, son aquéllas situadas al sur y oeste, en las que se desarrolla una importante actividad industrial (Alcorcón, Fuenlabrada, Getafe, etc), sin que por ello se excluyan algunas otras zona próxima a Madrid capital (Villaviciosa, Humanes) con puntos singulares de vertido.

Como consideración final, indicar la urgente necesidad de eliminar los "puntos negros" existentes en el área de estudio, ya sea a través de los Ayuntamientos correspondientes o de la Comunidad de Madrid. Aunque en principio, dadas las características constructivas y de profundidad de niveles en los sondeos de abastecimiento del Canal de Isabel II, éstos no se ven afectados por el desarrollo de actividades no deseables, sí se da la circunstancia que pozos más someros y sin los adecuados acondicionamientos se vean afectados, inutilizándose sus aguas captadas para los diferentes usos. Otra actuación de gran interés e importancia debería ser el inventario y correcta caracterización de los vertederos sellados, en aquellas zonas donde existen o están previstos campos de pozos del Canal de Isabel II, ya que si su sellado no es correcto, pueden llegar a constituir, durante el largo periodo de tiempo que transcurre hasta la mineralización total de los residuos, un foco potencial de contaminación.



## **7.2. RESIDUOS LÍQUIDOS: AGRÍCOLAS, INDUSTRIALES Y URBANOS**

### **INTRODUCCIÓN. PRESENTACIÓN**

Considerando de forma convencional como **fuentes potenciales** de contaminación aquellas actividades humanas cuyo desarrollo tiene la posibilidad o potencialidad de afectar negativamente a la calidad de las aguas subterráneas (de manera inmediata o diferida), se presenta en este Apartado una descripción —lo más concreta que ha sido posible conseguir dentro del marco de este Proyecto— de las actividades de este tipo que han sido identificadas en el área delimitada para este trabajo (Plano 7.2.1), siguiendo la clasificación habitual: agrarias, industriales, urbanas.

Se ha estructurado este Apartado según dos niveles distintos de precisión y detalle, para mayor claridad en la exposición. En primer lugar (7.2.1) figura un compendio global realizado sobre todas las actividades económicas situadas en la zona de estudio, con una selección y caracterización primaria de aquéllas que por su naturaleza son susceptibles de generar sustancias indeseables para el acuífero. A la vista de los resultados conseguidos en esta parte y teniendo en cuenta que la probabilidad de que aparezca agua contaminada en la boca de los sondeos es —en una primera aproximación de conjunto— proporcional a la cercanía del foco de contaminación, se ha definido posteriormente (7.2.2) un área en el entorno de los sondeos de producción sobre la cual se ha llevado a cabo un estudio pormenorizado de la información recogida. Por último se han elaborado unas Conclusiones y Recomendaciones que constituyen la tercera parte (7.2.3), donde se ha aplicado la misma duplicidad de escala: unas consideraciones generales de tipo predominantemente conceptual seguidas de otras más concretas y específicas para los sondeos que las requieren.

Se hace notar que el grado de cuantificación numérica del riesgo de contaminación sobre el agua subterránea extraída ofrecido en este Apartado en los diversos escenarios presentados, es pequeño y ello por dos motivos, uno de índole práctica y otro de índole teórica. En primer lugar y según se va indicando en los sucesivos apartados, por la escasez de los datos específicos de partida o de "campo", consecuencia inmediata en gran parte de la enorme multiplicidad de situaciones concretas (instalaciones industriales, estabulaciones ganaderas, parcelas de regadío, aglomeraciones urbanas,...) cuya definición particular suficientemente precisa para que sea representativa excede con creces el marco de este trabajo. En segundo lugar, por la complejidad del comportamiento de las diversas sustancias contaminadoras en potencia, a través de las sucesivas fases que recorre el vehículo residual desde su supuesta generación hasta el punto en que se extrae el agua (y se toma la muestra): la surgencia del sondeo.

Como contrapunto, se ha puesto especial interés en situar geográficamente, a la escala del trabajo, la posición de las diversas fuentes potenciales de contaminación, así como en considerar todas las

más destacables, con lo cual están todas la que son aunque no son todas las que están.

En resumen, se entiende que la exposición que sigue es una aproximación bastante completa del tema tratado, congruente con el ámbito de trabajo y el marco general del proyecto.

Para conseguir la información precisa, se ha consultado en particular los organismos de la C.A.M.: Dirección General de Industria, Energía y Minas, a través del Servicio de Ordenación Industrial; Dirección General de Agricultura y Alimentación a través del Servicio de Producción y Sanidad Vegetal, del Servicio de Producción y Sanidad Animal, y del Servicio de Estadística, así como las correspondientes Delegaciones Comarcales; Agencia de Medio Ambiente, a través del Servicio de Protección Ambiental y del Servicio de Planificación y Gestión de Recursos; Dirección General de la Salud Pública, a través del Servicio de Sanidad Ambiental e Higiene Alimentaria; así como al Ayuntamiento de Madrid, a través de su Laboratorio Municipal. Se han consultado también Ayuntamientos, en los principales Municipios de la zona de estudio, completándose con datos aportados por el propio Canal de Isabel II especialmente en el apartado de saneamiento urbano, y en cuanto a residuos líquidos de las actividades industriales. Se procedió además a la elaboración y envío de una encuesta para recabar datos concretos de los focos puntuales más importantes relativos a industria y ganadería.

## **7.2.1 ACTIVIDADES ECONÓMICAS: AGRARIA, INDUSTRIAL, URBANA EN EL CONJUNTO DE LA ZONA DE ESTUDIO.**

### **7.2.1.1. La agricultura.**

Aproximadamente la mitad (48,68%) de la totalidad del territorio de la Comunidad de Madrid, está constituido por suelos con posibilidades agrícolas, aunque solamente su séptima parte (15%) ofrezca una productividad elevada. ("Capacidad potencial de uso agrícola de la CAM". 1990). El resto sólo presenta unas oportunidades ganaderas y forestales (46%) en mayor o menor grado, junto con una pequeña parte (5%) de muy baja productividad agraria, si bien con importancia de otra índole: zonas de recreo, de reserva, etc.

En la zona, más restringida, correspondiente a este Proyecto, la importancia de la actividad agrícola es aún menor al incluir solamente una parte de la Vega del Jarama y del tercio superior del río Guadarrama. Así se refleja en el Plano 7.2 2 que recoge con diferentes colores los distintos rangos porcentuales que presenta la superficie dedicada a cultivo en cada Término Municipal (T.M.), cifra que se detalla en sus 2 componentes--regadío, secano-- indicados en los rectángulos.

Estas cifras, según el Censo agrario de 1994 (Cuadro 7.2.1), muestran que la relación entre la superficie dedicada a cultivos de regadío en cada uno de los 51 Términos considerados y su superficie total, es inferior al 1% para toda la zona de estudio salvo en 10 T.M. del entorno de los ríos Jarama y Guadarrama, donde se reparte entre 1% y 7%, a excepción de S. Fernando de Henares (16,91%), marginalmente incluido en la zona de estudio.

El aporte de contaminantes específicos --fertilizantes y biocidas-- que la actividad del regadío puede suponer al subsuelo de la zona de estudio, es en consecuencia de poca importancia, si bien debe considerarse con más atención en dos casos: en los aluviales de los ríos mencionados y de sus afluentes, que sean asiento de estos riegos; y, también, en aquellas eventuales áreas --restringidas-- que reúnan estas prácticas junto con extracciones importantes de agua subterránea que provoquen un flujo inducido intenso capaz de concentrar el retorno del regadío de ese área en el cono hidráulico del bombeo, como se indica en algún caso concreto más adelante.

Por último, cabe añadir que un estudio de mayor detalle podría considerar también actividades marginales de menor entidad: campos de golf, huertas de ocio, jardines de aglomeraciones urbanas, etc.

Cuadro 7.2.1. Superficie de cultivo y ganado estabulado

MUNICIPIO	SUPERFICIE EN HECTÁREAS					GANADO ESTABULADO			
	CULTIVOS DE					VACUNO		PORCINO	
	Regadío	Secano	Término Municipal	(Reg/Total) %	(Reg+Sec/Total) %	n° cabezas	n° instalaciones	n° cabezas	n° instalaciones
Alcobendas	84	1.673	4.498	1,87	39,06	560	6	-	-
Alcorcón	7	1.814	3.373	0,21	54,00	52	1	-	-
Algete	247	1.999	3.788	6,52	59,29	-	-	-	-
El Atazar	5	20	2.955	0,17	0,85	-	-	-	-
Berzosa del Lozoya	-	-	1.432	0,00	0,00	-	-	220	1
El Berrueco	22	93	2.880	0,76	3,99	-	-	-	-
Boadilla del Monte	16	869	4.720	0,34	18,75	-	-	-	-
Brunete	13	4.075	4.894	0,27	83,53	-	-	-	-
Buitrago de Lozoya	2	1	2.650	0,07	0,11	15	1	-	-
Cabanillas de la Sierra	8	80	1.407	0,57	6,25	20	2	-	-
La Cabrera	17	1	2.240	0,76	0,80	33	2	-	-
Cobefia	15	1.622	2.084	0,72	78,55	16	1	-	-
Colmenarejo	10	9	3.170	0,31	0,60	7	1	-	-
Colmenar Viejo	46	1.318	18.250	0,25	7,47	2.430	37	1.220	9
Fuente el Saz	198	2.375	3.323	5,96	77,43	590	4	1.200	1
Garganta de los Montes	6	25	3.966	0,15	0,78	-	-	-	-
Galapagar	12	-	6.499	0,18	0,18	-	-	-	-
Guadalix de la Sierra	58	230	6.105	0,95	4,72	2.125	26	-	-

(continuación)

MUNICIPIO	SUPERFICIE EN HECTÁREAS					GANADO ESTABULADO			
	CULTIVOS DE					VACUNO		PORCINO	
	Regadío	Secano	Término Municipal	(Reg/Total) %	(Reg+Sec/Total) %	nº cabezas	nº instalaciones	nº cabezas	nº instalaciones
Lozoyuela - Navas - Madrid	-	-	5.129	0,00	0,00	49	2	-	-
Majadahonda	556	9.108	60.577	0,92	15,95	805	10	2.290	17
Manzanares el Real	16	1.296	3.847	0,42	34,10	91	1	-	-
El Molar	19	6	12.820	0,15	0,19	-	-	-	-
Navalafuente	51	2.445	5.029	1,00	49,63	86	3	-	-
Paracuellos del Jarama	2	58	1.175	0,17	5,10	72	1	-	-
Patones	210	2.068	4.392	4,78	51,87	16	1	-	-
Pedrezuela	54	155	3.447	1,57	6,06	14	1	-	-
Pozuelo de Alarcón	-	42	2.835	0,00	1,48	185	5	-	-
Puentes Viejas	15	194	4.320	0,35	4,84	(1200)	1	-	-
Redueña	-	-	5.833	0,00	0,00	-	-	-	-
Ribatejada	10	329	1.287	0,78	26,34	-	-	-	-
Robledillo de la Jara	-	2.204	3.182	0,00	69,26	-	-	-	-
Las Rozas de Madrid	-	5	2.035	0,00	0,25	-	-	-	-
San Agustín Guadalix	9	755	5.831	0,15	13,10	-	-	-	-
S. Fernando Henares	26	899	3.828	0,68	24,16	6	1	-	-
S. Sebastián de Reyes	674	1.166	3.986	16,91	46,16	80	1	-	-
	280	2.500	5.866	4,77	47,39	390	6	-	-

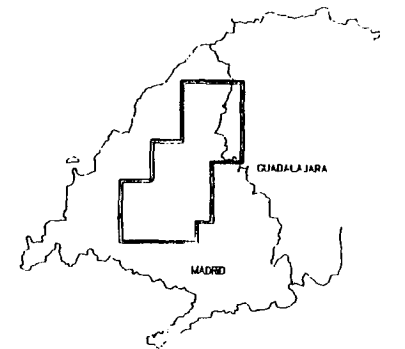
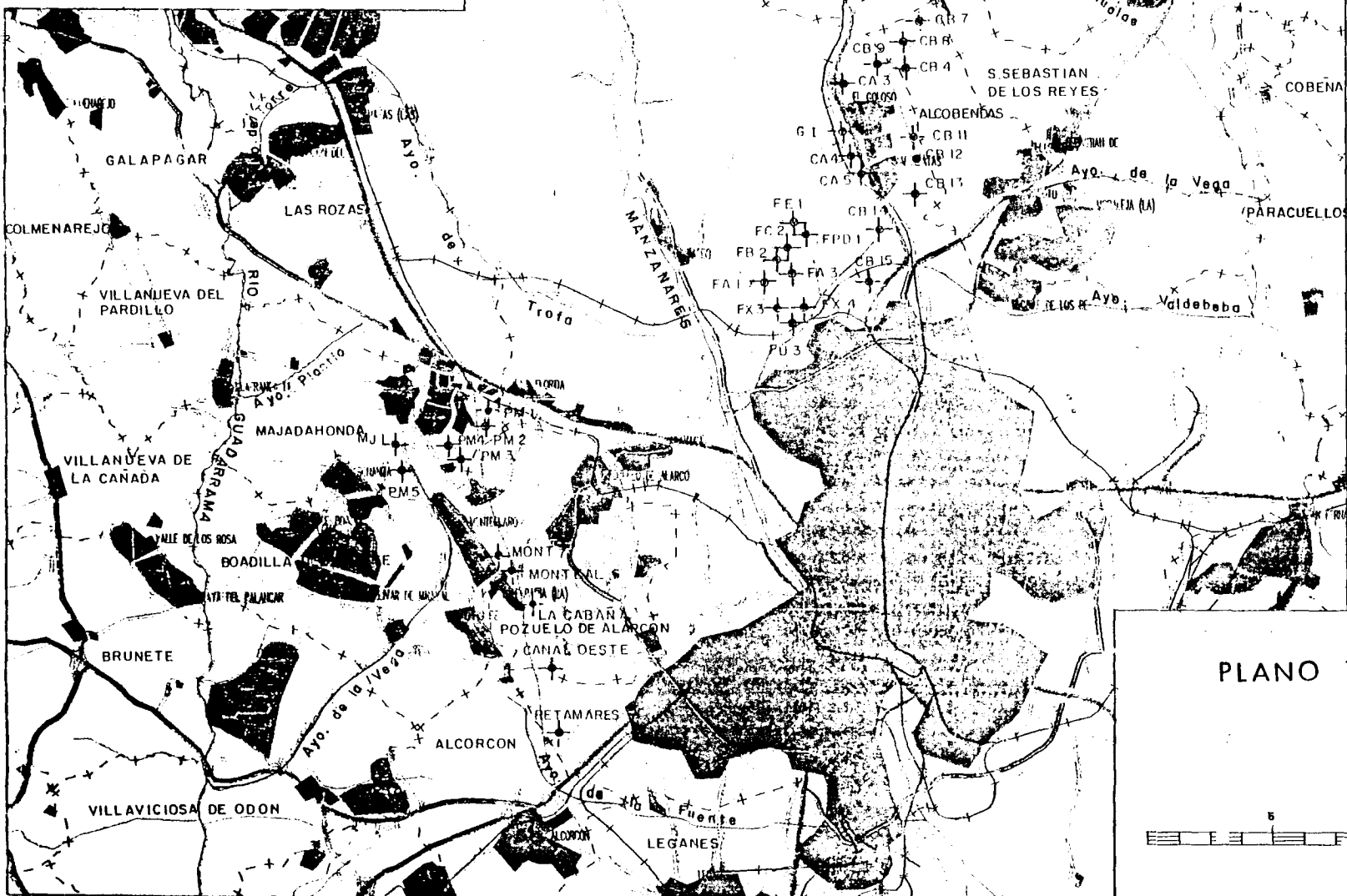
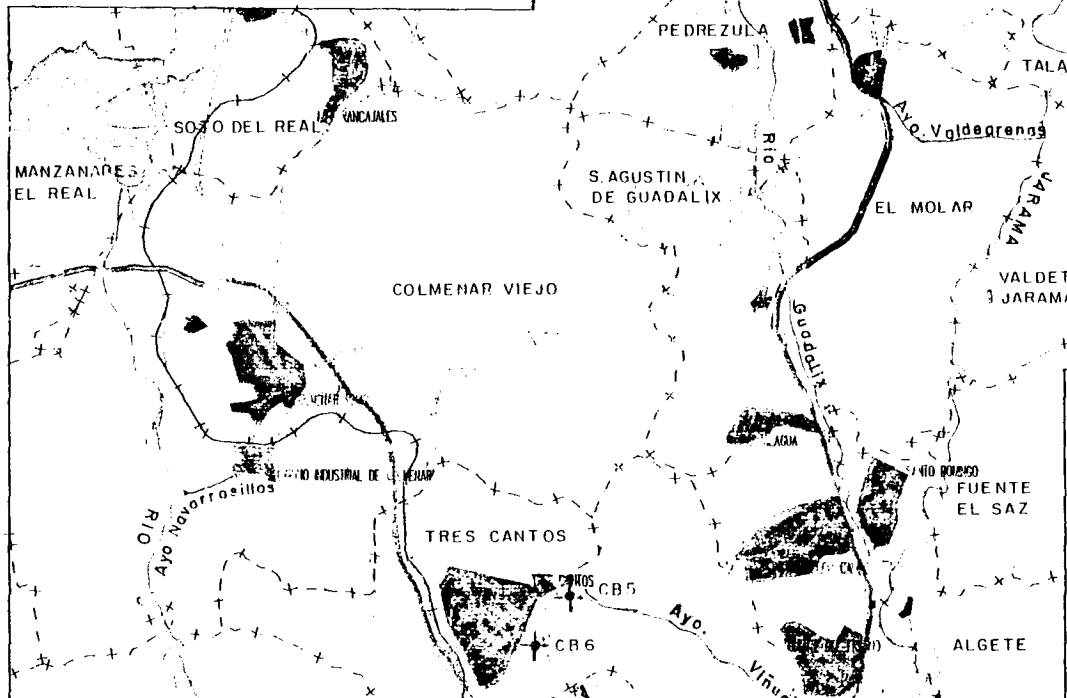
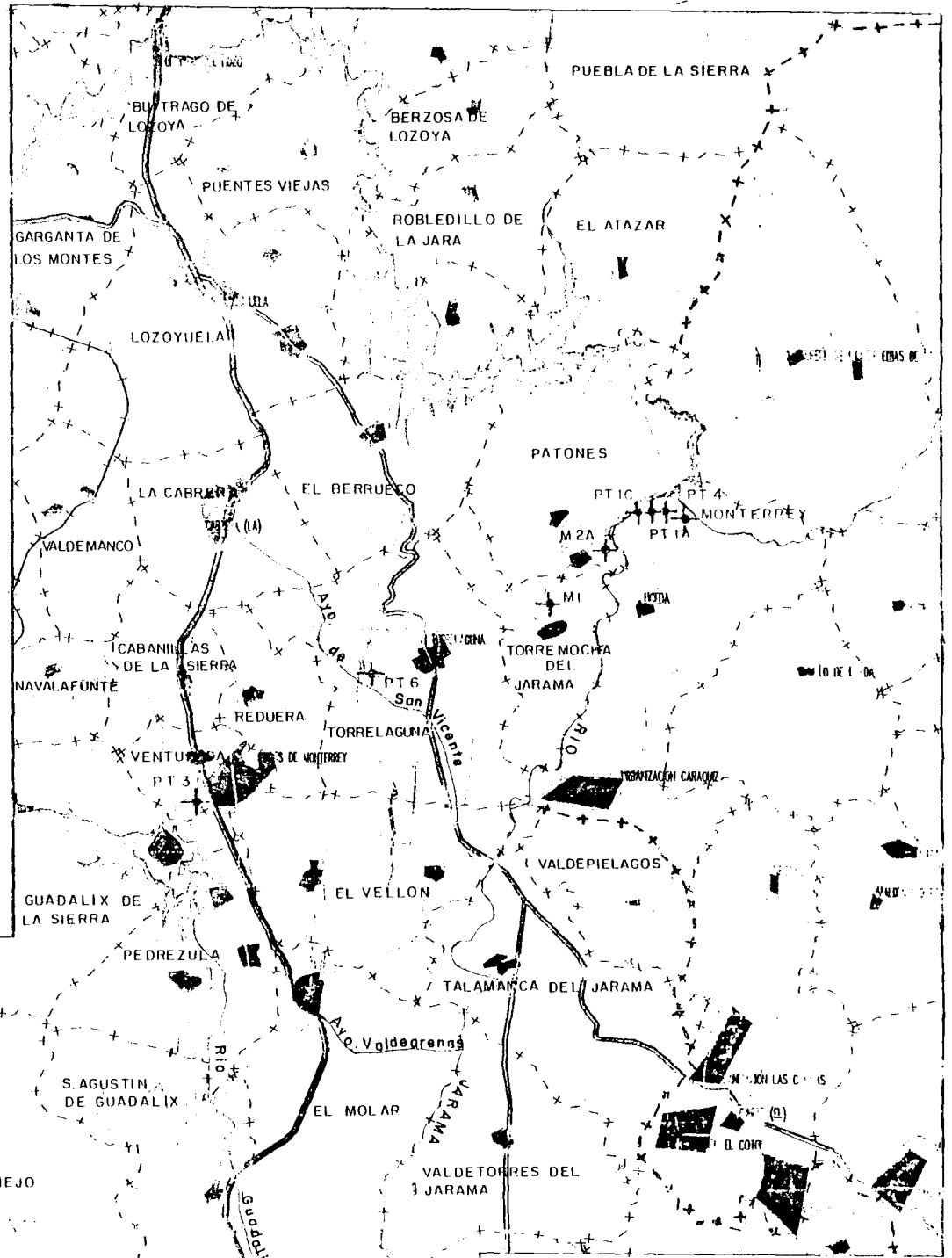
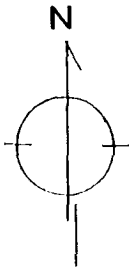
(continuación)

MUNICIPIO	SUPERFICIE EN HECTÁREAS					GANADO ESTABULADO			
	CULTIVOS DE					VACUNO		PORCINO	
	Regadío	Secano	Término Municipal	(Reg/Total) %	(Reg+Sec/Total) %	nº cabezas	nº inst.	nº cabezas	nº inst.
Sevilla la Nueva	6	1.838	2.513	0,24	73,38	-	-	-	-
Soto del Real	12	-	4.321	0,00	0,28	19	-	24	3
Talamanca del Jarama	35	3.158	3.936	0,89	81,12	-	-	6.880	2
Torrelaguna	134	1.613	4.340	3,09	40,25	560	5	-	-
Torrelodones	-	-	2.195	0,00	0,00	-	-	-	-
Torreño de Jarama	57	1.535	1.849	3,08	86,10	11	1	-	-
Tres Cantos	10	90	3.800	0,26	2,63	-	-	-	-
Valdemanco	14	17	1.758	0,80	1,76	-	-	-	-
Valdepiélagos	2	1.534	1.759	0,11	87,32	16	1	-	-
Valdetorres	150	2.606	3.352	4,47	82,22	-	-	1	1
El Vellón	45	868	3.414	1,32	26,74	165	9	-	-
Venturada	1	166	979	0,10	17,06	35	2	-	-
Villanueva de la Cañada	10	1.322	3.492	0,29	38,14	-	-	-	-
Villanueva del Pardillo	10	1.068	3.492	0,29	30,87	-	-	-	-
Villaviciosa de Odón	66	2.012	6.805	0,97	30,54	-	-	8	1



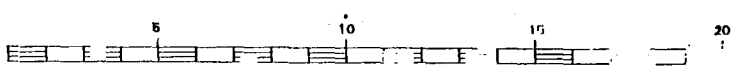
Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II



FUENTES POTENCIALES  
DE CONTAMINACION

PLANO 7.2.1 MAPA DE SITUACION



### 7.2.1.2. La ganadería

Desde la perspectiva de una posible incidencia sobre la calidad de las aguas subterráneas, sólo se ha considerado en este informe el ganado estabulado, mediante el número de cabezas de vacuno y de porcino (y equino en algunos casos) censado en cada Término Municipal (T.M.), sobre datos recogidos en la Subdirección de Producción Animal (CAM), actualizados a 1994. Las granjas avícolas en la zona del proyecto no son significativas.

En cuanto al ganado vacuno, de los 51 T.M. considerados en la zona de estudio casi la mitad (23) carecen de instalaciones ganaderas censadas (Cuadro 7.2.1). En los demás (28), destacan Colmenar Viejo y Guadalix de la Sierra con más de 2000 cabezas cada uno, seguidos de Pozuelo con más de 1000. Con un número medio, entre 100 y 600 cabezas, hay 6 T.M.: Alcobendas, San Sebastián de los Reyes, Torrelaguna, Fuente el Saz, Pedrezuela y El Vellón; los que no alcanzan a reunir 100 cabezas forman 2 grupos de T.M. cada uno, respectivamente con menos de 20 y entre 20 y 100 cabezas censadas.

Para el porcino, la concentración es mayor: de la totalidad de los Términos Municipales (51) en el estudio, solamente 8 presentan censo positivo y muy variable, desde 1 cabeza hasta cerca de 7000 en Talamanca de Jarama. Otros dos T.M. (Villaviciosa de Odón y Soto del Real) tienen menos de 25 cabezas censadas y uno, Berzosa de Lozoya, con 220 cabezas. Madrid, supera las 2000; Colmenar Viejo también destaca, aunque menos, con unas 1200 cabezas.

La carga contaminadora que genera este tipo de instalaciones depende, lógicamente, de la cantidad de animales estabulados; pero, desde la perspectiva de protección del acuífero, mayor importancia tiene el tipo de tratamiento depurador que se aplica a los residuos generados, y sobre todo la clase del vertido último así como el lugar donde se realiza. Normalmente este tema (tratamiento y evacuación de los residuos) es de un interés totalmente secundario frente al objetivo principal (producción de carne y/o leche) de la actividad ganadera, y, en consecuencia, no existe información de ningún tipo al respecto: las consultas llevadas a cabo en los organismos públicos a distintos niveles (Consejería, Ayuntamiento, Delegación Regional) han resultado infructuosas en este sentido, si bien muy productivas en otros aspectos.

Sin embargo, la importancia potencial de esta actividad desde la perspectiva de este proyecto, resulta evidente: utilizando números redondos, la cabaña estabulada descrita anteriormente --que totaliza unas 8000 cabezas de vacuno y unas 10000 de porcino-- generan al año del orden de 70 000 m<sup>3</sup> de residuos líquidos y de 100000 t de residuos sólidos. Esas cifras deben ir asociadas con dos particularidades: los vertidos líquidos, así como los rezumes iniciales de los sólidos, se realizan de manera siempre puntual en el terreno, y además con una carga contaminante de alta concentración



orgánica, microbiológica y probablemente con el añadido de microcontaminantes químicos, si no son tratados adecuadamente, con los siguientes matices:

- Los residuos líquidos desaparecen por infiltración, eventualmente después de un cierto recorrido en superficie, al estar prohibido su vertido a los cursos de agua superficial, los cuales además son en su gran mayoría de caudal pequeño en las zonas donde se encuentran asentadas las instalaciones, y solamente en épocas húmedas (arroyos).

- Los residuos sólidos son evacuados periódicamente, cuando el volumen almacenado lo requiere, y esparcidos en amplias superficies con fines agrícolas: solamente hay que considerar por lo tanto, en principio, el propio rezume y el lixiviado que produzcan las lluvias, si bien aplicado a un volumen promedio (desconocido) constante en cada estercolero.

Una excepción relativamente frecuente en la zona norte del estudio, consiste en las estabulaciones de dimensión pequeña o mediana que están situadas dentro de algún casco urbano: sus residuos son evacuados junto con los demás de la población, teniendo su mismo destino y eventual tratamiento.

### 7.2.1.3. La industria

El sector industrial tiene una relevancia a destacar en la Comunidad de Madrid por su contribución al desarrollo económico y social: como sector de producción y como generador de puestos laborales de mayor o menor cualificación. El tema concreto de la problemática que plantean los residuos generados por esta actividad ha sido definido, estudiado y tratado por la Administración autonómica recientemente (1988) a través del "Programa Coordinado de Actuación de Residuos Industriales" (PCARI).

Por diversos motivos, la gran mayoría de estas actividades se encuentra situada en la zona sur y este de Madrid: el territorio objeto de estudio en este informe es soporte de sólo una muy escasa proporción de dichas actividades, excepto en unas pocas áreas.

Los polígonos o concentraciones industriales que existen en los Términos Municipales (T.M.) que conforman esta zona de trabajo, están constituidos mayoritariamente por Empresas de almacenamiento, manipulación mecánica, empaquetamiento, venta al por mayor, distribución, ... de productos fabricados en otros lugares. Una paciente labor de selección ha permitido reunir aquellas industrias que presentan alguna posibilidad de incidir sobre la calidad de los acuíferos, al ser en

principio generadoras de residuos contaminadores.

Sin embargo, y análogamente al caso de la actividad ganadera, lo más determinante es la clase de tratamiento-- en el sentido amplio de gestión integral-- que se aplique a estos residuos, y el tipo y lugar que se elijan para su vertido último.

Identificando "instalaciones con actividad industrial susceptible de generar residuos contaminantes" con "foco potencial de contaminación" de las aguas subterráneas, se han localizado 147 industrias en la zona de estudio (Plano 7.2.3) que pueden ser origen de contaminación (con las salvedades ya explicitadas) en las áreas que se indican. Debido a 27 devoluciones por el Servicio de Correos de las encuestas enviadas-- que se comentan más adelante-, al ser "Desconocido" el destinatario, ese número de industrias se ha visto reducido a 120, cifra esta última sobre la que se trabaja en lo que sigue (Cuadro 7.2.2).

Los registros estadísticos (índices de empleo, de potencia y de superficie instaladas) son de magnitud pequeña a muy pequeña en general, predominando el valor mínimo, o sea inferior: a 5 empleados, a 10 Kw, a 1000 m<sup>2</sup>, respectivamente, pudiéndose presumir que su producción lo es igualmente y en consecuencia el volumen generado de residuos; los contados casos que son destacables por su magnitud (fábrica de componentes electrónicos, de productos farmacéuticos, etc.) parecen tener su propio tratamiento de residuos, anterior al vertido último.

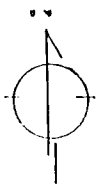
En los Ayuntamientos consultados, los Ingenieros municipales han señalado el vertido a la red de saneamiento propia como la práctica universal seguida en las concentraciones industriales (polígonos y asimilables), terminando el colector general en una planta de tratamiento cuyo funcionamiento-- al cargo directo o indirecto de los servicios de depuración del Canal de Isabel II --parece ser correcto.

Como ya se ha indicado, a efectos de intentar ampliar la información relativa sobre todo a los residuos generados por estas industrias, y a las prácticas seguidas para su depósito o vertido, se ha procedido a la realización de una encuesta, con envío de un formulario para rellenar y devolver, pero el escaso número de respuestas habidas (12 sobre 159 enviadas) junto a la deficiente información aportada, no han proporcionado el resultado pretendido.

Cuadro 7.2.2 Tipología de las empresas en las zonas industriales destacables

		NUMERO DE EMPRESAS SITUADAS EN EL T.M. CUYO OBJETO ES:							
		La fabricación de productos							
		farmacéuticos	alimentarios	metálicos y su tratamiento	químicos	tratamiento	viveros y flores	lavandería/ Lavado	Laboratorio de películas
	Nº TOTAL								
ALCOBENDAS	29	15	5	2	7	-	-	-	-
ALCORCON	9	-	1	2	5	-	-	1	-
ALGETE	6	1	1	2	2	-	-	-	-
COLMENAR VIEJO	13	3	1	1	5	1	-	1	1
COSLADA	15	2	1	-	5	-	-	6	1
FUENTE EL SAZ	1	-	1	-	-	-	-	-	-
LEGANES	13	1	2	2	2	1	-	5	-
PARACUELLOS	10	-	-	5	4	-	-	1	-
POZUELO DE ALARCON	12	1	1	-	2	6	2	-	-
S.AGUSTIN DE GUADALIX	3	2	1	-	-	-	-	-	-
S.SEBASTIAN DE LOS REYES	9	4	-	1	1	-	1	-	2
<b>Nº TOTAL</b>	<b>120</b>	<b>29</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>33</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>14</b>	<b>4</b>

LEYENDA



CABEZAS DE GANADO ESTABILADO

VACUNO		PORCINO
REGADIO (%)		REGADIO+SECANO (%)

SUPERFICIE EN CULTIVO (% Total)

	< 9 %
	10 - 24 %
	25 - 49 %
	50 - 74 %
	≥ 75 %

15	-
0,07	0,11

-	-
0,00	0,00

-	220
0,00	0,00

-	-
0,00	0,25

-	-
0,17	0,85

-	-
0,15	0,78

49	-
0,00	0,00

-	-
0,76	0,80

33	-
0,76	0,80

-	-
0,80	1,76

20	-
0,57	6,25

35	-
0,10	17,06

72	-
0,17	5,10

-	-
0,78	26,34

2126	-
0,95	4,72

165	-
1,32	26,74

19	24
0,00	0,28

86	-
1,01	49,63

185	-
0,00	1,48

2429	1217
0,25	7,47

6	-
0,68	24,16

-	-
0,26	2,63

560	-
1,87	39,06

91	-
0,42	34,10

-	-
0,15	13,10

-	-
0,00	0,00

-	-
0,15	0,19

7	-
0,31	0,60

-	-
0,18	0,18

-	-
0,29	30,87

-	-
0,29	38,14

-	-
0,27	-

14	-
1,57	6,06

11	-
3,08	86,10

559	-
3,09	40,25

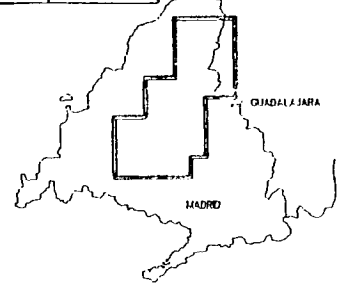
-	6,880
0,89	81,12

16	-
0,11	87,32

-	-
0,00	69,26

-	1
4,47	82,22

590	1200
5,96	77,43



FUENTES POTENCIALES DE CONTAMINACION

-	-
6,52	59,29

16	-
0,72	78,55

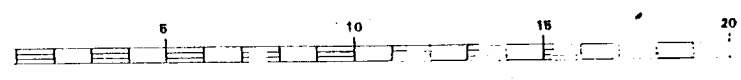
16	-
4,78	51,87

391	-
4,77	47,39

81	-
16,91	46,16

1206	-
0,35	4,84

PLANO 7.2.2 ACTIVIDADES AGROPECUARIAS



-	-	-	8	52	-	805	2191		
0,24	73,38	0,34	18,75	0,95	30,54	0,21	54,00	0,92	15,95

#### 7.2.1.4. Los depósitos de carburantes

Dos características han llevado a considerar estos potenciales focos de contaminación puntual de una manera particular: su ubicación precisa (Plano 7.2.3) y su común naturaleza específica desde la perspectiva de este trabajo, al tratarse mayoritariamente de Estaciones de Servicio (gasolineras) y Unidades de Suministro, junto a Centros de Distribución de gasóleo. Hay que reseñar que los depósitos considerados en este informe (y representados cartográficamente) constituyen sólo la fracción actualmente registrada en la Dirección de Industria de la C.A.M. La regularización de estas instalaciones se encuentra en fase de actualización ("Pruebas periódicas de estanqueidad de los depósitos de productos petrolíferos (...) en estaciones de servicio y unidades de suministro" Circular C/ME/03/93), estando prevista su culminación en el verano de 1996.

Un caso completamente excepcional lo constituye el aeropuerto de Barajas. Si bien la potencialidad de su carga contaminante parece muy aguda, el lugar de su implantación y la distancia que lo separa de cualquiera de los campos de sondeos de producción del Proyecto, aleja cualquier grado de peligrosidad para éstos. No obstante, de cara al futuro, sería conveniente realizar el estudio de esta zona con el detalle adecuado, ante la eventualidad de nuevos campos de pozos suficientemente cercanos.

#### 7.2.1.5. Las vías de comunicación

A pesar de constituir un origen atípico de contaminación potencial de los acuíferos, se entiende oportuno considerarlo en este informe en general —y de sustancias tóxicas y peligrosas, en particular— debido al abastecimiento urbano e industrial del gran Madrid especialmente, y también por la estructura radial del sistema viario estatal que hace de la C.A.M. paso obligado de este transporte hacia otros destinos finales. Esto es válido tanto para la red de carreteras (de diversas categorías en la zona de estudio) como para la red ferroviaria.

En otro sentido, al ser imposible de abordar este tema en el marco de este proyecto con suficiente precisión para conseguir cifras concretas, se limita este apartado a esbozar el alcance conceptual de la problemática planteada, como primer paso para su futuro tratamiento.

Dos vertientes presenta este asunto: una permanente y otra contingible. El aspecto permanente se refiere a los depósitos que los gases de los motores de todos los vehículos que transitan (con densidad muy variable) durante todas las horas de todos los días, originan sobre las zonas adyacentes a las carreteras: su entidad ha sido confirmada mediante trabajos aislados de investigación, especial

en cuanto al plomo se refiere. El otro aspecto es de carácter casual y se refiere a los accidentes, en camiones o ferrocarril, particularmente con derrame al terreno de líquidos: su infrecuencia por un lado y su mucha mayor importancia desde otras perspectivas --seguridad de las personas-- no justifican su consideración en este informe. (Asóciense ambos tipos de eventos con los sondeos que se encuentran a borde de carreteras nacionales, como se hace en el apartado 7.2.2).

#### 7.2.1.6. Las aguas negras

Los núcleos de población importantes de la C.A.M. tienen contemplada la depuración de sus aguas residuales en el Sistema Integral de Saneamiento, casi culminado en la actualidad, y el resto de ellos la tendrán próximamente con la Ampliación del Plan, a efectos de dar cumplimiento a la "Directiva 91/271/CEE sobre el tratamiento de las ARU". Para la zona de estudio se recoge en el Plano 7.2.4. la situación de las EDARU en funcionamiento o de próxima puesta en marcha, y las aglomeraciones tanto urbanas como industriales (cuyo último vertido es al colector municipal) que son así atendidas.

Con el fin de proporcionar un orden de magnitud de las aguas residuales generadas en cada aglomeración urbana, que dé una orientación sobre la distribución del volumen de este residuo (mayoritariamente depurado) en la zona, se ha asignado a cada núcleo de población (Plano 7.2.4) el 80% del volumen de su abastecimiento en agua suministrada, cuya relación es la siguiente (Consumos del año hidrológico 1993-94, en miles de m<sup>3</sup>):

Alcobendas	7.952	Alcorcón	2.467
Algete	575	Berzosa de Lozoya	19
El Berrueco	65	Boadilla del Monte	312
Buitrago	16	Cabanillas de la Sierra	38
La Cabrera	108	Colmenarejo	313
Colmenar Viejo	6.159	Fuente el Saz	286
Galapagar	1.059	Guadalix	65
Leganés	8.696	Lozoyuela	164
Madrid	470.666	Majadahonda	2.636
Manjirón	103	El Molar	423
Navalafuente	88	Paracuellos del Jarama	310
Patones (ambos)	70	Pedrezuela	206

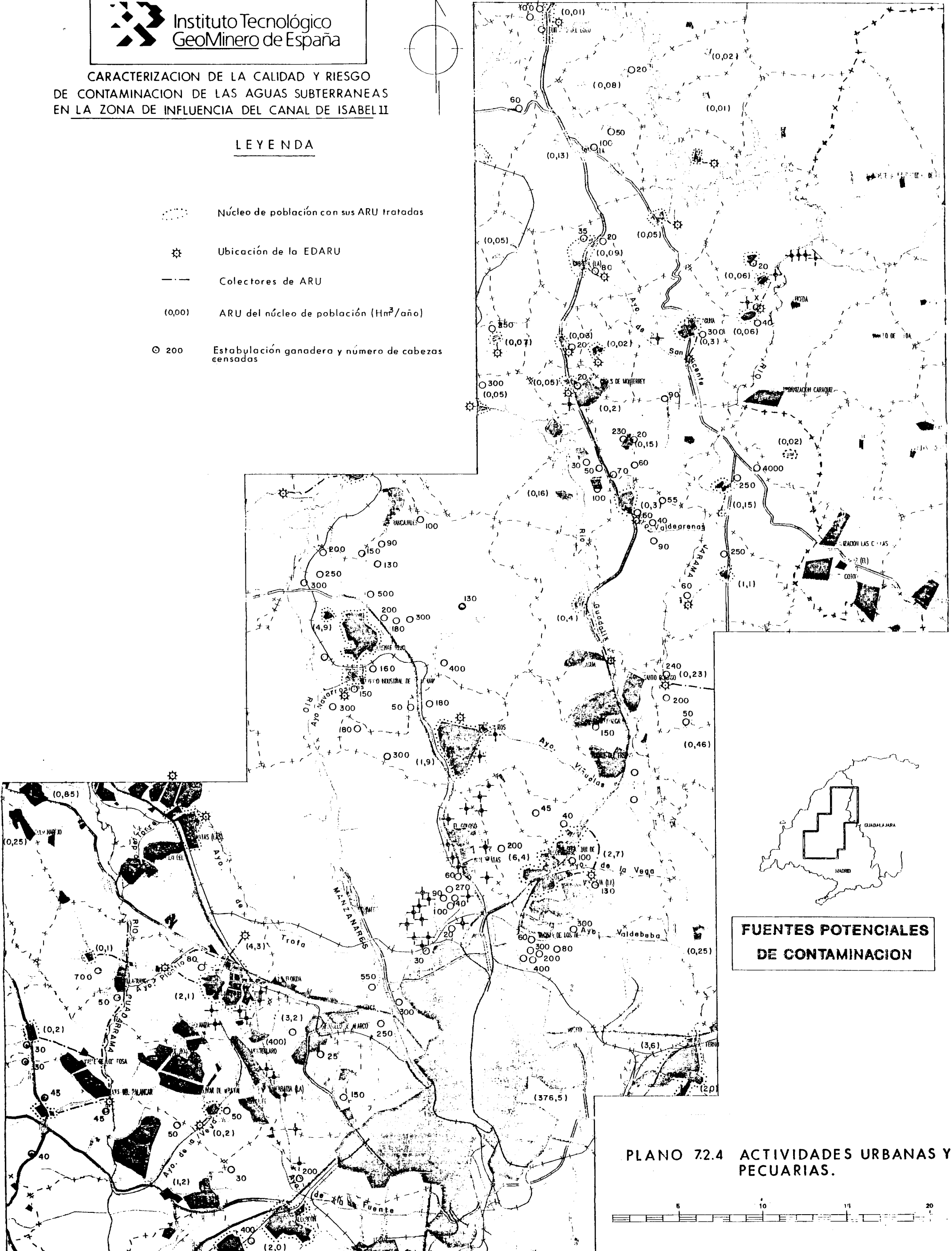
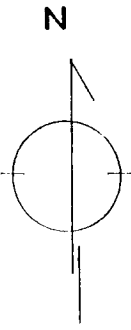


Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II

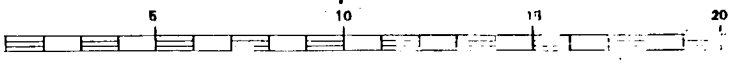
LEYENDA

- Núcleo de población con sus ARU tratadas
- Ubicación de la EDARU
- Colectores de ARU
- (0,00) ARU del núcleo de población (Hm<sup>3</sup>/año)
- 200 Estabulación ganadera y número de cabezas censadas



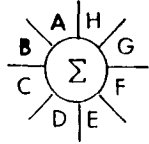
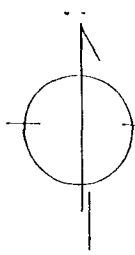
FUENTES POTENCIALES  
DE CONTAMINACION

PLANO 72.4 ACTIVIDADES URBANAS Y PECUARIAS.





CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II



NUMERO DE EMPRESAS SITUADAS EN EL  
TERMINO MUNICIPAL CUYO OBJETO ES:

LA FABRICACION DE PRODUCTOS:

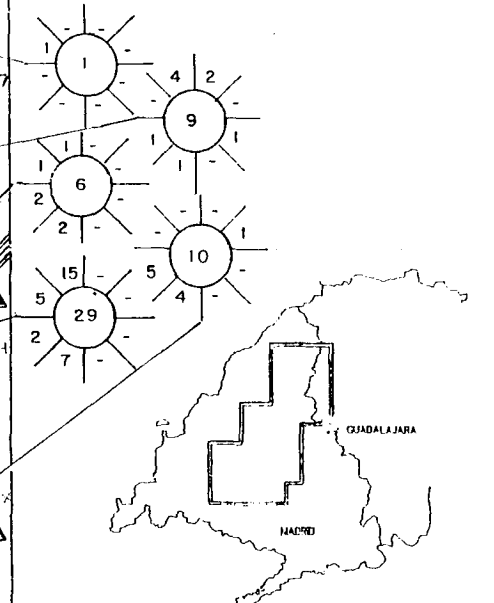
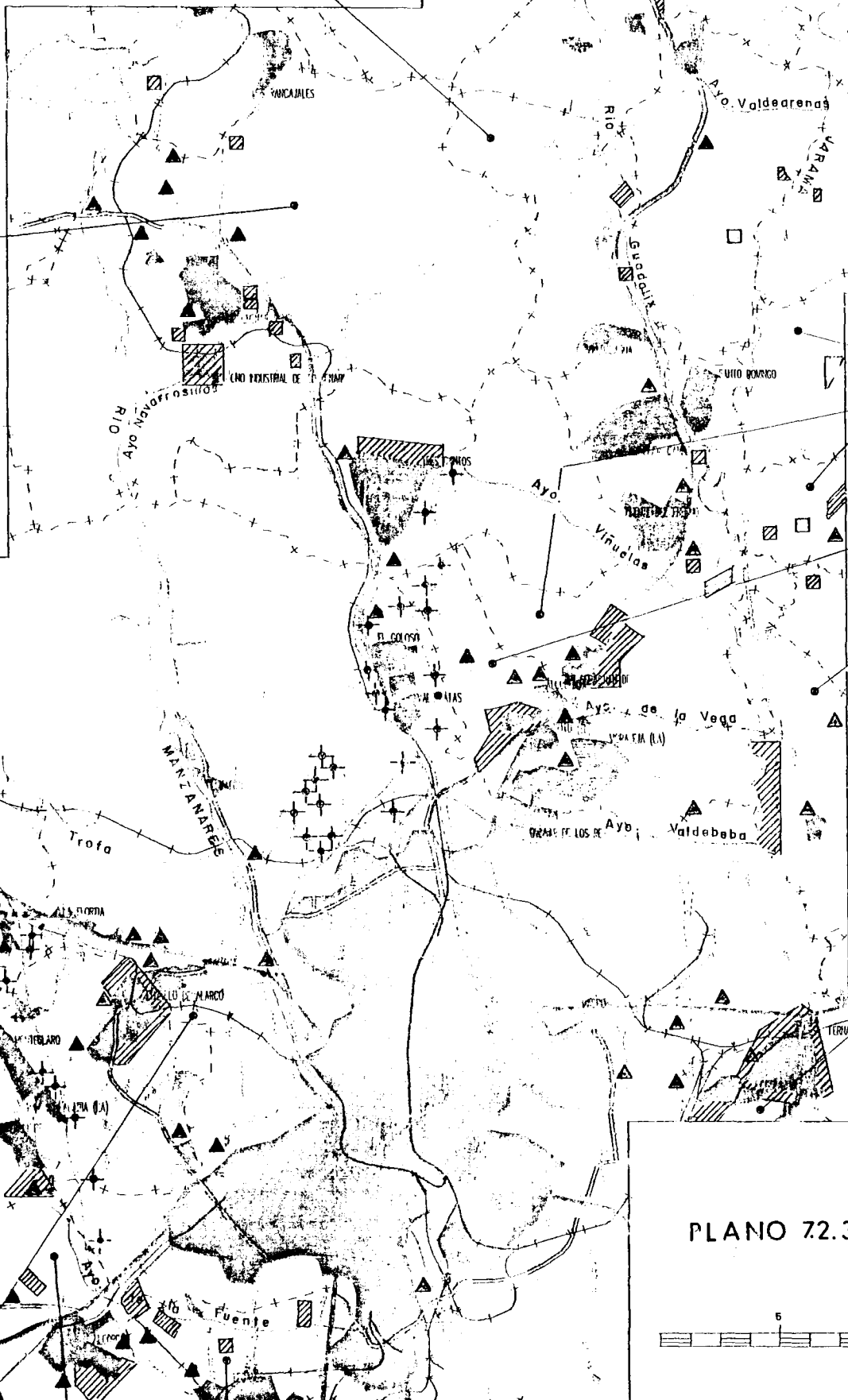
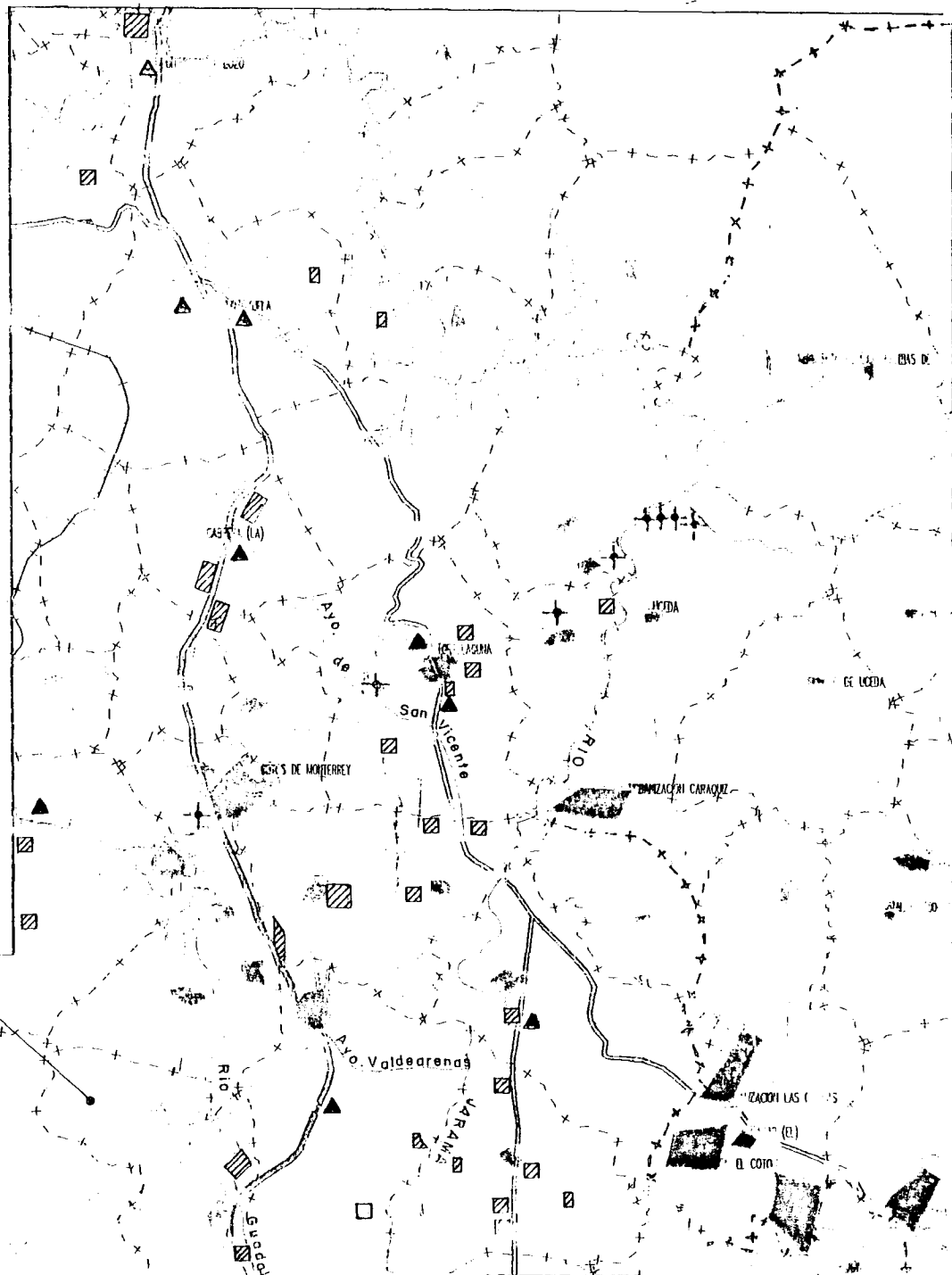
- A: Farmacéuticos
- B: Alimentarios
- C: Metálicos no férricos, y tratamiento de metales
- D: Químicos, para la industria o el consumo directo

LA SIGUIENTE ACTIVIDAD:

- E: Tratamiento de pieles
- F: Viveros y flores
- G: Lavandería / lavado
- H: Laboratorio de películas y fotos
- Σ: Suma de todas las empresas indicadas

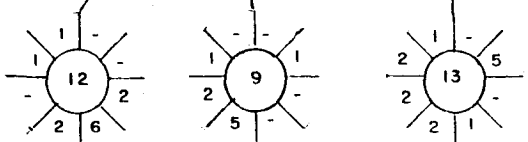
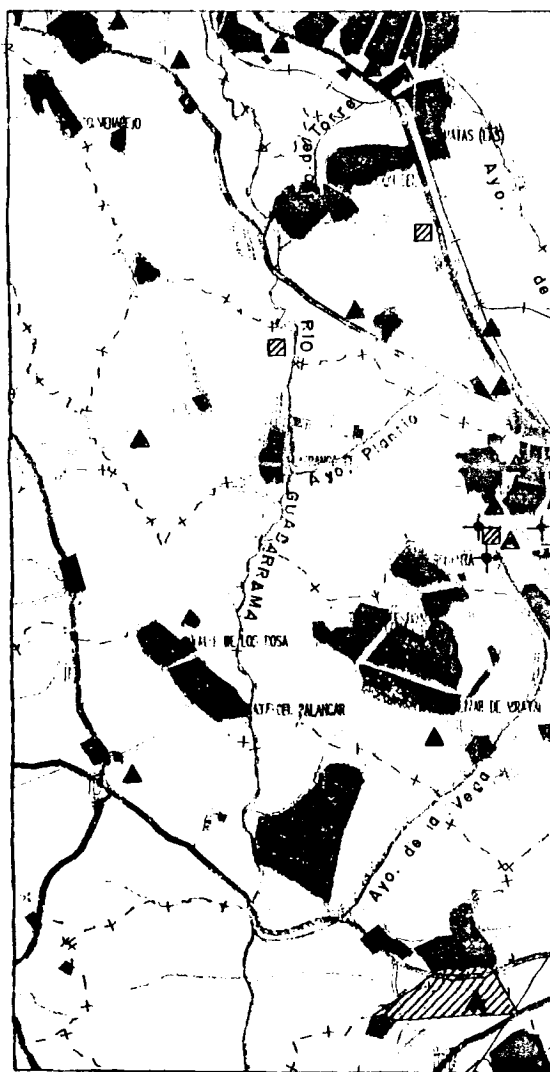
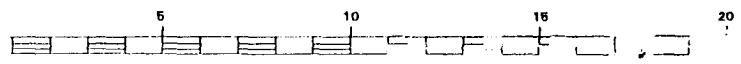
▲ Estaciones distribuidoras de carburantes

▨ Areas industriales



FUENTES POTENCIALES  
DE CONTAMINACION

PLANO 72.3 ACTIVIDADES INDUSTRIALES





Pozuelo de Alarcón	3.946	Redueña	21
Robledillo de Jarama	19	S. Agustín de Guadalix	472
S. Fernando Henares	2.547	Talamanca del Jarama	192
Torrelaguna	336	Torremocha del J.	81
Tres Cantos	2.416	Valdemanco	7
Valdepiélagos	23	Valdetorres del Jarama	134
El Vellón	193	Venturada	66
Villanueva de la Cañada	233	Villanueva del Pardillo	145
Villaviciosa de Odón	1.518	Las Rozas	1.707

En el caso de las urbanizaciones o puntos aislados, cuyos servicios de saneamiento no están conectados con el colector general público, ellas mismas son las encargadas y responsables de la correcta depuración y del adecuado vertido de sus aguas negras.

Se deduce, en principio, que las aglomeraciones urbanas que no disponen de EDAR vierten sus aguas negras brutas en lugar próximo a su implantación considerándose en consecuencia una fuente potencial de contaminación actual. De manera complementaria y prudente, cabe considerar las demás aglomeraciones urbanas (con EDAR) como fuentes potenciales de contaminación diferida --a falta de estudios específicos de detalle que despejen la incógnita-- a causa de la carga contaminante aportada al terreno hasta la entrada en funcionamiento de la EDAR en época reciente.

En su condición de receptores de vertidos contaminantes, los cursos de agua superficial pueden llegar a constituir ellos mismos --aguas abajo del punto de vertido-- una fuente de degradación para el acuífero, a través de la recarga natural. Al ser variable (según las condiciones climáticas de la época que se considere) el grado de dilución que recibe el vertido contaminante, especialmente en los cursos pequeños de agua (arroyos), se entiende oportuno presentar en este Capítulo un breve resumen de los casos más aparentemente destacables desde la perspectiva de protección de la calidad de las aguas subterráneas que le anima. En cada caso se mencionan las referencias que probablemente identifican al origen de dichos vertidos, y que mayoritariamente son aguas residuales urbanas (motivo por el cual se coloca en este apartado de "Aguas negras")

\* Río Jarama: sus márgenes acogen actividades de todo tipo, con una incidencia presumible sobre la calidad de sus aguas: agricultura de regadío (Valdetorres de Jarama, por ejemplo), actividad industrial (Paracuellos del Jarama, por ejemplo), aglomeraciones urbanas (Talamanca del Jarama o "Ciudad Santo Domingo", por ejemplo). Indirectamente, recibe como tributarios numerosos arroyos que a su vez pasan por zonas susceptibles de aportarles una carga contaminante apreciable. Así

ocurre con, entre otros:

- Arroyo de las Huertas: pasa por Cabanillas de la Sierra (núcleo urbano con estabulación, y arrabales), Redueña (núcleo urbano) y Venturada (núcleo urbano con establo y urbanización). Vierte al Arroyo de San Vicente.

- Arroyo de San Vicente: recibe al Arroyo del Molino (La Cabrera: núcleo con estabulación, arrabales, gasolinera y concentraciones ganaderas en proximidad); pasa cerca de Torrelaguna (núcleo urbano con gasolinera; actividades industriales, estabulación y gasolinera, en proximidad); recibe al Arroyo de las Huertas (caso anterior) y al Arroyo del Monte (estabulación ganadera). Después de un recorrido con actividad agrícola de regadío en sus márgenes, desemboca en el río Jarama.

- Arroyo de Valdearenas: nace en proximidad y al sur de El Molar (núcleo urbano, con establo y arrabales). Después de un breve recorrido (estabulaciones ganaderas) vierte al río Jarama.

- Arroyo de Viñuelas: recibe al Arroyo de Valdearizo (bordea a Tres Cantos, y su polígono industrial, y al Soto de Viñuelas ) y al Arroyo de la Moraleja (El Bodonal).

\* Río Manzanares: en su recorrido por la zona de estudio, une los embalses de Santillana y de El Pardo, y este último con el casco urbano de Madrid. En estas sucesivas partes, pasa primero en proximidad de varias instalaciones ganaderas y recibe al Arroyo de Navarrosillos (ver adelante); después de atravesar El Pardo (núcleo urbano, con estabulación y gasolinera aguas abajo) recibe a los arroyos de Trofa (aglomeraciones urbanas) y del Fresno (conjunto de instalaciones ganaderas en la zona de Fuencarral y en su parte alta, bordeando la C<sup>a</sup> de Colmenar), antes de entrar en Madrid.

- Arroyo de Navarrosillos: bordea Colmenar Viejo (núcleo urbano con gasolinera, establo y actividad industrial), su zona periférica industrial, y arrabales, con concentraciones ganaderas.

\* Río Guadarrama: en relación con toda la margen izquierda, en la zona de estudio, su recorrido está acompañado continuamente de aglomeraciones urbanas, desde su inicio (Torrelodones y varias urbanizaciones de su entorno) hasta su salida (Villaviciosa de Odón), y también de otras más alejadas a través de arroyos que le son tributarios, como por ejemplo:

-Arroyo de la Grajera: nace en los arrabales de Majadahonda (importante núcleo urbano, con varias gasolineras y alguna actividad industrial) y desemboca en el Arroyo del Plantío (nace en Las Rozas de Madrid) que a su vez vierte al río Guadarrama después de un breve tramo.

\* \* \*

Como reflexión final para este apartado 7.2.1 (“Actividades económicas: agraria, industrial, urbana en el conjunto de la zona de estudio”), se entiende necesario recuperar la perspectiva global que corresponde al tema expuesto: la totalidad de la actividad económica en toda la zona de estudio. De esta manera la polarización seguida hacia aquellas situaciones *potencialmente* contaminadoras no debe perturbar la consideración ponderada del conjunto de la zona, que se presenta como claramente positivo.

Análogamente, el ánimo de prevención que articula la descripción realizada -aún mayor en el apartado 7.2.2 siguiente- debe contemplarse en su justa medida: en todo momento se trata de las actividades humanas cuyo desarrollo “tiene la posibilidad o potencialidad de afectar negativamente a la calidad de las aguas subterráneas (de manera inmediata o diferida)”, como se indica en las primeras líneas de este capítulo 7.2. Lo cual no significa, en absoluto, que ese peligro exista, ni siquiera sea probable. Pero tampoco lo contrario: existe un vacío de conocimiento que impide pronunciarse con propiedad, en un sentido o en otro.

Consecuentemente, y desde la perspectiva de **protección del acuífero**, interesa despejar toda posible duda, siquiera pequeña, si razonable, para estar en condición de garantizar -con arreglo a las mejores técnicas disponibles del momento- que no existe ningún motivo de preocupación.

Como se sabe, la mejor solución, con diferencia, para el problema de la contaminación de un acuífero, consiste en evitarlo: la recuperación de un acuífero contaminado es tan costosa en tiempo y medios, que no se lleva a cabo (salvo casos muy excepcionales).

## **7.2.2 ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN EL ENTORNO DE LOS SONDEOS DE PRODUCCIÓN (SISTEMAS GENERALES)**

Habitualmente (simplificando y resumiendo mucho) se acepta la hipótesis de que la potencial peligrosidad de un vertido contaminador para la calidad del agua subterránea es proporcional a la proximidad a que se encuentre del sondeo de extracción. Otros factores dificultan de manera importante esa eventualidad: por ejemplo, un nivel de agua profundo y una litología de tipo detrítico; mientras que los puede haber que los favorezcan: por ejemplo, la existencia de caminos preferenciales para la infiltración o percolación, de origen natural (en el propio terreno) o artificiales (por ejemplo, hipotéticos pozos de diámetro mayor o menor, de su uso espurio o de acabado imperfecto).

Por ello, en este apartado se realiza con una mayor precisión el análisis de las eventuales fuentes de contaminación tomando como referencia cada uno de los puntos acuíferos que constituyen los sondeos actualmente en explotación, (Sistemas Generales) y considerando las actividades humanas que se están llevando a cabo en un entorno de aproximadamente 2 km para cada uno de ellos.

Con esta finalidad se ha extraído los datos oportunos (Cuadros 7.2.3 y 7.2.4.) del análisis de la información conseguida, reuniéndolos en una presentación igualmente convencional según actividades agrarias, industriales y domésticas, sucesivamente.

### **7.2.2.1. La agricultura**

Se ha contemplado la influencia que los eventuales cultivos de regadío existentes en el entorno mencionado de cada sondeo pudieran tener sobre la calidad del agua subterránea extraída por el mismo. Para ello, se han considerado las áreas de dicho entorno pertenecientes a los distintos Términos Municipales involucrados: a partir del número de hectáreas dedicadas a regadío en estos T.M., con la orientación de su densidad media (porcentaje de superficie dedicada a regadío sobre superficie total del T.M.), y teniendo en cuenta peculiaridades decisivas (existencia de zonas con vocación de regadío: vega del Jarama, en especial), se ha hecho una evaluación aproximada en cada caso.

El Cuadro 7.2.3. recoge estos datos.

El resumen es que sobre la calidad del agua subterránea proporcionada por los sondeos considerados, la agricultura actual tiene una incidencia razonablemente despreciable debido a su escasa entidad, con la particularidad del sondeo M-2A (zona de Torrelaguna) situado en el S-E del Término de Patones, en zona de actividad agrícola de regadío, si bien la intensidad de esta práctica no reviste hoy en día

una importancia singular.

#### **7.2.2.2. La ganadería**

De una forma similar a la seguida en el apartado anterior con la agricultura, se ha considerado la eventual incidencia de las estabulaciones ganaderas en el entorno de cada sondeo, pasando por alto la correspondiente al ganado en libertad dadas las características hidrogeológicas del terreno (litoestratigrafía y piezometría, sobre todo), así como el tipo de vertido de residuos que esta actividad conlleva (densidad y naturaleza).

Siendo los datos disponibles (Cuadro 7.2.1) los valores totales de la cabaña (vacuno y porcino) de cada Término Municipal, la aproximación posible al estilo de la realizada con los cultivos de regadío, resultaba excesivamente burda por tratarse ahora de fuentes puntuales (y no difusas) de contaminación, si bien en algunos casos de inexistencia total de establos era obviamente suficiente (Cuadro 7.2.1)

Para aumentar el detalle de esta información, especialmente en cuanto a la ubicación de estos focos potenciales, se procedió a realizar una consulta directa mediante el envío por Correos de un cuestionario sencillo y elemental a los responsables de las ganaderías estabuladas, registradas oficialmente. El resultado ha sido exiguo: 8 respuestas incompletas sobre 127 solicitadas cursadas.

Afortunadamente se ha podido recurrir a los Servicios Veterinarios de cada una de las Delegaciones Regionales de la Consejería de Agricultura, cuya amable y competente colaboración ha permitido confeccionar el Plano 7.2.4 con la ubicación de las instalaciones con más de 15 cabezas de ganado estabulado para la zona de estudio, así como el detalle del cuadro 7.2.3 para la evaluación aproximada del potencial contaminador en el entorno de los sondeos de extracción. (Se aprovechó esta circunstancia para incluir también las concentraciones de equinos).

Como resumen –y teniendo presente la hipótesis expuesta al principio de este Apartado – se puede deducir que en el marco de este trabajo la ganadería sólo podría presentar problemas en algunos puntos concretos.

Estos puntos concretos son los relativos a los sondeos siguientes (y su Término Municipal), y en su proximidad las concentraciones de animales que se reseñan:

- . Retamares (Madrid): 1 picadero de unos 200 caballos;
- . PM-5 y MJ-1 (Majadahonda): 1 establo en el casco urbano de unas 80 vacas de leche;

- . M2-A (Patones): 1 establo en el casco urbano, de unas 15 vacas;
- . M-1 (Torremocha de Jarama): 1 granja con 14,000 conejos y 1 establo con unas 40 vacas que cesó su actividad el año pasado;
- . PT-6 (Torrelaguna): 2 granjas próximas, con 50 y 250 vacas respectivamente;
- . PT-3 (Venturada): 1 establo de unas 20 vacas, en el caso urbano;
- . CB-11, -12 y -13 (linde Madrid-Alcobendas): 1 establo de unas 200 vacas, y la proximidad de la zona de Fuencarral;
- . CA-4 y -5: proximidad de la zona de Fuencarral.

La zona de Fuencarral aglutina 8 granjas o estabulaciones que reúnen aproximadamente 160 vacas, 500 cerdos y 50 caballos, sin sistema conocido de evacuación de excretas. Los sondeos del Campo de Fuencarral o del sur del Canal Bajo son los que más se aproximan a este área, a distancia apreciable.

### 7.2.2.3. La industria

Con la representación cartográfica (Plano 7.2.3) de todas las concentraciones industriales --de distinta densidad o magnitud según los casos-- en los diversos Términos Municipales de la zona del Proyecto, se han detectado aquellas áreas industriales situadas en el entorno de los sondeos considerados: con esta selección se ha formado la Cuadro 7.2.4, añadiendo las Estaciones de Servicio y Centros de Distribución de carburantes que se comentarán más adelante así como las vías de comunicación con cierto riesgo potencial según se expuso en el Apartado 7.2.1.

Laboriosamente, en cada una de estas zonas industriales se ha identificado qué industrias hay en cuya actividad es presumible la generación de contaminantes de manera apreciable y esto desde la exclusiva perspectiva del tipo de producción fabril supuesta, independientemente de cualquier gestión posterior de los residuos: minimización, tratamiento, vertido, etc. que eventualmente tenga lugar.

Así, se encuentran actividades que presumiblemente pueden generar residuos potencialmente contaminantes en los siguientes entornos (de unos 2 km):

- Sondeo "Canal Oeste": proximidad del polígono industrial Ventorro del Cano, del término municipal de Alcorcón, que comprende industrias dedicadas a recubrimientos electrolíticos (1), pintura de superficies metálicas (1) y fabricación de productos químicos (1).
- Sondeo "Retamares 1": proximidad al mismo polígono industrial que el anterior

"Canal Oeste", aunque más alejado.

- Sondeos "Montealina-6 y -7": a unos metros del sondeo existe una pequeña instalación rústica presumiblemente dedicada a la recolección y envío de aceites usados, con probables reboses o pequeños vertidos ocasionales al terreno.
  
- Sondeo "CB-5": proximidad de la zona industrial situada al este de Tres Cantos, bordeando el Soto de Viñuelas, que comprende industrias dedicadas a fabricar especialidades farmacéuticas (1) y cosméticos (1), y a lavandería industrial (1). Según información verbal recibida, la gestión de los residuos líquidos en todo el término municipal es correcta.

Cuadro 7.2.3. Actividad agraria evaluada en el área de los sondeos de producción. Valoración primaria de su incidencia (AGRICULTURA: A; GANADERIA:G).

ZONA	SONDEO	Áreas consideradas	En el Término Municipal:	En el Entorno:	PARTICULARIDADES
	Situación Incidencia A= Agricultura G= Ganadería		Cultivos de regadío Ha/% spf. total	Establos,nº de Cabezas de ganado	
MAJADAHONDA - RETAMARES	<u>RETAMARES</u> Extremo S-O de Madrid  A:despreciable G:desconocida	N.Alcorcón S-O Madrid S Pozuelo S-E Boadilla	7/0,21 -/ 15/0,35 16/0,34(*)	1 200 caballos	(*) el río Guadarrama recorre la parte Oeste.
	<u>CANAL OESTE</u> S.Pozuelo  A:despreciable G:despreciable	S.Pozuelo S-O Madrid N Alcorcón S-E Boadilla	15/0,35 -/ 7/0,21 16/0,34	-	
	<u>MONTEALINA 6 y 7</u> O.Pozuelo  A:despreciable G:despreciable	O Pozuelo E Boadilla N,C,S Pozuelo	15/0,35 16/0,34 15/0,35	-	
	<u>PM-5 y MJ-1</u> C-S Majadah.  A:despreciable G:desconocida	O Majadahonda E,S Majadahonda N-E Boadilla N-O Pozuelo	16/0,42(*) 16/0,34 15/0,35	1  80 vacas (casco)	
	<u>PM 1-2-3-4</u> E Majadahonda  A:despreciable G:despreciable	C,E,S-E,N-E de Majadahonda NO de Pozuelo O Madrid S-E Rozas (*)	16/0,42 (*) 15/0,35 -/ 9/0,15	-	



ZONA	SONDEO	Areas consideradas	En el T.M.:	En el Entorno:	PARTICULARIDADES
	Situación Incidencia: A G		.Cultivos regadío Ha/% spf.total	.Nº de estabulaciones Cabezas de ganado	
FUENCARRAL	Todos los F N del casco M  A:despreciable G:desconocido	El Pardo Parque del Manzanares	- -	8 160 vacas 500 cerdos 50 caballos	

ZONA	SONDEO	Areas consideradas	En el T.M.:	En el entorno:	PARTICULARIDADES
	Situación Incidencia: A G		.Cultivos regadío Ha/% spf.total	.Nº de estabulaciones Cabezas de ganado	
CARRETERA A COLMENAR	Todos los CA GI N El Goloso N del casco M  A:despreciable G:desconocido	El Pardo Parque del Manzanares	- -	8(*) 160 vacas 500 cerdos 50 caballos	(*) se encuentran relativamente próximo

ZONA	SONDEO	Areas consideradas	En el T.M.:	En el entorno:	PARTICULARIDADES
	Situación Incidencia A G		.Cultivos regadío Ha/% spf.total	Nº de estabulaciones Cabezas de ganado	
CANAL BAJO	<u>CB 14 y 15</u> Colegio S.Fdo. A:despreciable G:desconocido	Parque de Manzanares N Madrid (Cºde Colmenar)	--	8 160 vacas 500 cerdos 50 caballos	(*El río Jarama recorre la parte E. (a) Amplia zona de la Vega del Jarama en la parte este.
	<u>CB 11 a 13</u> Linde O Alcobendas A:despreciable G:desconocido	N Madrid ON-O Alcobendas	84 <sup>(b)</sup> /1,87	1 200 vacas (Próximo, el conjunto anterior)	
	<u>CB 4 y 7-9</u> SE Tres Cantos A:despreciable G:despreciable	NE Madrid(CºC) N Alcobendas O S.Sebastian R.	84 <sup>(*)</sup> / 1,87 280 <sup>(a)</sup> ; 4,77	-	
	<u>CB 5 y 6</u> E Soto Viñuelas A:despreciable G:despreciable	NE Madrid Tres Cantos E SE Colmenar	10/ 0,26 46/ 0,25	-	

ZONA	SONDEO	Areas consideradas	En el T.M.:	En el entorno:	PARTICULARIDADES
	Situación Incidencia A G		Cultivos regadío Ha/% spf.total	Nº de estabulaciones Cabezas de ganado	
TORRELAGUNA	<u>PT-6</u> O Torrelaguna  A:despreciable G:desconocida	O Torrelaguna (a) E Redueña	134/3,09 10/0,78	1 300 vacas	(a)Regadíos según el Arroyo de S.Vicente, alejado. (b)La linde este del TM es el curso del Jarama;alejado (c)Situado en plena zona de regadío,del Jarama. (d)Situados sobre los bordes del Jarama (e) No se considera su eventual influencia contaminadora
	<u>M-1</u> N Torremocha  A:despreciable G:desconocida	N Torremocha(b) S Patones (b)	57/3,08 54/1,57	2 (40 vacas) 14,000 conejos	
	<u>M-2A (c)</u> SE Patones  A:desconocida G:desconocida	SE Patones NE Torremocha	54/1,57 57/3,08	1 15 vacas  (casco urbano)	
	Monterrey (d) <u>PT-1a, 1c, 4</u> E Patones(en GU)  A:despreciable G:despreciable	SE Patones  (N de Uceda, GU)(e)	54/1,57	-	
	<u>PT-3</u> S Venturada  A:despreciable G:desconocida	Venturada E Guadalix  NO El Vellón (b)	1/0,10 58/0,95 45/1,32	1 20 vacas  (casco urbano)	

*Cuadro 7.2.4 Actividad industrial y vías de comunicación en el entorno de los sondeos de producción*

[ (\*)Areas industriales que en principio no tienen actividad generadora de residuos contaminantes.]

ZONA	SONDEO	ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y VÍAS DE COMUNICACIÓN	TERMINO MUNICIPAL
TORRELAGUNA	M-2A y El Atazar	Carretera de Torremocha a El Atazar	Torremocha
	M-1	Zonas industriales pequeñas en la Cªa Uceda (*). Carretera de Torremocha a Patones	Torremocha
	PT-6	Gasolinera en el casco de Torrelaguna. Gasolinera en la Cª 100, próxima a Torrelaguna. Cruce de carreteras y sus respectivos tramos	Torrelaguna
	PT-3	Cruce de carreteras con la N-I(Km 50) y sus respectivos tramos	Venturada
CANAL BAJO	CB-5 y-6	Zona industrial colindante con Soto de Viñuelas Carretera entre Soto de Viñuelas y Tres Cantos	Tres Cantos
	CB-4,-7,-8 y -9	Gasolinera en la Cª a Colmenar, próxima a Tres Cantos. Carretera de Madrid a Colmenar Viejo Línea de FFCC Burgos Km 11 a 13 (aprox.)	Madrid
	CB-11.-12 y -13	Línea de FFCC a Burgos entre Km 5 y 10 (aprox.)	Madrid
		Gasolinera en la Cª de Alcobendas-El Goloso Zona industrial de Alcobendas(a distancia)	Alcobendas
	CB-14 y 15	Línea de FFCC a Burgos Km 3 a 13 (aprox.) Carretera de Colmenar Viejo, tramo hacia Tres Cantos	Madrid
CARRETERA COLMENAR VIEJO	CA-3,-4 y-5 G-1	Línea de FFCC a Burgos Km 3 a 13 (aprox.) Carretera de Colmenar Viejo, tramo hacia Tres Cantos	Madrid

Cuadro 7.2.4 (continuación)

ZONA	SONDEO	ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y VÍAS DE COMUNICACIÓN	TERMINO MUNICIPAL
FUENCARRAL	FX-3 Y-4 FU-3 FA-1 Y-3 FB-2	Gasolinera en Cª al Pardo Carretera del Pardo Carretera de Fuencarral al Pardo Línea de FFCC a La Coruña Km 6 a 13 (aprox.)	Madrid
MAJADAHONDA	PM-1.-2,-3 y-4	Zonas industriales del sur y este del núcleo urbano de Majadahonda (*) Gasolineras en el núcleo de Majadahonda Gasolineras en la Cª Majadahonda a Villanueva del Pardillo	Majadahonda
		Carretera de La Coruña Km 11 a 17 (aprox.) Línea de FFCC, salida del N.O de Madrid	Madrid y Las Rozas
RETAMARES	PM-5 MJ-1	Zona industrial del sur de Majadahonda(*) Gasolineras en el núcleo de Majadahonda Gasolineras en la Cª Majadahonda a V.Pardillo	Majadahonda
	Montealina -6 y -7	Gasolinera en la Cª Pozuelo a Majadahonda Carretera de Pozuelo a Montealina Punto industrial (aceites)	Pozuelo de Alarcón
	Canal Oeste	Polígono industrial (con vertedero) al norte del T.M.	Alcorcón
		Gasolinera Cª Campamento/Boadilla Carretera Campamento a Boadilla	Boadilla
	Retamares 1	Polígono industrial (vertedero) al norte del T.M.	Alcorcón

#### 7.2.2.4. Los depósitos de carburantes

De forma semejante a la realizada en el apartado anterior con las industrias, se ha procedido con los Depósitos y Centros de Distribución de carburantes (registrados).

Así, se han encontrado Estaciones de Servicio (E.S.) situadas en proximidad de los siguientes sondeos:

- "Canal Oeste": E.S. en la carretera de Campamento a Boadilla del Monte, a la altura del km 6,500.
- "Montealina 6 y 7": E.S. en la salida de Pozuelo de Alarcón, en la carretera de Majadahonda.
- "MJ-1, PM-4, PM-5, PM-3, PM-2 y PM-1" (en este orden): E.S. de Majadahonda, una en el casco urbano, otra en la entrada por carretera de Boadilla del Monte, y otra en la salida hacia El Plantío.
- "CA-3": inmediata E.S. en la carretera de Colmenar Viejo, a la altura del km 10,500.
- "G-I": la misma E.S. que el anterior "CA-3", aunque más alejado.
- "CB-9": E.S. en la carretera de Colmenar Viejo, a la altura del km 12,000.
- "CB-8": la misma E.S. que el anterior "CB-9", aunque más alejada.
- "CB-11": E.S. en la carretera de Alcobendas a El Goloso.
- "CB-12": la misma E.S. que el anterior "CB-11", aunque más alejado.

#### 7.2.2.5. Las vías de comunicación

Siguiendo los criterios ya expuestos anteriormente, se recoge en el Cuadro 7.2.4 los tramos o puntos singulares de las distintas carreteras y vías de ferrocarril que atraviesan el entorno de los sondeos de producción.

#### 7.2.2.6. Las aguas negras

Siguiendo los criterios expuestos en el apartado homólogo de éste en la Sección 7.1.1.6, a continuación se recogen en el cuadro 7.2.5 aquellas aglomeraciones urbanas que por encontrarse en el entorno —unos 2 km— de algunos de los sondeos de producción considerados en este trabajo, son susceptibles de aportarles una carga contaminante.

Se hace mención también, resumidamente, a los cauces superficiales —de caudal variable, eventualmente secos —susceptibles de constituir una vía preferencial para el desplazamiento de

contaminantes, según se describió en el apartado homólogo de la parte anterior en el que se precisaron las peculiaridades destacables de cada uno de estos cauces, entre otros; es decir:

- . PT-3: próximo al Arroyo de las Huertas;
- . PT-6: a un centenar de metros de la confluencia del Arroyo de San Vicente --después de recibir al Arroyo del Molino --con el Arroyo de las Huertas;
- . CB-5: muy próximo a la confluencia de los arroyos de Valdearizo y de la Moraleja, con el Bodonal.
- . CB-14: inmediato al Arroyo del Fresno, en su parte alta, con eventual estancamiento del agua (primavera)
- . FX-3 , FX-4 y FU-3: próximo al cauce del Arroyo del Fresno.
- . PM-5 y MJ-1: próximos al origen del arroyo de La Grajera.

Cuadro 7.2.5 Actividad urbana en el entorno de los sondeos de producción

(\*) Vierten a colector con EDAR)

ZONA	SONDEO	ACTIVIDADES URBANAS	TERMINO MUNICIPAL
TORRELAGUNA	M-2A	Núcleo de Patones (*) Núcleo y urbanización de Patones Abajo (*)	Patones
	M-1	Núcleo de Torremocha de Jarama (*) Urbanización "El Retiro de Torremocha"	Torremocha
		Núcleo de Patones Abajo (*) y urbanización	Patones
	PT-6	Núcleo de Torrelaguna (*) Arroyo de S. Vicente	Torrelaguna
	PT-3	Núcleo de Venturada (*) Urbanización "Los Cotos de Monterrey" Arroyo de Las Huertas	Venturada
CANAL BAJO	CB-5 y -6	Urbanizaciones Soto de Viñuelas y El Bodonal Arroyos de Valdearizo, Moraleja y Bodonal	Tres Cantos
	CB-11 a -15	Actividades en torno a la Carretera de Colmenar Viejo	Madrid
C <sup>a</sup> COLMENAR VIEJO	CA -3 a -5 G-1	Actividades en torno a la Carretera de Colmenar Viejo	Madrid
FUENCARRAL	FX-3 y -4 FU-3	Urbanización Mirasierra, Las Alamedillas, .. Arroyo del Fresno	Madrid
RETAMARES	PM -1 a -4	Casco y arrabales de Majadahonda (*) Urbanizaciones entre el núcleo y la C <sup>a</sup> de La Coruña Urbanizaciones en las carreteras a Las Rozas, Pozuelo, Plantío	Majadahonda
	PM-5 y MJ-1	Urbanizaciones sobre la C <sup>a</sup> Pozuelo-Majadahonda Arroyo de La Grajera Casco urbano y arrabales de Majadahonda(*) Urbanizaciones al norte y sur del núcleo urbano	Majadahonda
		Urbanizaciones Valdecabañas y Bonanza	Boadilla del Monte
MAJADAHONDA	Montealina -6 y -7	Casco y arrabales de Pozuelo de Alarcón Urbanizaciones La Cabaña y Prado Largo	Pozuelo
	Canal Oeste	Urbanizaciones Monte Principe y Retamares	Boadilla del Monte
		Urbanización La Cabaña	Pozuelo



### 7.2.3. RESUMEN

En este último Capítulo se presenta un resumen breve de los principales datos definidos en el Apartado 7.2.1, a escala global o zonal, buscando proporcionar una visión del conjunto, según los sectores convencionales (agropecuario, industrial, doméstico). Sobre esta plataforma descriptiva se avanzan las congruentes medidas a adoptar sobre todo preventivas, relativas al conjunto de las aguas subterráneas del sistema, desde la perspectiva de su protección.

Posteriormente se aplica el mismo método con los datos presentados en el Apartado 7.2.2, a escala puntual, más concreta e individualizada, para el entorno (2 km) de cada uno de los sondeos de producción por separado, reuniéndolos de una manera resumida. Análogamente, para cada situación se indican las actuaciones identificadas como necesarias, de naturaleza particular y directa.

Se ha procurado mantener un equilibrio al plantear el alcance de las medidas a adoptar a medio/largo plazo, teniendo presente la magnitud de la labor requerida para su definición precisa primero y su puesta en práctica después; análogamente se ha actuado en relación con el tipo de estudios necesarios y la ejecución inmediata de las obras que se deriven. En ambos casos la acción debe iniciarse con simultaneidad y con la menor tardanza posible: la garantía, defensa o recuperación de un grado de calidad suficiente en el agua subterránea es una actividad cuyo coste aumenta con la dilación de su inicio.

#### 7.2.3.1. Situación General.

A escala regional y en rasgos generales, para la zona recogida en este estudio y con la información conseguida, la actividad antrópica presenta un potencial contaminador sobre el acuífero de intensidad muy débil, y ello por varios motivos:

- la actividad agrícola tiene una densidad media muy baja, y la cabaña ganadera es mayormente de naturaleza extensiva;
- la actividad industrial es menor y del tipo transformación y distribución de productos previamente fabricados fuera de dicha zona;
- la actividad doméstica dispone de un saneamiento de las aguas negras que cubre prácticamente todos los núcleos urbanos de importancia --relativa, en la zona de estudio-- y las correspondientes urbanizaciones particulares, dotado con estaciones depuradoras en adecuado funcionamiento.

Esta primera apreciación general debe ir acompañada de las matizaciones que se esbozan a continuación.

X En relación con la **actividad agrícola**, destacablemente de regadío, su práctica se concentra en el valle del Jarama, con alguna otra excepción: arroyo de San Vicente, cultivos esporádicos en el Guadarrama, etc. Se supone de tipo intensivo con altos coeficientes en el consumo de productos fitoquímicos (fertilizantes y biocidas), que ha sido imposible cuantificar en el marco de este trabajo.

Así, se considera necesario estudiar la influencia de esta actividad en la calidad de estos cursos de agua, especialmente en los tramos en que aportan una recarga natural al acuífero: si bien, en el supuesto de que dicha incidencia se confirmara, sería prácticamente imposible de corregirse hoy por hoy; este conocimiento permitiría, no obstante, evaluar el proceso de afección sobre las aguas subterráneas en la realidad actual y particularmente en el futuro simulado para distintos escenarios de gestión del acuífero.

Por otra parte, la actividad ganadera presenta una vertiente estabulada —complementaria de la extensiva, y en contadas ocasiones solapándola— que es significativa. En su conjunto, el potencial contaminante de los residuos líquidos, y también en parte sólidos, merece una atención seria sobre todo por su carácter concentrado y peligroso que (como se verá adelante) justifica la preocupación en algunos casos puntuales concretos; en consecuencia el desconocimiento que se ha detectado (ya comentado en su lugar) en relación con la gestión de estos residuos deberá ser subsanado: por ello, sería necesario investigar las condiciones que acompañan a estos vertidos con el suficiente detalle.

X En relación con la **actividad industrial**, se encuentran en la zona de estudio varias concentraciones de industrias, de magnitud diversa si bien predominan las pequeñas. Nuevamente, la inexistencia de una información infraestructural relativa a los residuos y su gestión, permite sólo una aproximación a la realidad de este tema, que aquí se ha apurado lo posible dado el marco de este trabajo.

Sería deseable conseguir un conocimiento preciso de la gestión de los residuos, en particular los especiales: la única vía efectiva, y segura, que se vislumbra reside en visitar las empresas que por su actividad son susceptibles de generar ese tipo de residuos, en una campaña organizada dentro de un estudio específico con esta finalidad, principalmente para las zonas hidrogeológicamente sensibles. Esta investigación debiera incluir los temas anteriormente mencionados del transporte de sustancias especiales y de residuos líquidos, así como el de centro de servicio y distribución de hidrocarburos.

X En relación con la **actividad urbana**, se percibe una pluralidad de situaciones cuyo grado de corrección es variable en cuanto a la atención que conceden a sus aguas residuales: desde núcleos de población (de pequeño tamaño) sin tratamiento depurador alguno hasta aglomeraciones particulares (urbanizaciones), de todo tamaño, de las que se ignora si tienen o no depuradora, y si sí en qué condiciones se encuentra, pasando por otras aglomeraciones (también de tamaño pequeño) que tienen atribuido el carácter de "clandestinas".

La regularización de las situaciones anómalas viene obligada particularmente con los plazos comunitarios (Directiva correspondiente), pudiendo inclinarse a la aplicación de tecnologías "blandas" por las ventajas que conllevan para aquellos casos de pocos habitantes o cargas discontinuas. Interesa no olvidar también el conjunto de colectores generales y secundarios, que constituyen la red de saneamiento, como objeto de una vigilancia y control adecuado que garantice la inexistencia de fugas peligrosas, más probable con el transcurso del tiempo. La culminación de las obras de saneamiento actualmente en marcha, y la aplicación del previsto Plan de Infraestructuras Hidráulicas de la C.A.M. (Consejería de Cooperación) con plazo de realización 1995-2000, darán solución a estas deficiencias. Mientras tanto, parece necesario realizar una descripción detallada de la casuística reseñada, con especial énfasis en las aglomeraciones urbanas particulares, a fin de disponer de un conocimiento completo y actualizado al respecto.

Desde otra perspectiva diferente interesa recordar los cursos de agua superficiales que recorren o atraviesan la zona de estudio, con caudales muy diversos que a menudo sólo fluyen algunos meses al año llegando incluso a permanecer continuamente secos en épocas de sequía como la pasada. Su comportamiento presenta 2 aspectos a considerar: su propiedad de transportar en su discurrir aguas abajo los contaminantes que en un lugar de vertido (puntual o disperso) le sean aportados, confiriéndoles un grado de dilución más o menos grande y variable en el tiempo; y también, evidentemente, su propiedad de infiltrarse en el terreno que lo permita, proporcionando una recarga de importancia muy variable según las condiciones de la zona, sobre todo físicas y piezométricas.

Se ha detectado por ello, la necesidad de investigar la evolución de la calidad (y de la cantidad) de estas aguas superficiales a su paso por las zonas que son o pueden ser de recarga para el acuífero, en relación con los diferentes condicionantes de su devenir temporal, en particular climáticos (precipitaciones, estaciones, temperatura,...) y antrópicos (vertidos directos e indirectos que reciben, y sus fluctuaciones). Los resultados obtenidos permitirán ampliar el conocimiento de los mecanismos de estas recargas especialmente en su vertiente química y para diversos escenarios en la explotación intensiva de las aguas subterráneas.

Otro punto de vista concierne a los sondeos de todo tipo, en activo o abandonados, existentes en la zona de estudio principalmente, así como a los que se perforen en el futuro. La intercomunicación que crean entre los materiales de distinta naturaleza --sobre todo cuando su ejecución no ha sido realizada por empresas muy especializadas, y en condiciones de plazo y presupuesto adecuadas-- adquiere un relieve particular si se piensa en probables contaminaciones (presentes o pretéritas, de cualquiera de los tipos vistos) de los niveles someros. Una explotación intensa como la que se está empezando a ejercer sobre el acuífero, aunque sea a una cierta profundidad, moviliza todo el sistema hidráulico subterráneo acentuándose la influencia de los caminos preferenciales, naturales y artificiales.

En consecuencia sería de gran interés disponer de un inventario exhaustivo y técnicamente descriptivo de los sondeos en la zona considerada, cualquiera que sea su estado y finalidad, que permitirá seleccionar según los criterios comentados, aquellas perforaciones susceptibles de alguna de estas problemáticas.

En el mismo sentido y a pesar de su difícil puesta en práctica, no se puede soslayar la necesidad de que se adopten las medidas oportunas para garantizar una ejecución esmerada de los futuros sondeos que se perforen, así como habilitar las medidas oportunas que hagan efectiva la responsabilidad de los propietarios de los sondeos en relación con su adecuado uso y, cuando llegue el momento, correcto abandono.

Como última consideración de tipo general, se insiste sobre la necesidad del diseño de la red de vigilancia de la calidad de las aguas subterráneas, a fin de disponer de testigos objetivos que permitan un seguimiento suficientemente ajustado de la evolución de dicha calidad. El inventario exhaustivo de sondeos anteriormente recomendado proporcionará la solución óptima económica, técnica y operativamente, hoy por hoy, para la selección de los correspondientes puntos acuíferos.

#### **7.2.3.2. Situación en el entorno de los Sistemas Generales.**

Considerando ahora de manera concreta los sondeos de producción, a la luz de la información reunida, en el entorno de 2 km aproximadamente de cada uno de ellos, la actividad antrópica no ofrece situaciones de alarma sobre la calidad del agua extraída. Ello es principalmente debido a la débil entidad de dicha actividad en esos entornos, o bien a la profundidad de los niveles captados que supera los 100 ó 200 m de materiales detríticos alternantes arenosos-arcillosos.

Sin embargo, la eventual posibilidad de la degradación de la calidad del agua en la proximidad de un bombeo de extracción, al considerarla con la óptica puntual, tiene que ir asociada con la influencia amplificadora del riesgo de contaminación que conlleva la inducción del flujo en el entorno del sondeo (inducción que crece en complejidad cuando se trata de varios sondeos próximos entre sí) y también con la existencia de vías preferenciales en la estructura del terreno somero que puedan canalizar el desplazamiento de los contaminantes, así como la sinergia de ambos efectos (peculiaridades éstas que muestran la necesidad de estudio ineludible, a través entre otras de técnicas geofísicas, en los puntos concretos donde se vaya a situar los futuros sondeos y que también ponen de relieve la importancia de un acabado escrupuloso de las obras en el sondeo: cabezal, cementación, desvío de la escorrentía esporádica cuando se encuentre en alguna arroyada, etc.); este efecto, importante en materiales detríticos (campos de pozos de Fuencarral, Canal Bajo y Majadahonda), es prioritariamente determinante en materiales fisurados y karstificados (campos de pozos de

Torrelaguna). Una consideración de tipo general que se adelanta, consiste en inventariar los pozos de cualquier clase y funcionamiento (la existencia y las características de *todo tipo*) en un entorno razonable de cada uno de los sondeos de producción. [Información por otra parte de utilidad para el estudio detallado del comportamiento hidráulico, específico, de cada uno de ellos.]

De aquí la necesidad de un conocimiento muy preciso de las peculiaridades hidráulicas (en sentido lato) específicas de cada explotación, relativas al sondeo en sí y su entorno hidrogeológico por un lado, al régimen de su explotación por otro, y al resultante comportamiento puntual del sistema acuífero.

Consecuentemente la apreciación general inicial debe ser acompañada formando un todo único, con las matizaciones que se mencionan someramente a continuación.

\* En la zona de **Torrelaguna** se destaca lo siguiente:

→ Sondeo "M-2A", situado dentro de una zona de regadío lindante con el río Jarama y flujo abajo de Patones, cuya EDARU diseñada para 140 m<sup>3</sup>/día por filtro verde, empezó su funcionamiento en 1993. Un seguimiento analítico del agua extraída; así como un conocimiento detallado de la dinámica hidráulica en la explotación del sondeo, permitirán una más completa interpretación de los datos que se obtengan.

→ Sondeo "M-1": en su entorno alejado se sitúan 2 instalaciones ganaderas de tamaño medio, un punto industrial desconocido, el curso del río Jarama con actividad agrícola y la EDARU de Torremocha (1988) diseñada para 263 m<sup>3</sup>/día con filtro verde, encontrándose la pequeña urbanización "El Retiro" enfrente, carretera por medio, del sondeo..

→ Sondeo "PT-6". Su entorno reúne unos puntos industriales de características desconocidas, dos gasolineras y el núcleo de Torrelaguna cuya EDARU diseñada para 1.200 m<sup>3</sup>/ día con lechos de turba, entró en servicio en 1988; también interesa considerar la inmediatez de la confluencia del Arroyo de Las Huertas (que recorre la zona próxima de Cabanillas de la Sierra, Venturada y Redueña, con actividad urbana y ganadera) con el Arroyo de San Vicente, que muy cerca ha recibido al Arroyo del Molino (procedente de la zona de la Cabrera, con actividad urbana y ganadera).

→ Sondeo "PT-3": en su entorno se encuentra una estabulación de tamaño pequeño, el cauce del Arroyo de las Huertas (comentado en el caso anterior), la urbanización Los Cotos de Monterrey y el núcleo de Venturada cuya EDARU diseñada para 45 m<sup>3</sup>/día con lechos de turba entró en servicio en 1988; además está situado al borde de un cruce de carreteras comarcales con la autovía Madrid-Burgos (km 50).

\* En el campo de pozos del **Canal Bajo** interesa seguir la diferencia de escenario existente en la parte septentrional, central y meridional, dividiendo el campo en 3 subgrupos acordes, para cada uno de los cuales se destaca sucesivamente lo siguiente:

→ Sondeos "CB-5 y -6": lindan con la urbanización el Soto de Viñuelas y están cercanos al polígono industrial de Tres Cantos; además, el primer sondeo se sitúa inmediato al encuentro de los arroyos de Valdearizo y La Moraleja, ambos con recorrido próximo a instalaciones ganaderas.

→ Sondeos "CB-4, 7, 8, y 9": se encuentran suficientemente alejados de las actividades definidas, como para prescindir de medidas especiales. Se considera, no obstante, su seguimiento analítico normal, con determinaciones periódicas para el CB.9 relativas al control de hidrocarburos.

→ Sondeos "CB-11, 12 y 13" Este subgrupo se encuentra en el área de influencia de la actividad de tipo urbana (servicios) que cubre una amplia franja en la margen derecha de la carretera de Colmenar Viejo, que supuestamente está dotada del saneamiento oportuno; además --para CB-11 y 12-- existe una estabulación importante en su entorno.

→ Sondeos "CB-14 y 15". Estos puntos presentan la misma problemática, respectivamente, que el grupo de pozos que jalonan la carretera de Colmenar Viejo y los pozos de Fuencarral, motivo por el que se remiten a esos grupos.

\* El campo de pozos situados en la carretera de **Madrid a Colmenar Viejo** --CA -3, -4 y -5; G-1, CB-14 y en menor medida CB-15-- está bajo la influencia de esta arteria de comunicación y también de la vía férrea que discurre en paralelo, además de la actividad urbana que las acompaña por ambos lados, con mucha mayor densidad en el derecho como se indicó anteriormente.

\* El campo de pozos de **Fuencarral** (junto al CB-15 y en menor medida el CB-14) encaja también en el esquema general de seguridad para el acuífero en primer plano, con las puntualizaciones correspondientes a varias estabulaciones ganaderas de suficiente entidad y de aspecto en algunos casos bastante mediocre, así como recorrido cercano del Arroyo del Fresno, inmediato en el caso del CB-14.

\* **Zona de Majadahonda-Retamares**. Este campo disperso de sondeos presenta el rasgo común de tener aglomeraciones urbanas en su entorno, cuyo estado de saneamiento es conocido de muy diversa manera; un componente añadido prácticamente generalizado consiste en la distribución de gasolina a través de frecuentes estaciones.

De manera particular, el sondeo PM-1 se encuentra muy próximo a la autopista de La Coruña en su

salida/entrada a Madrid-ciudad, y cercano a una gasolinera con servicios de taller. Análogamente, los sondeos MJ-1, PM-5 y Canal Oeste-3, se encuentran en borde de carretera, si bien de rango inferior, con la proximidad del "gran Majadahonda" para los dos primeros, y de un polígono industrial con fábricas susceptibles de generar vertidos químicos, para el tercero. Por último, el sondeo Retamares-1 reúne en su entorno varias instalaciones de tipo turístico-recreativo, con presencia apreciable de ganadería (caballerizas).

\* \* \*

A modo de conclusión general sobre la problemática de los focos potenciales de contaminación en la zona de estudio puede afirmarse que el vertido de residuos sólidos urbanos está controlado en un 99% en el conjunto de la zona, por lo que no constituye un problema.

Conviene tener en cuenta que, además de las actividades descritas, los "puntos negros" aislados y no caracterizados, junto con los vertederos "sellados" -no siempre en condiciones ideales-, pueden constituir focos de contaminación cuyos efectos pasados es preciso evaluar. Por su ubicación en relación con los sondeos de los Sistemas Generales estos puntos negros no parecen revestir riesgo notable a corto plazo.

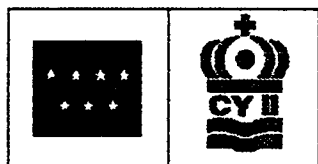
Por lo que se refiere a los vertidos agrícolas, ganaderos, industriales y urbanos (líquidos) la situación -dentro del escaso conocimiento de la misma que se ha podido alcanzar- es tranquilizadora, sin situaciones de alarma, tanto a nivel de zona de estudio como de entorno próximo, no inmediato, de los sondeos de los Sistemas Generales.

Sin embargo no conviene olvidar que situaciones favorables, tanto hidrogeológicas (vías preferenciales) como de explotación de los sondeos (afección a eventuales penachos de contaminación o a los propios focos), pueden actuar de catalizador provocando o acelerando situaciones de contaminación -eventualmente generadas por puntos negros, focos industriales o urbanos, etc, pero no detectadas -no controlables de inmediato.

En estas circunstancias, debe considerarse la realización de un plan de caracterización y control analítico de focos y de su entorno hidrogeológico inmediato encuadrable en un marco amplio de gestión de residuos en la zona.



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España



Canal de  
Isabel II

**CAPÍTULO 8**  
**LA VULNERABILIDAD DEL MEDIO Y**  
**EL RIESGO DE CONTAMINACIÓN**



## **8. VULNERABILIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN**

### **8.1.- VULNERABILIDAD**

#### **8.1.1 ANTECEDENTES. Resumen de la situación.**

El problema de la "vulnerabilidad" de las aguas subterráneas ha preocupado desde que el término fue introducido por J. Margat en los años 60.

La primitiva idea de describir el "grado de vulnerabilidad" del agua subterránea a los contaminantes en función de las condiciones hidrogeológicas por medio de "mapas de vulnerabilidad" se concibió para poner de manifiesto que la protección proporcionada por el medio natural era diferente en áreas diferentes.

Desde entonces, la necesidad de disponer de "mapas de vulnerabilidad" de las aguas subterráneas frente a la contaminación ha sido puesta de manifiesto por cuantos, de una u otra forma, se relacionan con el problema de contaminación de las mismas.

Estos mapas son considerados como una herramienta de prevención de primer orden, bajo la premisa de que, conocida la vulnerabilidad de una zona, es posible una más racional ordenación de actividades contaminantes en la misma, con la consiguiente reducción o eventual anulación de sus impactos negativos.

Sin embargo, aún reconocida unánimemente dicha necesidad, no se ha llegado a un acuerdo consensuado, incluso dentro de un mismo país, ni para la definición de vulnerabilidad ni para la selección de métodos para su estimación ni, mucho menos, para establecer los criterios para su representación cartográfica.

Dicha falta de consenso nace del mismo concepto de vulnerabilidad, término engañosamente intuitivo, ambiguo e impreciso, de difícil concreción y de variable extensión y contenido en función de los aspectos que se consideren al tratar de definirla y, en consecuencia, de caracterizarla.

A modo de ejemplo se adjuntan tres definiciones de vulnerabilidad que evidencian amplias discrepancias de contenido y extensión del concepto que, lógicamente, se traducirán en diferencias metodológicas acusadas para su estimación :

\* "sensibilidad de la calidad del agua subterránea a las actividades antrópicas que causan contaminación"

\* "grado hasta el que los contaminantes son capaces de contaminar las formaciones acuíferas "

\* "riesgo de que sustancias químicas, utilizadas o depositadas en o cerca de la superficie del terreno, influyeran en la calidad del agua subterránea ".

Las implicaciones de esta concepción tan dispar son evidentes. Salta a la vista la dificultad, por no decir imposibilidad, de comparación de resultados obtenidos por aplicación de métodos sustentados en definiciones tan diferentes.

En estas circunstancias se impone la necesidad insoslayable de una definición consensuada de vulnerabilidad o, tal vez, un cambio de terminología que evite la ambigüedad del concepto y se adecue a la propiedad que se quiere definir.

En cualquier caso, - definiciones aparte -, el procedimiento generalmente utilizado para caracterizar y evaluar y plasmar en mapas la vulnerabilidad de las aguas subterráneas ha consistido en un intento de reducción selectiva y progresiva de variables "esenciales" hasta llegar a un "elemento característico" cartografiable, ya se trate de un parámetro único o de una combinación más o menos artificiosa de parámetros. Una vez obtenido este "elemento característico", es clasificado en intervalos, lo que permite su posterior categorización en "grados de vulnerabilidad", representables en mapas con los criterios más diversos.

Por lo general, siempre se ha pretendido que estos elementos cartografiados sean simples y de fácil obtención a partir de datos existentes fácilmente asequibles. La razón última de esta idea es clara : rapidez de elaboración, bajo coste, etc.; la contrapartida, evidente : falta de precisión, necesidad de ponderación de factores, utilización de datos "medios", o "intervalos razonables", etc.

Sobre esta filosofía de fondo se han desarrollado y aplicado métodos aún no sobrepasados, de tipo cualitativo, basados en clasificaciones litológicas, procedimientos semicuantitativos, basados en "índices" obtenidos por combinación de parámetros ponderados con muy diversos criterios o, finalmente, procedimientos cuantitativos desarrollados a partir de fórmulas más o menos simplificadas.

La idea de necesidad de cuantificación de la vulnerabilidad se ha ido imponiendo poco a poco y culmina con la progresiva utilización de métodos sofisticados de modelización, muy exigentes y difícilmente abordables económicamente por el coste de obtención de datos, que, a veces, han servido de patrón de contraste de otros métodos más sencillos.

Las ventajas y limitaciones de aplicación de cada uno de estos procedimientos deben ser analizadas rigurosamente a la luz del objetivo perseguido que, frecuentemente, es fijado a priori y al que no son ajenas cuestiones aparentemente simples como las de su propósito (divulgación, estimación preliminar, etc. o las de escala de trabajo)

Frente a las ventajas de relativa facilidad de aplicación de métodos basados en índices adimensionales se destaca su relatividad y la imposibilidad de comparación de situaciones definidas por dichos índices. La relación índice/situación no es biunívoca.

Los métodos cuantitativos, basados generalmente en el cálculo del tiempo de tránsito de contaminantes en la zona no saturada, aunque suelen adolecer de falta de datos de detalle, permiten una mayor precisión y concreción que aumentarán progresivamente a medida que se vaya disponiendo de dichos datos.

La actual tendencia internacional parece inclinarse hacia un intento de progresiva utilización de los métodos basados en el cálculo del tiempo de tránsito que, pese a sus notables limitaciones actuales, ofrecen al menos el dato del orden de magnitud del tiempo disponible para una actuación determinada y, en definitiva, de la urgencia con que deben abordarse las tomas de decisiones en los problemas de contaminación.

El sentir generalizado de los expertos en estos temas es el de que los mapas de vulnerabilidad deben ser específicos, para contaminantes o grupos de contaminantes concretos y para situaciones hidrogeológicas determinadas con precisión.

La necesidad de realización de estudios de detalle, complementarios de los mapas generales de vulnerabilidad, es recalcada por los citados expertos.

La práctica imposibilidad de realización de este tipo de mapas específicos, salvo para casos puntuales de sumo interés por la trascendencia de cada situación concreta, mantiene todavía el interés por la realización de mapas de vulnerabilidad de gran cobertura, regionales o nacionales, justificado por su utilidad para la gestión de recursos y ordenación del territorio.

Para este tipo de actividad las bases de decisión aportadas por los mapas de vulnerabilidad deben ser complementadas con la idea de riesgo lo que obliga a la combinación de los mapas de vulnerabilidad con los de usos actuales o potenciales del suelo, mapas de calidad de agua, los de situación y caracterización de focos de contaminación, los de utilización de recursos subterráneos, etc con el fin de concentrar los recursos humanos y económicos, limitados, hacia las áreas de mayor riesgo.

Las limitaciones de los mapas de vulnerabilidad proceden fundamentalmente de :

- \* falta de datos representativos tanto en términos de cantidad como de calidad de los mismos y su relación con la escala de representación;
- \* inadecuada descripción del medio físico, particularmente en los aspectos geológicos e hidrogeológicos;
- \* falta de metodología consensuada y
- \* limitada verificación y control de los métodos de establecimiento de la vulnerabilidad debido a largo tiempo involucrado en los procesos que le son inherentes.

Estas limitaciones se evidencian y traducen en la unánime recomendación de los expertos en el sentido de que los mapas vayan acompañados de una descripción de su finalidad o propósito, de la especificación de las hipótesis y metodología adoptadas para su realización y de aclaraciones sobre su nivel de precisión y las limitaciones inherentes para su utilización

#### **8.1.2 SELECCIÓN DE MÉTODO**

Como se ha indicado, la definición de la vulnerabilidad, particularmente cuando se trata de cuantificarla de algún modo, exige un proceso, progresivo y selectivo, de reducción de variables significativas que pueden caracterizar el proceso de contaminación.

Este proceso de reducción se ha centrado en establecer la condición necesaria - aunque no suficiente - para que se pueda producir una contaminación del agua subterránea.

Esta condición de vulnerabilidad del agua se cumple si y sólo si el contaminante llega a entrar en contacto con el agua subterránea.

La rapidez con que se pueda producir este contacto determina de forma indirecta el grado de vulnerabilidad.

El parámetro indicador de esta rapidez es el "tiempo de tránsito" o tiempo que tarda el contaminante en alcanzar la zona saturada del acuífero.

Por las complicaciones que se introducen, otras cuestiones relacionadas con la condición de suficiencia como la presencia real de focos, la capacidad de contaminación del agente contaminante, la calidad del agua contenida en el acuífero, la extensión e intensidad del impacto producido, el valor

y el grado de utilización de los recursos subterráneos, la posibilidad de regenerarlos, etc, no se contemplan en el establecimiento de la condición necesaria para que se produzca contaminación y, en consecuencia, para que el recurso sea vulnerable.

Establecido el parámetro de definición sólo queda imponer condiciones típicas y prudentes - las más desfavorables - para su cuantificación. Estas se concretan en un modelo conceptual que contempla un contaminante ideal emplazado en superficie que se mueve a través de la zona no saturada en un flujo vertical sin dispersión, en condiciones climáticas naturales. El tiempo de tránsito se determina entonces en función de las propiedades intrínsecas de la zona no saturada.

Se establecen seguidamente intervalos "razonables" para este parámetro a los que se asignan, de forma más o menos justificada, "grados de vulnerabilidad".

La zonación de estos intervalos o de estos grados mediante isolíneas, símbolos, tramas etc, se refleja en "mapas de vulnerabilidad".

Son muy numerosas las fórmulas utilizadas para la cuantificación del tiempo de tránsito de contaminantes ideales a través de la zona no saturada.

En el cuadro 8.1.1 se incluyen algunos de los métodos cuantitativos de determinación de este parámetro y de las peculiaridades de los mismos.

Como puede observarse en dicho cuadro, las fórmulas utilizadas son muy similares. El espesor de zona no saturada es el parámetro esencial común a todos los métodos. El contenido en agua, la capacidad de retención específica, la capacidad de campo son parámetros que intervienen en todas las fórmulas.

Mayores precisiones, y complicaciones, nacen de la posibilidad de existencia de acuitardos, de la consideración de diferentes tramos litológicos, con propiedades de retención de agua diferentes, en el conjunto del espesor no saturado, o de la consideración de permeabilidades verticales o de procesos dispersivos.

Pese a las limitaciones, conocidas de antemano, en este estudio se ha elegido un método cuantitativo con la doble finalidad de integrarlo en la línea de actuación internacional en este campo y de obtener, al menos, un orden de magnitud del tiempo de actuación en la situación actual.

El método seleccionado ha sido el de la U.E por las mínimas exigencias requeridas y por la presumible facilidad de obtención de los datos necesarios.

Cuadro 8.1.1. Métodos cuantitativos de determinación del tiempo de tránsito en la zona no saturada.

CALCULO	METODO	FORMULA	DESCRIPCION DE LOS PARAMETROS	FUNDAMENTO
TIEMPOS DE TRANSFERENCIA	FLUJO-PISTON	$t = \frac{\theta_w \cdot L}{I}$	t = tiempo de transferencia. $\theta_w$ = contenido en agua en la Z.N.S. L = espesor de la Z.N.S. I = infiltr. media anual: lluvia eficaz.	Capas de recubrimiento no saturadas.
	FLUJO-PISTON	$t = \frac{n \cdot L}{I}$	t = tiempo de transferencia. L = espesor del acuitardo. I = infiltr. media anual: lluvia eficaz. n = porosidad del acuitardo.	Capas de recubrimiento saturadas = ACUITARDO
	SOBRECARGA HIDRAULICA	$V = K_v \frac{\Delta h}{n \cdot L}$ $V = \frac{n \cdot L^2}{K_v \cdot \Delta h}$	v = velocidad de infiltración. $K_v$ = permeabilidad vertical. $\Delta h$ = incremento de la recarga. n = porosidad del acuitardo. L = espesor del acuitardo. t = tiempo de transferencia.	Cobertura = ACUITARDO. Infiltración depende condiciones impuestas por el hombre.
VELOCIDAD DEL AGUA EN EL SUELO	INDICE DE LIXIVIADO POTENCIAL (L.P.I.)	$t = \frac{L}{V}$ $V = \frac{R_p + R_r}{\theta_{fc}}$	t = tiempo. L = espesor de la zona no saturada. V = velocidad de flujo. $R_p$ = Precip.-Escorr.-Evapor. Recarga por lluvia (m/año) $R_r$ = Riego - Transpiración. Recarga por riego (m/año) $\theta_{fc}$ = capacidad de campo (%)	Recarga solo vertical a través de la z.n.s. v = total recarga dividido por el volumen de los poros
TIEMPO DE TRANSITO	FLUJO PISTON	$V = \frac{q_i}{\theta}$ $T = \frac{L \theta_i}{q}$ $T = \frac{1}{\alpha \cdot R} \sum \theta_i \cdot L_i$	$L_i$ = espesor de la capa i (m) $\theta_i$ = capacidad de campo de capa i % q = descarga espec. vertical del agua V = velocidad media hacia abajo. T = tiempo de tránsito. N = número de capas de la z.n.s. R = intensidad anual principal de influjo de agua (p.e. lluvia) $\alpha$ = fracción que alcanza el A.subt.	El contaminante se mueve a la velocidad media del agua.
TIEMPO DE TRANSITO	ADSORCION-DISPERSION	$T = \frac{\theta L}{q} - 16 \cdot a_L \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{L}{8a_L}} - 1 \right)$	T = tiempo de tránsito. $\theta$ = capacidad espec. o poror. eficaz L = espesor de las capas $a_L$ = dispersividad longit. contamin. q = recarga anual.	Contaminante es adsorbido a la velocidad media de agua y dispersado.
TIEMPOS DE TRANSITO	FLUJO NO DISPERSIVO	$t = 1000 \cdot L \cdot \frac{S_r}{I}$	t = tiempo de tránsito. L = espesor de la Z.N.S. $S_r$ = capacidad retencion especifica I = infiltración anual (mm/año)	Bajo condiciones de infiltración natural de lluvia.
		$t = \frac{L}{365} (\theta / K_v)$	t = tiempo de tránsito. L = espesor de la Z.N.S. $\theta$ = porosidad efectiva. $K_v$ = conduct. hidrául. vert. satur. (m/d)	Bajo condiciones de sobrecarga hidráulica.
TIEMPO DE RETENCION HIDRAULICA	FLUJO PISTON DANES	$RT = \sum \int \left( \frac{SRC}{R} \right) dz$	RT = tiempo de retención (años) N = número de capas de la z.n.s. z = profundidad de la z.n.s. (m) SRC = capacid. retenc. especif. (%) R = recarga por lluvia, riego, m/año	El tiempo de tránsito calculado se estimará como el tiempo más bajo obtenido.

La fórmula adoptada por la U.E en los trabajos de la segunda fase : "Vulnerabilidad - Calidad" del Proyecto " Los recursos de aguas subterráneas de la Comunidad Europea " es la siguiente :

$$T_0 = \frac{\theta_w \cdot E_0}{I}$$

$T_0$  = tiempo de tránsito.

$\theta_w$  = contenido medio en agua del terreno. Se supone independiente del tiempo.

$I$  = infiltración media anual supuesta igual a la infiltración eficaz (precipitación menos evapotranspiración) y constante.

$E_0$  = espesor de la zona no saturada.

Las hipótesis para la utilización del método son :

- \* El contaminante es una sustancia soluble en agua y conservativo, es decir, no retenible ni biodegradable.
- \* El contaminante se comporta como un trazador ideal; tiene las mismas características hidráulicas que el agua pura.
- \* La circulación del contaminante en la zona no saturada es vertical y sin dispersión.
- \* La infiltración del contaminante se produce en condiciones naturales de carga hidráulica.

Aparte de estas hipótesis de partida se plantean numerosas matizaciones sobre los valores de contenidos medios de agua en la zona no saturada y sobre el significado de un espesor determinado de la zona no saturada - ya que éste varía considerablemente de un punto a otro próximo-. Igualmente se plantean matizaciones sobre la posibilidad de existencia de vías preferentes de infiltración o sobre los efectos de relación acuífero - curso de agua superficial, que pueden traducirse en una disminución de la cantidad de agua que puede infiltrarse verticalmente y que puede ascender hasta el 50% de la infiltración inicial; despreciar este efecto revierte en una infravaloración de la vulnerabilidad.

La evaluación final del tiempo de tránsito debe estar basada de forma determinante en la experiencia de los hidrogeólogos acerca de las condiciones locales con la premisa de seleccionar las condiciones más desfavorables ( vulnerabilidad máxima en cada caso ) más que los parámetros medios.

Los valores recomendados por la U.E. para  $\theta_w$ , contenido medio del agua en el terreno, supuesto independiente del tiempo, son los que se incluyen en el cuadro 8.1.2.

Cuadro 8.1.2 Valores recomendados por la U.E para  $\delta_w$ .

$\delta_w$	Litología
0,05	Arenas gruesas
0,15 - 0,25	Arenas finas
0,30 - 0,50	Arcillas

Calculado el tiempo de tránsito, los grados de vulnerabilidad se establecen según los intervalos de tiempo que se indican en el cuadro 8.1.3.

Cuadro 8.1.3.- Clasificación de tiempos de tránsito y grados de vulnerabilidad (U.E.)

CLASIFICACIÓN	INTERVALOS DE TIEMPO	GRADOS VULNERABILIDAD
T1	$T_o > 20$ años	Muy baja
T2	$1 < T_o < 20$ años	Baja
T3	1 semana $< T_o < 1$ año	Alta
T4	$T_o < 1$ semana	Muy alta

### 8.1.3 LAS INCERTIDUMBRES EN LA APLICACIÓN DEL MÉTODO

Seleccionada una fórmula de cálculo, conviene revisar las posibles fuentes de incertidumbre que pueden surgir en su aplicación en la zona de estudio.

Los parámetros utilizados para la determinación del tiempo de tránsito son :  $E_o$ ,  $\delta_w$  e I.

Por lo que se refiere al espesor de la zona no saturada ( $E_o$ ) en el acuífero de Madrid, generalmente se supone, y se admite sin una revisión profunda de la cuestión, que el nivel estático en pozos poco profundos - que "penetran poco" en la zona saturada -define, por interpolación, la posición de la superficie libre del acuífero i.e. el espesor de la zona no saturada. La profundidad de estos pozos se ha establecido arbitrariamente en 30 m.

De hecho, no existe consenso sobre la existencia, posición y oscilaciones de una superficie saturada regional en el acuífero de Madrid (Llamas, 1986). Los niveles someros en pozos poco profundos



situados en interfluvios pueden corresponder a acuíferos colgados.

La utilización del nivel estático en pozos profundos tropieza con la dificultad añadida de la variación de nivel con la profundidad de las captaciones en función de la posición relativa de éstas en el sistema de flujo (zonas de recarga/ descarga)

Sin una respuesta cierta a esta cuestión, el seleccionar previamente sondeos de menos de 30 m de profundidad induce un apriorismo arbitrario en la determinación del tiempo de tránsito.

Otro parámetro que introduce cierto grado de incertidumbre en la aplicación de la fórmula seleccionada es el de infiltración anual media.

Los datos disponibles sobre infiltración eficaz en el acuífero, de tipo regional, varían en un amplio rango según diferentes autores como se indica en el cuadro 8.1.4.

Cuadro 8.1.4 Algunos datos de infiltración eficaz en el acuífero de terciario detrítico de Madrid.

I (mm/año)	Autor	Observaciones
50 - 100	Cruces de Abia	P <sub>media</sub> = 500 mm/año
52	Villarroya Gil	(10% P <sub>media</sub> , 500 mm/año)
60 - 80	S.G.O.P - C.A.T	-
50 - 75	P.I.A.M	-
12	Fennessy	Valor mínimo
24 - 30	Fennessy	Estimado como real

Para una aplicación no sesgada, los valores de infiltración eficaz a utilizar deberían :

- \* corresponder a las zonas de emplazamiento de los sondeos o puntos de determinación de Eo. y
- \* estar contrastados por experiencias de infiltración in situ.

El dato de infiltración media anual de tipo regional condiciona la aplicación del método en el sentido de que pueden producirse desviaciones locales muy notables respecto a dicha media.

La adopción de uno u otro valor de I, en combinación con los datos de  $\bar{v}_w$ , conduce a valores muy

diferentes del coeficiente de multiplicación K,

$$K = \frac{\bar{v}_w}{I} ; T_o = K \cdot E_o$$

en el cálculo de  $T_o = K \cdot E_o$  como se indica en el cuadro 8.1.5.

Cuadro 8.1.5 Factores de multiplicación (K) para el cálculo del tiempo de tránsito ( $T_o$ ).  
( $T_o = K \cdot E_o$ )

I (mm/a)	$\bar{v}_w$		
	0,15	0,25	0,30
30	5,0	8,3	10,0
50	3,0	5,0	6,0
70	2,1	3,5	4,3

El factor de multiplicación puede variar de 2 a 10 en función de la selección previa de valores de  $\bar{v}_w$  e I que se consideren.

Por otra parte, la magnitud de la velocidad del agua obtenida en términos de infiltración eficaz (mm/año), es muy inferior a la reflejada en los escasos datos de velocidad del agua en la zona no saturada obtenidos en experiencias de campo o laboratorio como se indica en el cuadro 8.1.6.

Cuadro 8.1.6 Valores experimentales de velocidades medias en la zona no saturada.

	Arcilla	Limo	Arena	V (cm/día)	Vmed (cm/día)
ESTELLER (Trazado KBr)	26	23	51	3,2	1,8
	19	34	47	0,6	
	2	45	53	1,6	
L. VERA (U.A.M) (Exp. lisímetros, acuífero Madrid)					1,5

	Arcilla	Limo	Arena	V (cm/día)	Vmed (cm/día)
I.T.G.E (Terrazas Río Jarama)				V calculada (cm/día)	
<b>Modelización</b>					
Julio-Agosto				0,65	
Agosto-Septiembre				0,56	
Octubre-Noviembre				0,08	
<b>Trazado KBr</b>					
Julio-Agosto				0,42	
Agosto-Septiembre				5,86	
Octubre-Noviembre				0,00	
Varios autores				Vmed (teórica) (cm/día)	Vmed (real) (cm/día)
Suelo vegetal				0,047	0,15
Margas y arcillas				0,46	2,4
Limos arcillosos				0,18	5,4
Limos arenosos				4,7	16,0
Arena fina/media				19,0	60,0

Por lo que se refiere a  $\hat{v}_w$ , no se dispone de datos sobre su magnitud ni variación temporal o en profundidad en el acuífero de Madrid.

En el aspecto puramente metodológico y en lo tocante a la categorización de intervalos de tiempo de tránsito y de grados de vulnerabilidad se considera que el intervalo de tiempo T2, ( $1 < T_0 < 20$  años) adoptado por la U.E. para el grado de vulnerabilidad baja, parece excesivo ya que no facilita una gradación útil de tiempos de tránsito y, en definitiva, de tiempos de actuación. Clasificar en un mismo grupo actuaciones a muy corto plazo ( 1 año ) y a medio-largo plazo ( 20 años ) carece de realismo práctico.

Por consiguiente se propone una nueva clasificación que se adjunta en el cuadro 8.1.7.

Cuadro 8.1.7.- Propuesta de clasificación de tiempos de tránsito y grados de vulnerabilidad

Intervalo de tiempo	Grado de vulnerabilidad	Criterios
< 1 día	ABSOLUTA	Zona no saturada inexistente
1 - 50 días	MÁXIMA	Persistencia de contaminantes biológicos
50 días - 1 año	ALTA - MUY ALTA	

Intervalo de tiempo	Grado de vulnerabilidad	Criterios
1 - 5 años	MODERADA - ALTA	Persistencia contaminantes orgánicos e inorgánicos
5 - 10 años	BAJA - MODERADA	
10 - 20 años	MUY BAJA - BAJA	
> 20 años	MÍNIMA	Persistencia a largo plazo

#### 8.1.4 RESULTADOS

Antes de pasar a la exposición de resultados conviene advertir que la aplicación del método en la zona de estudio se ha realizado más con la finalidad de contraste de valores de  $T_0$  en diferentes hipótesis que con la del establecimiento de valores que deben adoptarse para cada parámetro que interviene en procedimiento de su cálculo.

En el cuadro 8.1.8 se presentan los resultados del cálculo del tiempo de tránsito en 52 pozos someros, con profundidad inferior a 30 m, en los que se ha determinado el espesor de la zona no saturada, para diferentes valores de infiltración eficaz y de contenido en humedad; buena parte de ellos pueden captar acuíferos colgados (lentejones).

La relación de los mismos se adjunta en el cuadro 8.1.9 y su ubicación se presenta en la figura 8.1.1.

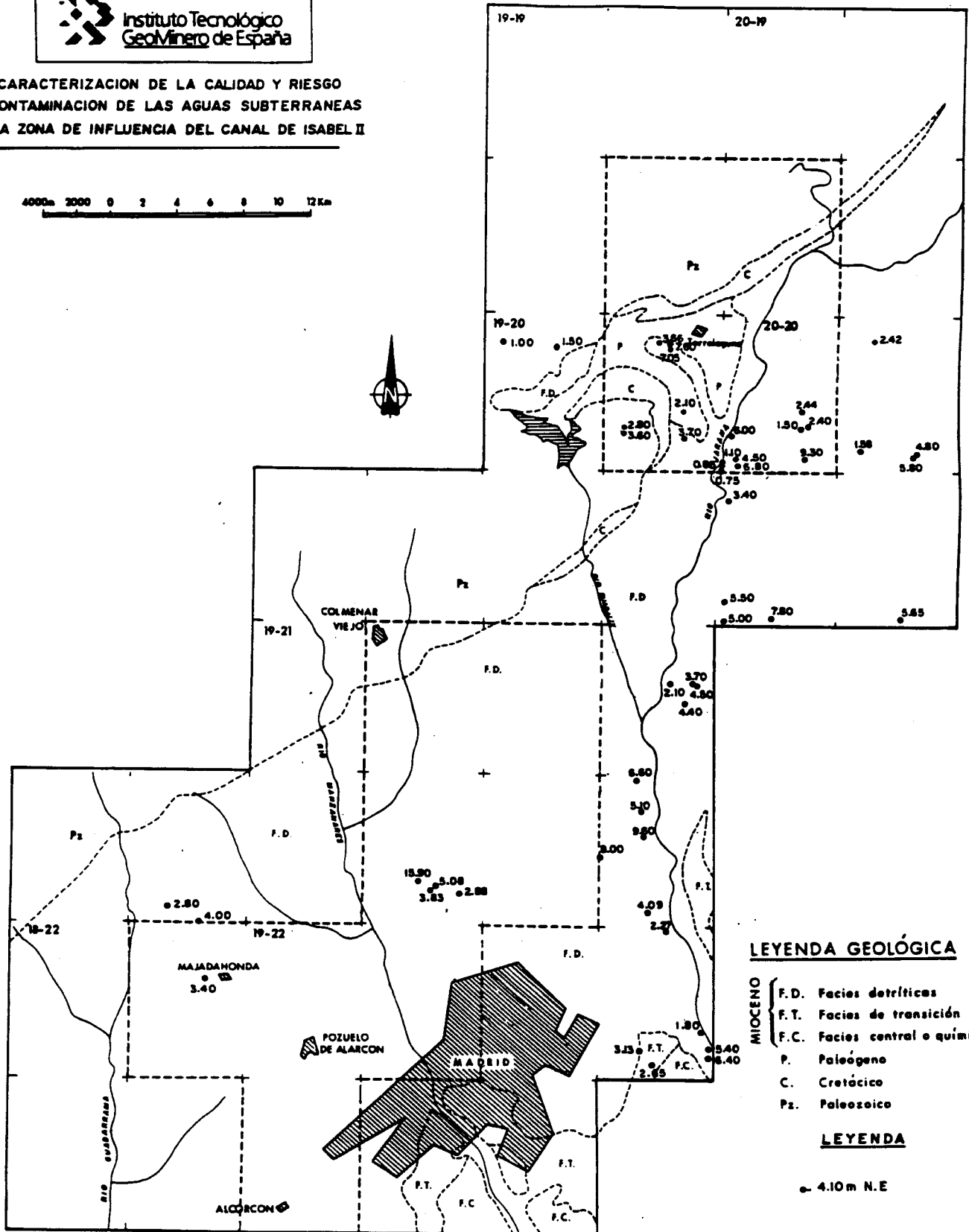
Si se adopta un criterio prudente, con la hipótesis de que  $I = 30 \text{ mm/a}$ , por aproximada a la situación verosímelmente real, y  $\bar{\theta}_w = 0.15$ , en términos conservadores, se puede observar que los tiempos de tránsito para los espesores de zona no saturada determinados en estas captaciones y correspondientes a niveles estáticos en las mismas pueden clasificarse en los rangos de valores que se indican en el cuadro 8.1.10

Cuadro 8.1.10 Rangos de tiempo de tránsito (años) en captaciones someras.

RANGO	Nº PUNTOS	%	VULNERABILIDAD
< 1	0	0	*
1 - 5	3	6	Moderada-alta
5 - 10	5	10	Baja-moderada

CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II

4000m 2000 0 2 4 6 8 10 12 Km



**LEYENDA GEOLÓGICA**

MIOCENO { F.D. Facies detríticas  
F.T. Facies de transición  
F.C. Facies central o química

P. Paleógeno  
C. Cretácico  
Pz. Paleozoico

**LEYENDA**

◉ 4.10m N.E

MAPA DE SITUACION DE POZOS SOMEROS CON MEDIDAS DE NIVEL ESTATICO EN OTOÑO-94 Y PRIMAVERA-95

FIG. 8.1.1

Cuadro 8.1.8

## TIEMPOS DE TRANSITO (años) EN POZOS SOMEROS

Nº Punto	Eo (m)	w = 0.15			w = 0.25		
		I = 30	I = 50	I = 70	I = 30	I = 50	I = 70
1	5,0	25,0	15,0	10,5	41,5	25,0	17,5
2	3,8	19,0	11,4	8,0	31,5	19,0	13,3
3 (*)	15,9	79,5	47,7	33,4	132,0	79,5	55,7
4	2,9	14,5	8,7	6,1	24,1	14,5	10,2
5	3,6	18,0	10,8	7,6	29,9	18,0	12,6
6	9,3	46,5	27,9	19,5	77,2	46,5	32,6
7	4,5	22,5	13,5	9,5	37,4	22,5	15,8
8	5,0	25,0	15,0	10,5	41,5	25,0	17,5
9	4,8	24,0	14,4	10,1	39,8	24,0	16,8
10	5,8	29,0	17,4	12,2	48,1	29,0	20,3
11	1,6	8,0	4,8	3,4	13,3	8,0	5,6
12	6,8	34,0	20,4	14,3	56,4	34,0	23,8
13	0,9	4,3	2,6	1,8	7,1	4,3	3,0
14	1,1	5,5	3,3	2,3	9,1	5,5	3,9
15	0,7	3,5	2,1	1,5	5,8	3,5	2,5
16	5,5	27,5	16,5	11,6	45,7	27,5	19,3
17	7,6	38,0	22,8	16,0	63,1	38,0	26,6
18	7,0	35,0	21,0	14,7	58,1	35,0	24,5
19	2,4	12,0	7,2	5,0	19,9	12,0	8,4
20	2,4	12,0	7,2	5,0	19,9	12,0	8,4
21 (*)	4,0	20,0	12,0	8,4	33,2	20,0	14,0
22	2,2	11,0	6,6	4,6	18,3	11,0	7,7
23	6,4	32,0	19,2	13,4	53,1	32,0	22,4
24	5,6	28,0	16,8	11,8	46,5	28,0	19,6
25	7,8	39,0	23,4	16,4	64,7	39,0	27,3
26	4,5	22,5	13,5	9,5	37,4	22,5	15,8
27	3,7	18,5	11,1	7,8	30,7	18,5	13,0
28	2,1	10,5	6,3	4,4	17,4	10,5	7,4
29	4,4	22,0	13,2	9,2	36,5	22,0	15,4
30	3,1	15,5	9,3	6,5	25,7	15,5	10,9
31	2,6	13,0	7,8	5,5	21,6	13,0	9,1
32	6,6	33,0	19,8	13,9	54,8	33,0	23,1
33	5,1	25,5	15,3	10,7	42,3	25,5	17,9
34	9,6	48,0	28,8	20,2	79,7	48,0	33,6
35	8,0	40,0	24,0	16,8	66,4	40,0	28,0
36	3,4	17,0	10,2	7,1	28,2	17,0	11,9
37 (*)	15,3	76,5	45,9	32,1	127,0	76,5	53,6
38	4,0	20,0	12,0	8,4	33,2	20,0	14,0
39	2,8	14,0	8,4	5,9	23,2	14,0	9,8
40 (*)	5,0	25,0	15,0	10,5	41,5	25,0	17,5
41	1,8	9,0	5,4	3,8	14,9	9,0	6,3
42	1,6	8,0	4,8	3,4	13,3	8,0	5,6
43	1,0	5,0	3,0	2,1	8,3	5,0	3,5
44	3,6	18,0	10,8	7,6	29,9	18,0	12,6
45	2,8	14,0	8,4	5,9	23,2	14,0	9,8
46	2,1	10,5	6,3	4,4	17,4	10,5	7,4
47	3,7	18,5	11,1	7,8	30,7	18,5	13,0
48	6,0	30,0	18,0	12,6	49,8	30,0	21,0
49	5,5	27,5	16,5	11,6	45,7	27,5	19,3
50	1,5	7,5	4,5	3,2	12,5	7,5	5,3
51	2,4	12,0	7,2	5,0	19,9	12,0	8,4
52	3,4	17,0	10,2	7,1	28,2	17,0	11,9

(\*) Nivel dinámico.

Cuadro 8.1.9

## RELACION DE PUNTOS DE DETERMINACION DE Eo.

Nº	Fecha	XUTM	YUTM	Cota (m)	Prof	N.E.	N.D.	Toponimia
01	080595	439010	4485490	702,00	6,80	5,08		Las Colmenas
02	080595	438660	4485260	710,00	6,00	3,83		Picadero
03	080595	438030	4485760	747,00	32,00		15,90	Calveron
04	080595	440480	4485070	702,00	5,00	2,88		H.Golf
05	090595	452470	4519180	713,00	5,00	3,66		S.Lucia
06	170595	461430	4512420	758,00	11,00	9,30		Ctra Mesones
07	170595	457350	4512340	662,50	8,00	4,50		Ctra Talamanca
08	170595	456770	4502240	649,50	5,00	5,00		Cast.Publicidad
09	170595	468080	4512720	836,00	12,00	4,80		Valdenuffio-1
10	170595	467970	4512570	835,00	12,00	5,80		Valdenuffio-2
11	170595	464870	4512940	786,00	5,90	1,58		Mesones
12	170595	457375	4511980	670,00	8,00	6,80		La Capea
13	180595	456410	4511750	638,00	6,75	0,85		Talamanca-1
14	180595	456400	4511840	638,00	6,90	1,10		Talamanca-2
15	180595	456370	4511710	638,00	7,60	0,75		Talamanca-4
16	180595	456720	4503430	638,00	10,00	5,50		Cam Valdetorres
17	180595	453270	4519210	739,00	9,80	7,60		Vadillo-1
18	180595	453310	4519100	739,00	12,00	7,05		Vadillo-2
19	190595	465710	4519690	868,00	30,00	2,42		Cubillo Uceda
20	190595	461370	4515440	780,00	4,00	2,44		P-101
21	060695	452088	4484147	588,00	8,30		4,09	V.Z.Verdes 92
22	060695	453233	4483027	576,00	4,00	2,27		Crta Barajas
23	130695	455699	4475135	561,00	12,30	6,40		P. D. Ibarriuri
24	150695	467277	4502483	753,50	20,00	5,65		Ribatejada
25	150695	459575	4502475	692,50	10,05	7,80		Crta El Casar
26	150695	455033	4498318	630,50	4,50	4,50		Crta Fuente Saz
27	150695	454798	4498302	625,00	5,00	3,70		Camino Jarama
28	150695	453477	4498316	614,00	3,50	2,10		Gravera Jarama
29	150695	454285	4497101	622,00	8,00	4,40		E. Ciguñuela
30	200695	451596	4475376	585,50	10,00	3,13		Coslada-1
31	200695	452388	4474692	573,00	10,00	2,65		Coslada-2
32	200695	451449	4492192	548,00	9,00	6,60		Iberiplasa
33	200695	451758	4490327	539,00	9,50	5,10		Arroyo Viñuelas
34	200695	451911	4488766	541,50	9,60	9,60		Jarama
35	200695	449295	4487571	565,50	8,00	8,00		Aryo Vega
36	210695	425323	4479929	636,00	6,00	3,40		Valmayor-Majadahonda
37	220695	422337	4482084	679,00		15,30		Casas Cuelgaperros
38	220695	424933	4483242	691,00	4,00	4,00		Burgocentro
39	220695	422999	4484172	675,00	3,20	2,80		Aryo Fuentecilla
40	130695	455800	4475525	561,00	8,00		5,00	1922-4-0141
41	160695	455290	4476595	565,00	6,00	1,80		1922-4-0142
42	261094	446340	4519150	870,00	30,00	1,60		1920-3-0006 D'oremor
43	261094	443070	4519470	910,00	5,80	1,00		1920-3-0008 Navalafuen
44	191094	450700	4514060	900,00	4,30	3,60		1920-4-0034 Vellon-1
45	191094	450730	4514360	903,00	4,40	2,80		Vellon-2
46	191094	454225	4515415	680,00	4,20	2,10		Olivar Aldehuela
47	211094	454250	4513650	740,00	5,25	3,70		1920-4-0016 Espartal
48	261094	457143	4513821	670,00	7,00	6,00		2020-1-0007 El Teson
49	261094	457081	4513757	670,00		5,50		El Teson
50	251094	461250	4514295	745,00	4,20	1,50		
51	251094	461526	4514362	755,00	4,50	2,40		P-100
52	251094	456876	4509863	655,00	7,00	3,40		2020-5-0029

RANGO	Nº PUNTOS	%	VULNERABILIDAD
10 - 20	19	39	Muy baja-baja
> 20	21	43	Mínima

En términos de la clasificación de la U.E. a la totalidad de las captaciones consideradas les correspondería un grado de vulnerabilidad bajo ( $1 < T_0 < 20$  años).

Con la adopción de este criterio la situación no resulta alarmante dado que para el 92% de las captaciones se dispondría de un tiempo de más de cinco años para la adopción de medidas sobre un eventual hecho de contaminación que se produjera en el momento actual.

La situación, no obstante, puede ser engañosa si se compara con los datos obtenidos en las mismas captaciones (cuadro 8.1.11) considerando los datos experimentales de velocidad en la zona no saturada ( $V = 0.015$  m/día), verosímilmente más adecuadas a una situación de infiltración real.

En el cuadro 8.1.12 se resume la situación para este supuesto

Cuadro 8.1.12 Rangos de tiempo de tránsito en captaciones someras. ( $V_{exp}$ )

RANGO	Nº PUNTOS	%	VULNERABILIDAD
1 - 50 días	1	2	Máxima
50 días - 1 año	34	70	Alta-Muy alta
1 - 5 años	13	27	Moderada-alta

Como puede deducirse de estos datos la situación se invierte dramáticamente :

- \* el porcentaje puntos clasificados como de vulnerabilidad moderada-alta pasa de un 6 a un 27 %
- \* aparecen situaciones con calificación de vulnerabilidad de alta-muy alta, no existentes en el supuesto anterior, en un porcentaje del 70 %.
- \* mientras en la hipótesis anterior no se detectan captaciones con grado de vulnerabilidad máximo en ésta aparecen en un 2 % de los casos.

Por el interés específico que representan los Sistemas Generales, aún con las prevenciones señaladas anteriormente, se ha aplicado el método en diferentes hipótesis ( $I, \theta_w$ ; velocidad experimental, nivel



Cuadro 8.1.11

TIEMPOS DE TRANSITO y  
GRADOS DE VULNERABILIDAD  
EN POZOS SOMEROS. (Velocidad experimental)

$V=0,015$  m/dia  $T=Eo/v$

PUNTO	Eo (m)	To (días)	To (años)	G.V (U.E)	G.V (P)
1	5,0	333	0,9	Alta	Alta-muy alta
2	3,8	253	0,7	Alta	Alta-muy alta
3 (*)	15,9	1060	2,9	Baja	Moderada-alta
4	2,9	193	0,5	Alta	Alta-muy alta
5	3,6	240	0,7	Alta	Alta-muy alta
6	9,3	620	1,7	Baja	Moderada-alta
7	4,5	300	0,8	Alta	Alta-muy alta
8	5,0	333	0,9	Alta	Alta-muy alta
9	4,8	320	0,9	Alta	Alta-muy alta
10	5,8	387	1,1	Baja	Moderada-alta
11	1,6	107	0,3	Alta	Alta-muy alta
12	6,8	453	1,2	Baja	Moderada-alta
13	0,9	57	0,2	Alta	Alta-muy alta
14	1,1	73	0,2	Alta	Alta-muy alta
15	0,7	47	0,1	Alta	Máxima
16	5,5	367	1,0	Alta	Alta-muy alta
17	7,6	507	1,4	Baja	Moderada-alta
18	7,0	467	1,3	Baja	Moderada-alta
19	2,4	160	0,4	Alta	Alta-muy alta
20	2,4	160	0,4	Alta	Alta-muy alta
21 (*)	4,0	267	0,7	Alta	Alta-muy alta
22	2,2	147	0,4	Alta	Alta-muy alta
23	6,4	427	1,2	Baja	Moderada-alta
24	5,6	373	1,0	Alta	Alta-muy alta
25	7,8	520	1,4	Baja	Moderada-alta
26	4,5	300	0,8	Alta	Alta-muy alta
27	3,7	247	0,7	Alta	Alta-muy alta
28	2,1	140	0,4	Alta	Alta-muy alta
29	4,4	293	0,8	Alta	Alta-muy alta
30	3,1	207	0,6	Alta	Alta-muy alta
31	2,6	173	0,5	Alta	Alta-muy alta
32	6,6	440	1,2	Baja	Moderada-alta
33	5,1	340	0,9	Alta	Alta-muy alta
34	9,6	640	1,8	Baja	Moderada-alta
35	8,0	533	1,5	Baja	Moderada-alta
36	3,4	227	0,6	Alta	Alta-muy alta
37 (*)	15,3	1020	2,8	Baja	Moderada-alta
38	4,0	267	0,7	Alta	Alta-muy alta
39	2,8	187	0,5	Alta	Alta-muy alta
40 (*)	5,0	333	0,9	Alta	Alta-muy alta
41	1,8	120	0,3	Alta	Alta-muy alta
42	1,6	107	0,3	Alta	Alta-muy alta
43	1,0	67	0,2	Alta	Alta-muy alta
44	3,6	240	0,7	Alta	Alta-muy alta
45	2,8	187	0,5	Alta	Alta-muy alta
46	2,1	140	0,4	Alta	Alta-muy alta
47	3,7	247	0,7	Alta	Alta-muy alta
48	6,0	400	1,1	Baja	Moderada-alta
49	5,5	367	1,0	Alta	Alta-muy alta
50	1,5	100	0,3	Alta	Alta-muy alta
51	2,4	160	0,4	Alta	Alta-muy alta
52	3,4	227	0,6	Alta	Alta-muy alta

(\*) Nivel dinámico.

G.V (U.E) = Intervalos Unión Europea

G.V (P) = Intervalos propuestos

estático y 1º tramo filtrante).

A efectos de estimación de  $T_o$  se ha introducido un criterio -ciertamente artificioso y relativo- consistente en equiparar la profundidad del primer tramo filtrante al espesor de la zona no saturada. En ocasiones el criterio puede ser aceptable si se tiene en cuenta que, en una situación real, el primer tramo filtrante de un sondeo bien construido constituye la vía de penetración más rápida de eventuales contaminantes emplazados en superficie en sus inmediaciones.

En el cuadro 8.1.13 se incluyen los resultados de tiempo de tránsito en algunos sondeos de los Sistemas Generales utilizando el dato de velocidad experimental para el caso de espesor de la zona no saturada equivalente al espesor hasta primer tramo filtrante y para el definido por el nivel estático.

En la figura 8.1.2 se indica gráficamente la posición de estos sondeos y los correspondientes tiempos de tránsito adoptando el criterio más desfavorable, i.e, el de tiempos mínimos.

En el cuadro 8.1.14 se incluye un resumen de la situación caracterizada por los valores medios del tiempo de tránsito en cada campo

Cuadro 8.1.14 Valores medios del tiempo de tránsito en los sondeos de los Sistemas Generales.

	Criterio: Espesor hasta el primer tramo filtrante			Criterio: Espesor hasta el nivel estático		
	To (años)			To (años)		
	n	$\bar{x}$	$\sigma$	n	$\bar{x}$	$\sigma$
Torrelaguna	6	15,8	4,1	6	2,6	2,0
Fuencarral	8	19,6	2,8	7	22,8	4,2
Canal Alto	4	20,5	3,3	4	32,0	1,0
Canal Bajo	10	20,1	2,0	11	20,1	1,3
Plantío-Majadahonda	5	23,1	1,1	5	25,0	2,6
Canal Oeste	5	17,0	5,2	5	16,2	5,5

Excepto en Torrelaguna y Canal del Oeste los valores de  $T_o$  son superiores para el criterio del primer tramo filtrante que para el del espesor no saturado definido por el nivel estático.

De acuerdo con el primer criterio los tiempos medios obtenidos oscilan entre 15 y 25 años; los determinados de acuerdo con el segundo varían desde 3 a 35 años. En todo caso, excepto en el

# TIEMPOS DE TRANSITO EN LOS SONDEOS DE LOS SISTEMAS GENERALES

## Campo de TORRELAGUNA

SONDEO	Espesor hasta 1º tramo filtrante	To (años)	Nivel estático (m)	Fecha	To (años)
PT-3	105	18,9	-	-	-
Valdetales	54	9,7	7,7	1995	1,3
Monterrey	-	-	7,4	1995	1,3
M2-A	110	19,8	8,9	1995	1,6
M-1	81	14,5	33,2	1995	5,9
PT-6	-	-	-	-	-
Prado del Cubo	72	12,9	6,2	1995	1,1
San Agustín	108	19,4	24,5	1995	4,4
n=6		$\bar{x} = 15,8$	n=6		$\bar{x} = 2,6$
		$\sigma = 4,1$			$\sigma = 2,0$

## Campo del CANAL BAJO

SONDEO	Espesor hasta 1º tramo filtrante	To (años)	Nivel estático (m)	Fecha	To (años)
CB-5	106	19,0	104	1995	18,7
CB-6	95	17,1	103,8	1995	18,6
CB-4	99	17,8	106,9	1995	19,2
CB-7	102	18,3	114	1994	20,5
CB-8	105,5	18,9	110,6	1994	19,9
CB-9	121	21,7	110,7	1995	19,9
CB-11	130	23,4	129,3	1994	23,2
CB-12	124,5	22,4	110,9	1995	19,9
CB-13	109	19,6	108,9	1995	19,6
CB-14	121	21,7	119,5	1995	21,5
CB-15	109	19,6	115,8	1994	20,8
n=11		$\bar{x} = 19,9$	n=11		$\bar{x} = 20,1$
		$\sigma = 2,0$			$\sigma = 1,3$

## Campo de FUENCARRAL

SONDEO	Espesor hasta 1º tramo filtrante	To (años)	Nivel estático (m)	Fecha	To (años)
FA-1	97	17,4	134,3	1995	24,1
FU-3	114	20,5	109,8	1995	19,7
FE-1	134	24,1	148,8	1995	26,7
FX-3	93	16,7	-	-	-
FX-4	89	16,0	86,6	1995	15,5
FPD-1	107	19,2	156,8	1995	28,2
FA-3	118	21,1	122,3	1995	22
FB-2	123	22,1	130,4	1995	23,4
n=8		$\bar{x} = 19,6$	n=7		$\bar{x} = 22,8$
		$\sigma = 2,8$			$\sigma = 4,2$

## Campo del PLANTIO - MAJADAHONDA

SONDEO	Espesor hasta 1º tramo filtrante	To (años)	Nivel estático (m)	Fecha	To (años)
MJ-1	138	24,8	150,1	1995	27
PM-1	121,5	21,8	115	1995	20,7
PM-2	124,5	22,4	149,2	1995	26,8
PM-3	128,5	23,1	135,6	1995	24,4
PM-4	132	23,7	146,3	1995	26,3
n=5		$\bar{x} = 23,1$	n=5		$\bar{x} = 25$
		$\sigma = 1,1$			$\sigma = 2,6$

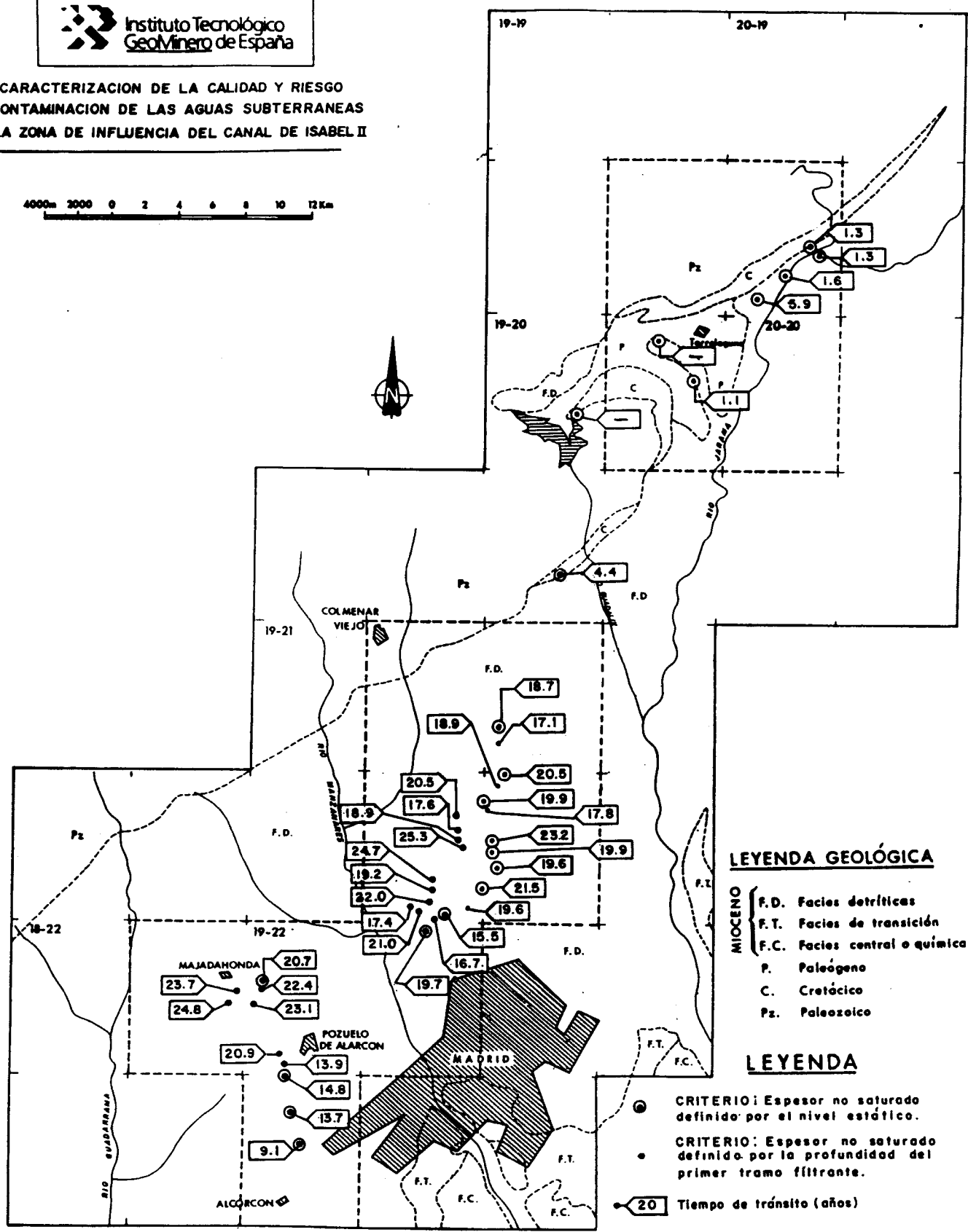
## Campo del CANAL ALTO - EL GOLOSO

SONDEO	Espesor hasta 1º tramo filtrante	To (años)	Nivel estático (m)	Fecha	To (años)
G-1	98	17,6	175,8	1995	31,6
CA-3	114	20,5	175,8	1995	31,6
CA-4	105	18,9	175,5	1995	31,5
CA-5	141	25,3	187	1995	33,6
n=4		$\bar{x} = 20,5$	n=4		$\bar{x} = 32$
		$\sigma = 3,3$			$\sigma = 1,0$

## Campo del CANAL DEL OESTE

SONDEO	Espesor hasta 1º tramo filtrante	To (años)	Nivel estático (m)	Fecha	To (años)
Montealina-6	77,5	13,9	120	1995	21,6
Montealina-7	116,5	20,9	122,5	1995	22
Retamares-1	52,5	9,4	51	1995	9,1
C. del Oeste-3	118	21,2	76,2	1995	13,7
La Cabafia	110,5	19,8	82,3	1994	14,8
n=5		$\bar{x} = 17,0$	n=5		$\bar{x} = 16,2$
		$\sigma = 5,2$			$\sigma = 5,5$

**CARACTERIZACION DE LA CALIDAD Y RIESGO  
DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL CANAL DE ISABEL II**



**TIEMPOS DE TRANSITO EN LOS SONDEOS DE LOS SISTEMAS GENERALES.**  
(Dato de velocidad experimental  $v=0.015$  m/día)

**FIG. 8.1.2**

campo de Torrelaguna, los tiempos medios de actuación serían de más de 15 años, tiempo más que razonable para la toma de decisiones en los casos de potencialidad de riesgo por presencia de focos si no se tienen en cuenta los eventuales efectos que dichos focos pudieran haber producido con anterioridad.

En el cuadro 8.1.15 se incluyen los resultados de cálculo de tiempo de tránsito mínimos en cada campo para  $I = 30$  mm/año y para  $\hat{v}_w = 0.15$  considerando como espesor de la zona no saturada el equivalente a la profundidad del primer tramo filtrante y el correspondiente al nivel estático respectivamente.

Cuadro 8.1.15 Tiempos de tránsito mínimos en función del factor  $K = \hat{v}_w \bar{l}$   
(Sistemas Generales)

CAMPO	SONDEO	1° T.F (m)	To (años)	SONDEO	N.E (m)	To (años)
Torrelaguna	Valdetales	54	270	P. Cubo	6	30
Fuencarral	FX-4	89	445	FX-4	87	435
Canal Alto	G-1	98	490	CA-4	175	875
Canal Bajo	CB-6	95	475	CB-6	104	520
Plantío-Maj	PM-1	121	605	PM-1	115	575
Canal Oeste	Retamares-1	52	260	Retamares-1	51	255

Resulta evidente la diferencia entre los tiempos obtenidos mediante la utilización de datos de velocidad experimental o los obtenidos teniendo en cuenta la infiltración media anual.

Para mantenerse en una línea de prudencia es conveniente adoptar valores de velocidad experimental que, en todo caso, deben ser contrastados con datos específicos obtenidos en experiencias en el entorno próximo de los sondeos.

### **8.1.5 CONCLUSIONES**

La falta de información sobre los parámetros esenciales para la determinación de  $T_0$  relativiza hasta términos de escasa utilidad la confección de mapas de vulnerabilidad basados en el tiempo de tránsito en la zona y aconseja profundizar en estos temas, preferiblemente de forma experimental, antes de proceder a la cuantificación.

En particular, es conveniente una revisión crítica profunda sobre el tema de la existencia, localización y oscilación de la superficie freática regional en el acuífero de Madrid tanto por las implicaciones que conlleva en los temas de vulnerabilidad como en los de cuantificación de la recarga del mismo.

Pese a ello, los tiempos de tránsito medios en los sondeos de los Sistemas Generales, utilizando datos de velocidades de flujo experimentales o teóricas, son superiores a 15 años excepto en el caso de Torrelaguna.

A la vista de lo expuesto, más que teorizar sobre criterios y valores de tiempos de tránsito, sin suficientes datos contrastables, - entre los que son imprescindibles los de velocidad en la zona no saturada considerando la realidad de vías preferenciales -, se considera más eficaz y preferible desarrollar una política práctica y directa de localización y caracterización de focos así como de evaluación de impacto - actual o pasado - en los sondeos o en su entorno inmediato con la puesta en marcha de actuaciones prioritarias en los casos más preocupantes.

Las bases para ello se aportan en el apartado siguiente.

### **8.2 RIESGO DE CONTAMINACIÓN**

La definición del riesgo de contaminación se extiende exclusivamente a los sondeos de los Sistemas Generales que se relacionan en el cuadro 8.2.1 y se realiza fundamentalmente con el criterio de la presencia de actividades o de productos de actividades susceptibles de originar focos de contaminación de cierta importancia en las inmediaciones de los sondeos, detectada en la fase de revisión en campo.

Cuadro 8.2.1 Relación de sondeos inspeccionados

Torrelaguna	Fuencarral	Canal Alto	Canal Bajo	Plantío-Maj	Canal Oeste
PT-3	FA-1	G-1	CB-5	MJ-1	Montealina-6
Valdetales	FU-3	CA-3	CB-6	PM-1	Montealina-7
Monterrey	FE-1	CA-4	CB-4	PM-2	Retamares-1
M2-A	FX-3	CA-5	CB-7	PM-3	Canal del Oeste-3
M-1	FX-4		CB-8	PM-4	La Cabaña
PT-6	FPD-1		CB-9		
Prado del Cubo	FA-3		CB-11		
San Agustín	FB-2		CB-12		
			CB-13		
			CB-14		
			CB-15		

El objetivo primordial de esta fase es la identificación de los sondeos que pueden presentar algún riesgo de afección por la presencia de focos de cierta entidad en sus proximidades para, en un futuro próximo, iniciar estudios de detalle sobre los mismos. Estos estudios deberán incluir:

- \* Caracterización de focos
- \* Caracterización de detalle del entorno hidrogeológico.

Como medida precautoria elemental los sondeos que se encuentren en esta situación deberán ser incluidos en una red de control específica.

Para la definición del riesgo de afección se ha procedido a la inspección in situ de los 41 sondeos de los Sistemas Generales señalados anteriormente con el fin de detectar la presencia de focos en sus proximidades, condición necesaria, aunque no suficiente, para que se produzca una situación de riesgo.

Esta inspección ha consistido en :

- \* Detección visual de posibles focos en un radio variable, generalmente no inferior a los 500 m, a partir de cada sondeo.
- \* Inspección del entorno y de los focos detectados, en los casos en que ha sido posible.
- \* Apreciación de la situación hidrogeológica local.

**\* Diagnóstico preliminar de la situación de riesgo.**

Cuando la situación lo ha requerido se ha cumplimentado una ficha de campo en que se incluye un croquis de situación de los focos más relevantes detectados y una descripción del propio foco y su entorno. Estas fichas se incluyen en el Anexo 8.2.

La definición de una situación de riesgo requiere, además de la existencia de un foco capaz de emitir productos contaminantes, la concurrencia de una "situación" que impida o retarde suficientemente la llegada de los elementos contaminantes al acuífero.

La inexistencia de esta "situación" se asimila de forma intuitiva a cierto grado de "vulnerabilidad" del acuífero.

Ante las incertidumbres planteadas en la aplicación de métodos cuantitativos para la definición de la vulnerabilidad, señaladas en el apartado 8.1, se ha procedido al establecimiento de un índice adimensional de vulnerabilidad ( $\alpha$ ) definido por el cociente entre la longitud total de tramos menos permeables hasta el primer tramo filtrante y la profundidad de este primer tramo filtrante.

Este índice proporciona una idea intuitiva suficiente del grado de protección del acuífero en el mismo punto del sondeo, supuesta una circulación vertical de contaminantes: a mayor longitud de tramos menos permeables entre el foco y el primer tramo filtrante, punto de inicio de propagación de una eventual contaminación en el sondeo, mayor grado de protección o menor vulnerabilidad

Los grados de vulnerabilidad elegidos en función de los intervalos del índice  $\alpha$  son los siguientes:

$\alpha$	VULNERABILIDAD
0,00 - 0,25	Muy Alta
0,25 - 0,50	Baja
0,50 - 1,00	Muy Baja

A partir del estudio de las columnas disponibles se ha determinado el índice de vulnerabilidad ( $\alpha$ ) y se ha asignado el correspondiente grado de vulnerabilidad a cada sondeo.

Un tercer factor a considerar en la definición o constatación de una situación de riesgo, indicador de la inexistencia o falta de efectividad de la mencionada "situación", es la presencia de indicios analíticos de contaminantes correlacionables con el foco de que se trate.



A partir de la información analítica de las campañas de primavera y otoño de 1995, se ha procedido a un intento de detección de indicios analíticos de posible contaminación y su eventual correlación con los focos existentes.

A modo de resumen sobre el estado de cada sondeo se ha confeccionado una ficha para cada uno de ellos en la que se incluyen sus principales características técnicas, una caracterización del quimismo observado en cada uno y una caracterización del riesgo de afección con croquis de detalle de situación de focos y cortes hidrogeológicos esquemáticos junto con el diagnóstico sobre la situación de riesgo así como las recomendaciones correspondientes. Estas fichas resumen, clasificadas por Sistemas Generales, se incluyen en el Anexo 8.2.

En los cuadros 8.2.2 a 7 se incluyen sendos resúmenes de la situación detectada en cada uno de los sondeos de los diferentes Sistemas Generales en lo referente al riesgo de contaminación.

Por lo que se refiere a la vulnerabilidad, definida como se ha indicado, la situación para el conjunto de los Sistemas Generales es la que se refleja en el cuadro 8.2.8.

Cuadro 8.2.8 Vulnerabilidad de los sondeos de los Sistemas Generales.

	MUY BAJA	BAJA	MUY ALTA	SIN DATOS
Nº puntos	7	22	8	4
%	17,0	53,0	19,5	9,7

Prácticamente el 70 % de los sondeos presentan vulnerabilidad baja ( 53%) o muy baja (17%).

La situación por campos se resume en el cuadro 8.2.9.

Cuadro 8.2.9 Vulnerabilidad de los sondeos de los Sistemas Generales por campos.

CAMPO	MUY BAJA	BAJA	MUY ALTA	SIN DATOS
Torrelaguna	3	3	-	2
Fuencarral	-	7	1	-
Canal Alto	-	1	2	1
Canal Bajo	3	5	2	1
Plantío-Maj	1	1	3	-

CAMPO	MUY BAJA	BAJA	MUY ALTA (*)	SIN DATOS
Canal del Oeste	-	5	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	<b>4</b>

(\*) En general, columna litológica muy simplificada. Se adopta la hipótesis más desfavorable.

Por lo que se refiere a la caracterización de focos, en los cuadros 8.2.10 a 15 se presenta una síntesis de las apreciaciones efectuadas en relación con ellos.

Buena parte de los focos han sido calificados como de entidad incierta por la ausencia de datos concretos sobre los mismos. Estos datos se refieren tanto a la propia naturaleza o extensión del foco como a la posible superposición de actividades generadoras de diversos residuos, al tiempo de permanencia del foco en actividad o al tipo de tratamiento o forma de vertido de los residuos generados, eventualidad de fugas, etc.

La calificación de notable, importante o apreciable corresponde a situaciones en que se han podido detectar: focos singulares junto con afecciones de los sondeos en el entorno, caso del sondeo PT-3; proximidad excesiva de un foco extenso con largo tiempo de actividad al sondeo, caso del FX-4; proximidad del foco y contaminante previsiblemente generado de carácter tóxico - sondeo CB-12 - o múltiples actividades de carácter industrial con indicios objetivos de afección al entorno - caso del sondeo Retamares 1.

La calificación de entidad escasa o irrelevante corresponde a situaciones en que la extensión del foco - vertederos de pequeño tamaño y aislados -, actividad escasamente contaminante ya desaparecida - pequeñas granjas abandonadas-, entrada en servicio aún no producida - Cementerio de la Paz- o control de vertidos con depuración en funcionamiento, desvío de efluentes -urbanizaciones, cuarteles, etc, minimizan evidentemente la posible afección a los sondeos próximos

En el cuadro 8.2.16 se incluye una relación de los sondeos en que se ha apreciado la posibilidad de riesgo por la presencia de focos de contaminación de cierta entidad en relación con los que se han detectado en las proximidades del resto de los sondeos.

Cuadro 8.2.16 Relación de sondeos con eventual riesgo de contaminación.

SONDEO	SITUACIÓN DETECTADA
Montealina-6	Proximidad de industria con actividad no definida
Montealina-7	Proximidad de industria con actividad no definida

Cuadro 8.2.2

## CARACTERIZACION DEL RIESGO DE CONTAMINACION EN LOS SONDEOS DE LOS SISTEMAS GENERALES

## CAMPO DE TORRELAGUNA

SONDEO	PROF (m)	SITUACIÓN	CEMENTAC. (m)	1° TRAMO FILT. (m)	N.E (m) Fecha	N.D (m) Fecha	VULNERA.	FOCO	INDICIOS ANALITICOS	DIAGNOSTICO	RECOMENDACIONES
PT - 3	218	EXPLOTACION	-	105	- -	69.8 1995	MUY BAJA	PARCELA ACOPIO DE ESTIERCOL	Mn, Zn	RIESGO PROBABLE	CONTROL ANALITICO Y CARACTERIZACION DEL FOCO
VALDENTALES	184	SIN INSTALAR	54	54.5	7.71 1995	- -	BAJA	RIO	Fe, Mn, Zn Pb, Cr	RIESGO AFECCION POR RIO	ESTABLECIMIENTO DE RELACION RIO/SONDEO EN ASPECTOS DINAMICOS E HIDROQUIMICOS
MONTERREY	-	SIN INSTALAR	-	-	7.41 1995	- -	Sin Datos	RIO	-	RIESGO AFECCION POR RIO	ESTABLECIMIENTO DE RELACION RIO/SONDEO EN ASPECTOS DINAMICOS E HIDROQUIMICOS
M2 - A	202	EXPLOTACION	?	110	8.95 1995	30.6 1995	MUY BAJA	CEMENTERIO DE PATONES	Fe	RIESGO AFECCION POR RIO	ESTABLECIMIENTO DE RELACION RIO/SONDEO EN ASPECTOS DINAMICOS E HIDROQUIMICOS
M - 1	195	EXPLOTACION	-	81	33.2 1995	56.7 1995	BAJA	URBANIZACION EL RETIRO	Fe, Zn	RIESGO DE AFECCION POR EVENTUALES FUGAS RED SANEAMIENTO	CONTROL ANALITICO
PT - 6	185	EXPLOTACION	-	-	- -	63.9 1995	SIN DATOS	NO	Fe, Zn	SONDEO SIN RIESGO	-
PRADO DEL CUBO	135	SIN INSTALAR	-	72.5	6.2 1995	- -	MUY BAJA	GRANJA	Fe, Zn	SIN RIESGO INMEDIATO	CARACTERIZACION DEL FOCO
SAN AGUSTIN	204	SIN INSTALAR	-	108	24.5 1995	- -	BAJA	NO	F, Fe	SIN RIESGO	-

Cuadro 8.2.3

**CARACTERIZACION DEL RIESGO DE CONTAMINACION EN LOS SONDEOS DE LOS SISTEMAS GENERALES  
CAMPO DE FUENCARRAL**

SONDEO	PROF (m)	SITUACIÓN	CEMENTAC. (m)	1° TRAMO FILT. (m)	N.E (m) Fecha	N.D (m) Fecha	VULNERA.	FOCO	INDICIOS ANALITICOS	DIAGNOSTICO	RECOMENDACIONES
FA - 1	475	EXPLOTACIÓN	77	97	134,29 1995	240 1995	MUY ALTA (*)	NO	F, Zn, As	SIN RIESGO	Control rutinario -
FU - 3	473	EXPLOTACIÓN	80	114	109,8 1995	235 1995	BAJA	ACUMULO DE CHATARRA, BIDONES	F, As	RIESGO	CARACTERIZACION FOCO Y LIXIVIADO CONTROL ANALITICO
FE - 1	505	EXPLOTACIÓN	112	134	148,8 1995	227 1995	BAJA	NO	Fe, Zn	SIN RIESGO	Control rutinario -
FX - 3	437	EXPLOTACIÓN	75	93	- -	- -	BAJA	PERRERA. FOSA SEPTICA	-	RIESGO IMPROBABLE	Control rutinario -
FX - 4	441	EXPLOTACIÓN	69	89	86,6 1995	172 1995	BAJA	VERTEDERO INERTES 25 AÑOS	SO4=, NO2= Fe, As	RIESGO	CARACERIZACION DE FOCOS DEL ENTORNO CONTROL ANALITICO
FPD - 1	441	EXPLOTACIÓN	70	107	156,8 1995	224 1995	BAJA	NO	As	SIN RIESGO	Control rutinario -
FA - 3	431	EXPLOTACIÓN	80	118	122,28 1995	223 1995	BAJA	NO	As	SIN RIESGO	Control rutinario -
FB - 2	450	EXPLOTACIÓN	116	123	130,4 1995	223 1995	BAJA	NO	As	SIN RIESGO	Control rutinario -

(\*) Columna incompleta, caso más desfavorable

Cuadro 8.2.4

**CARACTERIZACION DEL RIESGO DE CONTAMINACION EN LOS SONDEOS DE LOS SISTEMAS GENERALES**  
**CAMPO DEL CANAL ALTO-EL GOLOSO**

SONDEO	PROF (m)	SITUACIÓN	CEMENTAC. (m)	1° TRAMO FILT. (m)	N.E (m) Fecha	N.D (m) Fecha	VULNERA.	FOCO	INDICIOS ANALITICOS	DIAGNOSTICO	RECOMENDACIONES
G-1	411	EXPLOTACIÓN	24	98	175,8 1995	316 1995	BAJA	EL GOLOSO	Fenoles, NO <sub>2</sub> =	RIESGO IMPROBABLE	Control de rutina
CA-3	418	EXPLOTACION	24	114	175,5 1995	288 1995	MUY ALTA (*)	GASOLINERA CUARTELES LABORATORIOS CEDEX	Fenoles, NO <sub>2</sub> =	POSIBLE RIESGO	Control analítico Caracterización del foco
CA-4	406	EXPLOTACION	24	105	175,5 1995	283 1995	MUY ALTA (*)	U.A.M.	Fenoles, NO <sub>2</sub> =	RIESGO IMPROBABLE	Control de rutina
CA-5	410	EXPLOTACION	24	141	187 1995	289 1995	SIN DATOS	CLINICA SEARS	Fenoles Hidrocarburos	RIESGO IMPROBABLE	Control de rutina

(+) Columna muy simplificada. Caso más desfavorable

Cuadro 8.2.5

## CARACTERIZACION DEL RIESGO DE CONTAMINACION EN LOS SONDEOS DE LOS SISTEMAS GENERALES

## CAMPO DEL CANAL BAJO

PROF (m)	SITUACIÓN	CEMENTAC. (m)	1° TRAMO FILT (m)	N.E (m) Fecha	N.D (m) Fecha	VULNERA.	FOCO	INDICIOS ANALITICOS	DIAGNOSTICO	RECOMENDACIONES
441	EXPLOTACION	24	106	104 1995	250 1995	BAJA	POL.IND. TRES CANTOS Y U.VIÑUELAS CON DEPURACIO	Cr	RIESGO IMPROBABLE	Control rutinario
400	EXPLOTACION	24	95	103,8 1995	288 1995	BAJA	SIN FOCOS EN ENTORNO	F, Fenoles	SIN RIESGO	Control rutinario
425	EXPLOTACION	42	99	106,9 1995	284 1995	MUY ALTA	CEMENTERIO "LA PAZ" EN CONSTRUCCION	NO2-, Fenoles	SIN RIESGO	Control rutinario
398	EXPLOTACION	24	-	114 1995	250 1995	SIN DATOS	CEMENTERIO "LA PAZ" EN CONSTRUCCION	NO2-, Fenoles	SIN RIESGO	Control rutinario
415	EXPLOTACION	24	105.5	110,6 1995	255 1995	MUY ALTA (*)	CEMENTERIO "LA PAZ" EN CONSTRUCCION	-	SIN RIESGO	Control rutinario
404	EXPLOTACION	18	121	110,7 1995	261.3 1995	MUY BAJA	CEMENTERIO "LA PAZ" EN CONSTRUCCION	NO2-, Fenoles	SIN RIESGO	Control rutinario
408	EXPLOTACION	18	130	122,3 1994	247.4 1995	MUY BAJA	DUDOSO VERTEDERO DE ESCOMBROS	NO2, As Fenoles	RIESGO IMPROBABLE	Control rutinario Caracterización de foco
409	EXPLOTACION	24	124.5	110,9 1995	230 1995	MUY BAJA	CLUB DE TIRO	As	RIESGO	Control analítico CARACTERIZACION DEL FOCO
414	EXPLOTACION	57	109	108,9 1995	214 1995	BAJA	ESTANCAMIENTO EFIMERO AGUAS RESIDUALES	Fe, As	RIESGO	Control analítico CARACTERIZACION DEL FOCO
507	SIN INSTALAR	24	121	119,5 1995	- -	BAJA	ESTANCAMIENTO EFIMERO AGUAS RESIDUALES. GRANJAS	-	RIESGO	Control analítico CARACTERIZACION DEL FOCO
503	EXPLOTACION	24	109	115,8 1994	200 1995	BAJA	M- 40 (a 2 m.) CEMENTERIO FUENCARRAL	Fenoles, As	RIESGO REMOTO	Control rutinario

a muy simplificada. Caso más desfavorable

Cuadro 8.2.6

## CARACTERIZACION DEL RIESGO DE CONTAMINACION EN LOS SONDEOS DE LOS SISTEMAS GENERALES

## CAMPO DE EL PLANTÍO-MAJADAHONDA

SONDEO	PROF (m)	SITUACIÓN	CEMENTAC. (m)	1° TRAMO FILT. (m)	N.E (m) Fecha	N.D (m) Fecha	VULNERA.	FOCO	INDICIOS ANALITICOS	DIAGNOSTICO	RECOMENDACIONES
MJ - 1	490	EXPLOTACION	28	138	150,1 1995	267 1995	MUY BAJA	GASOLINERA ZONA INDUST. ALMACENAJE	-	DATOS INSUFICIENTES	CONTROL ANALITICO CARACTERIZACION DE FOCOS
PM - 1	495	EXPLOTACION	26	121.5	115 1995	268.5 1995	MUY ALTA (*)	INTERCAMBIADOR RENFE GASOLINERA, ZONA URBANIZADA	-	RIESGO	CONTROL ANALITICO CARACTERIZACION DE FOCOS
PM - 2	513	EXPLOTACION	30	124.5	149,2 1995	284 1995	BAJA	SIN FOCOS	-	SIN RIESGO	Control de rutina
PM - 3	510	SIN EXPLOTAR (Recién instalado)	24	128.5	135,6 1995	- -	MUY ALTA	DEPURADORA URB. MONTERO ENCHARCAMIENTO ESPORADICO	-	SIN RIESGO	Control de rutina
PM - 4	500	SIN INSTALAR	24	132	146,3 1995	307 1993	MUY ALTA	SIN FOCOS IMPORTANTES	-	SIN RIESGO	Control de rutina

(\*) Columna muy simplificada. Caso más desfavorable

Cuadro 8.2.7

**CARACTERIZACION DEL RIESGO DE CONTAMINACION EN LOS SONDEOS DE LOS SISTEMAS GENERALES**  
**CAMPO DEL CANAL DEL OESTE**

SONDEO	PROF (m)	SITUACION	CEMENTAC. (m)	1° TRAMO FILT. (m)	N.E (m) Fecha	N.D (m) Fecha	VULNER	FOCO	INDICIOS ANALITICOS	DIAGNOSTICO	RECOMENDACIONES
MONTEALINA - 6	450	EXPLOTACION	50	77.5	120 1995	249.7 1995	BAJA	INDUSTRIAS SILVER URB. MONTEALINA	Fenoles, As Hidrocarburos Plaguicidas	RIESGO	CONTROL ANALITICO SISTEMATICO CARACTERIZACION DE FOCOS
MONTEALINA - 7	448	EXPLOTACION	32	116.5	122.3 1995	253 1995	BAJA	INDUSTRIAS SILVER URB. MONTEALINA	SO4=, Fenoles, As, Pb	RIESGO	CONTROL ANALITICO SISTEMATICO CARACTERIZACION DE FOCOS
RETAMARES-1	187	EXPLOTACION	24	52.5	51 1995	85 1995	BAJA	VERTEDEROS INCONTROLADOS CUADRA ROSALES POL INDUSTRIAL	Fenoles Hidrocarburos	RIESGO	CONTROL ANALITICO SISTEMATICO CONTROL ANALITICO SISTEMATICO
CANAL DEL OESTE-3	430	EXPLOTACION	45	118	76.2 1995	287 1995	BAJA	-	Fenoles	RIESGO IMPROBABLE	Control de rutina
LA CABAÑA	386	EXPLOTACION	58	110.5	82.3 1995	243.7 1995	BAJA	VERTIDOS INCONTROLADOS. URB. LA CABAÑA	Hidrocarburos	RIESGO IMPROBABLE	Control de rutina



Cuadro 8.2.10

**CARACTERIZACIÓN DE FOCOS  
CAMPO DE TORRELAGUNA**

<b>SONDEO</b>	<b>FOCOS</b>	<b>ENTIDAD</b>	<b>CARACTER</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>PT-3</b>	PARCELA DE ACUMULACION DE ESTIERCO Y COMPOST DE GRANDES DIMENSIONES	NOTABLE	PERMANENTE	Posible afección de las proximidades de la zona por explotación del sondeo.
<b>VALDENTALES</b>	RIO OVEJAS ESTABULADAS. CASAS LABOR AISLADAS	INCIERTA NULA ESCASA	PERMANENTE EFIMERA PERMANENTE	
<b>MONTEREY</b>	RIO OVEJAS ESTABULADAS. CASAS LABOR AISLADAS	INCIERTA NULA ESCASA	PERMANENTE EFIMERA PERMANENTE	
<b>M2 - A</b>	RIO CEMENTERIO DE PATONES	INCIERTA IRRELEVANTE	PERMANENTE PERMANENTE	
<b>M - 1</b>	URBANIZACION	INCIERTA	PERMANENTE	A CONSIDERAR EVENTUALES FUGAS
<b>PT - 6</b>	NO DETECTADOS	***	***	
<b>PRADO DEL CUBO</b>	GRANJA	INCIERTA	PERMANENTE	ENCARGADO NO FACILITA INFORMACION
<b>S. AGUSTIN</b>	CASAS LABOR AISLADAS	IRRELEVANTE	PERMANENTE	

Cuadro 8.2.11

## CARACTERIZACIÓN DE FOCOS CAMPO DE FUENCARRAL

SONDEO	FOCOS	ENTIDAD	CARACTER	OBSERVACIONES
FA - 1	NO	***	***	***
FU - 3	CHATARRERIA CON ACUMULACION DE BIDONES, CISTERNAS, ETC	INCIERTA	PERMANENTE	POSIBLE DERIVACION DE FLUJO HACIA VAGUADAS PROXIMAS. REZUME AL PIE DE LA LOMA BAJO LA CHATARRERIA
FE - 1	GRANJA ABANDONADA A 200 m	IRRELEVANTE	ABANDONADO	EVENTUAL LIXIVIADO RESIDUAL HACIA VAGUADAS PROXIMAS
FX - 3	ESCUELA ADIESTRAMIENTO PERROS CON FOSA SEPTICA CONTROLADA	IRRELEVANTE	PERMANENTE	***
FX - 4	ZONA DE VERTIDOS GENERALIZADOS VERTEDERO ESCOMBROS GRAN EXTENSIO PLANTA DE HORMIGONADO M-40	INCIERTA IMPORTANTE INCIERTA	OCASIONAL PERMANENTE EFIMERO	VERTEDERO A UNOS 50 m.
FPD - 1	NO	***	***	***
FA - 3	NO	***	***	***
FB - 2	NO	***	***	***

Cuadro 8.2.12

**CARACTERIZACIÓN DE FOCOS  
CAMPO DEL CANAL ALTO-EL GOLOSO**

<b>SONDEO</b>	<b>FOCOS</b>	<b>ENTIDAD</b>	<b>CARACTER</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>G - 1</b>	<b>CASCO URBANO DE EL GOLOSO</b>	<b>INCIERTA</b>	<b>PERMANENTE</b>	<b>LA E.D.A.R. FUNCIONA CORRECTAMENTE POSIBILIDAD DE FUGAS RED ALCANTARILLADO</b>
<b>CA - 3</b>	<b>GASOLINERA A 200 m CUARTELES LABORATORIO CARRETERAS CEDEX</b>	<b>INCIERTA INCIERTA INCIERTA</b>	<b>PERMANENTE PERMANENTE PERMANENTE</b>	
<b>CA - 4</b>	<b>U.A.M CON DEPURADORA</b>	<b>INCIERTA</b>	<b>PERMANENTE</b>	<b>LA E.D.A.R. FUNCIONA CORRECTAMENTE</b>
<b>CA - 5</b>	<b>U.A.M. Y CLINICA SEARS CON DEPURACION</b>	<b>INCIERTA</b>	<b>PERMANENTE</b>	<b>LA E.D.A.R. FUNCIONA CORRECTAMENTE</b>

**CARACTERIZACIÓN DE FOCOS  
CAMPO DEL CANAL BAJO**

SONDEO	FOCOS	ENTIDAD	CARACTER	OBSERVACIONES
CB - 5	URBANIZACION SOTO DE VIÑUELAS ARROYO CON AGUAS DEPURADAS DE LA E.D.A.R DEL BODONAL	ESCASA	PERMANENTE	POLIGONO INDUSTRIAL TRES CANTOS PROXIMO TIENE DEPURADORA EN FUNCIONAMIENTO
CB - 6	NO	***	***	***
CB-4	ARROYO CON AGUAS RESIDUALES CEMENTERIO LA PAZ EN CONSTRUCCION	IRRELEVANTE IRRELEVANTE	INTERMITENTE PERMANENTE	A 200 m. Q < 1 l/s. NO ESTANCAMIENTOS A 1 km. ACTUALMENTE NO REPRESENTA RIESGO
CB - 7	CEMENTERIO LA PAZ EN CONSTRUCCION	IRRELEVANTE	PERMANENTE	ACTUALMENTE NO REPRESENTA RIESGO
CB - 8	CEMENTERIO LA PAZ EN CONSTRUCCION	IRRELEVANTE	PERMANENTE	ACTUALMENTE NO REPRESENTA RIESGO
CB - 9	CEMENTERIO LA PAZ EN CONSTRUCCION	IRRELEVANTE	PERMANENTE	ACTUALMENTE NO REPRESENTA RIESGO
CB - 11	DUDOSO VERTEDERO AGUAS ARRIBA	ESCASA	?	PUEDE SER UN ACUMULO DE TIERRAS CON VERTIDOS OCASIONALES INCONTROLADOS
CB - 12	CLUB DE TIRO VERTIDO DEPURADO U.A.M Y VALDELATAS AGUAS ABAJO	APRECIABLE ESCASA	PERMANENTE PERMANENTE	POSIBLE ACUMULACION DE Pb EN SUELO DEPURACION EN CORRECTO FUNCIONAMIENTO
CB - 13	ARROYO AGUAS RESIDUALES	ESCASA	INTERMITENTE	DESVIADO PARA EVITAR ENCHARCAMIENTO EN LAS INMEDIACIONES DEL SONDEO
CB - 14	ESTANCAMIENTO AGUAS RESIDUALES A 40 m ORIGEN INDETERMINADO GRANJAS A 300 m EN DIRECCIONES OPUESTAS	ESCASA INCIERTA	INTERMITENTE PERMANENTE	
CB - 15	M-40. CEMENTERIO DE FUENCARRAL	IRRELEVANTE INCIERTA	PERMANENTE PERMANENTE	

Cuadro 8.2.14

**CARACTERIZACIÓN DE FOCOS  
CAMPO DE EL PLANTÍO-MAJADAHONDA**

<b>SONDEO</b>	<b>FOCOS</b>	<b>ENTIDAD</b>	<b>CARACTER</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
MJ - 1	GASOLINERA ZONA INDUSTRIAL ALMACEN SECTOR AUTOMOVIL	INCIERTA SIN DATOS	PERMANENTE PERMANENTE	SANEAMIENTO Y DEPURACION DESCONOCIDOS
PM - 1	INTERCAMBIADOR RENFE GASOLINERA CON TREN DE LAVADO A 250 m VERTEDERO SELLADO C.A.M. A 400 m	INCIERTA INCIERTA ESCASA	PERMANENTE PERMANENTE ?	
PM - 2	NO	***	***	
PM - 3	URB. MONTERO CON DEPURADORA SIN ZONAS DE ESTANCAMIENTO	ESCASA	PERMANENTE	EL VERTIDO DEPURADO ES INTERMITENTE
PM-4	COLECTOR DE PEQUEÑO DIAMETRO CON ORIGEN, TIPO DE EFLUENTE Y PUNTO DE VERTIDO DESCONOCIDOS  PEQUEÑO VERTEDERO SELLADO A MAS DE 400 m	INCIERTA  IRRELEVANTE	PERMANENTE  ?	

Cuadro 8.2.15

**CARACTERIZACIÓN DE FOCOS  
CAMPO DEL CANAL DEL OESTE**

<b>SONDEO</b>	<b>FOCOS</b>	<b>ENTIDAD</b>	<b>CARACTER</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>MONTEALINA-6</b>	DEPOSITO ESCOMBROS FINCA RETIRO CRISTO REY INDUSTRIAS SILVER URB. MONTEALINA - PRADO LARGO	ESCASA INCIERTA INCIERTA	EFIMERO PERMANENTE PERMANENTE	POSIBLE TRATAMIENTO DE ACEITES. VERTIDOS GESTION VERTIDOS LIQUIDOS DESCONOCIDA
<b>MONTEALINA-7</b>	DEPOSITO ESCOMBROS FINCA RETIRO CRISTO REY INDUSTRIAS SILVER URB. MONTEALINA - PRADO LARGO	ESCASA INCIERTA INCIERTA	EFIMERO PERMANENTE PERMANENTE	
<b>RETAMARES-1</b>	VERTEDERO INCONTROLADO CUADRA ROSALES VERTIDOS POL INDUSTRIAL VENTORRO DEL CAÑO	INCIERTA INCIERTA APRECIABLE	? PERMANENTE PERMANENTE	A 1.5 km. CARACTERIZADO POR EMGRISA
<b>CANAL DEL OESTE-</b>	CUARTEL CON DEPURACION CORRECTA	IRRELEVANTE	PERMANENTE	
<b>LA CABAÑA</b>	VERTIDOS INERTES PEQUEÑA EXTENSION URB. LA CABAÑA	IRRELEVANTE INCIERTA	EFIMERO PERMANENTE	GESTION VERTIDOS LIQUIDOS DESCONOCIDA

SONDEO	SITUACIÓN DETECTADA
Retamares-1	Proximidad de vertidos incontrolados y polígono industrial Indicios : fenoles, hidrocarburos o plomo.
FX-4	Emplazado en zona de vertidos urbanos, muy próximo a un vertedero de grandes dimensiones que parece haber estado funcionando desde hace 20-25 años. Indicios : Concentraciones de sulfatos.
PT-3	Grandes acumulaciones de estiércol y compost en las proximidades de un socavón achacado a afección de la explotación del sondeo. Indicios : No evidentes
CB-12	Proximidad de Club de tiro con eventual acúmulo de plomo en el suelo desde hace varios años. Sin indicios de Pb.
FU-3	Acúmulo de chatarra, bidones y material no identificado en las inmediaciones del sondeo. Sin indicios evidentes.
CA-3	Proximidad de gasolinera. Sin indicios evidentes.
PM-1	Proximidad de gasolinera, intercambiador de RENFE y zona urbanizada. Sin indicios evidentes.
CB-13	Estancamiento efímero de aguas residuales en las proximidades del sondeo.
CB-14	Estancamiento efímero de aguas residuales en las proximidades del sondeo. Sin indicios evidentes. Se desconoce el tiempo de acumulación de aguas residuales.

Aunque en la mayor parte de las ocasiones en estos sondeos no se han detectado indicios evidentes de contaminación, como medida preventiva se impone la necesidad de un control analítico continuo y completo y una caracterización de focos a corto plazo en el entorno hidrogeológico correspondiente.

En la campaña de muestreo de enero de 1996, realizada con ocasión de la parada de los sondeos de los Sistemas Generales, se han detectado hidrocarburos en los siguientes sondeos: CA-5 del Canal Alto y Montealina-6, Retamares y La Cabaña, del Canal del Oeste. Por el momento no parece haber evidencia de que estos hidrocarburos no sean naturales.

En el resto de los sondeos las situaciones de riesgo apreciadas en el diagnóstico, bien por la escasa entidad de los focos bien por la situación del propio sondeo (algunos sin instalar) o por su situación hidrogeológica concreta, son de escasa importancia y no parecen requerir actuaciones inmediatas.

No obstante, por una elemental política de prevención, se impone realizar en ellos controles rutinarios con análisis completos y determinaciones específicas de los elementos minoritarios ya detectados,

señalados en los correspondientes cuadros, particularmente si en alguna ocasión sus concentraciones sobrepasan los límites establecidos.

### **8.2.1 CONCLUSIONES**

El grado de protección de los sondeos de los Sistemas Generales, definido por el espesor de tramos menos permeables hasta el primer tramo filtrante, en general es alto.

La ausencia de datos fiables sobre los focos no permite una calificación precisa de su entidad o magnitud o un juicio objetivo sobre los contaminantes que eventualmente puedan generar. Esta situación se produce particularmente en relación con zonas urbanizadas o de carácter industrial.

Excepto casos excepcionales, los focos puntuales detectados, situados en superficie, pueden ser calificados como de escasa entidad. No se han detectado casos de vertidos emplazados en la zona no saturada o casos de eliminación de los mismos mediante sondeos que alcancen la zona saturada.

No se han detectado indicios evidentes de contaminación asociables de forma inequívoca a los respectivos focos existentes en las proximidades de los sondeos.

Los sondeos que pueden presentar cierto riesgo de afección y que precisan atención más rápida son:

Montealina 6 y 7, Retamares-1, FX-4, PT-3, CB-12, FU-3, CA-3, PM-1, CB-13 y CB-14.

En relación con estos sondeos se deberían contemplar las siguientes acciones a corto plazo :

- ✓ seguimiento analítico.
- ✓ caracterización de los focos y entorno próximo de los mismos con determinación de la extensión e intensidad de la eventual contaminación que puedan o hayan podido estar provocando.
- ✓ estudio de detalle de la hidrogeología del entorno con consideración del régimen de explotación de los sondeos.





Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España



Canal de  
Isabel II

**CAPÍTULO 9**  
**MEDIDAS DE PROTECCIÓN**

## **9. MEDIDAS DE PROTECCIÓN**

La protección del acuífero de Madrid se inscribe en el marco de la política hidráulica del país que incluye, entre otras muchas, actuaciones como la propuesta de establecimiento de un amplio perímetro de protección (Plan Hidrológico de la Cuenca del Tajo), actuaciones en la gestión de residuos (C.A.M.), desarrollo de programas sobre contaminación, etc.

Un aspecto a destacar en esta política de protección y prevención es el del establecimiento de Redes Oficiales de observación de la calidad de las aguas, actualmente en fase de diseño, que se extienden al acuífero de Madrid y al área de Torrelaguna.

Aparte de estas actuaciones a escala de acuífero, el C.Y.II ha puesto en práctica otras medidas de prevención y protección de los sondeos de los Sistemas Generales como son el control analítico periódico de sondeos, vallado y acondicionamiento, desvío de efluentes, estudios de impacto ambiental, etc., así como un estudio sobre diseño y establecimiento de perímetros de protección adecuados para estas captaciones.

Precisamente porque en los sondeos de los Sistemas Generales concurren en un nivel óptimo las condiciones básicas de una situación satisfactoria de las aguas subterráneas : buena calidad general del recurso a proteger, sin evidencias de claros impactos antrópicos, grado de protección alto (vulnerabilidad baja) y ausencia de focos significativos en sus inmediaciones, las medidas de prevención y protección son particularmente interesantes para preservar esta situación general.

Las que se consideran más efectivas son:

### **9.1 ESTABLECIMIENTO DE UNA RED DE VIGILANCIA PARA CONTROL DE LOS SISTEMAS GENERALES.**

Sin menoscabo de que el C.Y.II, mediante los procedimientos adecuados, pueda participar de la información que proporcionen las redes oficiales de control, resulta de interés que disponga de puntos específicos de control, además de la red de observación y control constituida por los propios sondeos de explotación. Dichos puntos podrían, incluso, ser integrados en la red oficial de la cuenca a modo de red específica.

Dado que el objetivo prioritario de esta red específica sería detectar y prevenir eventuales afecciones en los sondeos de abastecimientos humanos por posibles focos de contaminación en sus

proximidades, la red debería ser diseñada, teniendo en cuenta la posición de los focos existentes en relación con los sondeos del Sistema General, con puntos de control posicionados entre los focos y los sondeos de abastecimiento.

Ello exigiría bien la construcción de nuevos sondeos entre el foco y el sondeo a controlar bien la existencia previa de este tipo de punto de control entre el foco y la captación.

El coste innecesario de la primera opción, en las circunstancias actuales y la inexistencia de puntos inventariados que satisfagan la segunda desaconseja el diseño de este tipo de red.

Las "circunstancias actuales", mencionadas en el párrafo anterior, son las siguientes :

- los sondeos de los Sistemas Generales caracterizan un entorno relativamente seguro ante eventuales afecciones puntuales tanto por su protección en superficie como por los tramos de cementación de que disponen, la posición de sus tramos filtrantes la litología de su entorno, - poco favorable para la rápida circulación de contaminantes-, etc.
- no existen de focos de contaminación importantes en el entorno más próximo de los sondeos.
- no se han detectado evidencias de afección antrópica
- el quimismo de las aguas captadas en los sondeos de los Sistemas Generales y en sus inmediaciones no presenta variaciones de consideración por regla general.

Se considera más operativo y práctico el diseño de una red de control general del quimismo en las proximidades de los Sistemas Generales que actúe a modo de semáforo cuyos datos permitan la detección de situaciones de variación acusada de la composición química del agua subterránea.

El control obtenido por esta red de tipo general se complementa con actuaciones específicas, más decisivas, de caracterización de eventuales efectos ya producidos (extensión de penachos e intensidad de afección) en las proximidades de algunos sondeos en cuyas inmediaciones se ha advertido la existencia de cierto riesgo que se citan más adelante.

Se considera suficiente, en esta primera etapa de propuesta, la utilización de puntos inventariados en las proximidades de las captaciones de los sondeos de los Sistemas Generales incluso con sus deficiencias de equipamiento para la realización de medidas y toma de muestras.

Los criterios utilizados para el diseño de la red que se propone y las especificaciones de muestreo que, en su caso, podrían ser tenidos en cuenta para el diseño de la red oficial son los siguientes :

**A.- PUNTOS A INCLUIR**

\* Sondeos de los Sistemas Generales en que se hayan advertido variaciones bruscas del quimismo, en los que se hayan detectado concentraciones de algunos constituyentes por encima de los límites de la R.T.S. o sondeos en que se haya advertido la existencia de cierto riesgo por presencia de focos puntuales de relativa entidad, con el propósito de constatar la persistencia de situaciones problemáticas o la aparición de eventuales afecciones.

\* Sondeos ubicados en las inmediaciones de los Sistemas Generales, con profundidades entre 100 y 250 m, con la idea de detectar eventuales cambios bruscos en la composición en la parte superior del acuífero, primera afectada en caso de afección proveniente de la superficie.

Por las características de los sondeos inventariados esta situación ideal no siempre se ha conseguido.

\* Resto de los sondeos de los Sistemas Generales que, aunque no considerados como constituyentes de la red, deben seguir siendo sometidos a control periódico.

Dentro de las limitaciones impuestas por los inventarios disponibles, se ha procurado establecer mayor densidad de puntos de control en áreas de posible influencia de entornos urbanos o industriales, como es el caso de la zona del Canal del Oeste, que en áreas menos influenciadas por este tipo de entorno, como pueden ser los campos de Torrelaguna, Fuencarral o Canal Bajo.

**B.- FRECUENCIA DE MUESTREO**

El muestreo debería de ser periódico en sondeos de los Sistemas Generales en que se han apreciado variaciones bruscas del quimismo, se han detectado alguna vez concentraciones de determinados elementos por encima de los límites de la R.T.S. o en los que se ha apreciado la existencia de cierto riesgo a fin de constatar la persistencia de estas situaciones o la aparición eventuales afecciones y determinar su importancia.

Dada la ausencia de variaciones acusadas de quimismo en la zona, salvo casos excepcionales, se recomienda menor frecuencia de muestreo en los demás sondeos de los Sistemas Generales y en el resto de los sondeos excepto en el caso de que se detecten concentraciones elevadas de

constituyentes en los primeros análisis o alguna nueva variación brusca en controles sucesivos en cuyo caso la frecuencia de muestreo deberá reducirse.

#### **C.- PARÁMETROS A CONTROLAR**

Los análisis a realizar sobre las muestras obtenidas deben ser completos y, en cualquier caso, deben extenderse a los parámetros incluidos en la normativa sobre calidad del agua potable.

#### **D.- MODO DE MUESTREO**

Pese a sus limitaciones, el procedimiento de obtención de "muestras representativas" debe ser el de bombeo. Como norma general, la obtención de muestras mediante tomamuestras debe ser rechazada. El tiempo de bombeo previo a la toma de muestras debe ser definido en función del tiempo necesario para la estabilización en la medida de parámetros in situ y no de "tiempos medios", determinados en función del tiempo necesario para el vaciado de varias veces el volumen de agua contenido en el sondeo antes de su puesta en marcha.

#### **E.- OTRAS CIRCUNSTANCIAS DEL MUESTREO**

Otros aspectos del muestreo de los puntos de control como realización de medidas in situ, calibración de instrumentos, envasado, identificación, transporte y conservación de muestras deben ser encomendados a personal técnico debidamente cualificado, capaz de apreciar y valorar las circunstancias específicas de cada toma de muestras siguiendo los procedimientos establecidos.

#### **E.- LABORATORIOS**

La realización de análisis de muestras de aguas subterráneas debe ser asumida por el órgano gestor del correspondiente punto de control.

Se hace especial hincapié en el hecho de que debe evitarse a toda costa la realización de análisis en laboratorios diferentes, particularmente si la precisión de los métodos analíticos utilizados no es la misma.

Esta recomendación nace de la experiencia obtenida en este estudio, sobradamente constatada en otros muchos.

La diferencia de límites de detección en procedimientos analíticos distintos conlleva incertidumbres de interpretación insalvables, particularmente en lo que se refiere a la existencia o inexistencia, persistencia o no persistencia de elementos minoritarios en determinados sondeos o determinadas épocas.

El inconveniente mínimo que puede derivarse de esta situación sería la repetición del muestreo o la realización de nuevos análisis sobre las antiguas muestras que, en el caso improbable de haber sido conservadas, no reunirían las mismas condiciones que las presentadas en el momento del anterior análisis.

Con estos presupuestos de partida, la red que se propone está constituida por los sondeos que se indican el cuadro 9.1, cuya situación se refleja en las figuras 9.1 a 9.5. Las correspondientes fichas de los sondeos incluidos en la red, no pertenecientes a los Sistemas Generales, se incluyen en el anejo 9.1.

## **9.2 ACTUACIONES EN LOS SISTEMAS GENERALES**

Las actuaciones son aplicables a áreas específicas en cuyo entorno próximo se ha apreciado la existencia de focos puntuales y cierta situación de riesgo.

Estas actuaciones específicas se detallan en el capítulo 8 de esta memoria.

Aparte del control frecuente en estos sondeos, la minimización de riesgos exige el desarrollo de un plan de cuantificación de afecciones eventualmente ya producidas en el entorno de los mismos.

Este plan, al que la Administración no es ajena, debería incluir :

- \* caracterización de focos, particularmente, en entornos de influencia urbana o industrial.
- \* localización y caracterización espacio-temporal de eventuales penachos de contaminación.
- \* estudio hidrogeológico de detalle en el que se considere especialmente la situación generada en el entorno de los sondeos por su régimen de explotación.







- \* experiencias sobre el comportamiento de contaminantes específicos en dicho entorno.
- \* modelización de procesos de transporte en su caso.
- \* alternativas de actuación.

Dicho plan lleva involucradas notables exigencias de medios así como probables conflictos de competencias.

No obstante, dado el interés específico que representa para la protección de sus captaciones y, en definitiva, para el conjunto de la Comunidad, es preciso que el C.Y.II participe con los Organismos competentes en la puesta en marcha de este plan y establezca con ellos vías de colaboración en el desarrollo del mismo.

### **9.3 PERÍMETROS DE PROTECCIÓN**

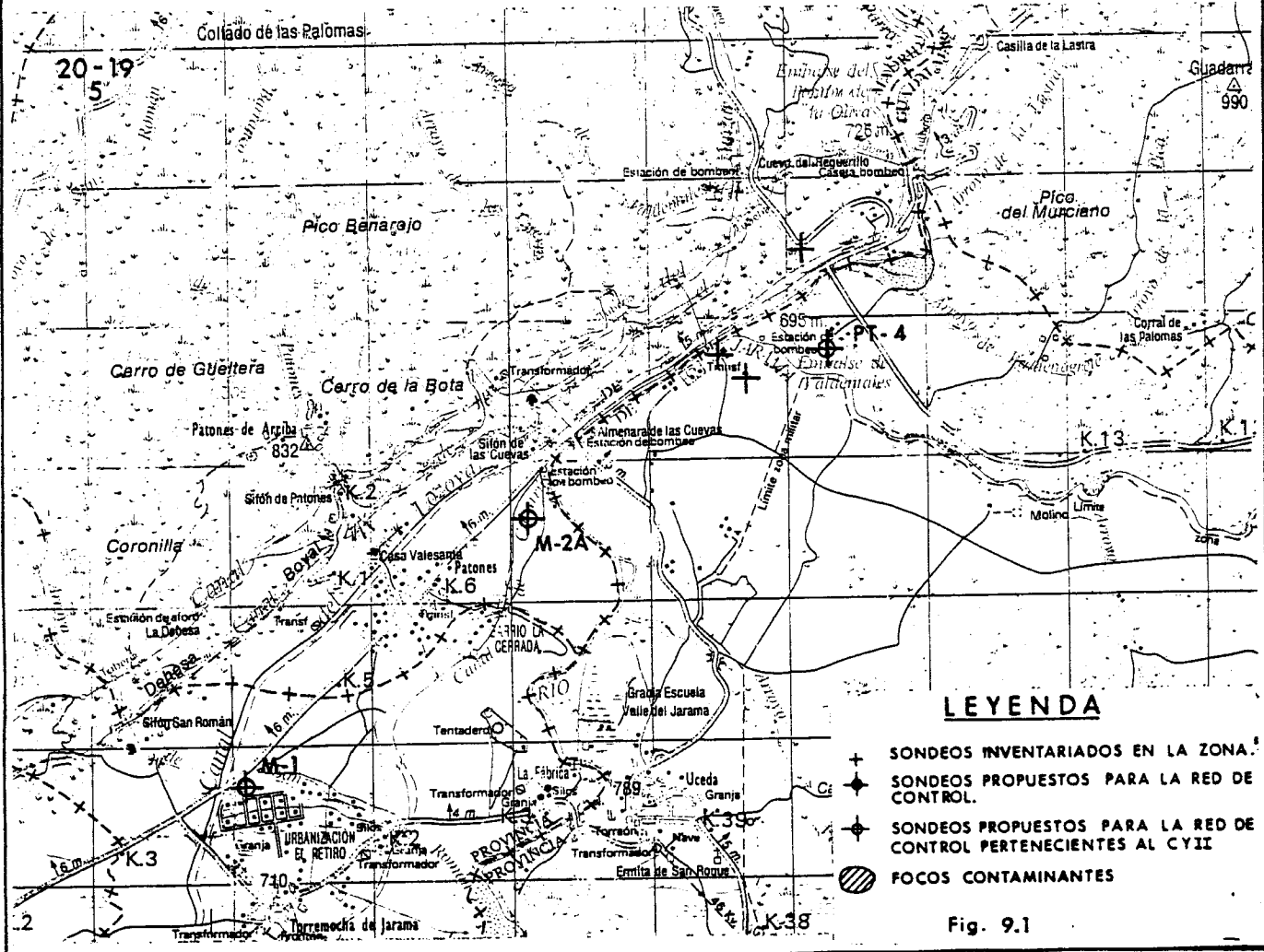
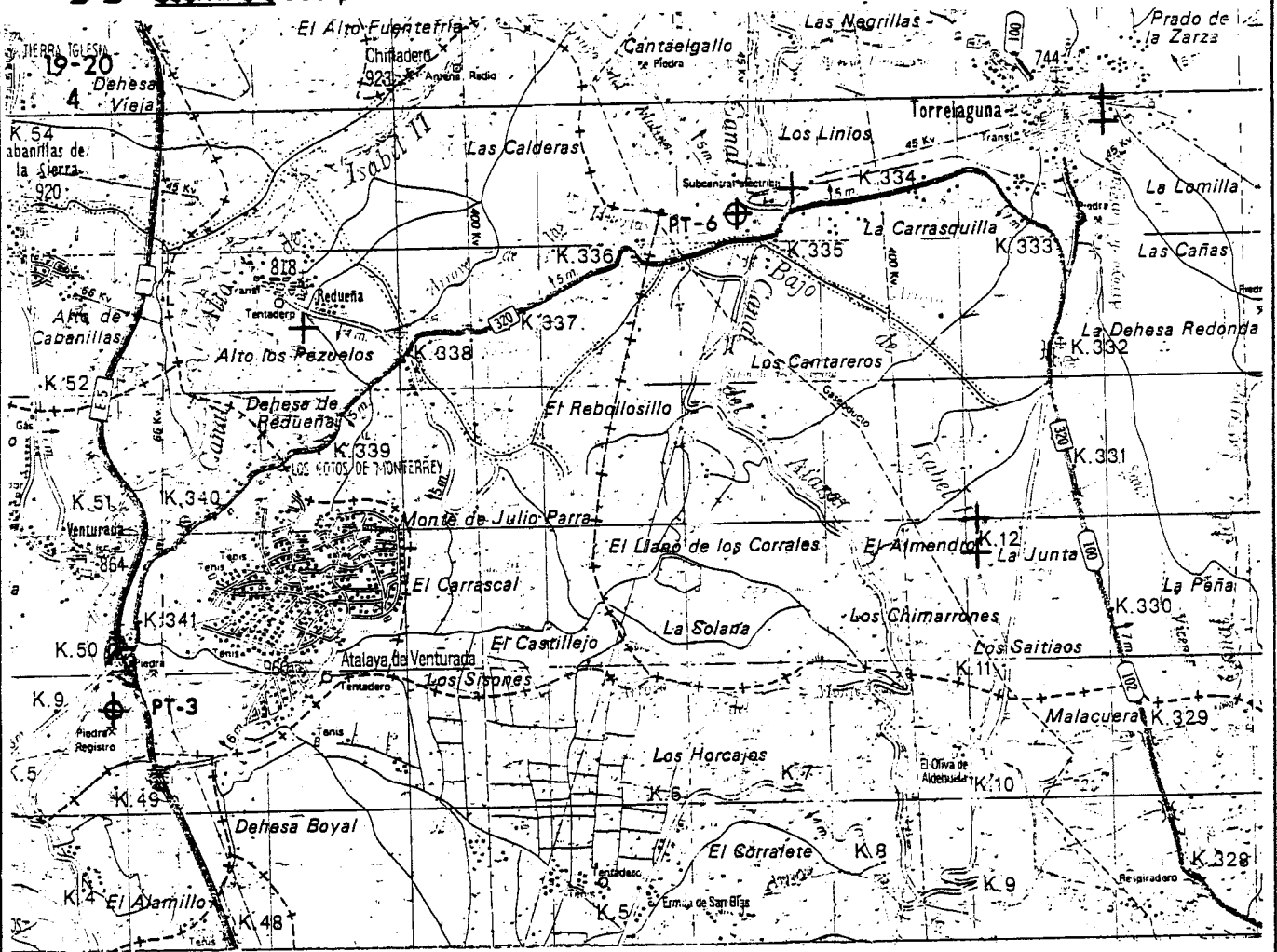
Actualmente el C.Y.II realiza estudios para la definición de perímetros de protección de los sondeos de los Sistemas Generales.

En relación con el tema, conviene hacer hincapié en dos aspectos fundamentales que, sin duda, serán tenidos en cuenta en los citados estudios.

Un primer aspecto, inseparable de lo apuntado en el epígrafe anterior, es el relacionado con la eficacia de tales perímetros.

La implantación de un perímetro, con restricciones progresivas de actividades en su interior, sólo tiene efectos "a futuro", ciertamente eficaces y beneficiosos. Esta implantación, sin la consideración de las eventuales afecciones ya producidas por focos preexistentes o, incluso, desaparecidos y la no subsanación previa de tales afecciones puede ofrecer una sensación, y hasta un convencimiento, falsamente tranquilizador de protección, sin los efectos deseables de protección real del recurso captado en los sondeos pretendidamente protegidos.

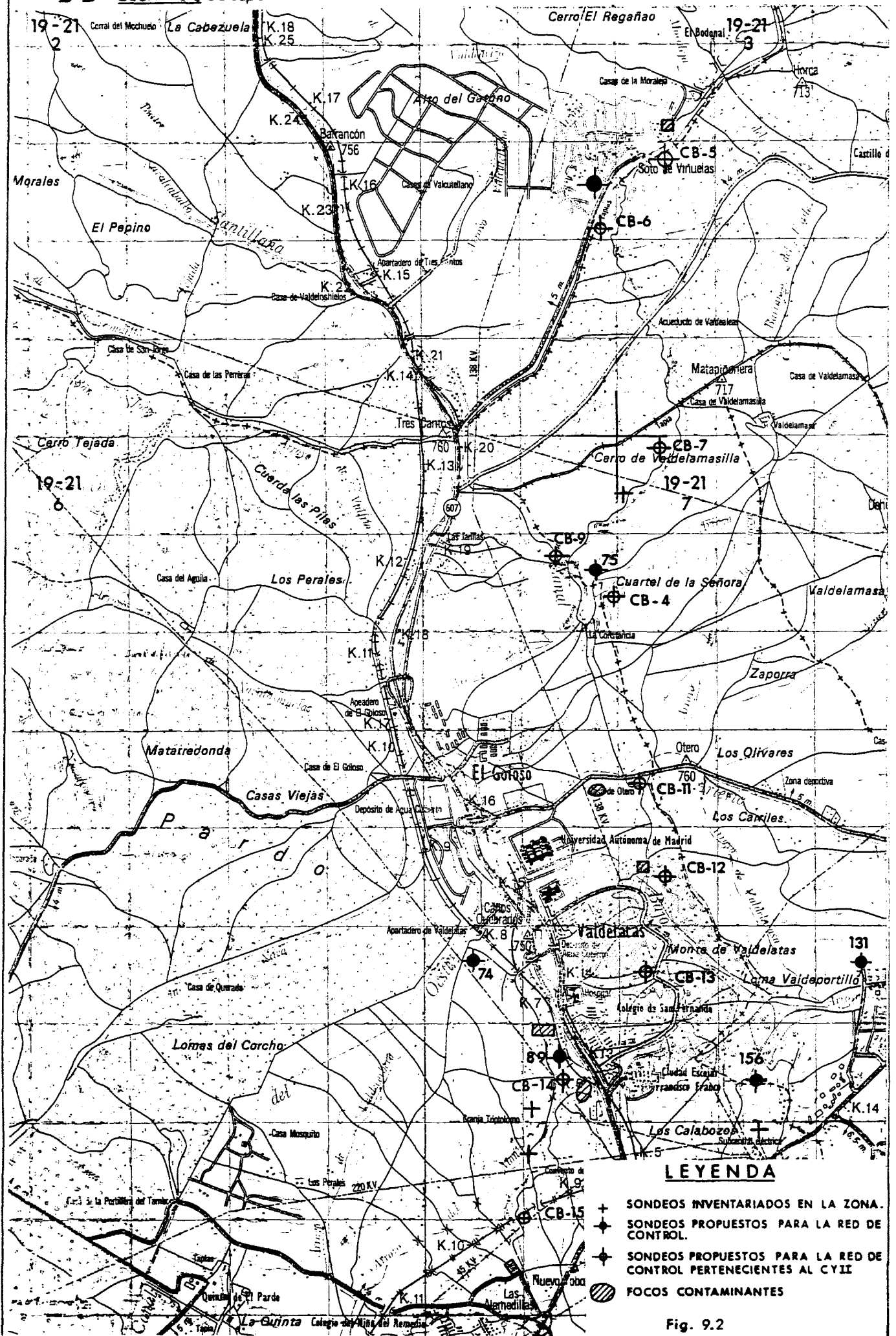
Aunque en el presente estudio no se han encontrado evidencias, en algunos casos que se mencionan en el capítulo 8 deberían preverse las posibles afecciones al entorno próximo de los sondeos. Aún a riesgo de que la recomendación resulte reiterativa, se ha de insistir en que la cuantificación y eventual



LEYENDA

- + SONDEOS INVENTARIADOS EN LA ZONA.
- ◆ SONDEOS PROPUESTOS PARA LA RED DE CONTROL.
- ◆ SONDEOS PROPUESTOS PARA LA RED DE CONTROL PERTENECIENTES AL CYII
- FOCOS CONTAMINANTES

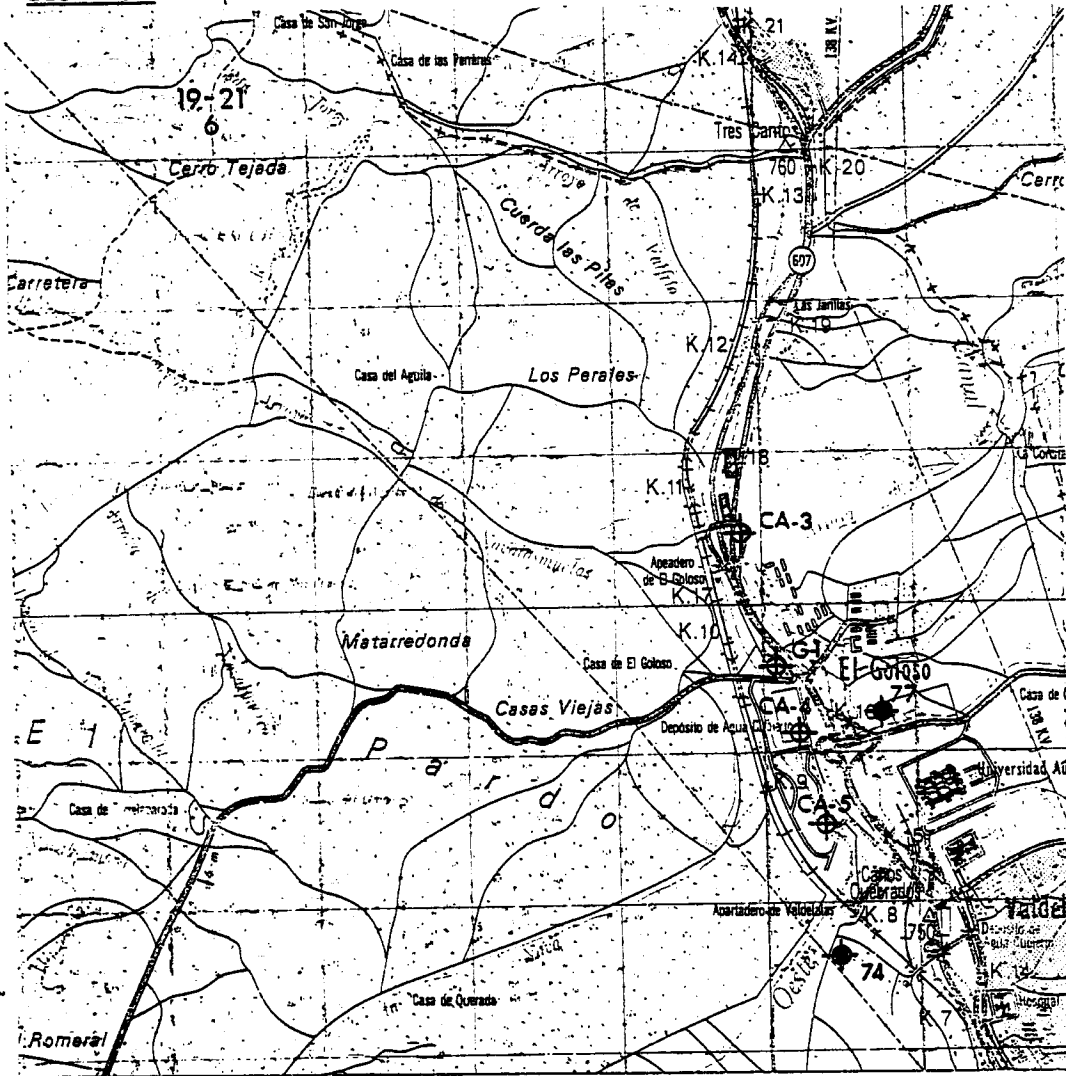
Fig. 9.1



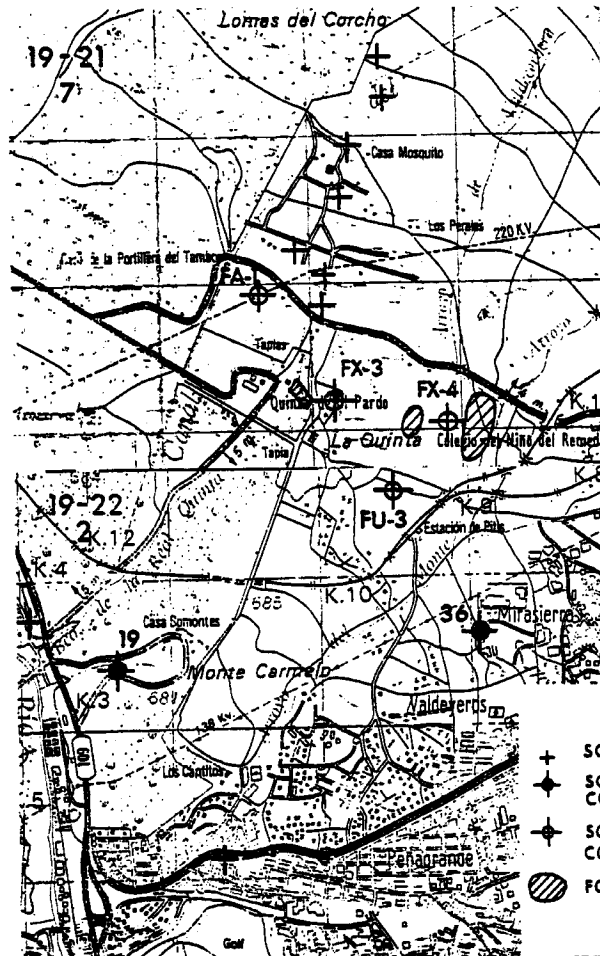
**LEYENDA**

- + SONDEOS INVENTARIADOS EN LA ZONA.
- SONDEOS PROPUESTOS PARA LA RED DE CONTROL.
- ⊕ SONDEOS PROPUESTOS PARA LA RED DE CONTROL PERTENECIENTES AL CYII
- ⊗ FOCOS CONTAMINANTES

Fig. 9.2



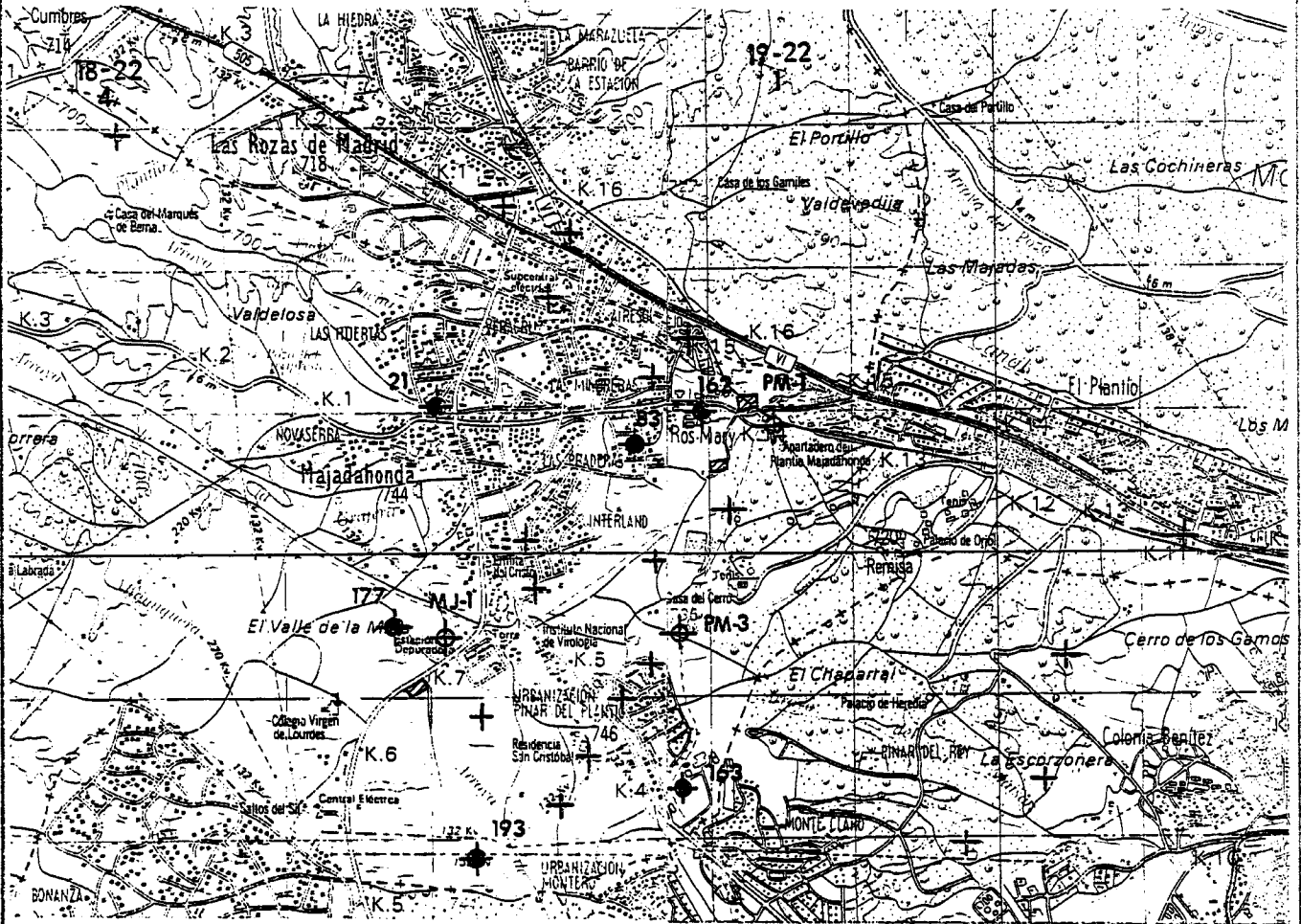
CAMPO: Fuencarral



LEYENDA

- + SONDEOS INVENTARIADOS EN LA ZONA.
- ◆ SONDEOS PROPUESTOS PARA LA RED DE CONTROL.
- ◆ SONDEOS PROPUESTOS PARA LA RED DE CONTROL PERTENECIENTES AL CYII
- ◐ FOCOS CONTAMINANTES

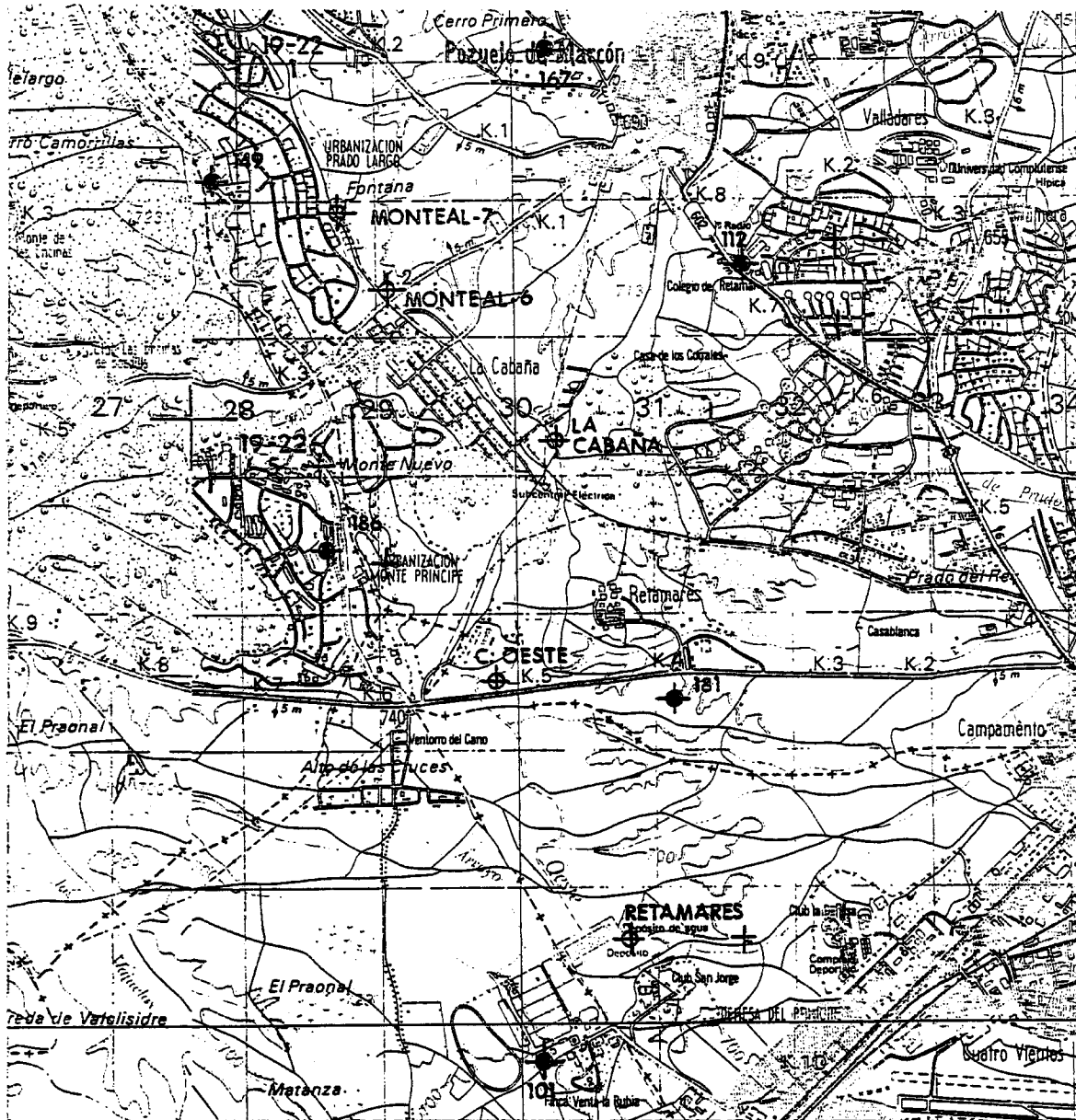
Fig. 9.3



**LEYENDA**

- + SONDEOS INVENTARIADOS EN LA ZONA.
- ◆ SONDEOS PROPUESTOS PARA LA RED DE CONTROL.
- ⊕ SONDEOS PROPUESTOS PARA LA RED DE CONTROL PERTENECIENTES AL CYII
- ⊗ FOCOS CONTAMINANTES

Fig. 9.4



**LEYENDA**

- + SONDEOS INVENTARIADOS EN LA ZONA.
- ◆ SONDEOS PROPUESTOS PARA LA RED DE CONTROL.
- ◆ SONDEOS PROPUESTOS PARA LA RED DE CONTROL PERTENECIENTES AL CYII
- ▨ FOCOS CONTAMINANTES

Fig. 9.5

corrección de estas situaciones resulta necesaria para una protección eficaz a largo plazo de los mencionados sondeos.

Un segundo aspecto que conviene resaltar es el de la relatividad de las conclusiones derivadas de una metodología de definición cuantificada de perímetros, basada en estimaciones o utilización de "datos medios razonables", situaciones hidrogeológicas regionales, etc. Sería deseable, cuando el caso lo requiera, contar con el apoyo de experiencias de caracterización del medio in situ y de estudios hidrogeológicos de detalle que contemplen específicamente los esquemas de explotación y sus implicaciones hidrogeoquímicas.

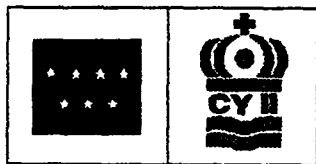
#### **9.4 OTRAS MEDIDAS**

Aparte del mantenimiento de las medidas actuales de protección y de la aplicación de las mismas a los sondeos de nueva construcción, otras medidas de carácter práctico general que conviene poner en práctica son:

- \* Vigilancia del entorno y de las situaciones de riesgo en las proximidades de los sondeos por los Órganos competentes.
- \* Diseño de planes de actuación en caso de riesgo cierto o consumación de afecciones, particularmente en momentos críticos.
- \* Conocimiento de los planes de gestión de recursos y residuos.



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España



Canal de  
Isabel II

CAPÍTULO 10  
CONCLUSIONES GENERALES



## 10. RESUMEN Y CONCLUSIONES GENERALES

El estudio de "CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL C.Y.II", fruto del Acuerdo Específico para el desarrollo de un Programa de asistencia técnica del I.T.G.E al C.Y.II, abarca un área de 1800 km<sup>2</sup> que incluye los Sistemas Generales de Torrelaguna, Canal Alto-El Goloso, Canal Bajo, Fuencarral, Plantío-Majadahonda y Canal del Oeste.

Sus principales objetivos se resumen en :

\* **Caracterización espacio-temporal de la calidad** de las aguas subterráneas en el área de influencia del C.Y.II y, particularmente, en las captaciones de los Sistemas Generales mencionados.

\* **Caracterización de los factores que podrían incidir negativamente en dicha calidad**, en la situación particular de vulnerabilidad del acuífero y de presencia actual de focos potenciales de contaminación.

\* **Diseño de medidas de protección adecuadas** para el mantenimiento de la calidad del recurso y, consiguientemente, de su utilización sostenida.

La Memoria del informe, que incluye 182 cuadros, 134 figuras y 48 planos y se completa con anexos a cada capítulo y con anexos generales de inventario, cartografía y fichas bibliográficas, se estructura, en paralelo con la metodología seguida, de acuerdo con el siguiente

### ÍNDICE GENERAL.

- 1.- Antecedentes.
- 2.- Objetivos.
- 3.- Metodología.
- 4.- Caracterización del medio.
- 5.- El quimismo histórico: Caracterización preliminar de la calidad en el conjunto de la zona.
- 6.- Caracterización de la calidad actual :
  - . La calidad en el conjunto de la zona.
  - . La calidad en los Sistemas Generales.
- 7.- Los focos potenciales de contaminación.
- 8.- La vulnerabilidad del medio y el riesgo de contaminación.
- 9.- Medidas de protección.
- 10.- Conclusiones.

Los apartados siguientes pretenden sintetizar los rasgos más sobresalientes del estudio y, particularmente, las principales conclusiones generales derivadas mismo.

### 10.1. METODOLOGÍA. TRABAJOS REALIZADOS.

Los hitos metodológicos más destacables del estudio han sido :

**\*Recopilación y análisis de la información disponible con :**

**Revisión y síntesis de más de 200 documentos** relativos a la hidrogeología, hidroquímica, contaminación y otros aspectos de interés en la zona. Ello ha posibilitado **la caracterización del medio** en sus aspectos geológicos, hidrogeológicos, etc.

**Análisis de los inventarios** de puntos de agua del I.T.G.E, C.Y.II, MOPTMA, SGOP, y UNIVERSIDAD y de cuanta información analítica dispersa ha sido posible recopilar.

**Obtención de datos** disponibles, incompletos y dispersos, **sobre focos de contaminación** (R.S.U y residuos líquidos agrícolas, industriales y urbanos) procedentes, en su mayor parte, de la C.A.M.

**\* Depuración y homogeneización de la información analítica**, entre 1971 y 1994, que ha permitido la selección de 731 análisis químicos de elementos mayoritarios y 273 de elementos minoritarios, correspondientes a 363 puntos de muestreo de entre los más de 6000 puntos considerados en la etapa previa de selección. 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. La evolución temporal se ha caracterizado a partir de 239 análisis químicos en 24 puntos de control, con series de más de cinco análisis, a menudo discontinuas, en el periodo 1980-1994.

**\* Actualización de la información sobre calidad y focos de contaminación. Incluye :**

**Revisión y comprobación de inventarios de puntos de agua in situ y de focos potenciales de contaminación** como paso previo al diseño de campañas de muestreo.

**Realización de dos campañas de muestreo y toma de datos en primavera y otoño de 1995. Sobre la base analítica de estas campañas, 210 análisis químicos completos, con 32 determinaciones de constituyentes mayoritarios y minoritarios, lo que arroja casi 7000 determinaciones de constituyentes individuales, a los que hay que añadir los realizados por el C.Y.II en enero de 1996, se ha definido la calidad actual (1995-1996) en el conjunto de la zona y en los Sistemas Generales separadamente.**

**Localización de focos potenciales y estimación del riesgo asociado de contaminación en el conjunto de la zona y en entornos de 2000 y 500 m alrededor de cada sondeo de los Sistemas Generales. La localización de focos en el entorno de 500 m de cada sondeo se ha efectuado mediante inspección in situ.**

**\* Definición del riesgo potencial de contaminación en 41 sondeos de los Sistemas Generales basada en la ponderación de las siguientes circunstancias: existencia de focos actuales de alguna entidad en sus inmediaciones, existencia de grado de protección activa o pasiva suficiente en cada sondeo y existencia de indicios analíticos de contaminación achacables a los focos detectados.**

**\* Definición de la vulnerabilidad del medio, con la consideración de aspectos teóricos y metodológicos y determinación de espesores no saturados y tiempos de tránsito en 52 pozos someros y en los citados 41 sondeos de los Sistemas Generales. El tiempo de tránsito de un contaminante ideal desde la superficie hasta el límite superior de la zona saturada y el cociente entre longitud total de tramos menos permeables hasta el primer tramo filtrante y la profundidad de éste se utilizan como parámetros indicativos del grado de vulnerabilidad en el punto considerado.**

**Las conclusiones más sobresalientes del estudio se resumen en los siguientes apartados.**

## **10.2 CONOCIMIENTO DEL MEDIO**

El análisis de la documentación mencionada en el apartado anterior ha permitido la realización de una **síntesis de conocimientos** sobre el acuífero de Madrid en la zona de estudio y, en particular, **sobre los modelos conceptuales de flujo, hidroquímico y de contaminación** generalmente admitidos como válidos para la zona.

Pese a los trabajos realizados con anterioridad, **subsisten numerosas dudas** en aspectos de detalle, importantes cuando se trata de abordar de forma cuantificada cuestiones como las de la vulnerabilidad o protección del acuífero, comportamiento de contaminantes, etc.

Entre ellas: distribución de litologías y facies mineralógicas; parámetros y funcionamiento hidráulico; recarga y zonación de posibles zonas preferenciales de infiltración y circulación; existencia, posición, variaciones y características de la zona no saturada regional; afecciones entre sondeos; caracterización de focos; origen, persistencia y, aún, existencia de constituyentes minoritarios; procesos modificadores del quimismo, etc.

Las limitaciones de conocimiento en estos aspectos inducen notables incertidumbres en la interpretación de procesos hidroquímicos naturales o inducidos tanto a nivel regional como en las proximidades de los Sistemas Generales.

### 10.3 QUIMISMO DE LA ZONA

#### A.- Quimismo histórico.

Los antecedentes analíticos históricos demuestran que las aguas subterráneas en el conjunto de la zona presentan buena calidad general, con mineralización y dureza frecuentemente moderadas y facies predominantes bicarbonatada cálcica, sulfatada cálcica y bicarbonatada sódica. El rango máximo de conductividad detectado es de 50 a 4600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ; sin embargo, las conductividades medias en las campañas con registro analítico más extenso oscilan entre 450 y 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

La distribución espacial de concentraciones de elementos mayoritarios es similar a la puesta de manifiesto en estudios anteriores y refleja el hecho de que las diferencias litológicas constituyen el primer factor condicionante del quimismo de las aguas subterráneas de la zona.

En líneas generales el comportamiento hidroquímico, que responde, como era de esperar, a estas influencias predominantes de la litología de la zona, es muy complejo, en respuesta lógica a la superposición de dos dominios hidroquímicos concretos en el acuífero: el carbonatado y el silicatado. Las probables influencias del entorno inmediato de los puntos en que se controla el quimismo, con procesos modificadores múltiples y simultáneos, provocan divergencias entre el quimismo observado y el esperable según el modelo hidroquímico conceptual propuesto para la zona.

Pese a la dificultad de caracterización del quimismo en profundidad, derivada principalmente del método de muestreo, **no se han detectado de forma inequívoca aumentos de concentración de constituyentes con el aumento de profundidad de las captaciones.**

Tanto si se considera el conjunto de la serie temporal como si se consideran intervalos específicos dentro de la misma, **se detectan notables variaciones puntuales, positivas y negativas, en periodos cortos de tiempo, en la configuración iónica de las aguas subterráneas, asociadas a cambios paralelos de concentración de un conjunto de iones mayoritarios, no a variaciones de un único o par de iones característicos que pudieran reflejar la incidencia de un único proceso geoquímico en estas variaciones.**

**Dichas variaciones no se asocian a captaciones de determinada profundidad, aunque parecen ser de menor entidad en las captaciones más profundas, ni a cambios significativos del nivel piezométrico ni a variaciones en el método de muestreo.**

**Las tendencias o pautas de variación temporal de conductividad o nitratos observadas a lo largo de la serie histórica son múltiples, cambian de un año a otro y no se pueden considerar, en general, como una característica del pozo constante a largo plazo. Cada pauta de variación no es propia de un tipo determinado de captación ni parece poder asignarse a una profundidad de sondeo concreta ni a una localización espacial ni a una situación hidrogeológica determinada.**

**Las limitaciones de uso, particularmente en la zona más somera del acuífero, son puntuales, dispersas y, a menudo, probablemente no persistentes. Históricamente estas limitaciones han sido debidas, fundamentalmente, a la presencia de nitratos o nitritos. La presencia de nitratos, en particular, puede considerarse como una “constante histórica” del acuífero pues aparecen en el 78% de las captaciones con máximo registro histórico, desde el comienzo de las series, si bien en el 89% de las ocasiones no sobrepasan los límites de la R.T.S.**

El rango más frecuente de las concentraciones de nitratos o nitritos que sobrepasan los límites establecidos era de 50-70 y de 0.1-0.4 mg/l, respectivamente.

**En menor proporción la causa de objetabilidad ha sido la presencia de concentraciones excesivas de sulfatos, sodio, potasio o magnesio y, excepcionalmente, la presencia de Fe y As u otros elementos minoritarios atribuibles, en general, a procesos naturales o de envejecimiento de las tuberías de los sondeos.**

## B.- Quimismo actual.

Actualmente (1995), salvo casos puntuales, las aguas subterráneas de la zona presentan **buena calidad general**, con predominio de **facies bicarbonatada cálcica y bicarbonatada sódica**, rango más frecuente de **conductividad entre 100 y 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$** , concentraciones de elementos mayoritarios que se mantienen en rangos de pocas decenas de miligramos/litro y **dureza moderada**, con una distribución espacial, concordante en líneas generales con la observada en estudios anteriores, que refleja las **influencias litológicas** ya señaladas.

El análisis pormenorizado de los datos analíticos de constituyentes individuales, de sus relaciones y el de éstas con el medio permiten sintetizar los aspectos más destacables del quimismo de las aguas subterráneas en :

- \* **Correspondencia estrecha entre litología y quimismo**, con detección de influencias litológicas determinantes en la zona sur y en el área de Torrelaguna.
- \* **Actuación simultánea de complejos procesos de modificación del quimismo** entre los que parecen destacar : precipitación de carbonatos, intercambio iónico y, posiblemente, reducción de nitratos.
- \* **Existencia de procesos significativos de aporte de sodio, magnesio y calcio diferentes a los de disolución de carbonatos o sales tipo  $\text{ClNa}$  o  $\text{SO}_4\text{Ca}$** , circunstancia lógica en un dominio detrítico silicatado como el del acuífero de Madrid.
- \* **Reducida presencia de elementos minoritarios**, excepto F, Fe, Zn, As y fenoles que, dadas las concentraciones a que han sido detectados, son atribuibles a **procesos naturales de incorporación de estos elementos desde la matriz del acuífero** o, en casos particulares, a procesos de corrosión de tuberías en captaciones antiguas. La presencia de nitritos, a las concentraciones observadas, nada inusuales en este tipo de acuíferos, podría ser justificada por procesos naturales de reducción de nitratos.
- \* **No detección de procesos generalizados y significativos de contaminación de origen antrópico**. Estos se reducen a **casos puntuales dispersos**, asociados por lo común a entornos de influencia urbana y caracterizados, generalmente, por la presencia de concentraciones de compuestos nitrogenados ligeramente por encima de los límites de la R.T.S.
- \* **Existencia de una situación muy compleja y dinámica de modificación del quimismo**

del agua subterránea, con frecuentes aumentos o disminuciones de concentración de constituyentes. Estas variaciones, sin embargo, se mantienen en un rango de +/- 20 mg/l para la mayor parte de los constituyentes mayoritarios en el 80-100% de las ocasiones y se caracterizan por no presentar una tendencia dominante al aumento o disminución ni aparecer sistemáticamente ligadas a un área, una profundidad, una litología, un comportamiento hidroquímico constante ni a una situación hidrogeológica o de explotación determinadas.

\* Situación, en consecuencia, sustancialmente estable, tanto en la configuración química general, como a escala de constituyentes individuales y conductividad.

Esto, sin embargo, no excluye el hecho puntual de que algunos sondeos, de similares características y muy próximos entre sí, presenten pautas de comportamiento diferentes ni que se detecten situaciones puntuales de variación de la configuración química de apreciable magnitud, no justificadas suficientemente. Ello induce a pensar que los contrastes en las variaciones de escasa magnitud deben interpretarse, probablemente, como efecto de la influencia del entorno inmediato de los puntos de muestreo e, incluso, del régimen de su explotación.

#### 10.4 QUIMISMO EN LOS SISTEMAS GENERALES

A partir de los datos de las tres campañas de muestreo realizadas en los sondeos de los Sistemas Generales puede concluirse que :

\* La composición química del agua subterránea captada en los sondeos de los Sistemas Generales conlleva una calidad general excelente por lo general, con rangos bajos de concentración de elementos mayoritarios y minoritarios en la mayor parte de las ocasiones y valores extremos reducidos, de acuerdo con lo esperable de su ubicación en dominios litológicos concretos.

La configuración química de estas aguas es la que se indica en el cuadro siguiente :

**CONSTITUYENTES MAYORITARIOS**

CONSTITUYENTE	VALORES EXTREMOS (mg/l)	VALORES MÁS FRECUENTES (mg/l)
Cl	6-244	0-20
SO <sub>4</sub>	1-713	0-100
HCO <sub>3</sub>	75-242	100-200
NO <sub>3</sub>	1-24	0-10
Na	2.7-181	0-50
Mg	1.5-40	0-10
Ca	6-295	0-50
K	0.6-3.6	0-2
SiO <sub>2</sub>	9.9-69.2	20-60
Conduct. (μS/cm)	175-1250	200-400

**CONSTITUYENTES MINORITARIOS**

CONSTITUYENTE	VALORES EXTREMOS (mg/l)	VALORES MÁS FRECUENTES (mg/l)
NO <sub>2</sub>	0.04-0.18	0-0.1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.06-0.13	0.01-0.1
F	0.5-4	0-0.7
Fe	0.05-0.24	0-0.1
Zn	0.05-0.55	0-0.1
Cr	0.025-0.049	0-0.049
As	0.01-0.058	0-0.05
Fenoles	0.0005-0.001	0.0005-0.001

\* Las facies hidroquímicas predominantes son la bicarbonatada sódica, bicarbonatada cálcica y sulfatada cálcica que, en conjunto, representan casi el 75% de frecuencia de aparición.



\* Se trata de **aguas predominantemente de blandas a duras**, sólo muy duras en el Campo de Torrelaguna, y **con buena calidad para el riego**. ( 80% de la clase C2-S1).

\* Estas aguas presentan por lo común **excelente calidad para consumo humano**. Algunos casos que se apartan de dicha situación, **esporádica y excepcionalmente**, se presentan en algunos pocos sondeos, particularmente en relación con concentraciones de algunos elementos (sulfatos, nitritos, manganeso, hierro, fenoles, arsénico o hidrocarburos). Estas situaciones **puntuales concretas no parecen preocupantes**, particularmente si se tiene en cuenta la dilución que sufren las aguas subterráneas al ser incorporadas a la red general.

Hay que destacar el hecho generalizado de la **no persistencia de concentraciones de un elemento determinado por encima del límite de la R.T.S. en el mismo sondeo**.

\* La **presencia de algunos de estos elementos** limitadores de potabilidad, superando los límites en muy poca cuantía, parece poder ser atribuida en buena medida a un **causas naturales** por la dispersión y bajas concentraciones observadas y su **falta de relación evidente con focos inmediatos** a los que pueda atribuirse su origen.

En los puntos en que no se sobrepasan los límites establecidos, **la inmensa mayor parte de los sondeos**, el porcentaje de muestras que **mantienen la concentración** de diferentes constituyentes por debajo de los niveles-guía está por encima del 70 y aún del 80% de las ocasiones. En los pocos en que se sobrepasa el nivel-guía la diferencia porcentual hasta la concentración máxima admisible es superior al 60-70%, lo que significa que en ellos se está lejos de alcanzar dicho límite.

\* Las variaciones de conductividad con la profundidad de los sondeos son escasamente significativas excepto en el caso de Torrelaguna en que se evidencian influencias litológicas claras. En todo caso en los sondeos de los **Sistemas Generales parece existir una tendencia a un menor contenido iónico que en los sondeos de menor profundidad**.

\* Las aguas subterráneas captadas en los sondeos de los **Sistemas Generales** presentan variaciones en el sentido de aumento o disminución de concentraciones. Sólo un mínimo porcentaje presenta concentraciones estables a lo largo de las campañas de muestreo realizadas para este estudio. **Las variaciones observadas, no obstante, son de reducida entidad** y se mantienen en rangos de muy escasas decenas de miligramos/litro en el 70-100% de las ocasiones.

\* **La tendencia general del quimismo en los sondeos de los Sistemas Generales es la de su constancia en el tiempo**, con muy pocos casos puntuales excepcionales de variaciones apreciables de concentraciones no suficientemente justificadas.

## 10.5 FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN

En lo referente a este tema probablemente lo más destacable es la escasez y dispersión de información, derivada de la inexistencia de un inventario estructurado en que, aparte de la ubicación y naturaleza de los diferentes focos, se recojan los aspectos de caracterización de eventuales residuos generados y de su gestión y eliminación así como los de caracterización del entorno hidrogeológico próximo.

La escasa información disponible parece apuntar a la inexistencia de casos preocupantes en la zona de estudio pese a tratarse de un área de influencia como Madrid que lleva consigo multitud de actividades y productos potencialmente contaminantes. De esta tónica general ha de hacerse la excepción de las zonas de influencia urbana o industrial acerca de cuyas características como foco de contaminación las incertidumbres son notables.

No es este el caso de la zona sur de Madrid en la que la concentración de zonas industriales, los indicios disponibles, obtenidos marginalmente en este estudio, y la potencialidad actual y futura de la zona aconsejan desarrollar esfuerzos especiales de caracterización del quimismo y de eventuales impactos sobre las aguas subterráneas.

Por lo que se refiere al entorno próximo (2000 m) de los sondeos de los Sistemas Generales la presencia de focos no crea situaciones preocupantes a corto plazo. No debe olvidarse que, en primera aproximación, muchos de los sondeos gozan de protección al encontrarse en espacios protegidos o próximos a ellos.

La campaña de revisión de focos en campo ha permitido concluir que en el entorno inmediato de los sondeos (500 m), excepto en las poco numerosas zonas de influencia urbana o industrial, no caracterizadas y con potencial contaminante indefinido, por lo general los focos son de escasa entidad y, por su naturaleza y supuesta capacidad de generación de contaminantes, no parecen representar un riesgo serio, inmediato, para los sondeos.

Existen casos, no obstante, en que, desde el punto de vista preventivo, es aconsejable el seguimiento de los efectos que ciertos focos hayan podido producir en las inmediaciones de algunas captaciones como se indica en el capítulo correspondiente.

## 10.6 CONTAMINACIÓN

**Los indicios de contaminación de origen antrópico en la zona son escasos, puntuales, en principio no persistentes y se relacionan fundamentalmente con la presencia de concentraciones de compuestos de nitrógeno por encima del "fondo regional" de concentración de estos elementos.**

La información sobre contaminación por elementos minoritarios en el conjunto de la zona es insuficiente..

**No se han puesto en evidencia síntomas inequívocos de contaminación antrópica en las captaciones de los Sistemas Generales.** Las bajas concentraciones, la dispersión espacial y la no persistencia de elementos minoritarios que provocan **esporádicas objeciones en cuanto a potabilidad** del agua en algunos de estos sondeos parecen apuntar a **origen natural y no a un efecto de contaminación antrópica** por estos constituyentes. Subsisten dudas razonables en lo referente al origen y persistencia de fenoles e hidrocarburos que, por la profundidad de los sondeos en que aparecen, podrían ser debidos a causas naturales.

## 10.7 RECURSOS

Como queda patente de lo expuesto, **la calidad general de los recursos subterráneos existentes en la zona es excelente.**

Pese a las limitaciones, ya indicadas, para la caracterización de la calidad en las zonas más profundas del acuífero - dentro del intervalo de profundidades de sondeos muestreados -, los datos disponibles indican que **no se produce un empeoramiento de esta calidad (aumento de concentraciones) al aumentar la profundidad de las captaciones.**

**Ello induce a considerar que los recursos subterráneos existentes en el tramo de acuífero comprendido entre los 100 y los 500-550 m de profundidad son, en general, susceptibles de aprovechamiento.**

Las últimas investigaciones del C.Y.II para determinar la calidad del agua a profundidades mayores parecen indicar **un aumento de salinidad del agua subterránea por debajo de las citadas profundidades** que, en algunos casos, podría incluso superar los límites de potabilidad.

**El aprovechamiento de recursos subterráneos podría verse limitado, no obstante, en las zonas de**

**influencia urbana o industrial o en los entornos próximos de captaciones en que se han detectado indicios puntuales de contaminación, por lo que se recomienda su seguimiento.**

En las primeras el espacio eventualmente afectado podría ser considerable y de difícil o imposible recuperación; en las segundas sería, probablemente, reducido y los efectos producidos podrían ser paliados o eliminados mediante la eliminación o el adecuado acondicionamiento de los focos o bien mediante bombeo prolongado del agua en las zonas afectadas.

### **10.8 VULNERABILIDAD**

El ensayo de caracterización cuantificada de este concepto en la zona de estudio ha conducido a la conclusión de que **los métodos de determinación del tiempo de tránsito como parámetro indicativo simple de la vulnerabilidad, válidos en teoría para meras estimaciones de la situación general a escala regional, adolecen de excesivas incertidumbres y arbitrariedades en su aplicación a casos específicos.**

Esta circunstancia induce un grado de relatividad inaceptable en la fundamentación de decisiones sobre casos concretos (Sistemas Generales) y confirma la convicción generalizada de la necesidad de estudios específicos en estos casos.

Las citadas incertidumbres derivan fundamentalmente de una excesiva simplificación en las hipótesis de partida, con omisión de la especificidad de cada situación determinada.

Dichas incertidumbres y arbitrariedades se sustentan, por ejemplo, en la consideración de "valores medios representativos", no confirmados experimentalmente, en la suposición gratuita de constancia de parámetros en espacio y tiempo, en la no consideración de situaciones hidrogeológicas específicas (existencia, posición y variaciones de una superficie saturada regional, posibilidad de vías preferenciales de circulación, heterogeneidad del medio,...) y en la omisión de la consideración de posibles influencias de las características constructivas y de explotación de sondeos, etc.

Mientras no se concreten estos extremos, los resultados de la aplicación de estos métodos sólo pueden tomarse como indicaciones estimativas que precisan ser acotados a cada situación específica para poder otorgarles un grado suficiente de fiabilidad.

Pese a ello, en el caso concreto de **las captaciones de los Sistemas Generales**, se ha podido apreciar

**un buen grado de protección** tanto por las medidas directas: vallado, acondicionamiento y cementación, como por la situación de sus tramos filtrantes, espesor de tramos menos permeables hasta el primero de ellos, posición de niveles estáticos, etc., que les proporcionan un grado notable de protección.

**El 70% de los sondeos de los Sistemas Generales presentan vulnerabilidad baja o muy baja**, definida por el cociente entre longitud total de tramos menos permeables hasta el primer tramo filtrante y la profundidad de este tramo filtrante.

**Los tiempos medios de tránsito calculados para estos sondeos son superiores a los 15 años** lo que asegura un **intervalo de tiempo razonable para actuaciones meditadas** en caso de implantación de nuevos focos significativos en sus proximidades.

Esta situación puede quedar **relativizada** por la ya citada posibilidad de existencia de **vías preferenciales** de circulación, **situaciones de heterogeneidad favorables** (proximidad y posible continuidad de lentejones) o **situaciones de efectos previos** de focos preexistentes desconocidos que invaliden esta apreciación.

## 10.9 RIESGO DE CONTAMINACIÓN

**La existencia de riesgo real y próximo de contaminación de origen antrópico para una captación de aguas subterráneas requiere, como condición necesaria, la presencia de focos capaces de emitir contaminantes en las inmediaciones de la captación.**

Por lo que se refiere a las **captaciones de los Sistemas Generales**, la escasez, dispersión, poca entidad y reducida capacidad de emisión de los focos detectados en sus proximidades y la protección natural y artificial de que gozan, permiten valorar su **situación como de muy escaso o nulo riesgo en buena parte de los casos.**

Sin embargo, **por cuestión de prudencia y con finalidad preventiva**, se llama la atención sobre **una serie de sondeos** en que, a pesar de la falta de indicios de afección, las peculiaridades de los focos de su entorno aconsejan un **seguimiento y control más estrecho** que en los demás. Estos sondeos son: Montevalina 6 y 7, Retamares-1, FX-4, PT-3, CB-12, FU-3, CA-3, PM-1, CB-13, CB-14.

Por otra parte, **subsiste una serie de situaciones** en que el eventual **riesgo de afección** ha de ser

calificado de "indefinido" como consecuencia de la pobre caracterización que se ha podido realizar sobre la potencialidad de algunos focos cercanos, particularmente en áreas de influencia urbana o industrial.

Ante la relatividad de las conclusiones derivadas de este apartado, más que teorizar sobre criterios y valores de tiempos de tránsito, sin suficientes datos contrastables, se considera más eficaz y preferible desarrollar una política práctica y directa de localización y caracterización de focos así como de evaluación de impacto, actual o pasado, en el entorno de los sondeos con la puesta en marcha de actuaciones prioritarias en los casos más preocupantes.

## 10.10 MEDIDAS DE PROTECCIÓN

Por lo que se refiere a las medidas de protección, las principales conclusiones derivadas del estudio se resumen en:

- \* Necesidad del mantenimiento del control sistemático del quimismo de las aguas subterráneas captadas en los sondeos de los Sistemas Generales.
- \* Mantenimiento de las medidas de protección directa de sondeos: casetas, vallado, desvío de efluentes, etc., y extensión de las mismas a las captaciones de nueva realización.
- \* Establecimiento de una red de control preventivo en las proximidades de los Sistemas Generales en la que deben estar integrados algunos sondeos de estos Sistemas en los que puede sospecharse alguna situación de riesgo, de cambios sensibles de quimismo o de posible limitación de la potabilidad del agua captada.
- \* Adopción de medidas específicas de prevención para este tipo de sondeos, consistentes, en esencia, en la caracterización de los focos potenciales próximos y su entorno hidrogeológico específico, con especial atención a la localización y evaluación de eventuales efectos producidos.
- \* Diseño e implantación de perímetros de protección de los sondeos de los Sistemas Generales.
- \* Complementariamente, desarrollo de labores de vigilancia del entorno de los sondeos y, en

su caso, actuaciones de advertencia de eventuales nuevas situaciones de riesgo ante los Organismos competentes que, por otra parte, no deben ser ajenos a estas labores de vigilancia.

**\* Diseño de medidas de actuación en caso de acentuación del riesgo.**

**\* Conocimiento de planes de investigación y de gestión de recursos y residuos.**

**La puesta en práctica de estas medidas redundará, sin duda, en el mantenimiento y mejora de la calidad de los recursos utilizables y en su utilización sostenida.**



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España



Canal de  
Isabel II

CAPÍTULO 11  
BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA



## BIBLIOGRAFIA SELECCIONADA

Existe una amplísima documentación bibliográfica sobre muy diferentes aspectos de las aguas subterráneas en la región de Madrid. Esta documentación sobrepasa, probablemente, los 500 títulos.

Se incluyen en esta selección algunos de los trabajos considerados representativos en los aspectos hidrogeológicos e hidroquímicos del acuífero de Madrid, así como en los de vulnerabilidad de acuíferos.

ANDERSEN L.J. (1989). "Applicability of vulnerability maps". Environ. Geol. Water. Sc. vol. 13. Biblioteca ITGE. Madrid

BACHMAT, Y y COLLIN, M. (1987). "Mapping to assess Groundwater vulnerability to pollution". Vulnerability of soil and groundwater to pollutants. Biblioteca ITGE. Madrid.

BAJOS PARADA, C. (1975). "Estudio hidrogeológico de Madrid capital. Antiguo sistema de abastecimiento". (Tesis de Licenciatura Fac. C. Geológicas. U. Complutense . Madrid).

BJARNE, M. (1991). "Some preliminar reflections on the vulnerability concept" Water quality Institute. Denmark (HORS HOLM).

BUSTAMANTE, I. y MARTINEZ, P. (1982). "Estudio del drenaje por manantiales del Terciario detrítico del SW de la fosa del Tajo". Hidrogeología y recursos hidráulicos. Madrid.

C.A.M. (1984). "Catálogo de Urbanizaciones ilegales". Consejería de Ordenación del Territorio M.A. y Vivienda. Madrid.

C.A.M. (1985). "Programa coordinado de actuación para la recuperación de márgenes de ríos y láminas de agua en la C.A.M". C.A.M.

- C.A.M. (1987). "Los flujos de agua, de materiales, de energía y residuos". D.G. de Economía y Planificación. Consejería de Política Territorial. Madrid.
- C.A.M. (1987). "Plan rector de uso y gestión del Parque de la Cuenca alta del Manzanares". Cons. Agricultura y Ganadería. C.A.M. Madrid.
- C.A.M. (1991). "La rehabilitación integral de áreas industriales". Consejería de Economía. C.A.M. Madrid.
- CASADO, M. et al (1992). "Análisis de la humedad del suelo en la zona no saturada del Terciario detrítico de la cuenca de Madrid". V. Simposio de Hidrogeología T. XV. AEHS. Alicante.
- CONSEJERIA ORDENACION DEL TERRITORIO, M.A. Y VIVIENDA (1984). "Inventario de los residuos industriales generados en la Comunidad de Madrid y normativa para su ordenamiento jurídico". C.O.T.M.A. C.A.M. Madrid.
- CORCHON, F. (1976). "Estudio hidrogeológico del Cretácico de los alrededores de Torrelaguna (Madrid, Guadalajara)". (Bol. nº 40. Informaciones y estudios. S.G.O.P. Madrid).
- COTMAV (1987). "Instalaciones de tratamiento de residuos Industriales en la C.A.M." Consejería de Política Territorial. C.A.M. Madrid.
- C.Y.II.-U.A.M. (1994). "Variaciones del contenido en isótopos ambientales del acuífero terciario detrítico de Madrid. Estudio para la determinación de la recarga y el flujo de agua a las captaciones". C.Y.II. Madrid.
- D.G.URBANISMO (1988). "Informe sobre el programa de actuación en urbanizaciones ilegales". A.M.A. (CAM). Madrid.

- DIPUTACION DE MADRID-CEOTMA (1982). "El agua en la región". Diputación Provincial de Madrid. Madrid.
- FENNESSY, P. et al (1986). "Estimación de la recarga en el acuífero de Madrid mediante modelos estocásticos". Jornadas sobre la explotación de aguas subterráneas en la Comunidad de Madrid. CAM-C.Y.II. Madrid.
- FERNANDEZ et al (1992). "Pollutant compounds generated at a municipal solid wastes land fill fourteen years after its closure". Proceedings of international Symposium on anaerobic digestion of solid waste. Iagliari (Italy).
- FERNANDEZ URIA, A. (1979). "Análisis de la temperatura de las aguas subterráneas en el Terciario detrítico de la fosa media del Tajo". Tesis de Licenciatura. Fac. Ciencias Geológicas. Madrid.
- FERNANDEZ URIA, A. y LLAMAS M.R. (1983). "Evolución de la bibliografía hidrogeológica de la región madrileña como índice del desarrollo de las aguas subterráneas en la zona". Hidrogeología y Recursos Hidráulicos. A.E.H.S. Madrid.
- FERNANDEZ URIA, A. (1984). "Hidrogeoquímica de las aguas subterráneas en el sector oriental de la cuenca de Madrid". Tesis doctoral Fac. Ciencias Universidad Autónoma. Madrid.
- FERNANDEZ URIA, A. et al (1985). "Three dimensional groundwater chemical and isotopic variations as related to the Madrid Acuífer flow system". Est. Geológicos V. 41. Madrid.
- GOMEZ MARTOS, M. (1979). "Comprobación mediante isótopos ambientales de los modelos de flujo en el acuífero Terciario detrítico de la cuenca de Madrid". Tesis de Licenciatura Fac. Ciencias Geológicas. U. Complutense. Madrid.

- GONZALEZ BERNALDEZ et al (1989). "Minimización de los impactos ecológicos originados por una posible explotación extraordinaria de las aguas subterráneas en la C.A.M." Convenio de investigación C.Y.II-Dpto. Ecología U.A.M. Madrid.
- GONZALEZ YELAMOS, J. (1986). "Estudio de la hidrogeología e hidroquímica en el Sector NW del casco urbano de Madrid". Tesis de Licenciatura. Fac. Ciencias. U. Autónoma. Madrid.
- GUERRERO, F. et al (1993). "Composición de las aguas de riego utilizadas en viveros de la C.A.M". A.M.A. Madrid.
- HERRAEZ, I. (1976). "Estudio preliminar de la incidencia de los vertidos de residuos sólidos urbanos en la contaminación de las aguas subterráneas: Aplicación a los acuíferos del área metropolitana de Madrid". Tesis de Licenciatura. Fac. C. Geológicas U. Complutense. Madrid.
- HERRAEZ, I. (1981). "Factores condicionantes de la contaminación de las aguas subterráneas por vertidos sólidos urbanos en el área metropolitana de Madrid". Jornadas sobre análisis y evolución de la contaminación de las aguas subterráneas en España. Curso internacional de Hidrología subterránea. Barcelona.
- HERRAEZ, I. (1983). "Las variaciones isotópicas del acuífero de Madrid y su relación con el sistema de flujo y con las condiciones ambientales de infiltración". Hidrogeología y Recursos Hidráulicos. Madrid.
- HERRAEZ, I. (1983). "Análisis de las variaciones de los isótopos ambientales estables en el sistema acuífero Terciario detrítico de Madrid". Tesis Doctoral. U.A.M. Madrid.

- IGLESIAS LOPEZ, P. (1979). "Evolución de la calidad química de las aguas de las fuentes de Madrid. Problemas de contaminación". Fac. C. Geológicas. U. Complutense. Madrid.
- I.A.H. (1994). "Guidebook on mapping groundwater vulnerability". IAH. International contributions to Hydrogeology. Vol. 16. Hannover.
- IMADE (1991). "Suelo industrial en la C.A.M." Consejería de Política Territorial. C.A.M. Madrid.
- ITGE (varias fechas). "Evolución piezométrica de los acuíferos nº 14, 15 y 17 de la cuenca del Tajo". Centro de Documentación del ITGE. Madrid.
- ITGE (varias fechas). "Proyectos de sondeos para abastecimiento con aguas subterráneas a diversos municipios de la provincia de Madrid". Centro de Documentación del ITGE. Madrid.
- ITGE ( ). "Eliminación de residuos sólidos por vertido en Madrid y provincias limítrofes". Doc. interno. Centro Documentación ITGE. Madrid.
- ITGE (1972). "Mapa de vulnerabilidad a la contaminación de los mantos acuíferos. España Peninsular, Baleares y Canarias". Centro de Documentación. ITGE. Madrid.
- ITGE (1982). "Atlas hidrogeológico de la provincia de Madrid". Centro de Documentación del ITGE. Madrid.
- ITGE (1982). "Estudio de las alternativas de utilización de las aguas subterráneas y superficiales en las cuencas del Guadiana y Tajo. Modelo hidrogeológico digital del Terciario detrítico". Centro de Documentación del ITGE. Madrid.

- ITGE (1982). "Mapa de orientación al vertido de residuos sólidos urbanos de la provincia de Madrid". Centro de Documentación del ITGE. Madrid.
- ITGE (1982). "Proyecto para estudios de gestión y conservación de acuíferos en las cuencas del Tajo y Alta del Guadiana (1982). Hidrogeología de la Comunidad Autónoma de Madrid". Centro de Documentación del ITGE. Madrid.
- ITGE (1991-94). "Proyecto para la vigilancia y control de redes piezométrica, hidrométrica y de calidad de acuíferos". Cuenca del Tajo. Centro de Documentación del ITGE. Madrid.
- ITGE (1988). "Contenido en nitratos de las aguas subterráneas en España. Distribución espacial y evolución temporal". Cuenca del Tajo. Centro de Documentación del ITGE. Madrid.
- ITGE (1991). "Establecimiento de la metodología de determinación del tiempo de tránsito de contaminantes en la zona no saturada como base para la realización de mapas de vulnerabilidad". Centro de Documentación del ITGE. Madrid.
- ITGE (1992). "Estudio del nivel de riesgo de contaminación de los abastecimientos urbanos. 1ª fase. Censo de poblaciones abastecidas con aguas subterráneas en España 1990-92. Comunidad de Madrid". Centro de Documentación del ITGE. Madrid.
- ITGE (1987-1992). "Estudio de la evolución de los compuestos del nitrógeno en el suelo y subsuelo. Fases I-IV. S. Fernando de Henares (Madrid)". Centro de Documentación del ITGE. Madrid.
- LOPEZ CAMACHO, B. (1977). "Estudio del flujo del agua subterránea en medios heterogéneos y anisótropos mediante un modelo digital bidimensional. Aplicación a la región de Madrid". Col Ing. C.C.P. Madrid.

- LOPEZ CAMACHO, B. (1983). "Métodos estadísticos para la ordenación del aprovechamiento de los recursos hidráulicos subterráneos. Aplicación a la región de Madrid". Hidrogeología y Recursos Hidráulicos. Madrid.
- LOPEZ VERA, F. (1975). "Hidrogeología regional de la cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid". Tesis Doctoral. Mem. IGME nº 91. Madrid.
- LOPEZ VERA, F. (1977). "Geoquímica de las aguas del Terciario detrítico de la fosa de Madrid en relación con el flujo subterráneo". Est. Geológicos, 33. Madrid.
- LOPEZ VERA, F. (1981). "Contaminación por compuestos nitrogenados de origen múltiple de las aguas subterráneas de Madrid". Jornadas sobre análisis y evolución de la contaminación de aguas subterráneas en España. U.P.C. Barcelona.
- LOPEZ, F y GOMEZ, C. (1983). "Estratificación hidroquímica del acuífero terciario detrítico de Madrid". Hidrogeología y Recursos Hidráulicos. T. VIII. Madrid.
- LOPEZ VERA, F. (1985). "Las aguas subterráneas en la Comunidad de Madrid". (PIAM nº 7). D.G.R.H. Consejería de Política Territorial. Madrid.
- LOPEZ VILCHES L y RUIZ CELAA, C. (1983). "Hidrogeología de la Comunidad Autónoma de Madrid". Hidrogeología y Recursos Hidráulicos AEHS. Madrid.
- LLAMAS, M.R. (1978). "Estudio sobre los recursos hidráulicos subterráneos del área metropolitana de Madrid y su zona de influencia. Avance de las características hidrogeológicas del Terciario detrítico del río Jarama". Rev. Agua nº 88. Centro de Aguas. Barcelona.

- LLAMAS, M.R. y SIMPSON, E. (1979). "Estudio del transporte de solutos en las aguas subterráneas del sistema acuífero de Madrid mediante un modelo digital de celdas de mezcla". Tomo Homenaje al Prof. Sole Sabonis. Univ. Politécnica de Barcelona.
- LLAMAS, M.R. (1988). "Análisis del funcionamiento hidráulico del acuífero detrítico de Madrid: ensayos de bombeo y modelos hidrodinámicos". Convenio de investigación C.Y.II-U.C.M. Canal Isabel II. Madrid.
- LLAMAS, M.R. y HERRAEZ, I. (1990). "Informe de recopilación y síntesis de las teorías y modelos geoquímicos conceptuales sobre variación de la composición química e isotópica del agua en la zona no saturada". C.Y.II. Madrid.
- LLAMAS, M.R. et al (1991). "Informe sobre los estudios experimentales de la variación de la humedad del subsuelo en el acuífero terciario detrítico de Madrid". C.Y.II. Madrid.
- MARGAT et al (1987). "Cartographie de la vulnérabilité des eaux suoterraines aux pollutions. Quelques enseignements des experiences francaises" Int. Conf. on the vulnerability of soil and groundwater to pullutants Noordwijk. Nederlands.
- MARTINEZ, P.E. (1977). "Hidrogeología de los materiales terciarios y cuaternarios de la cuenca del río Manzanares. (Las aguas subterráneas de Madrid)". Tesis Doctoral . Fac. Ciencias Geológicas. U. Complutense. Madrid.
- MARTINEZ, P.E. (1980). "Datación de aguas subterráneas por medio de modelos digitales de flujo en el plano vertical. Comparación con los resultados obtenidos mediante isótopos naturales en la fosa del Tajo. 26 Congres. Geologique International. Vol. III. Paris.



- MARTINEZ, P.E. et al (1981). "Contaminación de las aguas subterráneas de Madrid por efecto de las actividades urbanas". Jornadas sobre análisis y evolución de las aguas subterráneas en España. Curso internacional de Hidrología subterránea. Barcelona.
- MEDINA, J. et al (1983). "Estudio hidrogeológico del término municipal de S. Sebastián de los Reyes". Hidrogeología y Recursos Hidráulicos. Madrid.
- PALMER, R. (1988). "Groundwater vulnerability Map. Shrewsbury". Soil survey and land research center. Harpenden. U.K.
- P.I.A.M. (1986). "Jornadas sobre la explotación de aguas subterráneas en la Comunidad de Madrid". Tomo 12. Comunidad de Madrid-Canal de Isabel II. Madrid.
- PROMADRID (1990). "Plan estratégico de Madrid: Identificación de temas críticos". Consejería de Política Territorial. C.A.M. Madrid.
- REBOLLO FERREIRO, L. (1977). "Estudio hidrogeológico regional de la cuenca media y baja del río Guadarrama". Tesis Doctoral. Fac. C. Geológicas. U. Complutense. Madrid.
- ROLANDI, M. y VARELA, M. (1995). "Evaluación de las extracciones en el acuífero detrítico de Madrid". Hidrogeología y Recursos Hidráulicos. T. XIX. Madrid.
- RUBIO, P. y LLAMAS, M. (1983). "Contribución al estudio de la relación entre las características hidroquímicas y sistema de flujo subterráneo en el terciario detrítico de Madrid". Hidrogeología y recursos hidráulicos. T. IX. Madrid.
- RUBIO, P. (1984). "Hidrogeoquímica de las aguas subterráneas en el sector occidental de la cuenca de Madrid". Tesis Doctoral. Fac. Ciencias. Universidad Autónoma. Madrid..

- SAMPER, F. (19 ). "Análisis geoestadístico de los datos de calidad química de las aguas subterráneas del acuífero de Madrid". Hidrogeología y Recursos Hidráulicos. P.E.H.S. (Madrid).
- SANCHEZ et al (1993). "Study of the leachates generated by two different landfills located in the Community of Madrid (Spain)". 4<sup>th</sup> International landfill Symposium. Cagliari (Italy).
- SASTRE, A. et al (1981). "Presencia y actividad de bacterias reductoras de sulfatos en las aguas subterráneas de la cuenca de Madrid". Jornadas de análisis y evolución de la contaminación de las aguas subterráneas en España. Curso Internacional de Hidrología subterránea. Barcelona.
- SERELAND (1980). "Evaluación del medio receptor en función de vertidos". C.A.M. Consejería de Política Territorial. Madrid.
- SGOP-CAT (1973). "Estudio de las relaciones entre las aguas superficiales y subterráneas de la zona comprendida entre las cuencas de los ríos Guadarrama y Henares". D.G.O.H. Servicio Geológico de O.P. Madrid.
- SGOP (1984). "Estudio hidrogeológico del término municipal de Madrid". D.G.O.H. Servicio Geológico de O.P. Madrid.
- T.N.O.COMMITTEE ON HYDROLOGICAL RESEARCH (1987). "Vulnerability of soil and groundwater to pollutants". T.N.O. on Hydrological Research. Noordwijk. Netherlands.
- TOVES, L y LLAMAS, M.R. (1983). "Contribución al conocimiento de la Hidrogeoquímica del Terclario detrítico mediante el estudio de los manantiales en la zona comprendida entre los ríos Guadarrama y Jarama". Hidrogeología y Recursos Hidráulicos. Vol. VIII. Madrid.

U.A.M. (1989).

"Residuos urbanos y medio ambiente". Ediciones de la universidad Autónoma. Madrid.

VILLARROYA, F. (1977).

"Hidrogeología regional del Neógeno detrítico y cuaternario de la cuenca del río Henares". Tesis Doctoral. Fac. C. Universidad Complutense. Madrid.

VIRGOS et al (1983).

"Análisis del comportamiento hidrogeológico del terciario detrítico del Tajo mediante un modelo digital tridimensional. (S.A. 14)". III Simposio de Hidrogeología. Hidrología y Recursos Hidráulicos. T. IX. Madrid.