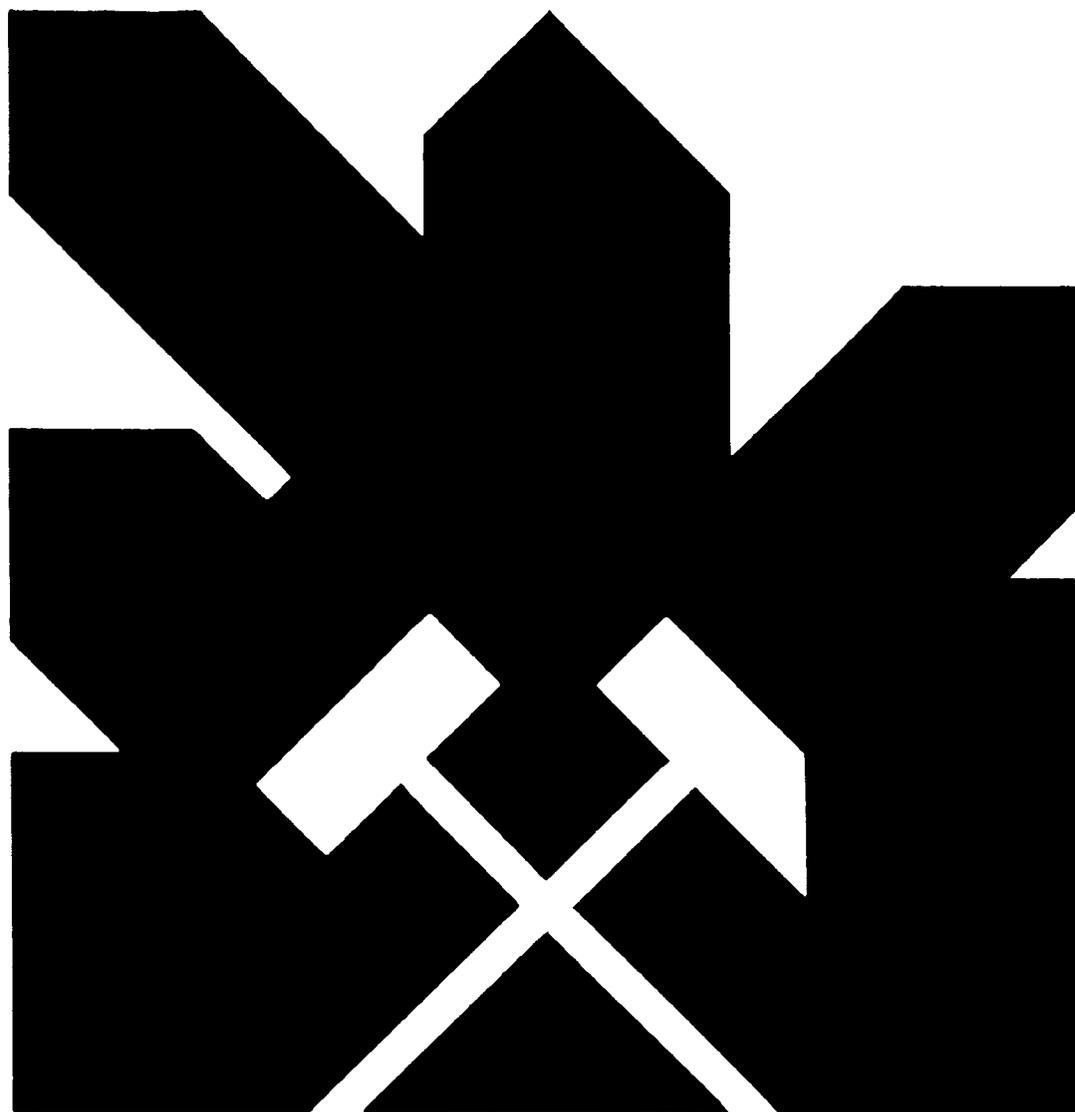


MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

"CONTENIDO EN NITRATOS DE LAS AGUAS  
SUBTERRANEAS EN ESPAÑA, DISTRIBUCIÓN  
ESPACIAL Y EVOLUCIÓN TEMPORAL"

CUENCA DEL GUADIANA

-MEMORIA-



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

32153

**PRESENTACION**  
-----

El presente trabajo se inscribe dentro de la definición de las misiones del IGME, contenidas en la Ley de Aguas, que establece en su disposición adicional sexta:

"Sin perjuicio de las competencias en la gestión del agua establecida por esta Ley, el Instituto Geológico y Minero de España formulará y desarrollará planes de investigación tendentes al mejor conocimiento y protección de los acuíferos subterráneos, y prestará asesoramiento técnico a las distintas Administraciones públicas en materias relacionadas con las aguas subterráneas".

En cumplimiento de esta norma y continuando los estudios iniciados por el IGME en 1974, enfocados al conocimiento, vigilancia y mejora de la calidad de los recursos hídricos subterráneos, se ha encuadrado el presente estudio, en el que se ha abordado la problemática planteada por el incremento de las concentraciones de nitratos en las aguas subterráneas.

El estudio llevado a cabo, ha puesto de manifiesto la actual situación de los acuíferos españoles frente a los contenidos de nitratos, diferenciando aquéllos que no presentan problemas de contaminación, aquéllos en los que se observa una tendencia progresiva hacia tal estado y aquéllos en los que la degradación es un hecho claro.

Asimismo, con los conocimientos obtenidos, se han elaborado una serie de recomendaciones (preventivas, restrictivas y correctoras), enfocadas a proteger la calidad de las aguas, con especial atención a aquellos acuíferos que manifiesten una tendencia creciente en sus contenidos en nitratos.

EQUIPO TECNICO

Bajo la Dirección y Supervisión del Instituto Geológico y Minero de España, este proyecto ha sido realizado por la empresa Tecnología y Recursos de la Tierra, S.A.L., habiendo participado el siguiente equipo técnico:

.- IGME:

María Loreto Fernández Ruiz. Licenciada en Ciencias Geológicas.

Dirección y Supervisión del Proyecto.

Juan Antonio López Geta. Ingeniero de Minas.

Paloma Navarrete Martínez. Licenciada en Ciencias Químicas.

.- Tecnología y Recursos de la Tierra:

Luis Ocaña Robles. Licenciado en Ciencias Químicas.

Responsable del Proyecto.

José Sánchez Guzmán. Ingeniero de Minas.

José Luis Díez Gil. Doctor en Ciencias Físicas. Informático.

Cristina Maldonado García. Arquitecto Técnico. Informática.

Laura Sanz López. Licenciada en Ciencias Químicas.

METODOLOGIA DE TRABAJO

La metodología de trabajo desarrollada en la ejecución del Proyecto, se ajusta a las directrices básicas señaladas en su pliego de condiciones. Los aspectos fundamentales de la misma se concretan en los siguientes apartados.

#### 1.- RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN: BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Se relacionan a continuación las fuentes de información consultadas. Las citas bibliográficas se recogen en detalle al final de la Memoria.

- Archivo de puntos de agua del IGME.
- Base de datos aguas del IGME.
- Estudios hidrogeológicos e hidroquímicos incluidos en la Colección Informe (IGME).
- Estudios de calidad y contaminación de las aguas subterráneas en las comunidades autónomas (IGME).
- Estudios y proyectos específicos en el campo de la hidrogeología y contaminación, desarrollados por el IGME en diversas regiones del Territorio Nacional.
- Proyectos de investigación, estudios metodológicos, etc.

## 2.- TRATAMIENTO DE DATOS

La fracción de la información consultada correspondiente a datos de inventario y determinaciones analíticas, ha sido íntegramente procesada y almacenada en ordenador, previo diseño de una base de datos específica para este fin. Asimismo, el tratamiento básico previo a la interpretación, incluidos el análisis estadístico y de evolución de parámetros, se ejecuta mediante programas también de desarrollo específico.

Se ha digitalizado la totalidad de los sistemas acuíferos estudiados, incluyendo puntos de agua y contenidos de nitratos, procediéndose a su almacenamiento en soporte informático y edición a color mediante plotter.

## 3.- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La estructura del Informe se compone básicamente de tres elementos:

1. Características generales de la cuenca.
2. Estudio individualizado de sistemas.
3. Síntesis general a nivel de cuenca.
4. Anexos.

En este contexto, la labor de interpretación se centra fundamentalmente en los dos últimos apartados.

En base a la información procesada mediante el tratamiento de datos y bibliografía consultada, se procede al estudio individual de los sistemas acuíferos que integran la Cuenca. Previa descripción general de éstos, se analiza su situación actual respecto al contenido de nitratos del agua subterránea en función de los datos disponibles más recientes, prestando especial atención al uso a que aquélla se destine.

Descrita la situación actual, se analiza también para cada sistema la evolución del contenido en la citada especie en base a su secuencia analítica temporal, que comprende un período de doce años (1976-1987). Con esta información se establece un balance de previsiones.

Finalmente, se realiza una síntesis a nivel de cuenca de las conclusiones elaboradas para los respectivos sistemas, en la que se analizan, al igual que en éstas, la situación actual, evolución temporal y previsiones. Asimismo, se elabora un programa de actuaciones en el que se contemplan, según el caso, medidas preventivas, restrictivas y de recuperación, destinadas a dar solución a los problemas específicos de la cuenca, prestando especial atención a las áreas más afectadas de la misma.

Como apéndice del estudio, el volumen de anexos comprende toda la información procesada no incluida en texto, distribuida en cinco apartados.

- I. Datos de inventario
- II. Análisis de nitratos
- III. Tratamiento estadístico
- IV. Distribución porcentual en intervalos del contenido de  $\text{NO}_3^-$
- V. Gráficas de evolución temporal del contenido de  $\text{NO}_3^-$

Esta información se presenta casi en su totalidad en forma de listados y salidas gráficas de ordenador.

CUENCA DEL GUADIANA

INDICE

## I N D I C E

	<u>Pág.</u>
1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	1
2.- SISTEMA ACUÍFERO Nº 19. Unidad Caliza de Altomira.....	6
Descripción general.....	7
Análisis de la situación actual.....	9
Análisis de la evolución temporal: previsiones.....	13
3.- SISTEMA ACUÍFERO Nº 20. Terciario detrítico calizo del Norte de La Mancha (Mancha de Toledo).....	18
Descripción general.....	19
Análisis de la situación actual.....	21
Análisis de la evolución temporal: previsiones.....	30
4.- SISTEMA ACUÍFERO Nº 22. Pliocuaternario detrítico de Bullaque.	35
Descripción general.....	36
Análisis de la calidad actual, evolución y previsiones.....	37
5.- SISTEMA ACUÍFERO Nº 23. Calizas de los páramos y mioceno detrítico de la Llanura Manchega.....	41
Descripción general.....	42
Análisis de la situación actual.....	45
Análisis de la evolución temporal: previsiones.....	50
6.- SISTEMA ACUÍFERO Nº 24. Calizas de los Campos de Montiel.....	56
Descripción general.....	57
Análisis de la situación actual.....	59
Análisis de la evolución temporal: previsiones.....	63

7.- SISTEMA ACUÍFERO Nº 21. Terciario detrítico y cuaternario del	
Guadiana en Badajoz.....	69
Descripción general.....	70
Análisis de la situación actual.....	71
8.- SÍNTESIS GENERAL.....	76
Análisis de la situación actual.....	77
Análisis de la evolución temporal: previsiones.....	80
Programa de actuaciones.....	83

#### BIBLIOGRAFIA

- ANEXO 1. Datos de Inventario
- ANEXO 2. Análisis de Nitratos
- ANEXO 3. Tratamiento Estadístico
  - ANEXO 3A. Distribución estadística del contenido de  $\text{NO}_3^-$
  - ANEXO 3B. Rectas de Regresión
- ANEXO 4. Distribución porcentual en intervalos del contenido de  $\text{NO}_3^-$
- ANEXO 5. Gráficas de evolución temporal del contenido de  $\text{NO}_3^-$

**1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES**

---

La Cuenca del Guadiana ocupa una superficie en territorio nacional de 66.890 Km<sup>2</sup>. Limita al Norte con la Cuenca del Tajo, al Sur con la del Guadalquivir, al Este con la del Júcar y al Oeste con la frontera de Portugal.

Los sistemas acuíferos que la integran son los siguientes:

- S.A. nº 19. Unidad caliza de Altomira.
- S.A. nº 20. Sureste de la Mancha de Toledo.
- S.A. nº 21. Terciario detrítico y cuaternario de Badajoz.
- S.A. nº 22. Pliocuatnario detrítico de la cuenca del río Bullaque.
- S.A. nº 23. Calizas de los páramos y mioceno detrítico de la Llanura Manchega.
- S.A. nº 24. Calizas de los Campos de Montiel.

Con excepción del Sistema 21, todos los restantes se sitúan en la denominada Cuenca Alta, que constituye la zona de mayor interés hidrogeológico, muy superior al de las cuencas media y baja. A ella se refiere la siguiente descripción:

La Cuenca Alta del Guadiana se ubica en la parte meridional de la Submeseta Meridional Castellana, y se corresponde prácticamente con la Mancha Occidental. Casi el 50% de su superficie pertenece a la provincia de Ciudad Real. El resto se distribuye entre las de Cuenca, Toledo y Albacete.

El clima es mediterráneo templado, con temperaturas y precipitaciones medias anuales de 11,5-14,5 °C y 400-650 m. respectivamente (datos IGME 1985).

Desde el punto de vista geológico, los sistemas acuíferos que la componen están constituidos por materiales mesozoicos, depositados de forma discordante sobre el zócalo paleozoico, y terciarios. La serie comienza con el Triás, formado por conglomerados, arcillas y yesos que representa, en la mayor parte de los casos, la base impermeable de los acuíferos. A continuación aparece un potente paquete de calizas, calizas margosas, dolomías y carniolas del Jurásico, sobre el que se depositan los materiales cretácicos que completan la formación mesozoica: arenas, arcillas arenosas y calizas. El Terciario es de naturaleza detrítica, con intercalaciones calizas y margo-yesíferas. Finalmente aparecen los depósitos tipo rafia y piedemontes pliocuaternarios y los aluviales cuaternarios, que forman acuíferos de escaso interés.

Los Sistemas 19 y 24 se desarrollan casi exclusivamente en la serie mesozoica, el 22 en sedimentos detríticos modernos y el 23 en Mesozoico y Terciario junto con el 20, aunque éste último también incluye las calizas cámbricas del Paleozoico. Por último y fuera de la Cuenca Alta, los depósitos cuaternarios del río Guadiana constituyen el Sistema Acuífero nº 21.

La relación intersistemas dentro de la Cuenca Alta se caracteriza por su diversidad. Mientras el Sistema 22 se encuentra aislado por materiales paleozoicos impermeables, el 23 presenta una importante conexión con los Sistemas 19 y 24, que lo recargan. El Sistema 20 no manifiesta en principio relación con sus sistemas limítrofes (19 y 23). Respecto al Sistema 21, es drenado en toda su extensión por el río Guadiana, recargándose por infiltración de la lluvia y los riegos.

Las reservas estimadas para cada unidad así como el volumen de las extracciones, se expresan en el siguiente cuadro:

	<u>Reservas estimadas</u> (hm <sup>3</sup> )	<u>Consumo por bombeo</u> (hm <sup>3</sup> /año)
S.A. nº 19	1.500	19
S.A. nº 20	1.200	27
S.A. nº 22	50	3
S.A. nº 23	12.500	264
S.A. nº 24	3.000	10
	<hr/>	<hr/>
TOTAL	18.250	323

(datos extraídos de la "Síntesis Hidrogeológica de Castilla-La Mancha, IGME 1985).

Las facies hidroquímicas características son bicarbonatadas y sulfatadas-bicarbonatadas cálcicas, cálcico-magnésicas y/o magnésicas, y ocasionalmente cloruradas. la mineralización es notable a fuerte excepto en el Sistema 22, donde resulta ligera a débil.

Finalmente, la tabla 1 recoge a modo de síntesis, una serie de parámetros característicos de los sistemas estudiados.

TABLA 1  
CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS ACUÍFEROS DE LA CUENCA DEL GUADIANA

SISTEMA ACUÍFERO	SUPERFICIE (km <sup>2</sup> )	EMPLAZAMIENTO	TIPO DE ACUÍFERO	RECURSOS (hm <sup>3</sup> /año)	EXPLOTACIÓN (hm <sup>3</sup> /año)			FACIES HIDROQUÍMICA PREDOMINANTE	FOCOS DE CONTAMINACIÓN
					INDUST.	URBAN.	REGAD.		
19. Unidad caliza de Altamira	4.370	Cuenca Guadalajara Toledo Ciudad Real	Carbonatado	141 (15 en Tajo)	-	2	8	Bicarbonatada cálcica y/o magnésica. Sulfatada cálcica y/o magnésica	Agrícola y urbano
20. Sureste de la Mancha de Toledo	3.400	Toledo Cuenca Ciudad Real	Detrítico Carbonatado	100	-	7	15	Sulfatada cálcica y/o magnésica. Bicarbonatada cálcica y/o magnésica	Agrícola (almazaras y alcoholeras) y urbano
22. Cuenca Bullaque	2.034	Ciudad Real	Detrítico	17		0,8	13	Bicarbonatada cálcica. Bicarbonatada clorurada cálcica y/o cálcica magnésica	Agrícola y urbano
23. Llanura Manchega	5.500	Ciudad Real Cuenca Toledo	Detrítico Carbonatado	320		12	310	Bicarbonatada sulfatada y/o bicarbonatada sulfatada cálcica y/o cálcica magnésica	Agrícola, industrial (alcoholeras) y urbano
24. Campos de Montiel	2.700	Ciudad Real Albacete	Carbonatado	175		1,3	6	Bicarbonatada y/o bicarbonatada-sulfatada-cálcica y/o cálcica y/o cálcico-magnésica	Agrícola y urbano
21. Cuaternario de Badajoz	410	Badajoz	Detrítico	-	-	-	-	-----	Agrícola y urbano

**2.- SISTEMA ACUÍFERO nº 19**

---

**UNIDAD CALIZA DE ALTOMIRA**

### DESCRIPCIÓN GENERAL

El Sistema 19 se sitúa al Noreste de la Cuenca Alta, con una extensión total de 4.370 Km<sup>2</sup>, 170 de los cuales pertenecen a la Cuenca del Tajo. Ya en ésta, su límite septentrional se sitúa al Suroeste de la Cordillera Ibérica. La divisoria hidrográfica con la Cuenca del Júcar constituye el límite oriental, y el contacto con los Sistemas 23 y 20 los límites meridional y occidental respectivamente. Se extiende en su mayor parte por la provincia de Cuenca, y en menor proporción por las de Guadalajara, Toledo y Ciudad Real.

Desde el punto de vista geológico, el Sistema está formado por una serie mesozoica carbonatada que incluye potentes paquetes de calizas y dolomías del Jurásico y Cretácico. El muro del Sistema lo constituye la facies arcillosa del Keuper (Triásico).

Sobre la formación mesozoica se depositan los materiales paleógenos y miocenos lacustres (arcillas, conglomerados, yesos, etc.), coronados por afloramientos dispersos de calizas pontienses y, finalmente, el Cuaternario, representado por los aluviales de los ríos y carente de interés hidrogeológico.

La morfología del Sistema se caracteriza por un relieve suave, sobre el que destacan las elevaciones formadas por las sierras de Altomira, Almenara y Haro.

La Unidad Caliza de Altomira constituye un acuífero complejo, en el que los materiales jurásicos centran el interés hidrogeológico. El Terciario se considera impermeable, dada su escasa transmisividad respecto a la de estos últimos. La recarga procede fundamentalmente de la infiltración de la

lluvia, y en mucha menor proporción, de la percolación a través del Terciario. Los acuíferos actúan como libres en los afloramientos calizos y dolomíticos, y como confinados o semiconfinados en el resto. El cuadro siguiente resume las características hidrogeológicas del Sistema.

SISTEMA ACUIFERO Nº 19. CALIZA DE ALTOMIRA	
Superficie total ... ..	2.700 km <sup>2</sup>
Precipitación media ... ..	500 a 600 mm/a
Entradas medias al sistema (infiltración de lluvia) ... ..	135 hm <sup>3</sup> /a
Salidas del sistema ... ..	135 hm <sup>3</sup> /a
• Drenaje por ríos y manantiales ...	106 hm <sup>3</sup> /a
• Consumos por bombeos ... ..	19 hm <sup>3</sup> /a
• Salidas subterráneas al Sistema 23	10 hm <sup>3</sup> /a
Reservas totales estimadas (hasta los 100 m) ... ..	1.500 hm <sup>3</sup>

(extraído de la Síntesis Hidrogeológica de Castilla-La Mancha. IGME 1985).

La descarga se realiza directamente a los ríos, a través de manantiales y como aportación subterránea al Sistema 23.

La facies hidroquímica predominante es bicarbonatada cálcica. No obstante, la presencia de materiales evaporíticos puede modificar este carácter hacia aguas sulfatadas, fuertemente mineralizadas.

El clima de la región es templado cálido, con una temperatura media anual de 12°C y una precipitación de 500 mm/año.

La densidad de población es baja, del orden de 16 hab./Km<sup>2</sup>, generalmente concentrada en núcleos inferiores a 6.000 habitantes.

## ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La relación de puntos de agua considerados y sus datos de inventario, así como la serie de determinaciones analíticas de  $\text{NO}_3^-$  disponibles (año de partida: 1976) se recogen respectivamente en los anexos 1 y 2 de esta Memoria. Los datos pertenecen a las redes de control de calidad desarrolladas por el IGME.

El análisis de la calidad actual se realiza en base a los datos de la campaña 1987/1, que consta de 17 determinaciones.

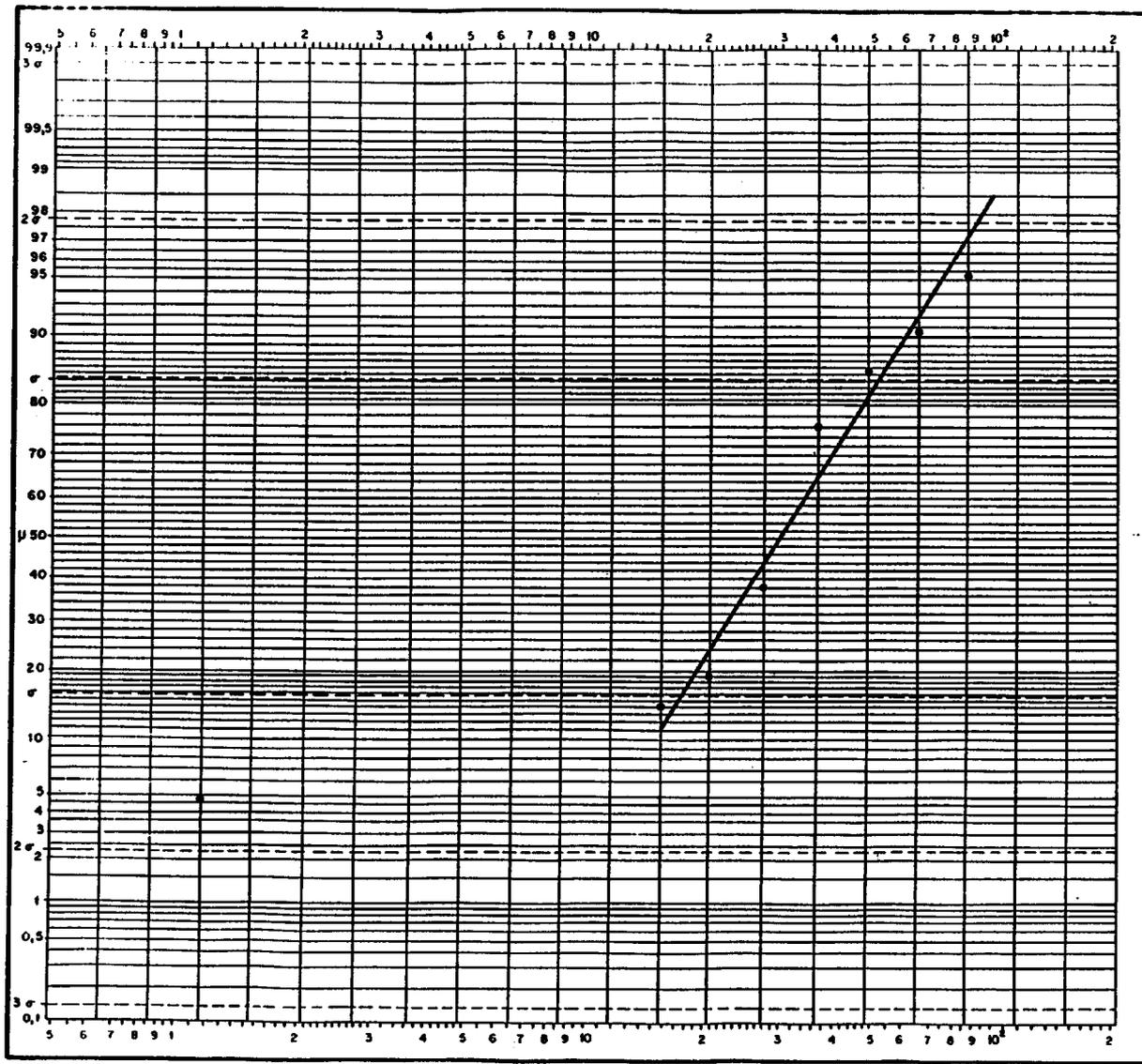
La aplicación del tratamiento estadístico para el cálculo del fondo geoquímico regional y anomalías no resulta fiable ante un número de muestras tan reducido. No obstante, dado que no existe ninguna campaña superior a 20 análisis, se ha optado por realizarlo, a fin de disponer al menos de datos orientativos.

Tal como se observa en la fig. 1, el límite superior de fondo para la citada campaña es de 52 mg/l  $\text{NO}_3^-$ , lo que significa que las anomalías geoquímicas de la zona comenzarían a aparecer prácticamente a partir del límite tolerable (50 mg/l)

El rango de concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  en el período citado es de 1-120 mg/l. Su distribución en los intervalos de referencia fijados por el Proyecto, reflejada en la tabla 2, pone de relieve el hecho de que en todos ellos existen muestras representadas, a pesar del reducido número de éstas.

Según se observa en el plano 1, la densidad de puntos no es suficiente como para justificar una zonación de concentraciones. En consecuencia los valores anómalos sólo pueden interpretarse a nivel individual.

Las muestras que corresponden a dichos valores son las siguientes:



CUENCA : GUADIANA  
 S. ACUIFERO: 19  
 CAMPAÑA: 1987/I

$e^{\mu}$  = 30 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>  
 $e^{\mu+\sigma}$  = 52 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>  
 $e^{\mu+2\sigma}$  = 90 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Fig. 1

TABLA 2

DISTRIBUCION EN INTERVALOS DEL CONTENIDO DE NO<sub>3</sub>- (mg/l)

\*\*\*\*\*

CUENCA : GUADIANA  
 S. ACUIFERO : 19 (UNID. CALIZA DE ALTOMIRA)  
 CAMPAÑA : 1987/1

[NO<sub>3</sub>-] <= 25

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 222410002	SONDEO	DESCONOCIDO	2 222480001	POZO	AGRICULTURA
3 222510001	MANANTIAL	ABTO. NO URBANO	4 222510010	SONDEO	ABTO. NO URBANO
5 222620005	SONDEO	ABTO. NO URBANO	6 222660001	SONDEO	ABTO. NO URBANO
7 222660007	POZO	AGRICULTURA	8 232610002	SONDEO	AGRICULTURA

Total de muestras 8

25 < [NO<sub>3</sub>-] <= 50

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 212640004	*	*	2 212670001	SONDEO	ABTO. NO URBANO
3 213010004	*	*	4 213020005	*	*
5 222660003	POZO	AGRICULTURA	6 222810001	SONDEO	ABTO. NO URBANO

Total de muestras 6

50 < [NO<sub>3</sub>-] <= 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 212770003	SONDEO	ABTO. NO URBANO	2 222620001	SONDEO	ABTO. NO URBANO

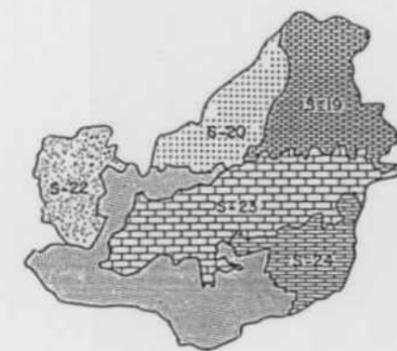
Total de muestras 2

[NO<sub>3</sub>-] > 100

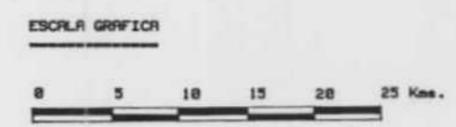
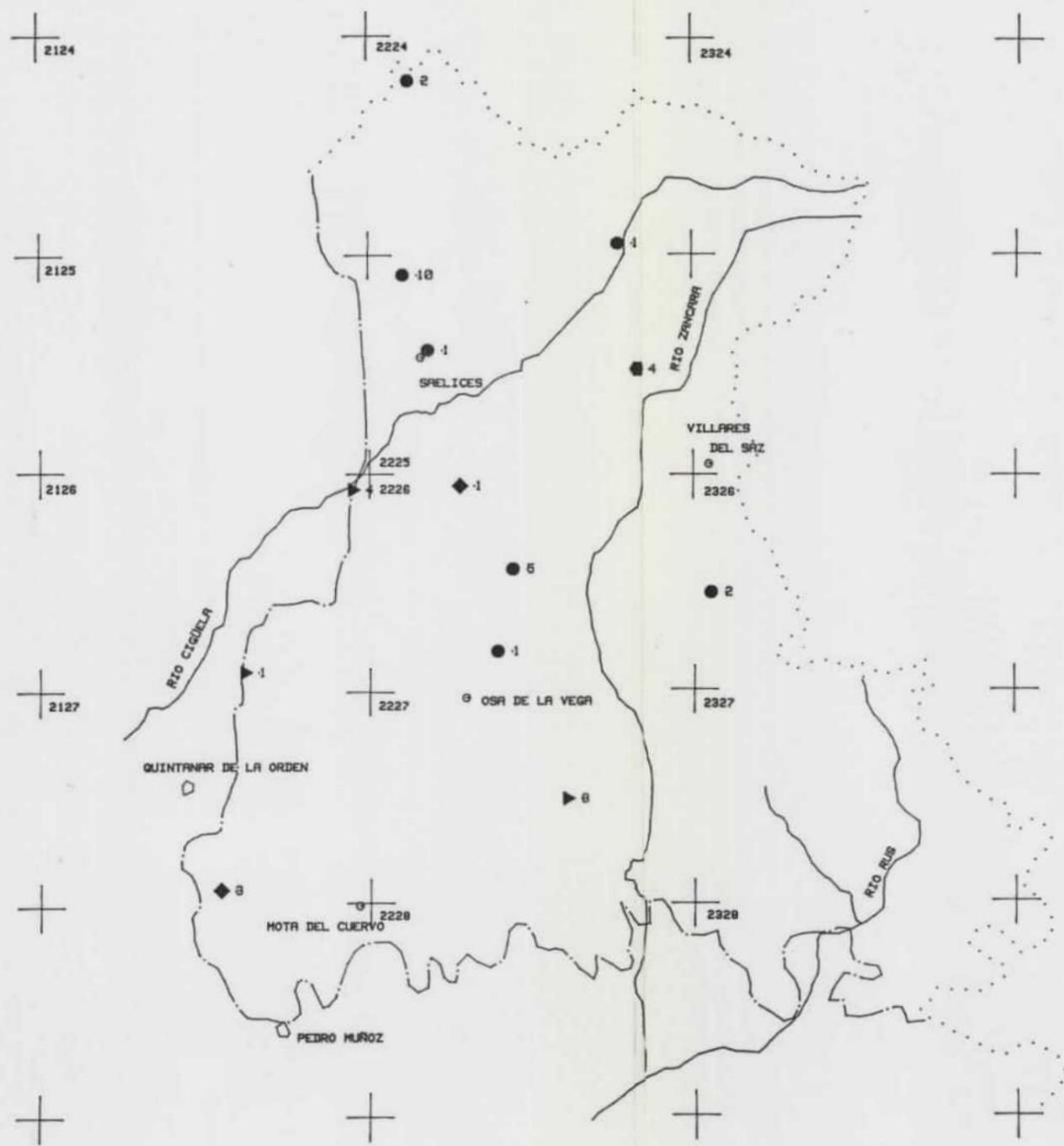
N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 222580004	SONDEO	ABTO. NO URBANO			

Total de muestras 1

SISTEMA ACUIFERO N° 19  
 SIERRA DE ALTOMIRA



- LEYENDA
- <25 mg/l NO<sub>3</sub>-
  - ▶ 25-50 mg/l NO<sub>3</sub>-
  - ◆ 50-100 mg/l NO<sub>3</sub>-
  - >100 mg/l NO<sub>3</sub>-
  - Límite de S. Acuífero
  - ..... Límite de C. Hidrográfica



	<u>NATURALEZA</u>	<u>USO</u>	<u>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></u> <u>(ppm)</u>
212770003	Sondeo	Abto. no urbano	66
222620001	Sondeo	Abto. no urbano	64
222580004	Sondeo	Abto. no urbano	120

Se trata de contenidos elevados que, junto con el apreciable nivel de fondo geoquímico detectado, indican que en conjunto el acuífero sufre un proceso de contaminación relativamente generalizado, que se manifiesta con mayor intensidad en puntos concretos del mismo. Asimismo, dada la movilidad del ión NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en medio acuoso, es previsible que dichos valores puntuales sean en realidad el reflejo del estado de un área afectada. En tal caso, la situación sería más desfavorable que la que se observa a través del plano antes citado.

En conclusión, con los datos disponibles se hace patente la existencia de una problemática de nitratos, pero no resulta posible definir con certeza las zonas afectadas. En consecuencia es necesario aumentar el número de puntos de control, a fin de adecuar la red a las dimensiones del problema.

#### ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL: PREVISIONES

En la fig. 2 se representa mediante un diagrama de barras, la evolución del fondo geoquímico y umbrales de anomalías para aquellas campañas sobre las que ha podido aplicarse el análisis estadístico. En línea con lo expuesto en el apartado anterior, debe tenerse en cuenta la circunstancia del limitado número de muestras por campaña, a efectos de fiabilidad de los resultados.

De acuerdo con la gráfica citada, a partir de la campaña 82/2 se observa un incremento progresivo del límite superior de fondo ( $\mu + \sigma$ ) desde 37 mg/l en aquella hasta 52 mg/l en la correspondiente a 1987. Paralelamente, el anexo 4 refleja la distribución porcentual de muestras por intervalos de referencia para toda la serie analítica (1976-1987) y la fig. 3 su

## CUENCA DEL GUADIANA

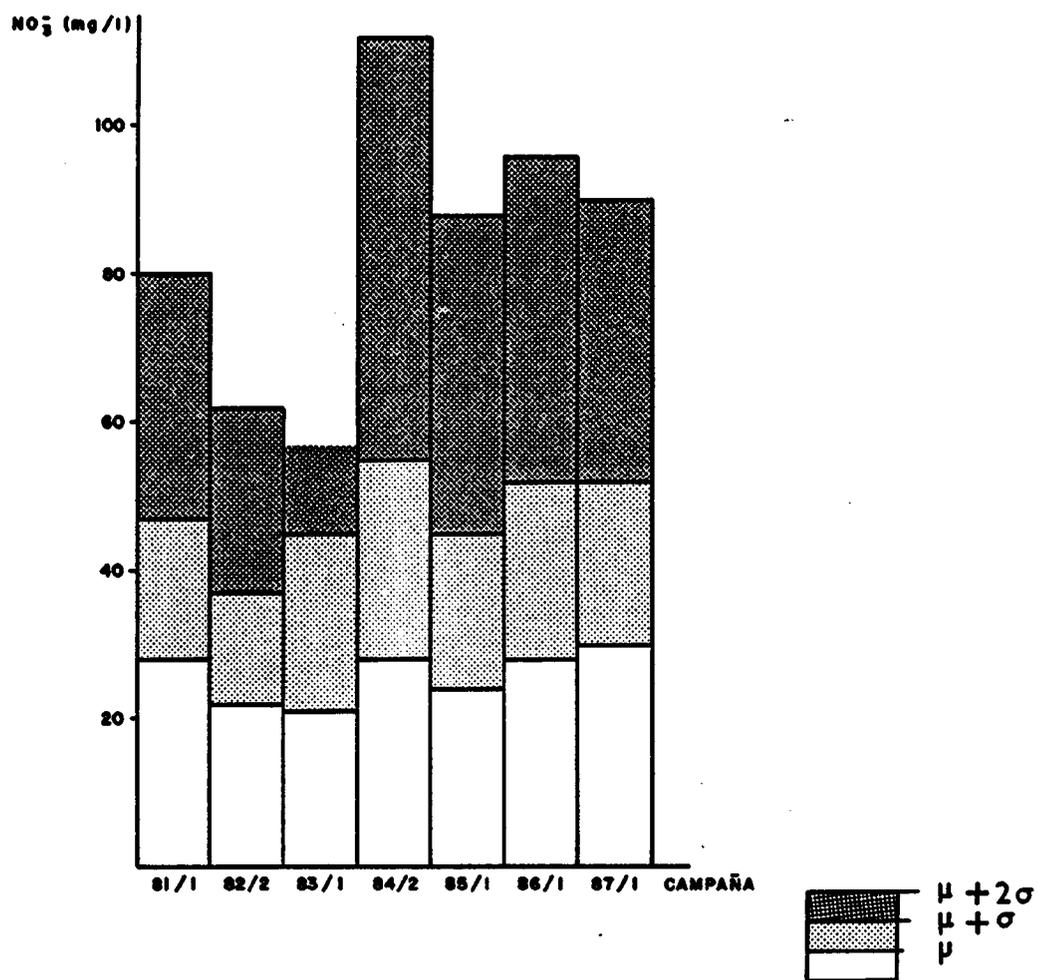
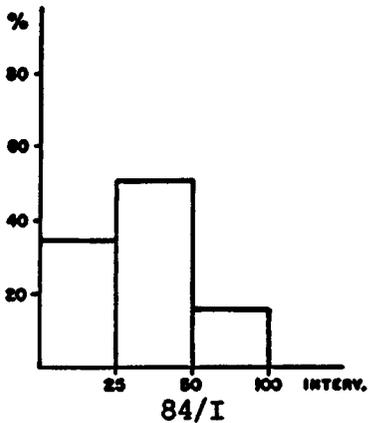
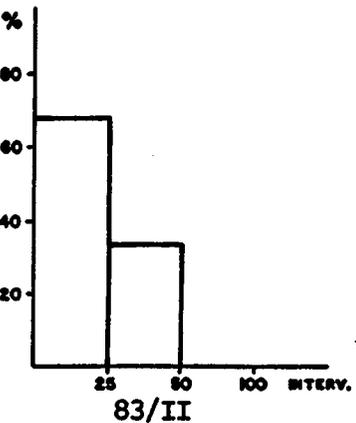
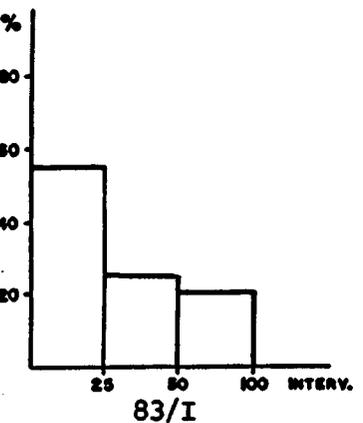
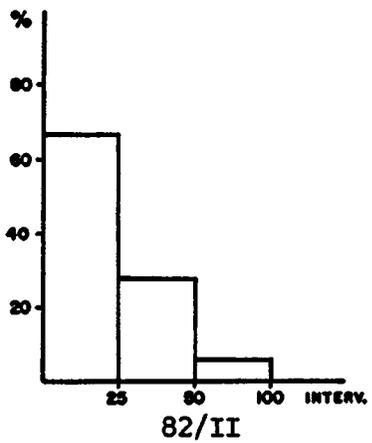
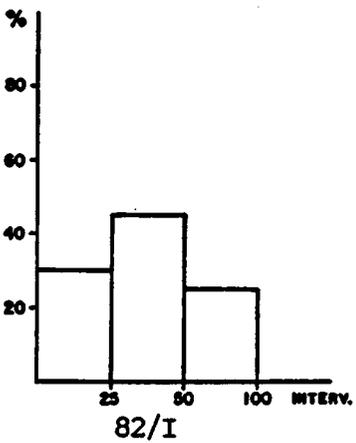
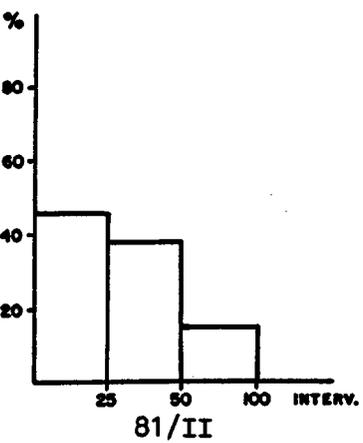
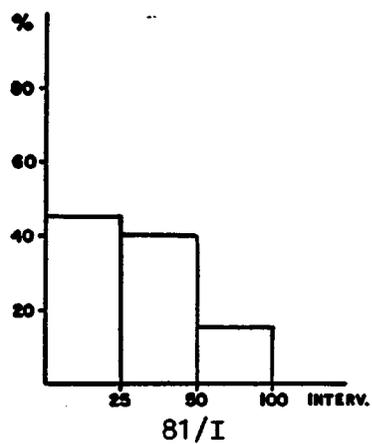
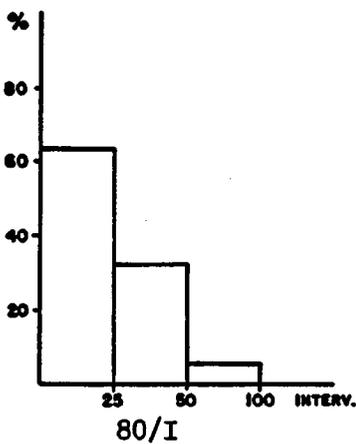
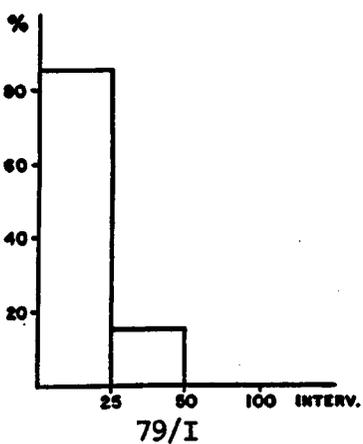
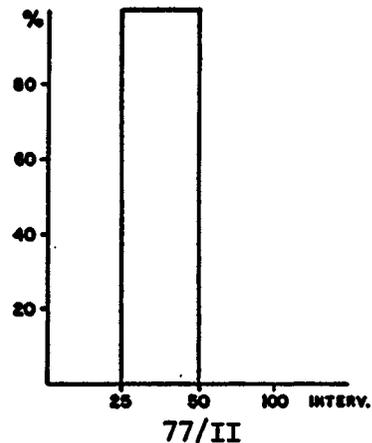
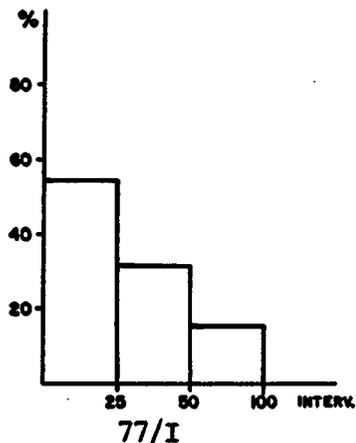
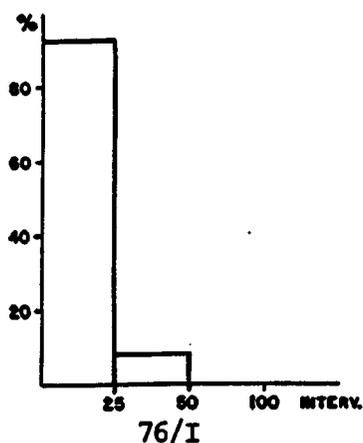


Fig. 2.- Evolución del contenido de NO<sub>3</sub> en el Sistema Acuífero nº 19

GRAFICAS DE DISTRIBUCION PORCENTUAL EN INTERVALOS DEL CONTENIDO DE NITRATOS

CUENCA: GUADIANA

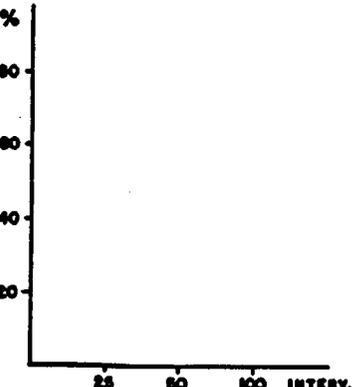
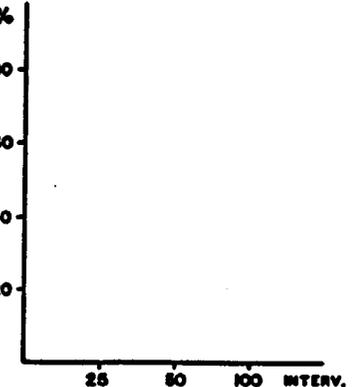
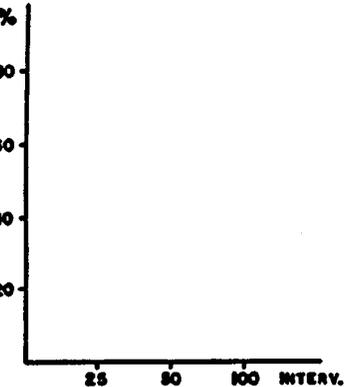
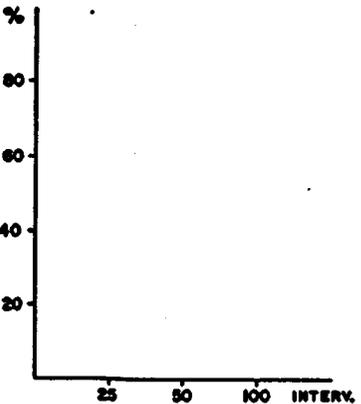
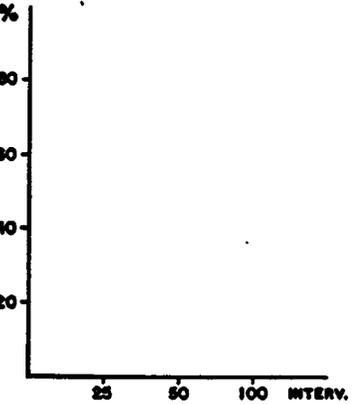
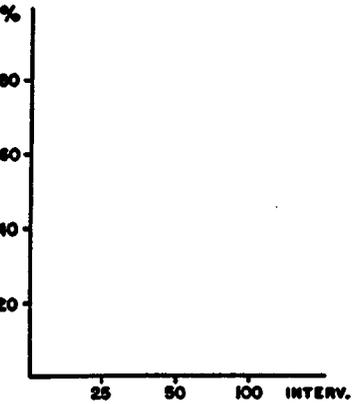
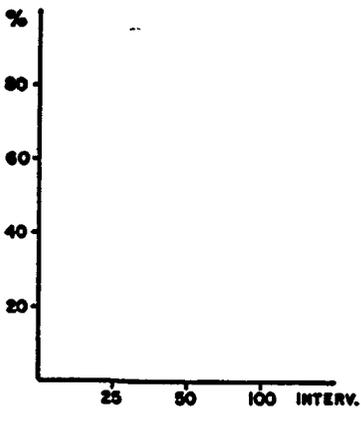
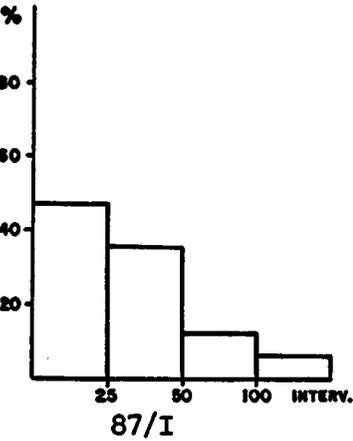
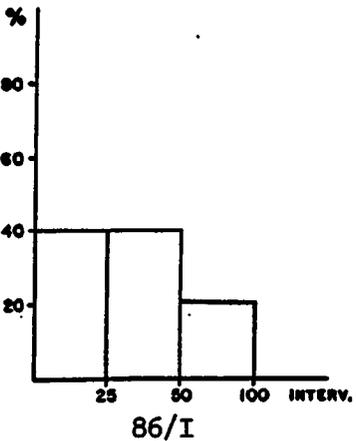
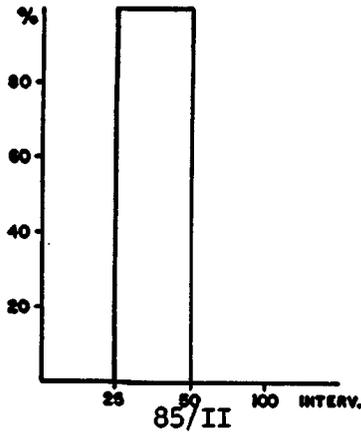
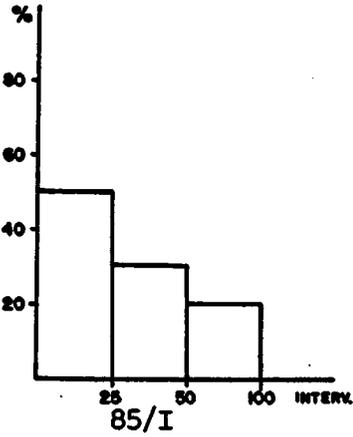
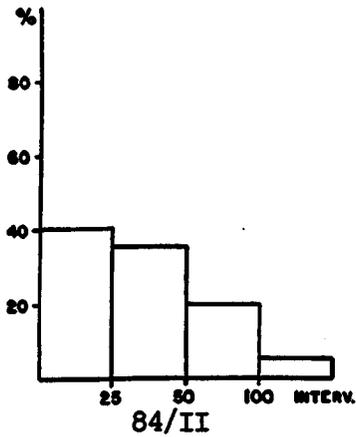
S. ACUIFERO: 19



GRAFICAS DE DISTRIBUCION PORCENTUAL EN INTERVALOS DEL CONTENIDO DE NITRATOS

CUENCA: GUADIANA

S. ACUIFERO: 19



representación gráfica. Los valores máximos para el citado período aparecen en las campañas 1984/2 (109 ppm) y 1987/1 (ppm). Puesto que las variaciones intercampana no son cuantitativamente importantes, los resultados del mencionado anexo no permiten visualizar las tendencias con la misma resolución que la fig. 2.

En lo que respecta a los puntos en la actualidad más afectados (212770003, 222620001 y 222580004; 66, 64 y 120 ppm  $\text{NO}_3^-$  respectivamente), su evolución individual, recogida en el anexo 5, indica que sus deficiencias de calidad se remontan, en el caso más favorable, al año 1981.

En resumen, la presencia de nitratos en las aguas subterráneas del Sistema ha experimentado un incremento progresivo al menos desde 1981, que se traduce en la elevación del fondo geoquímico regional y en la aparición de valores puntuales muy altos. En consecuencia, suponiendo que no se produzca una modificación sustancial en el ritmo y volumen de aporte de nitrógeno al acuífero, es previsible que dicha tendencia se mantenga y la calidad del recurso siga descendiendo.

3.- SISTEMA ACUIFERO N° 20

TERCIARIO DETRÍTICO CALIZO DEL NORTE DE LA MANCHA  
(MANCHA DE TOLEDO)

### DESCRIPCIÓN GENERAL

El Sistema Acuífero nº 20 tiene una superficie de 4.900 Km<sup>2</sup>, distribuidos entre las Cuencas del Guadiana (3.550 Km<sup>2</sup>) y Tajo (1.350 Km<sup>2</sup>), y las provincias de Toledo, Cuenca y una pequeña porción de la de Ciudad Real.

Limita al Norte con el río Tajo, al Sur con el Sistema 23, al Este con las alineaciones occidentales de la Sierra de Altomira y al Oeste con una línea que se extiende desde la Sierra de la Calderina hasta la de Castillejo y Horquilla, pasando por Morrón Blanco (854 m.).

La litología del Sistema es complicada. Los afloramientos de la zona están constituidos por materiales paleozoicos (calizas, pizarras y cuarcitas), triásicos (conglomerados, areniscas, arcillas y yesos), jurásicos (dolomías, calizas y margocalizas) y cretácicos (areniscas), que continúan con facies regresivas de yesos, arcillas, conglomerados y areniscas paleógenas, para culminar en una serie de arcillas con yesos, arcillas margosas y calizas miocenas, coronadas por depósitos detríticos pliocenos.

Los acuíferos del Sistema son todos de escasa entidad, diferenciándose los formados por calizas cámbricas, materiales detríticos (triásicos, miocenos y pliocuaternarios) y por sedimentos calcáreos mio-pliocenos. En el primer caso se trata de un acuífero aislado, libre y kárstico, situado en la parte occidental del Sistema. Puede alcanzar hasta 200 m. de potencia y transmisividades del orden de 200 m<sup>2</sup>/día. Los acuíferos detríticos se extienden por casi la totalidad de la zona, se encuentran interconectados y muy frecuentemente se comportan como acuitardos. Su espesor alcanza hasta 500-600 m. El acuífero calizo mio-plioceno, 20 m. de potencia media y situado al Noreste de la zona, es un acuífero libre, colgado, cuyo drenaje se realiza a través del manantiales.

La recarga del Sistema se produce por infiltración de los ríos y del agua de lluvia. El drenaje se realiza a través del río Cigüela, por escorrentía subterránea al Sistema 23 y por evaporación de zonas encharcadas.

En el cuadro siguiente se resumen las principales características hidrogeológicas del Sistema.

SISTEMA ACUIFERO Nº 20 "TERCIARIO DETRITICO-CALIZO DEL NORTE DE LA MANCHA"	
Superficie total ... ..	4.900 km <sup>2</sup>
Precipitación media ... ..	450 mm/a
Entrada media del sistema (infiltración de lluvia) ... ..	120 hm <sup>3</sup> /a
Salidas del sistema ... ..	120 hm <sup>3</sup> /a
• Bombeo ... ..	27 hm <sup>3</sup> /a
• Drenaje por ríos y evaporación en zonas encharcadas ... ..	93 hm <sup>3</sup> /a
Reservas subterráneas estimadas ... ..	1.200 hm <sup>3</sup>

(extraído de la Síntesis Hidrogeológica de Castilla-La Mancha. IGME 1985).

La naturaleza hidroquímica de las aguas es un reflejo de la heterogeneidad litológica del acuífero, como se observa a continuación.

**Calizas Cambricas:** Bicarbonatadas cálcicas y en ocasiones sulfatadas y cloruradas magnésicas y más raramente sódicas.

**Acuíferos Detríticos (mesozoicos, terciarios y cuaternarios):** sulfatadas cálcicas, ocasionalmente bicarbonatadas o cloruradas.

**Acuíferos Terciarios Calcomargosos:** sulfatadas y bicarbonatadas cálcicas, en algunos casos cloruradas.

La temperatura y precipitación medias anuales son respectivamente de 14°C y 425 mm.

La población asentada sobre el Sistema es del orden de 100.000 habitantes, distribuida en poblaciones inferiores a 6.000 habitantes. El abastecimiento urbano es casi en su totalidad de origen subterráneo.

#### ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Se incluye a continuación la relación de muestras del Sistema y los resultados analíticos de las campañas 86/1 y 87/1. Los valores que figuran entre paréntesis corresponden a puntos que, según la información disponible, han sido excluidos del Sistema 20 y adscritos al Sistema 19 en el caso del 212640004, y al Sistema 23 en los restantes.

N° REGIS.	SA	NATURALEZA	USO	86I	87I
1	192830022	20 POZO	ABTO. NO URBANO	33	(34)
2	192840009	20 POZO	ABTO. NO URBANO	39	(46)
3	192860006	20 POZO	ABTO. NO URBANO	47	(59)
4	202670010	20 SONDEO	ABTO. NO URBANO	78	65
5	202730012	20 PIEZOMETRO	DESCONOCIDO	65	32
6	202780003	20 POZO CON SONDEO	ABTO. NO URBANO	60	62
7	202830010	20 POZO	GANADERIA	42	*
8	202850003	20 POZO	AGRICULTURA	42	*
9	202850017	20 SONDEO	ABTO. NO URBANO	42	*
10	202870006	20 SONDEO	AGRICULTURA	94	(52)
11	202870009	20 POZO CON SONDEO	ABTO. NO URBANO	230	(23)
12	212480001	20 *	*	*	1
13	212580013	20 POZO	AGRICULTURA	47	46
14	212580015	20 *	*	*	14
15	212630008	20 POZO CON GALER. O TALAD.	ABTO. NO URBANO	120	56
16	212640004	20 POZO	ABASTEC. Y GANADERIA	41	(33)
17	212650001	20 MANANTIAL	ABTO. NO URBANO	66	*
18	212650006	20 POZO	AGRICULTURA	100	110
19	212660007	20 MANANTIAL	ABTO. NO URBANO	*	74
20	212720015	20 SONDEO	ABTO. NO URBANO	*	*

Estos cambios se respetan en lo que se refiere a listados generales de análisis, pero no en el tratamiento estadístico ni en la interpretación final. La razón estriba en que, como se verá a continuación, se produce una importante variación intercampaña en el período 86-87 en el que se ven implicados tanto los puntos excluidos como los que se mantienen.

El tratamiento estadístico de ambas campañas, a pesar del reducido

número de datos (16 y 15 para 86 y 87 respectivamente), ofrece resultados significativos. Según las rectas de regresión de las figs. 4 y 5, el fondo geoquímico experimenta una apreciable mejora en 1987, como se deduce de los siguientes valores:

	<u>1986</u>	<u>1987</u>
$\mu$	54	43
$\mu+r$	108	72
$\mu+2r$	215	120

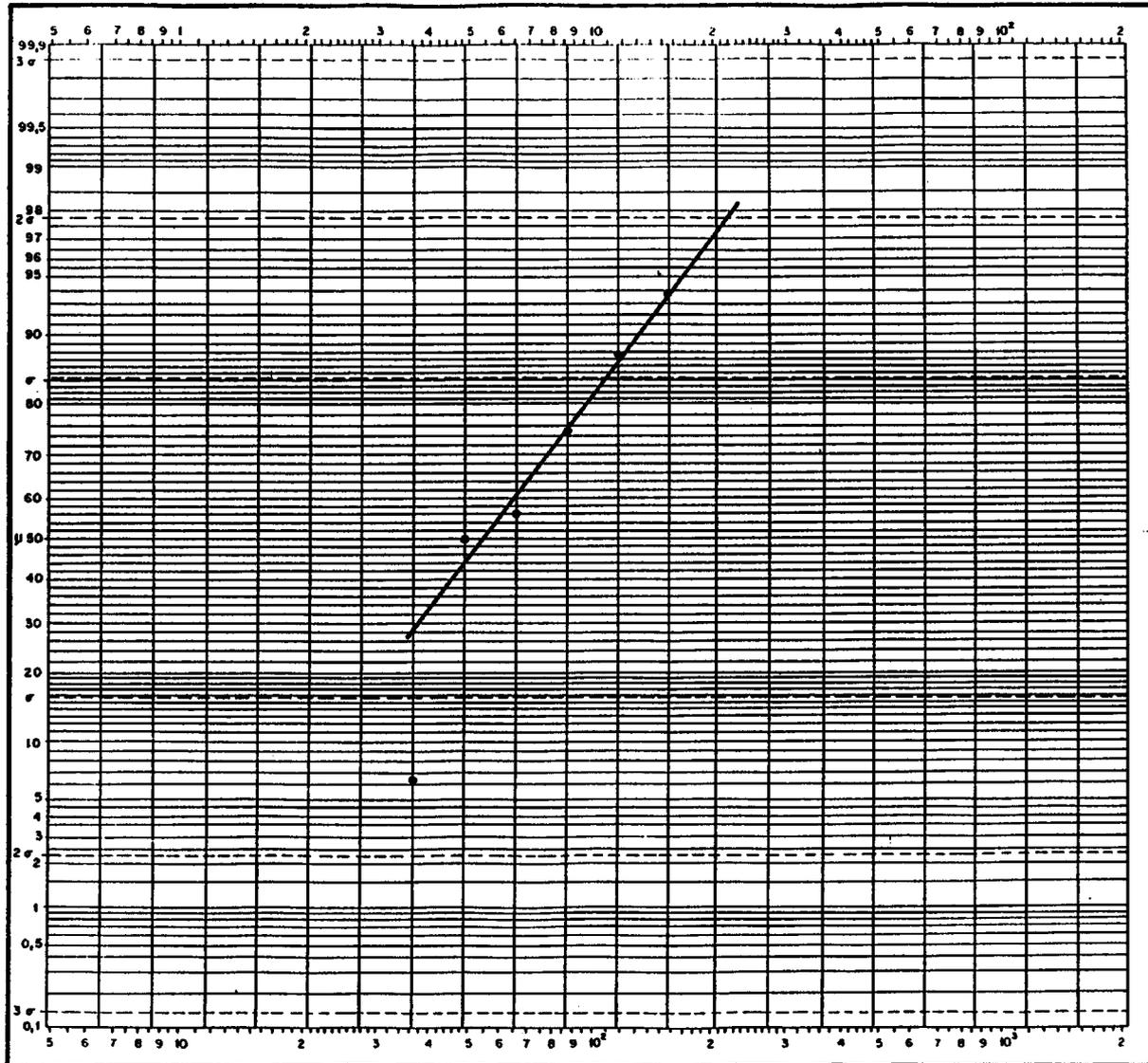
(en mg/l  $\text{NO}_3^-$ )

No obstante, su límite superior (72 ppm) supera con creces el máximo tolerable (50 ppm), lo que evidencia que el nivel de calidad del Sistema es claramente deficiente.

La distribución de las muestras por intervalos para las campañas 86 y 87 se refleja en las tablas 3 y 4 respectivamente. El porcentaje de las mismas que exceden los 50 ppm es del 51% en 1986 y 47% en 1987. En ambos casos se trata de valores importantes, más aún si se tiene en cuenta que los respectivos rangos de concentración son de 33-230 y 1-110 mg/l  $\text{NO}_3^-$ . Como información complementaria, la tabla 5 recoge la distribución por intervalos para 1987, excluidos los puntos antes mencionados.

Según los datos de inventario, más de la mitad de los puntos analizados en estas dos campañas están clasificados como "abastecimiento no urbano". Si bien ello supone que no dan servicio a núcleos de población, es muy probable que lo hagan a viviendas individuales, y en tal caso es probable que se utilicen para el consumo humano, lo que conlleva un evidente riesgo sanitario.

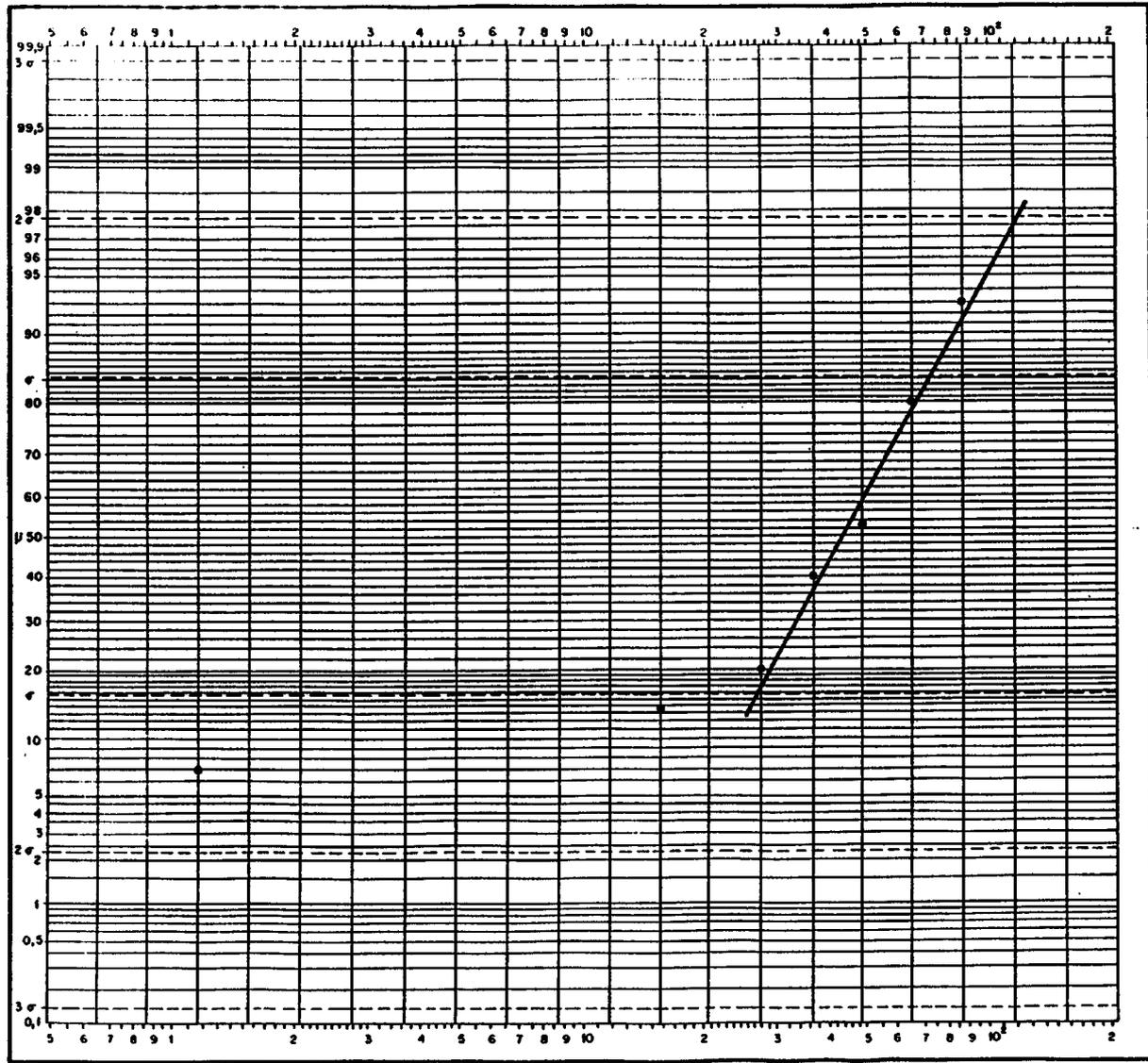
Finalmente, con el fin de plasmar sobre el plano tanto la situación actual (1987/1) como el cambio experimentado respecto a la campaña precedente (1986/1), se han representado los mapas de concentración de nitratos para ambos períodos (planos 2 y 3). En ambos se observa que la zona más afectada corresponde al área comprendida entre los ríos Cigüela y Riansares, así como también las proximidades de la localidad de Herencia.



CUENCA : GUADIANA  
 S. ACUIFERO: 20  
 CAMPAÑA: 1986/I

$e^{\mu}$  = 54 mg/l  $\text{NO}_3^-$   
 $e^{\mu+\sigma}$  = 108 mg/l  $\text{NO}_3^-$   
 $e^{\mu+2\sigma}$  = 215 mg/l  $\text{NO}_3^-$

Fig. 4



CUENCA: GUADIANA  
 S. ACUIFERO: 20  
 CAMPAÑA: 1987/1

$e^{\mu}$  = 43 mg/l  $\text{NO}_3^-$   
 $e^{\mu+\sigma}$  = 72 mg/l  $\text{NO}_3^-$   
 $e^{\mu+2\sigma}$  = 120 mg/l  $\text{NO}_3^-$

Fig. 5

TABLA 3

DISTRIBUCION EN INTERVALOS DEL CONTENIDO  
DE NO<sub>3</sub>- (mg/l)

\*\*\*\*\*

CUENCA : GUADIANA  
S. ACUIFERO : 20 (TERC. DETRI.-CAL. N. MANCHA)  
CAMPANA : 1986/1

25 < [NO<sub>3</sub>-] <= 50

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 192830022	POZO	ABTO. NO URBANO	2 192840009	POZO	ABTO. NO URBANO
3 192860006	POZO	ABTO. NO URBANO	4 202830010	POZO	GANADERIA
5 202850003	POZO	AGRICULTURA	6 202850017	SONDEO	ABTO. NO URBANO
7 212580013	POZO	AGRICULTURA	8 212640004	POZO	ABASTEC. Y GANADERIA

Total de muestras 8

50 < [NO<sub>3</sub>-] <= 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 202670010	SONDEO	ABTO. NO URBANO	2 202730012	PIEZOMETRO	DESCONOCIDO
3 202780003	POZO CON SONDEO	ABTO. NO URBANO	4 202870006	SONDEO	AGRICULTURA
5 212650001	MANANTIAL	ABTO. NO URBANO	6 212650006	POZO	AGRICULTURA

Total de muestras 6

[NO<sub>3</sub>-] > 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 202870009	POZO CON SONDEO	ABTO. NO URBANO	2 212630008	POZO CON GALER. O TALAD.	ABTO. NO URBANO

Total de muestras 2

TABLA 4

DISTRIBUCION EN INTERVALOS DEL CONTENIDO  
DE NO<sub>3</sub>- (mg/l)  
\*\*\*\*\*

CUENCA : GUADIANA  
S.ACUIFERO : 20 (TERC.DETRI.-CAL.N.MANCHA)  
CAMPAÑA : 1987/1

[NO<sub>3</sub>-] <= 25

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 202870009	POZO CON SONDEO	ABTO. NO URBANO	2 212480001	*	*
3 212580015	*	*			

Total de muestras 3

25 < [NO<sub>3</sub>-] <= 50

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 192830022	POZO	ABTO. NO URBANO	2 192840009	POZO	ABTO. NO URBANO
3 202730012	PIEZOMETRO	DESCONOCIDO	4 212580013	POZO	AGRICULTURA
5 212640004	POZO	ABASTEC. Y GANADERIA			

Total de muestras 5

50 < [NO<sub>3</sub>-] <= 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 192860006	POZO	ABTO. NO URBANO	2 202670010	SONDEO	ABTO. NO URBANO
3 202780003	POZO CON SONDEO	ABTO. NO URBANO	4 202870006	SONDEO	AGRICULTURA
5 212630008	POZO CON GALER. O TALAD.	ABTO. NO URBANO	6 212660007	MANANTIAL	ABTO. NO URBANO

Total de muestras 6

[NO<sub>3</sub>-] > 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 212650006	POZO	AGRICULTURA			

Total de muestras 1

TABLA 5

DISTRIBUCION EN INTERVALOS DEL CONTENIDO  
DE NO<sub>3</sub>- (mg/l)

\*\*\*\*\*

CUENCA : GUADIANA  
ACUIFERO : 20 (TERC. DETRI.-CAL. N. MANCHA)  
CAMPANA : 1987/1

10 < [NO<sub>3</sub>-] <= 25

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 212480001 *			2 212580015 *		
Total de muestras 2					

25 < [NO<sub>3</sub>-] <= 50

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 202730012	PIEZOMETRO	DESCONOCIDO	2 212580013	POZO	AGRICULTURA
Total de muestras 2					

50 < [NO<sub>3</sub>-] <= 100

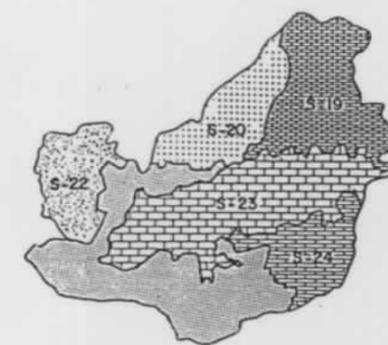
N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 202670010	SONDEO	ABTO. NO URBANO	2 202780003	POZO CON SONDEO	ABTO. NO URBANO
3 212630008	POZO CON GALER. O TALAD.	ABTO. NO URBANO	4 212660007	MANANTIAL	ABTO. NO URBANO
Total de muestras 4					

[NO<sub>3</sub>-] > 100

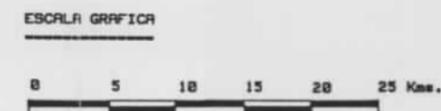
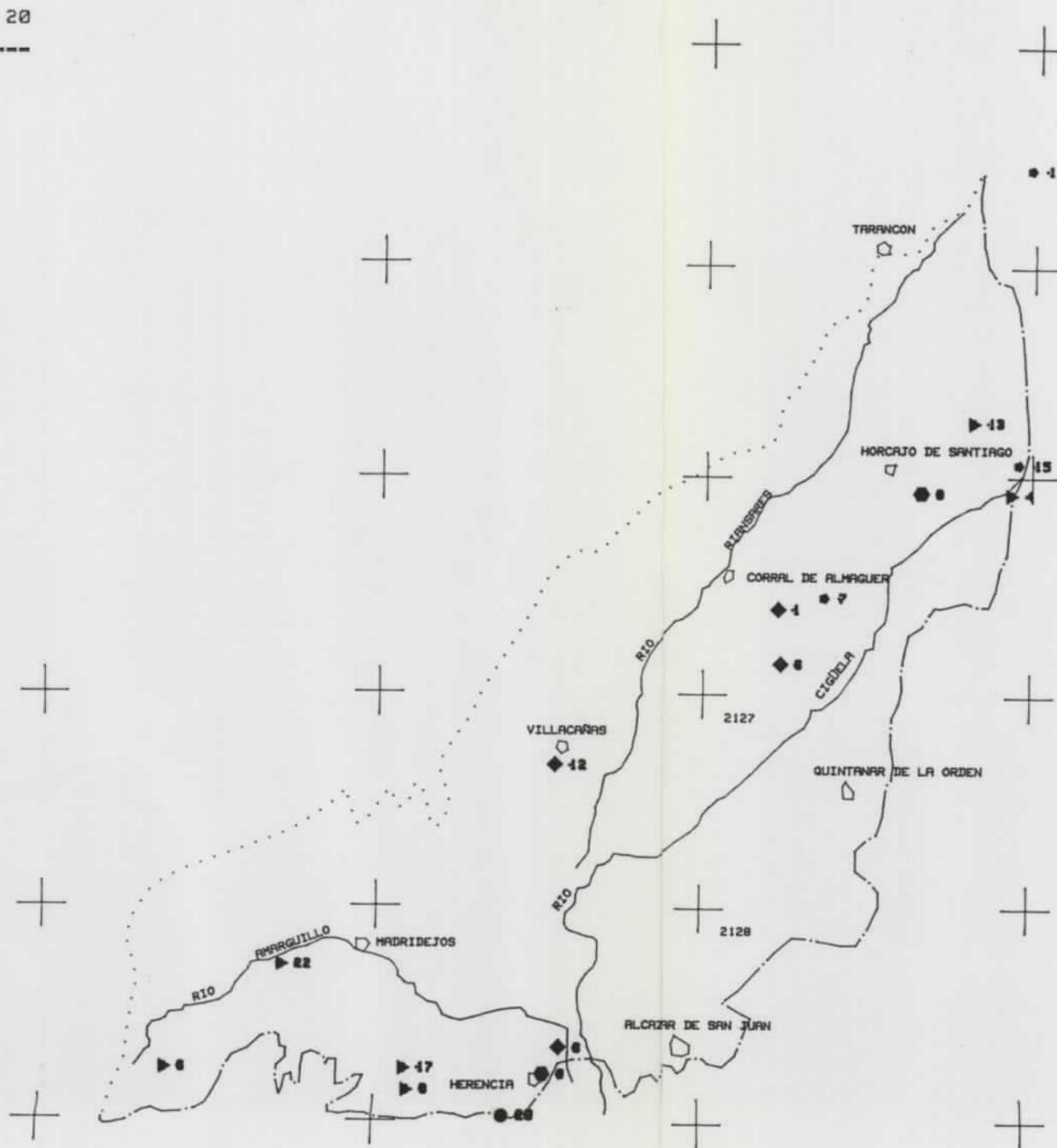
N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 212650006	POZO	AGRICULTURA			
Total de muestras 1					

SISTEMA ACUIFERO N° 20

MANCHA DE TOLEDO



- LEYENDA
- <25 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
  - ▶ 25-50 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
  - ◆ 50-100 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
  - >100 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
  - Límite de S. Acuífero
  - ..... Límite de C. Hidrográfica

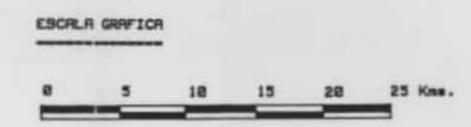
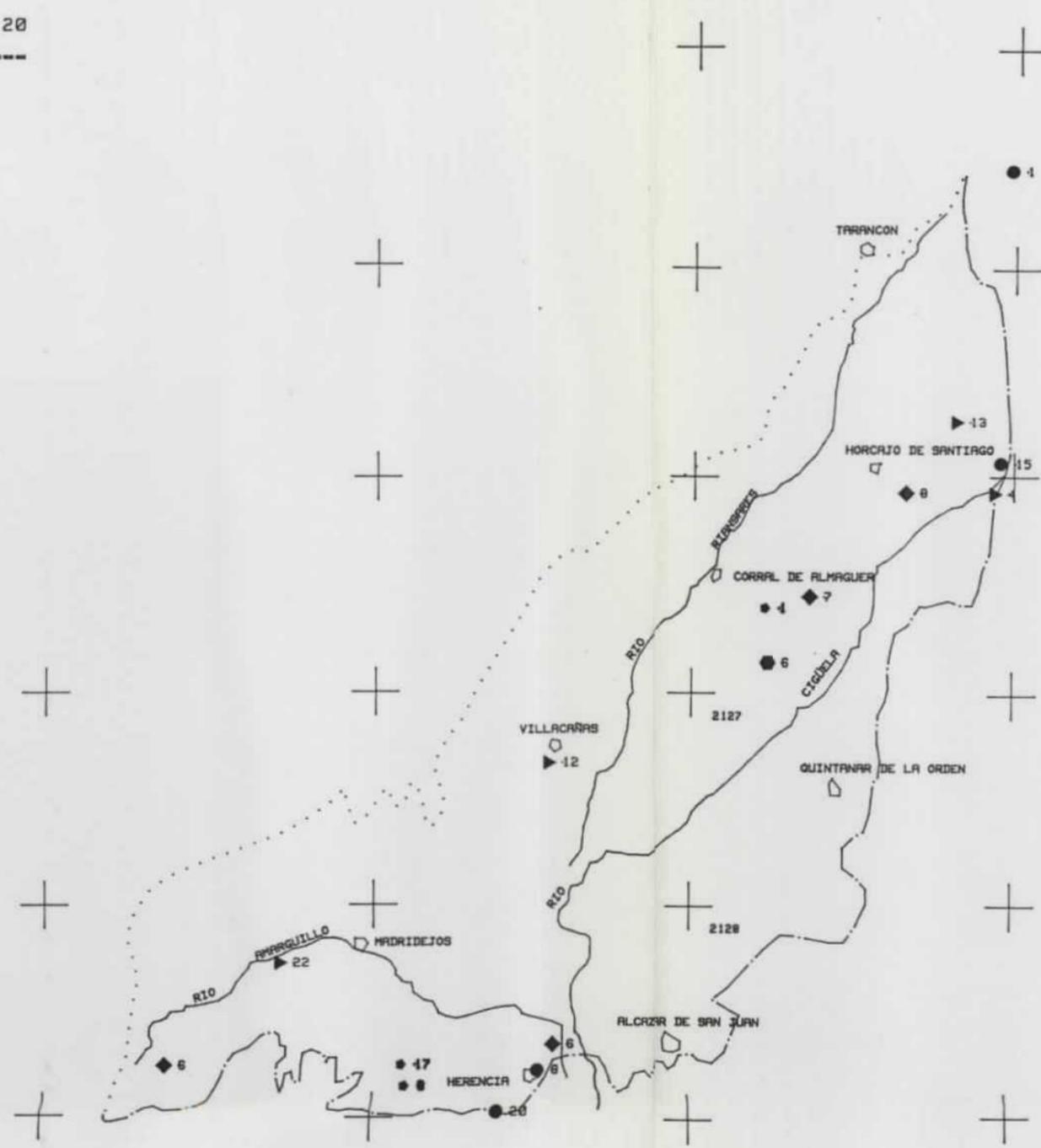


SISTEMA ACUIFERO N° 20

MANCHA DE TOLEDO



- LEYENDA**
- <=25 mg/l NO<sub>3</sub>-
  - ▶ 25-50 mg/l NO<sub>3</sub>-
  - ◆ 50-100 mg/l NO<sub>3</sub>-
  - >100 mg/l NO<sub>3</sub>-
  - Límite de S. Acuífero
  - ... Límite de C. Hidrográfica



### ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL: PREVISIONES

La serie analítica correspondiente a redes de control de calidad para el período 1976-1987 consta de 14 campañas y un total de 207 análisis, con un rango de concentración de 0-230 mg/l  $\text{NO}_3^-$ .

El número de muestras máximo por campaña es de 18, por lo que el tratamiento estadístico dirigido al cálculo de los valores de fondo geoquímico y anomalías debe ser considerado con reservas. Sin embargo no se descarta su aplicación, puesto que al menos a nivel general, sus resultados permiten esbozar las directrices básicas de evolución del Sistema.

La fig. 6 refleja en forma de diagrama de barras, la evolución de los valores de  $\mu$ ,  $\mu+\sigma$  y  $\mu+2\sigma$  para las campañas cuyo tratamiento permite el cálculo de estos últimos. La tendencia se define con cierta claridad. Desde el año 1981, el límite superior del fondo geoquímico experimenta un crecimiento ininterrumpido hasta 1985, en que alcanza su valor máximo (178 mg/l). En 1986 se invierte dicha tendencia, y aún cuando para esta campaña aparecen máximos puntuales elevados, los valores de  $\mu$  y  $\mu+\sigma$  sufren una ligera disminución. La transición a 1987 representa un brusco descenso, que reduce el fondo regional a niveles del mismo orden que el año 1981.

En primera aproximación, este comportamiento puede ser consecuencia de dos factores básicos:

- a) Variación del ratio de aporte de nitrógeno al subsuelo.
- b) Alteraciones ligadas al medio natural.

Tomando como hipótesis de partida que, para una zona de las características del Sistema 20, la fuente de nitratos más importante sea el uso de fertilizantes, sería preciso realizar una estadística regional del consumo de estos productos, a fin de establecer si tanto el fuerte enriquecimiento de  $\text{NO}_3^-$  detectado como el cambio de tendencia, se corresponden con las dosis aplicadas al terreno. No obstante, cabe suponer que hayan sido muy importantes para justificar una elevación del fondo tan notable. En este punto se plantea la posibilidad de la segunda vía. La fuerte

## CUENCA DEL GUADIANA

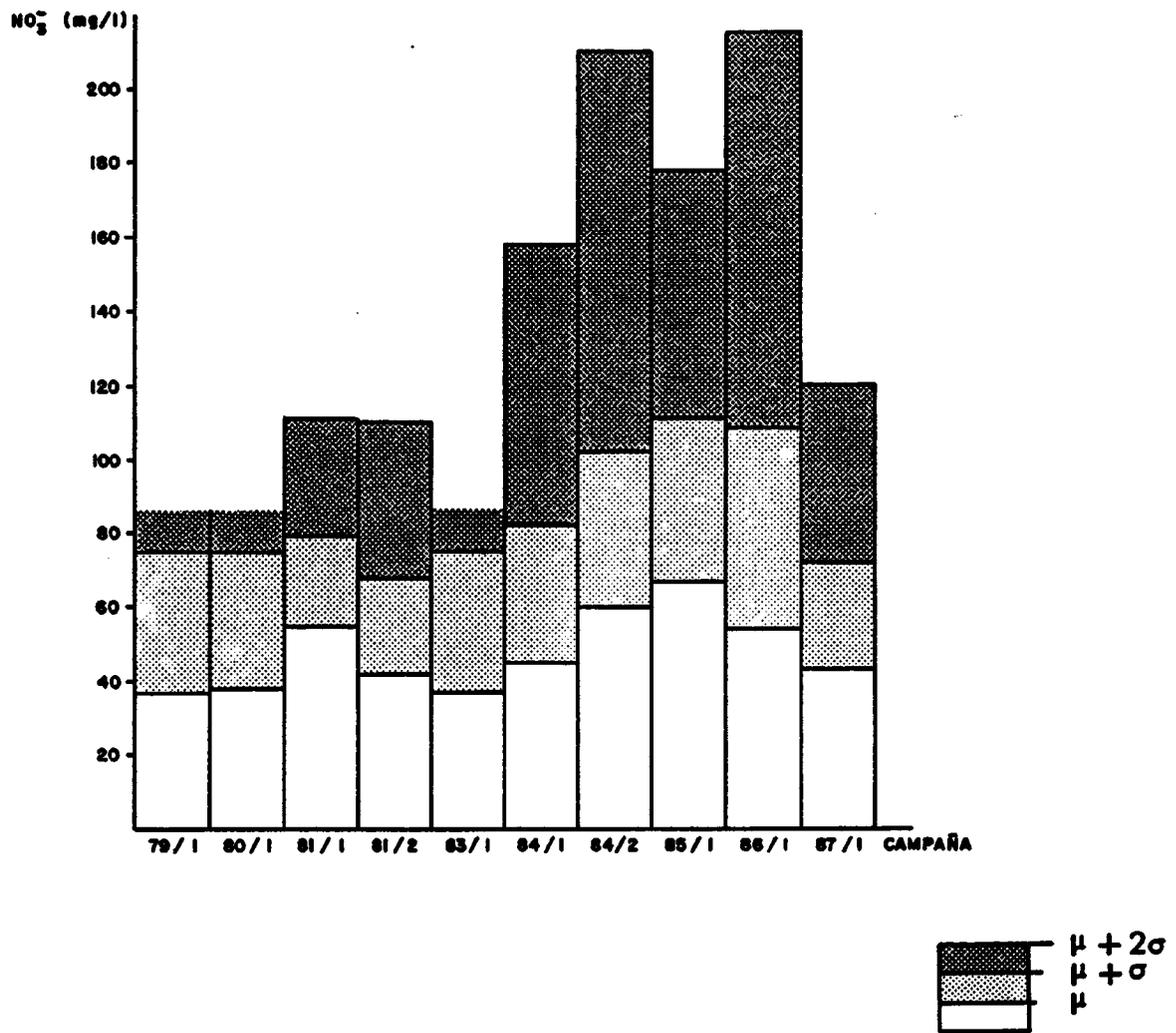


Fig. 6.- Evolución del contenido de  $\text{NO}_3^-$  en el Sistema Acuífero nº 20

sequía sufrida en los pasados años coincide aproximadamente con el período de enriquecimiento en nitratos detectado. Finalizada aquélla, el incremento de las precipitaciones induce un aumento del factor de dilución en el acuífero, lo que redundaría en un descenso de las concentraciones que se identificaría con la inversión de la tendencia del año 1986. Esta última hipótesis, aparentemente más plausible, no excluye en absoluto el hecho de que simultáneamente pueda incrementarse el empleo de fertilizantes.

De lo recién expuesto se deduce que el Sistema sufre actualmente un proceso de "autodepuración", relacionado con el incremento de las precipitaciones posterior a la sequía de años precedentes, que hasta el momento ha propiciado un descenso del fondo geoquímico de nitratos a los niveles existentes en 1981. No obstante, la calidad sigue siendo deficiente, especialmente teniendo en cuenta el probable uso para el consumo humano de muchas de las captaciones. Puesto que sólo se dispone de dos campañas para evaluar dicho descenso, será preciso al menos esperar a una tercera para elaborar previsiones. En cualquier caso es preciso señalar que, excluyendo algunos valores puntuales elevados, el nivel medio de nitratos actual es del mismo orden que los más bajos de la serie, por lo que cabe esperar que dicha situación se estabilice.

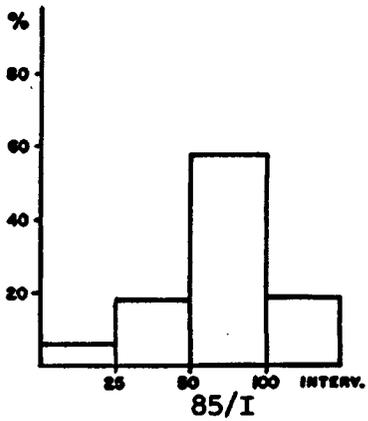
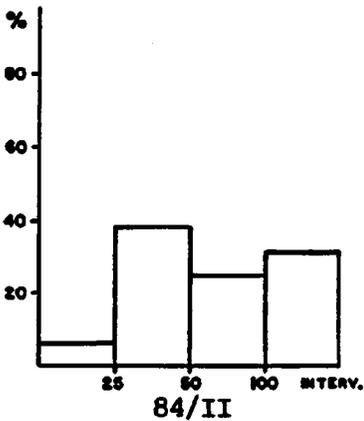
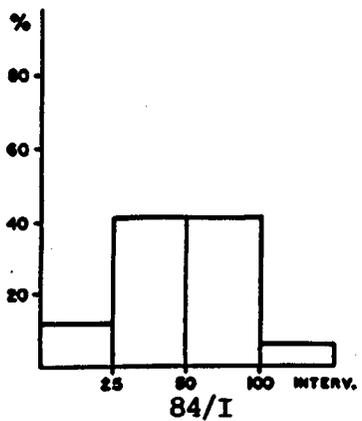
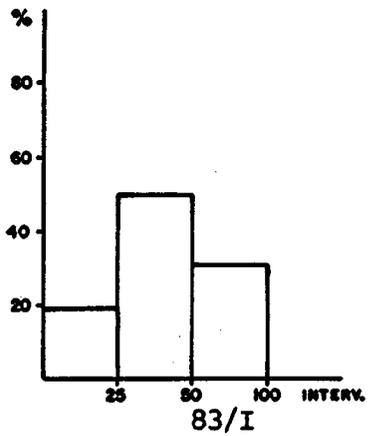
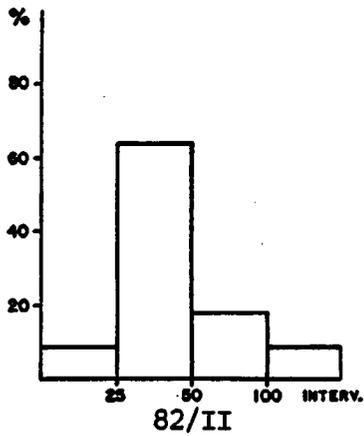
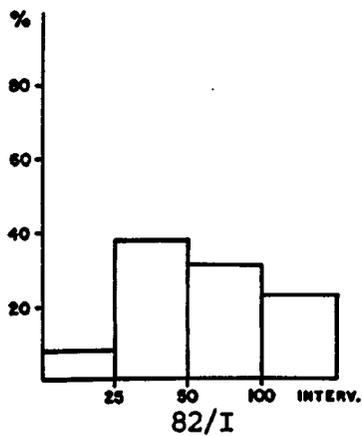
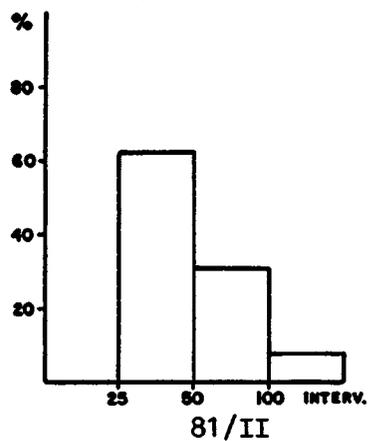
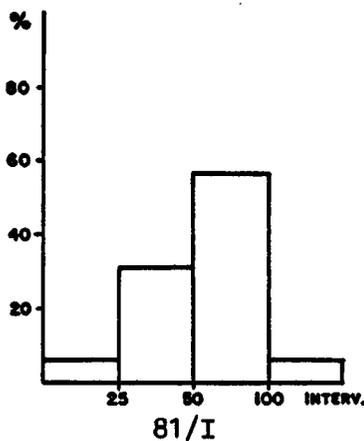
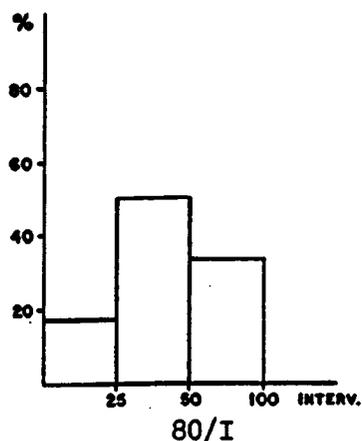
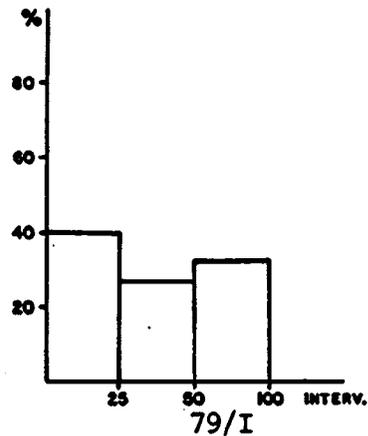
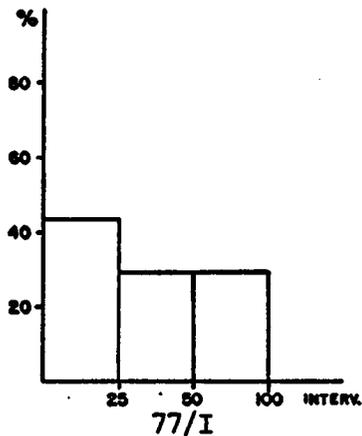
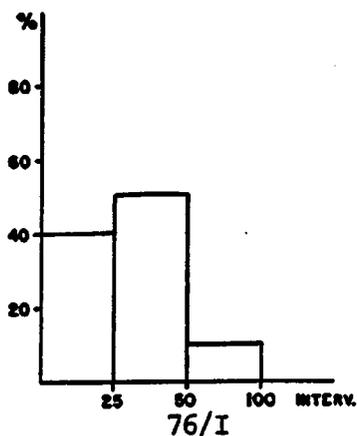
Finalmente, como información adicional, el anexo 4 recoge la distribución porcentual en intervalos de todas las muestras de la serie, y la fig. 7 su representación gráfica.

GRAFICAS DE DISTRIBUCION PORCENTUAL EN INTERVALOS DEL CONTENIDO DE NITRATOS

FIG.- 7

CUENCA: GUADIANA

S. ACUIFERO: 20

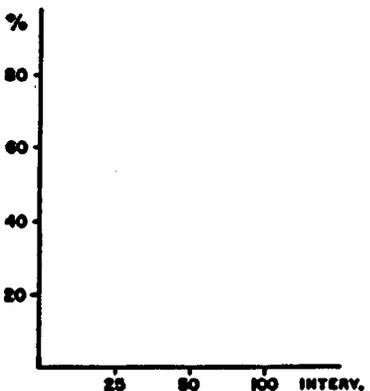
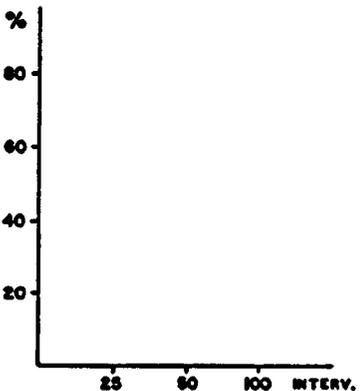
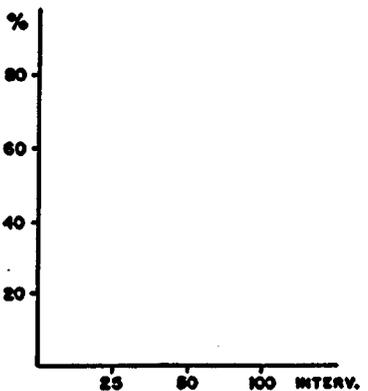
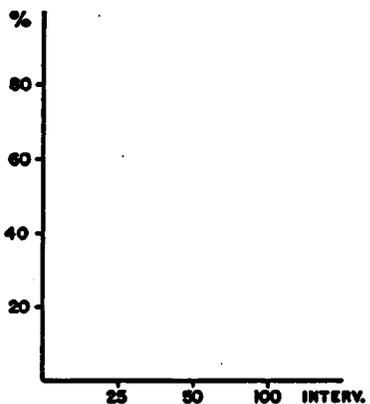
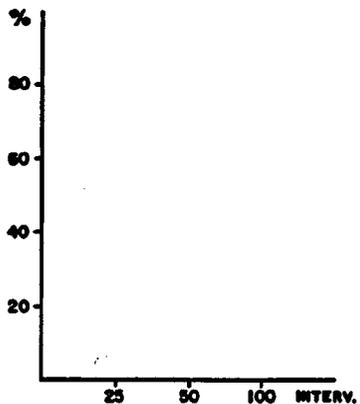
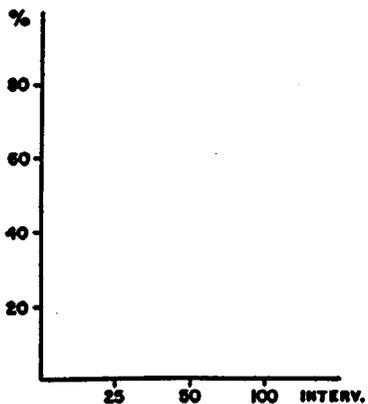
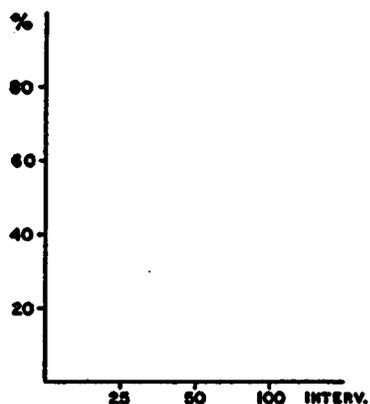
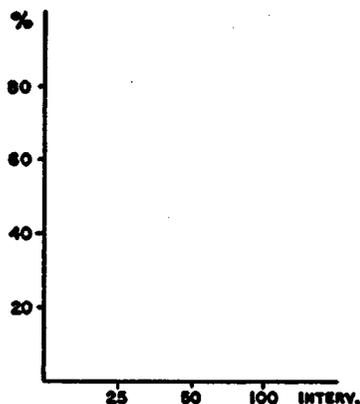
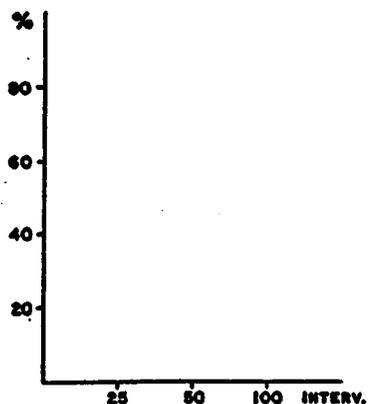
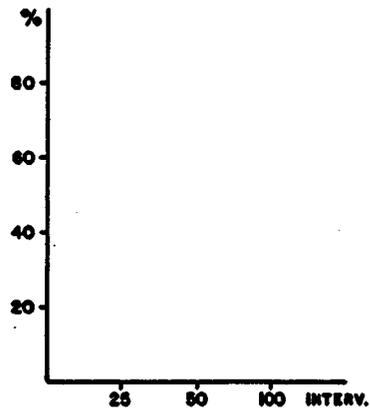
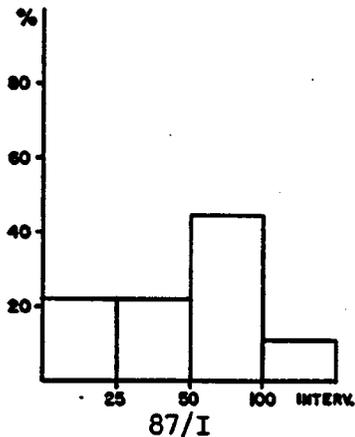
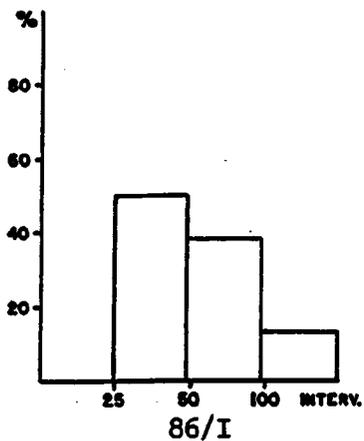


GRAFICAS DE DISTRIBUCION PORCENTUAL EN INTERVALOS DEL CONTENIDO DE NITRATOS

FIG.- 7  
(Cont.)

CUENCA: GUADIANA

S. ACUIFERO: 20



**4.- SISTEMA ACUÍFERO Nº 22**

**PLIOCUATERNARIO DETRÍTICO DE BULLAQUE**

### DESCRIPCIÓN GENERAL

El Sistema 22 ocupa una extensión de 2.034 Km<sup>2</sup>, que corresponden a la cuenca del río Bullaque, perteneciente en su totalidad a la provincia de Ciudad Real.

Correspondiendo con las tres subcuencas del río: alta, media y baja, se distinguen otros tantos subsistemas acuíferos. Las sierras del Pocito y del Chorito constituyen la separación entre ellas.

El Sistema está formado por materiales neógenos (arcillas y arenas muy finas con algunas intercalaciones de margas), pliocuaternarios (detríticos) y cuaternarios (aluviales arenosos con niveles de gravas), desarrollados sobre un substrato paleozoico (pizarras y cuarcitas).

El comportamiento hidrogeológico de estos materiales es diverso. La permeabilidad desciende considerablemente en profundidad, hasta alcanzar su valor mínimo en el Neógeno. Excepto este último, los acuíferos son en general libres. La recarga se realiza a través de las lluvias y lateralmente por el Paleozoico impermeable que vierte sobre el Sistema. La descarga se produce por el río Bullaque, aunque durante el estiaje esta situación se invierte.

Según los datos incluidos en el informe "Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España". Vol.II (IGME 1985), el consumo de agua subterránea para riego es de 15 hm<sup>3</sup>/año (1.350 ha). Es previsible un aumento de la superficie puesta en regadío mediante agua superficial, merced a la puesta a servicio de la Presa de Torre Abraham. Los recursos medios estimados son de 100 hm<sup>3</sup>/año, de los que se consideran renovables 17 hm<sup>3</sup>/año. La demanda para abastecimiento urbano es del orden de 0,85 hm<sup>3</sup>/año, cubierta en gran parte con agua subterránea.

La facies hidroquímica predominante es bicarbonatada cálcica. También aparecen aguas bicarbonatadas-cloruradas cálcicas o cálcico-magnésicas. La conductividad se sitúa en el rango 100-500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , aunque ocasionalmente se detectan valores hasta de 1.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

El clima de la zona es templado. La precipitación media oscila de 550 a 600 mm/año.

La densidad de población es muy baja (7 hab./ $\text{Km}^2$ ), alcanzando, según datos de 1987, 13.500 habitantes. Su actividad básica es la agricultura.

#### ANÁLISIS DE LA CALIDAD ACTUAL, EVOLUCIÓN Y PREVISIONES

La red de control de calidad del Sistema 22 se reduce a tan sólo 3 puntos, cuya situación se recoge en el plano 4.

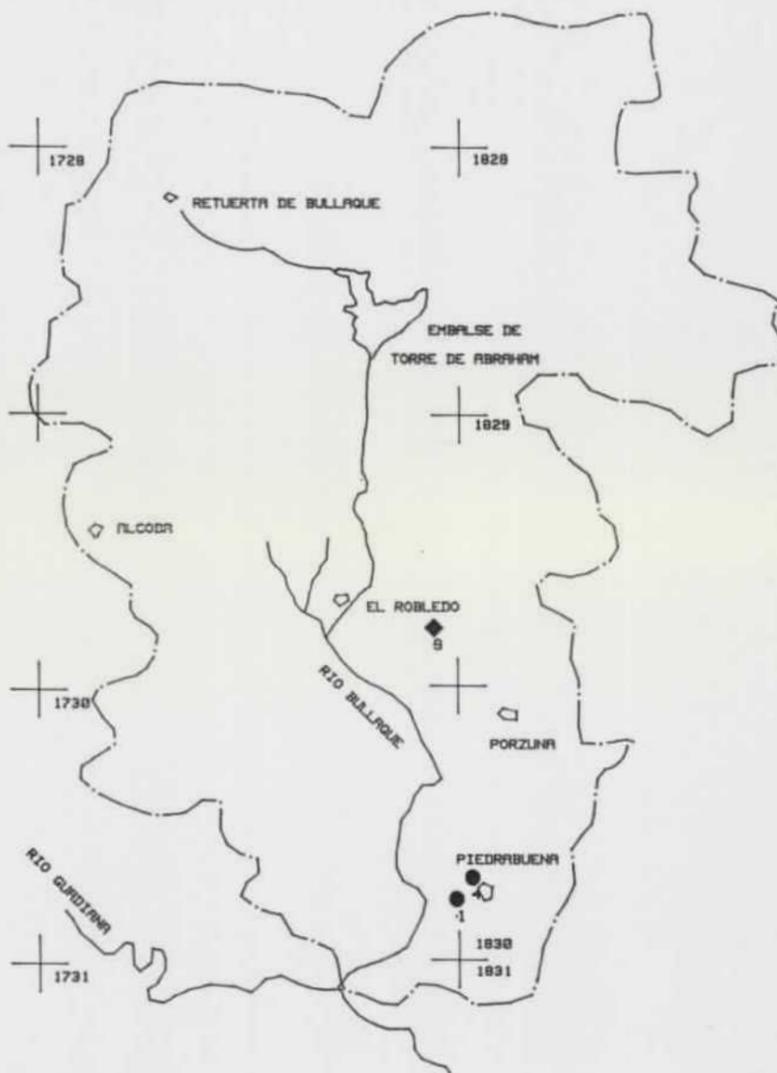
	<u>NATURALEZA</u>	<u>USO</u>	<u><math>\text{NO}_3^-</math> (ppm)</u> <u>87/1</u>
172980009	Pozo con sondeo	Agricultura	59
183050001	Sondeo	Desconocido	18
183050004	Pozo congel. y sondeo	Agricultura	20

La fig. 8 refleja la evolución del contenido de nitratos en estas muestras, realizada en base a 13 campañas (período 1977-1988) y un total de 36 análisis químicos.

El punto 172980009 manifiesta una gran variabilidad, con oscilaciones intercampaña de hasta 51 ppm (84/1 a 84/2) y un valor máximo de la serie de 85 mg/l (84/1). El análisis más reciente alcanza 59 ppm, superior a las 50 ppm señaladas como máximo tolerable.

Los puntos 183050001 y 50005, geográficamente próximos, presentan un comportamiento parecido. El máximo en ambos casos (115 y 70 mg/l respectivamente) se alcanza en la campaña 84/2, y a partir de ésta

SISTEMA ACUIFERO N° 22  
 -----  
 CUENCA DEL RIO BULLAQUE



LEYENDA

- <=25 mg/l NO3-
- ▼ 25-50 mg/l NO3-
- ◆ 50-100 mg/l NO3-
- >100 mg/l NO3-
- Límite de S. Acuífero

ESCALA GRAFICA



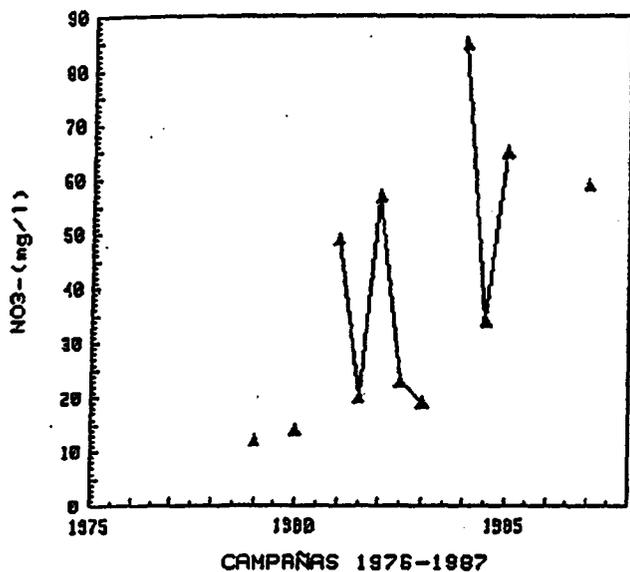
Fig. 8

GRAFICAS DE EVOLUCION DEL CONTENIDO  
DE NO<sub>3</sub>- (mg/l)

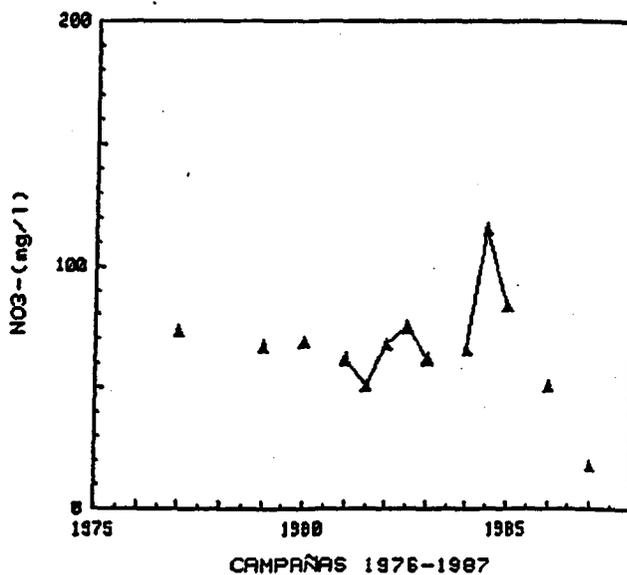
\*\*\*\*\*

CUENCA : GUADIANA  
S.ACUIFERO : 22 (FLIOCUAT.DETRIT.BULLAQUE)

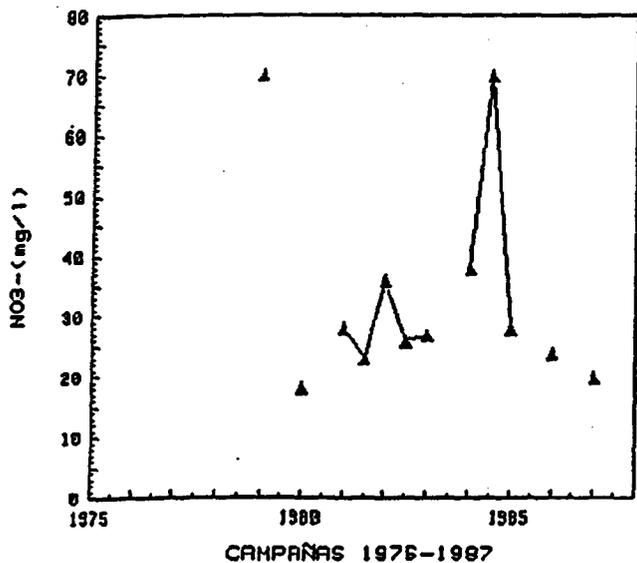
172980009



183050001



183050004



experimentan un descenso ininterrumpido hasta los valores actuales de 18 y 20 ppm, representativos de un nivel medio de calidad.

En conclusión, el número de puntos disponible resulta insuficiente para el control de la presencia de nitratos en el acuífero. En consecuencia la situación actual y evolución de aquéllos no es estrictamente extrapolable a todo el Sistema, limitándose a lo expuesto respecto a cada caso individual.

Puesto que el sector agrícola constituye la actividad más importante de la zona, y a su vez existe un aprovechamiento relativamente importante del agua subterránea para abastecimiento urbano, se hace ineludible la necesidad de una ampliación de la red de calidad, a fin de mantener un control efectivo de la presencia de nitrógeno en el acuífero.

**5.- SISTEMA ACUÍFERO Nº 23**  
-----

**CALIZAS DE LOS PARAMOS Y MIOCENO DETRÍTICO DE  
LA LLANURA MANCHEGA**

### DESCRIPCIÓN GENERAL

El Sistema Acuífero 23 ocupa una superficie de 5.500 Km<sup>2</sup>, que se extiende por las provincias de Ciudad Real (80%), Cuenca y Albacete.

Se trata de una depresión geológica rellena por materiales de origen continental, ubicada en la meseta meridional del Macizo Hespérico, en el límite de éste con la Ibérica y Sierra Morena.

Al Noreste limita con la Sierra de Altomira, al Noroeste con las estribaciones meridionales de los Montes de Toledo, al Sur con las estribaciones más septentrionales de Sierra Morena, al Oeste con la región natural de Extremadura y al Este se prolonga hacia los Llanos de Albacete.

El Sistema está constituido por materiales mesozoicos y terciarios, depositados sobre un substrato paleozoico (cuarcitas y pizarras). Las calizas y dolomías mesozoicas (jurásico-cretácicas) están más desarrolladas hacia el Este, en tanto que las areniscas y gravas de la misma edad adquieren más importancia hacia el Oeste. El Trias está representado por yesos y arcillas. Los materiales terciarios y cuaternarios son detríticos de finos a gruesos, yesos y calizas a veces algo margosas. Ocasionalmente aparecen formaciones tipo raña y, al Oeste, rocas volcánicas.

Se pueden diferenciar básicamente dos unidades hidrogeológicas. La superior, formada por el tramo calcáreo del mioceno superior, los niveles detríticos del Cuaternario, Plioceno y Pliocuaternario y materiales volcánicos relacionados con ellos, y la inferior, constituida por materiales calcáreos y dolomíticos, jurásicos y cretácicos. Entre ambas unidades existe un nivel intermedio que se comporta como acuitardo, formado por materiales detríticos del Mioceno Inferior y del Cretácico.

El nivel superior constituye un acuífero libre, alimentado por infiltración directa de la lluvia y lateralmente por los sistemas acuíferos vecinos, y cuyas salidas naturales son la evaporación, drenaje del río Guadiana y escorrentía subterránea hacia la cuenca del Júcar. El nivel inferior sería semiconfinado, libre o confinado, y su equilibrio vendría determinado por sus relaciones con el nivel piezométrico del acuífero superior, con los sistemas acuíferos laterales y con la escorrentía subterránea a la cuenca del Júcar.

El acuífero inferior se subdivide a su vez en tres niveles (dos jurásicos y uno cretácico), separados por acuitardos.

Los parámetros hidrogeológicos medios para ambas unidades (IGME 1982) son los siguientes:

	<u>Acuífero Superior</u>	<u>Acuífero Inferior</u>
Transmisividad	1000-15000 m <sup>2</sup> /día	100-6000 m <sup>2</sup> /día
Coef. almacenamiento	0,1	4x10 <sup>-3</sup>
Capac. almacenamiento	11.000 hm <sup>3</sup>	1.500 hm <sup>3</sup>

Los recursos renovables de agua subterránea alcanzan 310 hm<sup>3</sup>/año. Las reservas totales pueden establecerse en 12.500 hm<sup>3</sup>. El número de pozos de explotación es del orden de 7.500, de los que aproximadamente el 80% aprovechan el agua del acuífero superior, el 10% del inferior y el 10% restante de ambos. El cuadro siguiente resume las características hidrogeológicas del Sistema.

SISTEMA ACUIFERO N° 23, "MANCHA OCCIDENTAL"	
Superficie total	5.000 Km <sup>2</sup>
Precipitación media	400-500 mm/a
Entradas medias al acuífero	310 hm <sup>3</sup> /a
• Infiltración de lluvia	235 hm <sup>3</sup> /a
• Procedente de otros acuíferos	60 hm <sup>3</sup> /a
• De infiltración de ríos y riegos con agua superficiales exteriores	15 hm <sup>3</sup> /a
Salidas del acuífero	310 hm <sup>3</sup> /a
• Consumos por bombeo	264 hm <sup>3</sup> /a
• Drenaje a ríos y lagunas	46 hm <sup>3</sup> /a
Reservas estimadas	12.500 hm <sup>3</sup>

(extraído de la "Síntesis Hidrogeológica de Castilla-La Mancha" IGME 1985)

La naturaleza hidroquímica de las aguas es muy variable, predominando las de los tipos bicarbonatado y sulfatado cálcico-magnésico. La conductividad varía entre 300 y 1400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , siendo el intervalo más frecuente entre 400 y 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

El clima es mediterráneo seco y templado, con una temperatura media anual de 14°C.

La población asentada en la zona, según datos de 1977, es de 325.000 habitantes, distribuida en 37 municipios de los que 8 superan los 12.000 habitantes.

La agricultura constituye la actividad predominante, especialmente la de secano. La superficie puesta en regadío representa un 11% de la cultivada. La evolución de ésta, dato muy importante por su relación con la problemática de nitratos, se incluye en la tabla siguiente. En ella se pone de manifiesto el fuerte incremento experimentado en el período descrito:

	<u>Nº has. regadas con agua subterránea</u>
1974	34.000
1975	39.800
1976	47.800
1977	50.600
1978	60.800
1979	71.000
1980	75.000

(IGME 1982)

Por otra parte, entre el 70 y 85% (según la fuente consultada) de la demanda para abastecimiento urbano se cubre con agua subterránea.

El sector industrial presenta cierto desarrollo en el ramo agroalimentario: fabricación de vinos, queso, aceite y alcohólicas. En especial estas dos últimas pueden constituir focos de contaminación importantes, al menos a escala local.

La demanda actual de agua subterránea supera a los recursos renovables del Sistema, lo que supone un descenso de los niveles piezométricos que entre otros efectos lleva aparejada la desecación de las zonas encharcadas, como ocurre, por ejemplo, en las Tablas de Daniel.

#### ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La campaña elegida para evaluar la situación de la calidad actual es la de 1987, la más reciente disponible. Consta de un total de 76 muestras comprendidas en un rango de 0-176 mg/l  $\text{NO}_3^-$ .

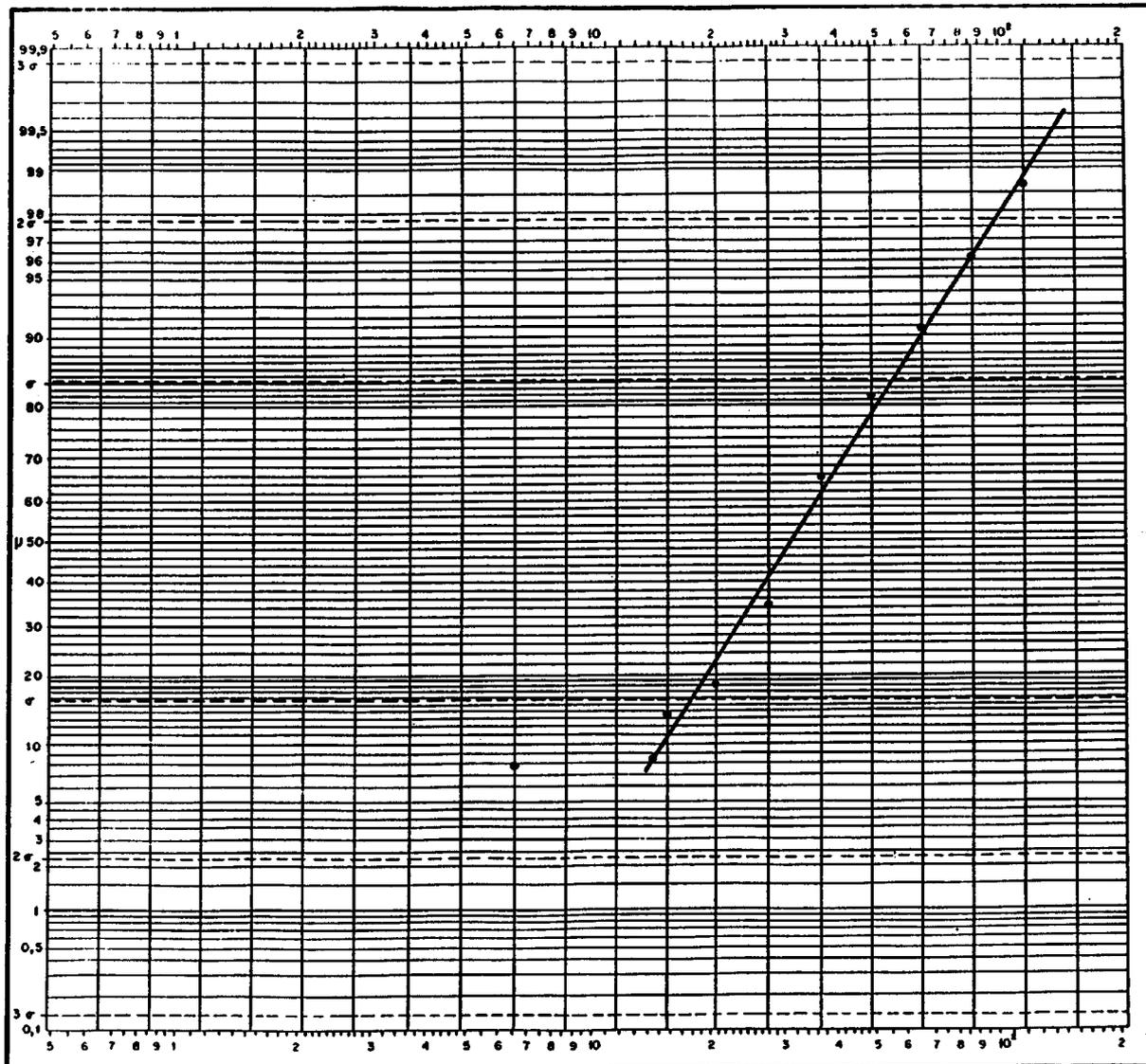
El tratamiento estadístico de la misma permite calcular los valores de fondo geoquímico y umbrales de anomalía. Estos resultados se reflejan en la fig. 9. El límite superior de fondo se sitúa en 55 mg/l. Ello significa que el máximo tolerable (50 ppm) no constituye un valor anómalo en el contexto geoquímico de la zona, lo que da idea de la problemática existente.

La table 6 refleja la distribución en los intervalos de referencia del contenido de nitratos para la campaña en cuestión. De acuerdo con estos resultados, el porcentaje correspondiente a cada uno de ellos sería el siguiente:

<25	mg/l $\text{NO}_3^-$	30%
25-50	" "	54%
50-100	" "	12%
>100	" "	4%

Luego el mayor número de muestras se concentra entre 25 y 50 mg/l. Esta situación se refleja con claridad en el plano 5, donde se observa un claro predominio de la zona representada por triángulos, símbolo correspondiente al citado intervalo.

Las áreas afectadas por contenidos superiores a 50 ppm  $\text{NO}_3^-$  son tres:



CUENCA: GUADIANA  
 S. ACUIFERO: 23  
 CAMPAÑA: 1987/I

$e^{\mu}$  = 31 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>  
 $e^{\mu+\sigma}$  = 55 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>  
 $e^{\mu+2\sigma}$  = 100 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Fig. 9

TABLA 6

DISTRIBUCION EN INTERVALOS DEL CONTENIDO DE NO<sub>3</sub>- (mg/l)

\*\*\*\*\*

CUENCA : GUADIANA  
 C.ACUIFERO : 23 (CAL.FAR.Y MIDC.DETRIT...)  
 CAMPANA : 1987/1

[NO<sub>3</sub>-] <= 25

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 183130008	POZO CON GALERIA Y SONDEO	AGRICULTURA	2 183170011	SONDEO	DESCONOCIDO
3 192980035	MANANTIAL	ABTO. NO URBANO	4 193060001	POZO CON SONDEO	AGRICULTURA
5 193110006	SONDEO	AGRICULTURA	6 193120006	POZO CON SONDEO	AGRICULTURA
7 202860020	POZO	ABTO. NO URBANO	8 202870009	*	*
9 202870017	SONDEO	ABTO. NO URBANO	10 202870018	SONDEO	ABTO. NO URBANO
11 202950007	POZO	ABTO. NO URBANO	12 202980018	POZO CON SONDEO	AGRICULTURA
13 202980019	SONDEO	ABASTECIMIENTO URBANO	14 203010116	SONDEO	ABTO. NO URBANO
15 203040001	SONDEO	DESCONOCIDO	16 203070005	POZO CON SONDEO	ABASTECIMIENTO URBANO
17 203080008	SONDEO	AGRICULTURA	18 203170024	SONDEO	ABASTECIMIENTO URBANO
19 212780005	*	*	20 212870004	*	*
21 212930008	SONDEO	NO SE UTILIZA	22 212940028	*	*
23 222910019	POZO CON SONDEO	AGRICULTURA			

Total de muestras 23

25 < [NO<sub>3</sub>-] <= 50

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 192830022	*	*	2 192840009	*	*
3 193030036	POZO CON GALERIA Y SONDEO	AGRICULTURA	4 193070040	*	*
5 193080012	POZO CON SONDEO	AGRICULTURA	6 193080039	SONDEO	NO SE UTILIZA
7 193080048	SONDEO	AGRICULTURA	8 193120026	SONDEO	ABTO. NO URBANO
9 193130003	SONDEO	ABTO. NO URBANO	10 193130015	POZO CON SONDEO	AGRICULTURA
11 193130104	SONDEO	ABTO. NO URBANO	12 202930005	SONDEO	AGRICULTURA
13 202950006	SONDEO	ABTO. NO URBANO	14 202960005	SONDEO	AGRICULTURA
15 202960027	*	*	16 203020012	POZO CON SONDEO	AGRICULTURA
17 203020013	*	*	18 203030001	POZO CON SONDEO	AGRICULTURA
19 203030002	POZO CON SONDEO	AGRICULTURA	20 203030003	SONDEO	DESCONOCIDO
21 203110003	SONDEO	AGRICULTURA	22 203120001	SONDEO	ABASTECIMIENTO Y AGRIC.
23 212770011	*	*	24 212830019	SONDEO	ABTO. NO URBANO
25 212850010	SONDEO	INDUSTRIA	26 212910007	SONDEO	AGRICULTURA
27 212910016	SONDEO	AGRICULTURA	28 212950018	SONDEO	AGRICULTURA
29 212960001	SONDEO	ABTO. NO URBANO	30 212960026	*	*
31 212970001	SONDEO	AGRICULTURA	32 212970019	SONDEO	ABTO. NO URBANO
33 212980007	POZO CON SONDEO	AGRICULTURA	34 222770008	*	*
35 222780001	*	*	36 222820041	*	*
37 222830014	*	*	38 222870005	POZO CON SONDEO	AGRICULTURA
39 222870007	SONDEO	DESCONOCIDO	40 222880002	*	*
41 222950004	POZO CON SONDEO	ABTO. NO URBANO			

Total de muestras 41

TABLA 6 (Cont.)

DISTRIBUCION EN INTERVALOS DEL CONTENIDO  
DE NO3- (mg/l)

\*\*\*\*\*

CUENCA : GUADIANA  
S. ACUIFERO : 23 (CAL. PAR. Y MIOC. DETRIT...)  
CAMPAÑA : 1987/1

50 < [NO3-] <= 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 192860006	*	†	2 193070004	POZO CON SONDEO	GANADERIA
3 193110013	SONDEO	AGRICULTURA	4 193120009	POZO CON SONDEO	AGRICULTURA
5 193140002	POZO CON SONDEO	AGRICULTURA	6 202970006	*	*
7 203010007	SONDEO	AGRICULTURA	8 203160015	SONDEO	ABTO. NO URBANO
9 222940005	POZO CON SONDEO	ABTO. NO URBANO			

Total de muestras 9

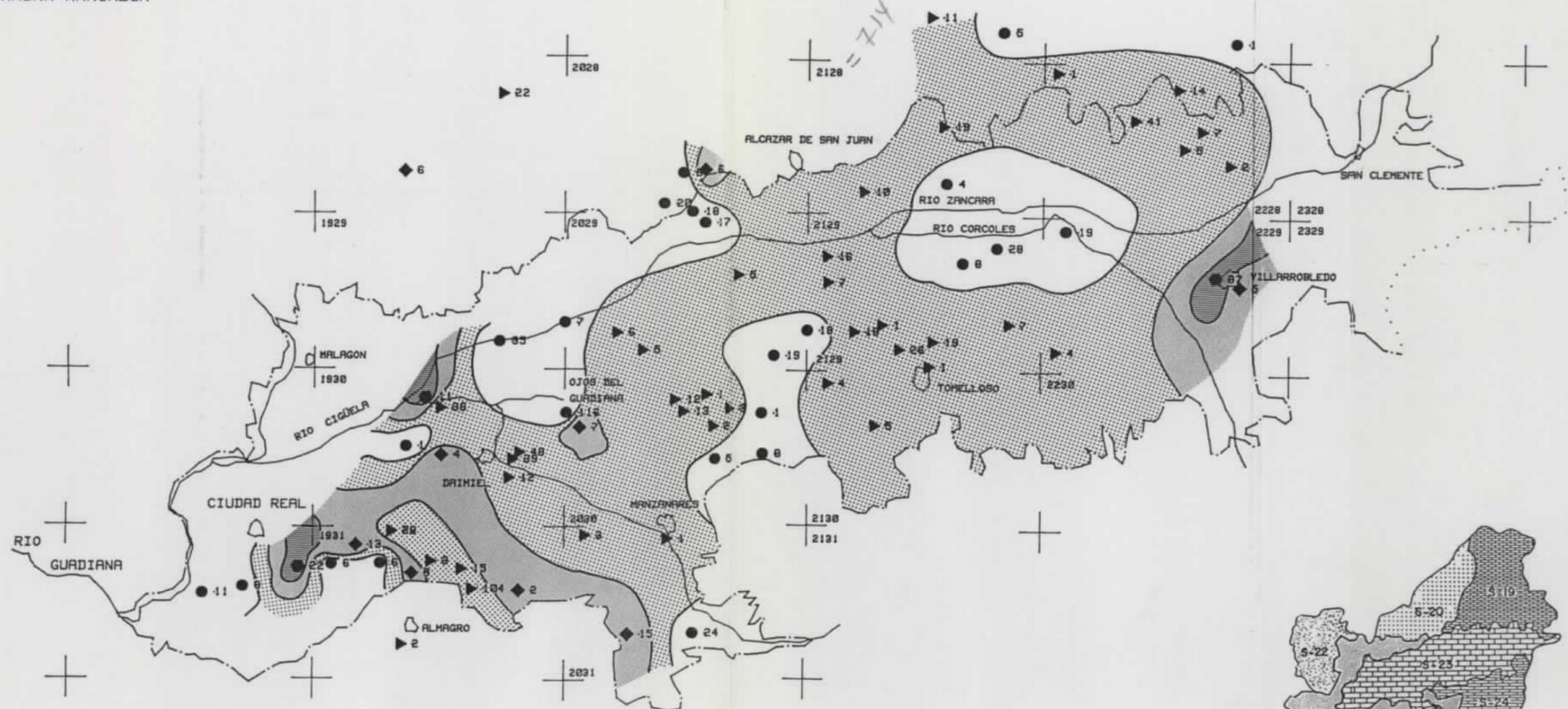
[NO3-] > 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 183140022	POZO CON SONDEO	AGRICULTURA	2 193020011	POZO	AGRICULTURA
3 222930087	SONDEO	ABASTECIMIENTO URBANO			

Total de muestras 3

SISTEMA ACUIFERO N° 23

LLANURA MANCHEGA



LEYENDA

- <-25 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- ▶ 25-50 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- ◆ 50-100 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- >100 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- Límite de S. Acuífero.
- Límite de C. Hidrográfica

ESCALA GRAFICA



- I. Sector Suroccidental del Sistema. En esta zona se concentran 8 de los 12 puntos afectados:

	<u>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></u>		<u>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></u>
183140022	175	193120009	66
193020011	110	193140002	76
193070004	50	203010007	75
193110013	69	203160015	54

(en ppm)

- II. Zona de Villarrobledo. Está definida por los dos únicos puntos muestreados en este sector, localizados en las proximidades de la citada localidad.

	<u>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></u>
222930087	108
222940005	52

(en ppm)

- III. Se trata de un único punto (202870006), situado al Oeste de Alcázar de San Juan, que presenta una concentración de 52 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Es evidente que la primera de las zonas mencionadas constituye el verdadero núcleo conflictivo del Sistema, cuyo origen podría relacionarse con diversos factores: aplicación de fertilizantes en zonas de regadío, existencia de industrias potencialmente contaminantes, vertidos urbanos (filtro verde de Daimiel, por ejemplo), etc. En ella debe centrarse especialmente la atención, habida cuenta entre otras razones, de la intensa utilización del agua subterránea para abastecimiento. A este respecto cabe destacar que tres de los puntos citados (203160015, 222930087 y 222940005) tienen precisamente este uso.

#### ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL: PREVISIONES

La serie analítica correspondiente a la red de control de calidad se compone de 16 campañas (1976-1987) y un total de 871 determinaciones de nitratos. El anexo 4 incluye la distribución porcentual de muestras por

intervalos, y la fig. 10 su representación gráfica.

El cálculo de fondos geoquímicos y umbrales de anomalía para cada campaña se recoge en el anexo 3. Los resultados se reflejan, en forma de diagramas de barras, en la fig. 11, y del mismo pueden extraerse diversas conclusiones. En primer lugar, se observa que el límite de 50 ppm es un valor que en la mayor parte de las campañas queda englobado dentro del fondo geoquímico regional, en línea con lo observado en el análisis de la situación actual (1987/1). A partir de 1981, 9 de las 10 campañas superan dicho valor, con un rango de  $\mu\text{r}$  comprendido entre 52 y 72 mg/l  $\text{NO}_3^-$ .

El comportamiento a lo largo de toda la serie puede definirse en líneas generales como alternante, tal como se observa en el siguiente esquema:

<u>PERÍODO DE INCREMENTO</u>	<u>PERÍODO DE DESCENSO</u>
1976/1-1977/1	1977/1-1979/1
1979/1-1981/1	1981/1-1982/2
1982/2-1984/2	1984/2-1986/1
<u>PERÍODO DE ESTABILIZACIÓN</u>	
1986/1-1987/1	

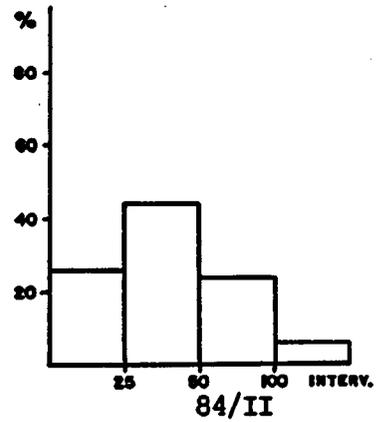
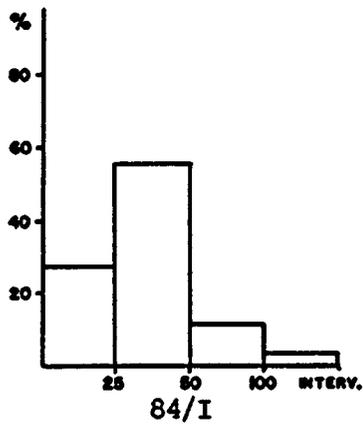
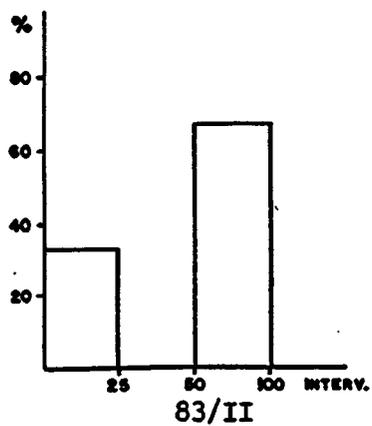
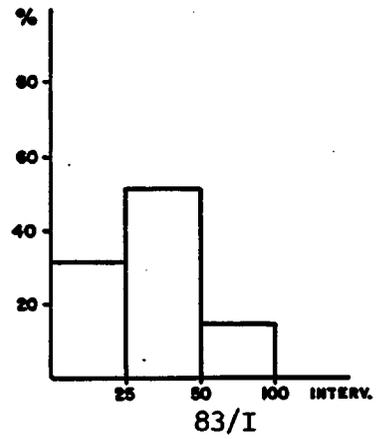
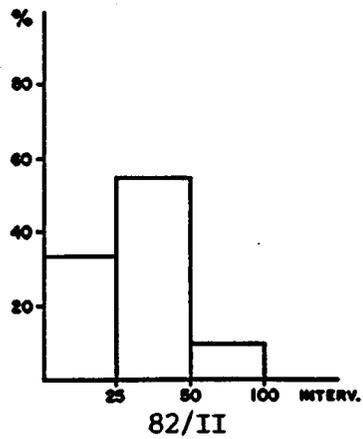
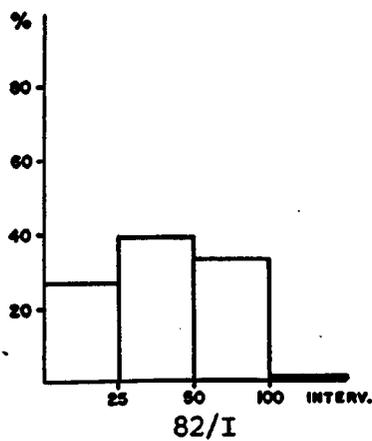
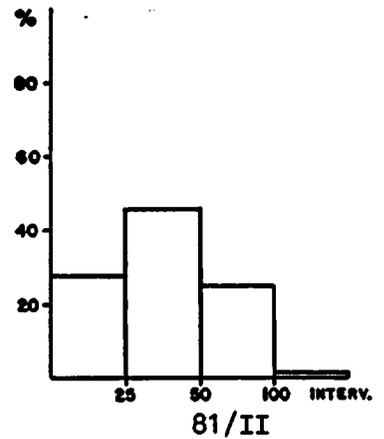
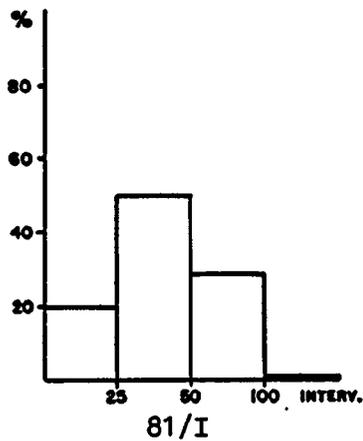
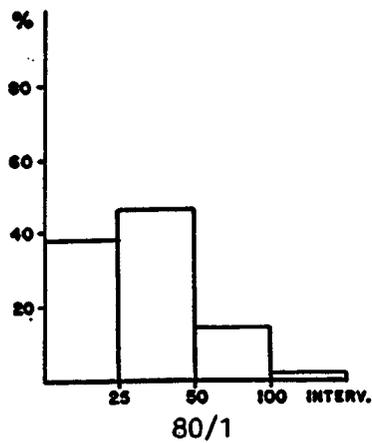
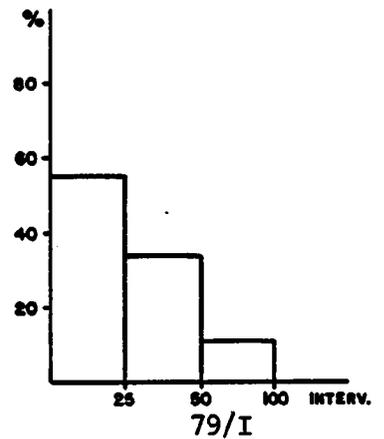
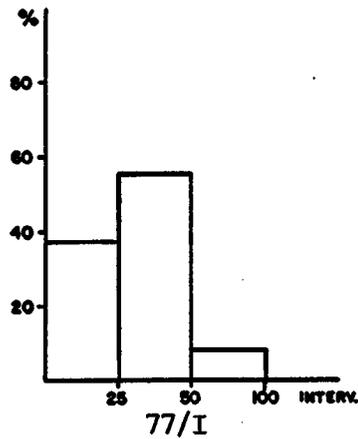
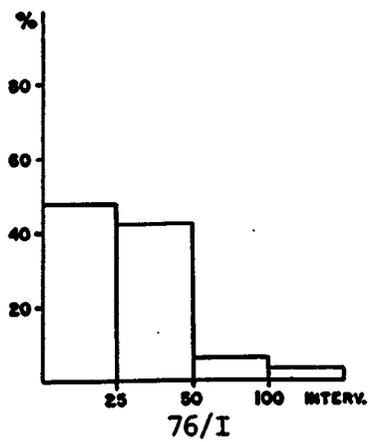
En consecuencia, no llega a definirse un vector de crecimiento del contenido de  $\text{NO}_3^-$ , que pudiera asociarse con un supuesto incremento paralelo de los aportes de nitrógeno al acuífero, al menos considerando el Sistema en su conjunto. Ello no excluye que estudiando individualmente las poblaciones que caracterizan las áreas contaminadas, llegue a definirse una relación como la descrita. En tal caso sería preciso disponer de un número más elevado de análisis de las citadas áreas.

Sin más información que el contenido de nitratos resulta difícil determinar las causas de esta tendencia variable. Dejando aparte la estabilidad relativa que en el aporte de nitratos sugiere la fig. 11, o la capacidad amortiguadora que frente a éste pueda poseer el acuífero, se

GRAFICAS DE DISTRIBUCION PORCENTUAL EN INTERVALOS DEL CONTENIDO DE NITRATOS

CUENCA: GUADIANA

S. ACUIFERO: 23

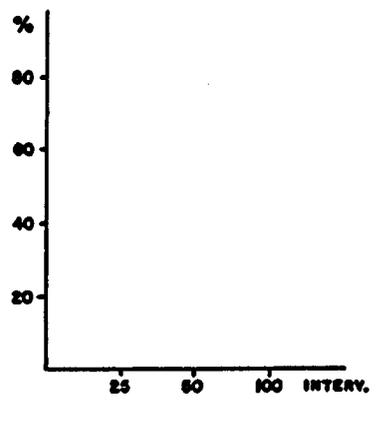
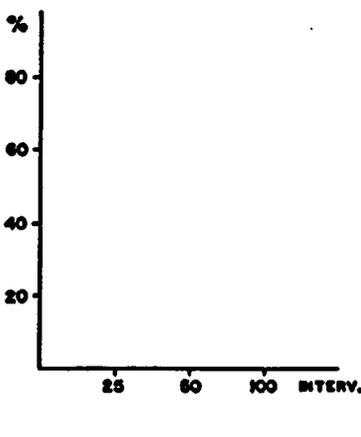
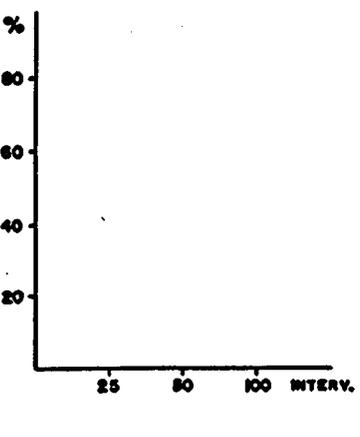
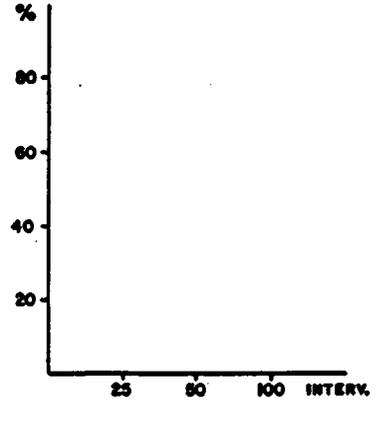
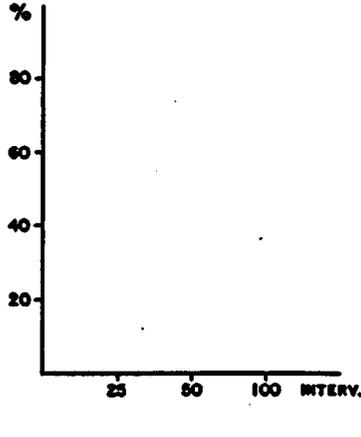
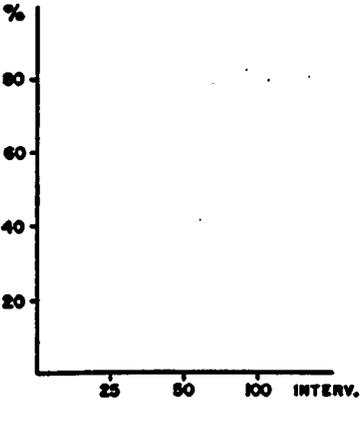
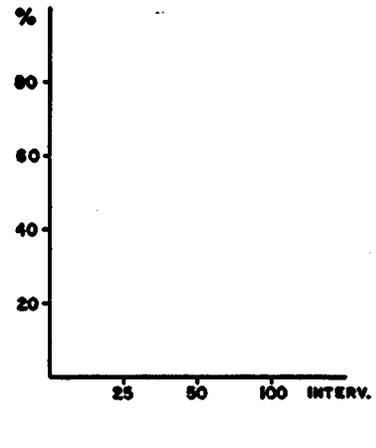
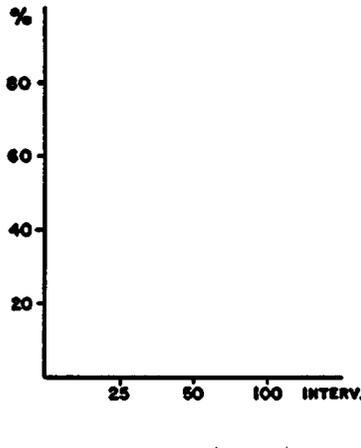
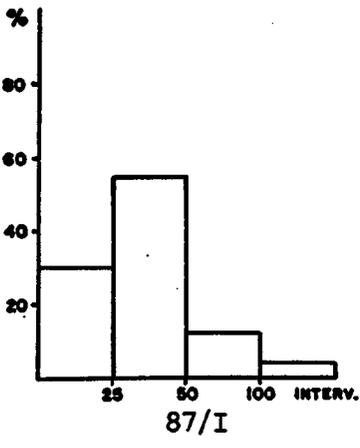
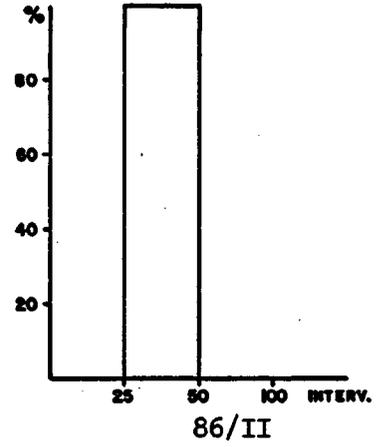
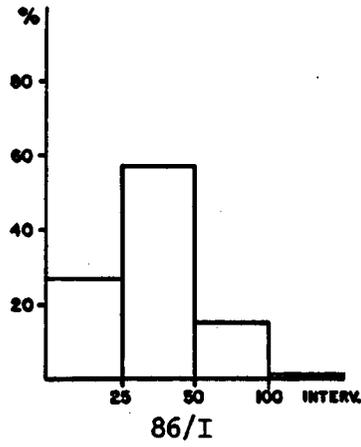
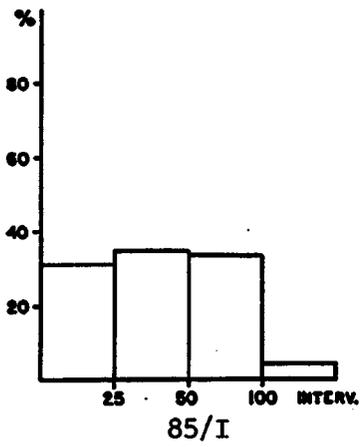


GRAFICAS DE DISTRIBUCION PORCENTUAL EN INTERVALOS DEL CONTENIDO DE NITRATOS

FIG.- 10  
(Cont.)

CUENCA: GUADIANA

S. ACUIFERO: 23



CUENCA DEL GUADIANA

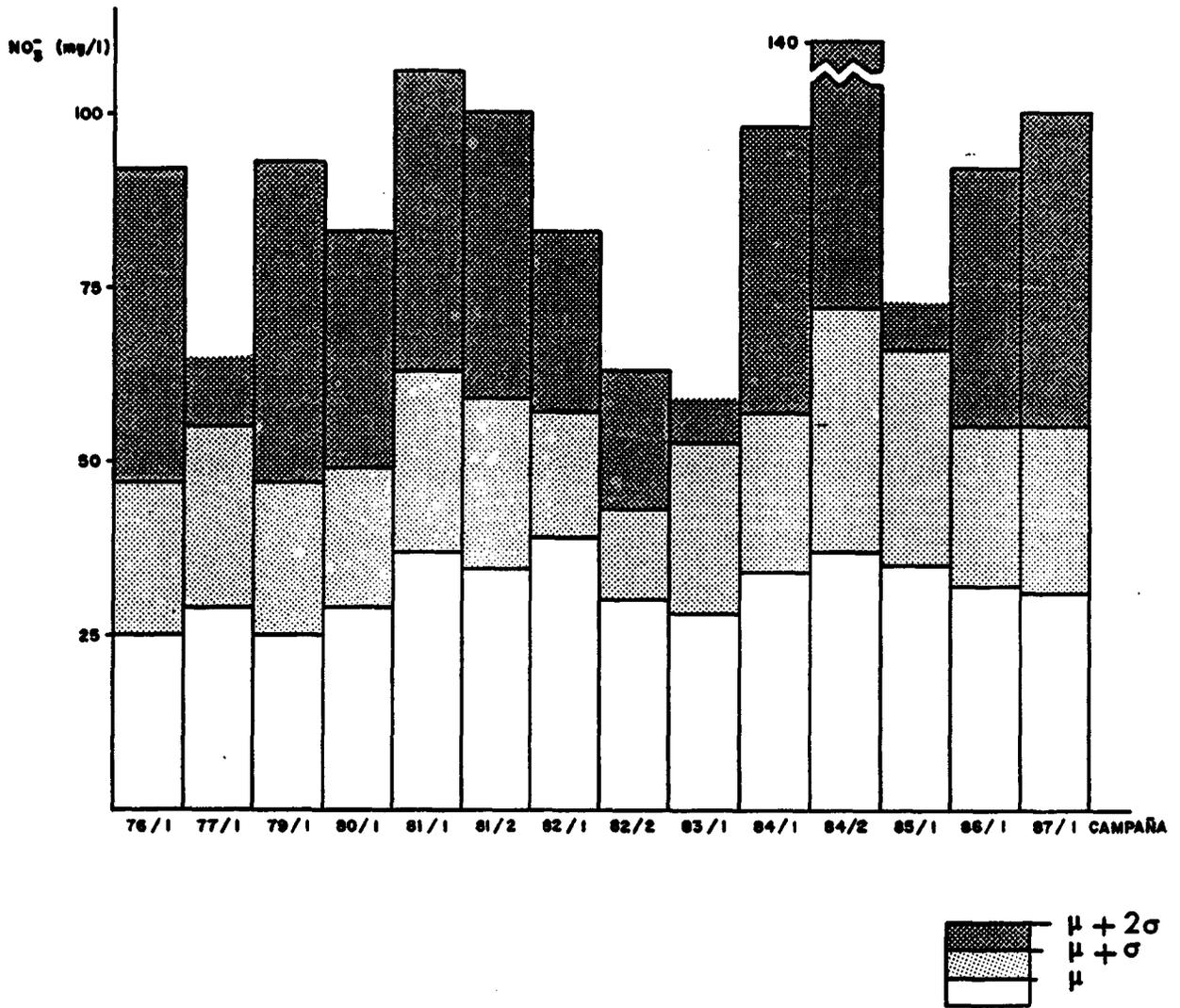


Fig. 11.- Evolución del contenido de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en el Sistema Acuífero nº 23

plantea también la posible influencia de los factores estacionales. Es muy probable que fuertes periodos de sequía como el padecido en años recientes, tengan repercusión directa o indirecta en la presencia de nitratos en el agua subterránea.

En definitiva, la previsión que se estima como más probable apunta hacia una estabilización de los niveles de  $\text{NO}_3^-$ , dentro de un margen relativamente limitado de variación, salvo alteraciones climáticas importantes o incremento notable de los aportes de nitrógeno al acuífero. Esta consideración, de ámbito general y a nivel de Sistema, podría variar en uno u otro sentido en áreas sometidas a una agresión ambiental especialmente intensa.

**6.- SISTEMA ACUÍFERO N<sup>o</sup> 24**

---

**CALIZAS DE LOS CAMPOS DE MONTIEL**

### DESCRIPCIÓN GENERAL

El Sistema 24 se extiende por las provincias de Ciudad Real y Albacete, con una superficie de 2.700 Km<sup>2</sup>. Una pequeña porción del mismo pertenece a la Cuenca del Guadalquivir.

Se trata de una meseta coronada por una penillanura, con altitudes medias entre 800 y 1.000 m. Limita al Norte con el Sistema 23, al Sur con el río Jabalón y las formaciones triásicas de Alcaraz, al Este con la divisoria hidrográfica Guadiana-Júcar y al Oeste con la meseta de Manzanares-Montiel.

El Campo de Montiel es prácticamente un acuífero único, formado por calizas y dolomías jurásicas. En los bordes afloran materiales triásicos y cretácicos. Los primeros, apoyados sobre el zócalo paleozoico, están formados por yesos y arcillas yesíferas. Sobre ellos se deposita la serie jurásica, constituida por un tramo inferior de calizas y dolomías, y un tramo superior formado por margas verdes y calizas oolíticas. Los materiales cretácicos están representados por arenas, arcillas arenosas y calizas blancas. En el Pliocuatenario aparecen las rañas y los travertinos de las Lagunas de Ruidera.

La potencia media del acuífero jurásico es de 150 m. Hacia el Norte esta formación pasa al Sistema 23, donde queda cubierta por los materiales terciarios que le confieren carácter de acuífero semiconfinado. Existe por tanto una conexión hídrica subterránea entre ambos Sistemas, de modo que parte del agua que se extrae de las captaciones ubicadas en el Terciario y toda la de las localizadas en la mitad suroriental del sistema 23 que alcanzan el Mesozoico, procede del sistema del Campo de Montiel. El resto de las salidas del Sistema 24 se producen por drenaje natural en las lagunas de Ruidera.

El acuífero funciona como libre, con notables variaciones del nivel piezométrico asociadas al régimen de precipitaciones. En la tabla siguiente se resumen las características principales del Sistema.

SISTEMA ACUIFERO N° 24, "CALIZAS DEL CAMPO DE MONTIEL"	
Superficie total ... ..	2.000 km <sup>2</sup>
Precipitación media ... ..	450 mm/a
Entradas medias al sistema (infiltración de lluvia) ... ..	135 hm <sup>3</sup> /a
Salidas del sistema ... ..	135 hm <sup>3</sup> /a
• Consumo por bombeo ... ..	10 hm <sup>3</sup> /a
• Aportaciones subterráneas al sistema 23 ... ..	50 hm <sup>3</sup> /a
• Drenaje por ríos y lagunas ... ..	75 hm <sup>3</sup> /a
Reservas subterráneas estimadas ... ..	3.000 hm <sup>3</sup>

(extraído de la "Síntesis Hidrogeológica de Castilla-La Mancha", IGME 1985)

Las facies hidroquímicas más frecuentes son bicarbonatada cálcica, bicarbonatada-sulfatada cálcico-magnésica y sulfatada cálcico-magnésica. La mineralización media se mantiene en un rango de 800-1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

El clima de la región es templado-cálido, con una media anual de 14°C.

La densidad de población es muy baja (15 hab/Km<sup>2</sup>) y de tendencia regresiva.

La actividad económica principal es la agricultura de secano. La superficie puesta en regadío supone tan sólo el 0,6% de la superficie cultivada. De este porcentaje sólo la mitad emplea agua subterránea.

### ANÁLISIS DE LA CALIDAD ACTUAL

La campaña de referencia elegida es la de 1987, que se compone de 18 determinaciones y un rango de 0-175 mg/l  $\text{NO}_3^-$ .

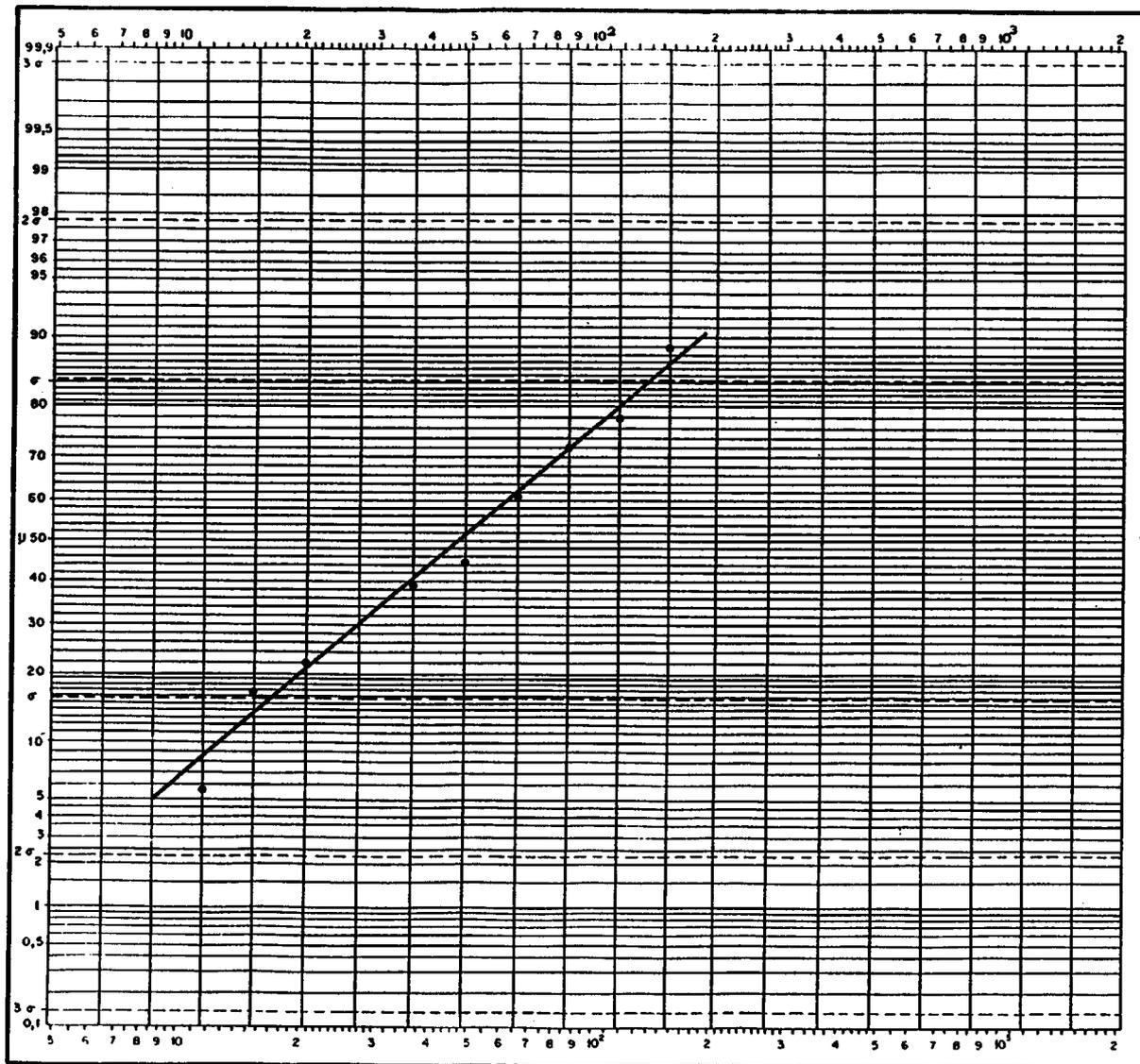
A pesar del reducido número de muestras, el análisis estadístico permite obtener una recta ajustada, cuya representación se incluye en la fig. 12. Resulta destacable la amplia dispersión de los valores, considerando que se trata sólo de 18 determinaciones. La distribución de las muestras en los intervalos de referencia (tabla 7) ratifica este hecho, como se observa a través de los correspondientes porcentajes:

<25	mg/l	$\text{NO}_3^-$	22%
25-50	"	"	22%
50-100	"	"	28%
>100	"	"	28%

El límite superior del fondo geoquímico es de 138 mg/l  $\text{NO}_3^-$ . Tan elevada concentración pone en evidencia el lamentable estado del Sistema en lo que respecta a la presencia de esta especie. El plano 6 muestra la situación de las áreas afectadas. Aunque la densidad de puntos obligue a una extrapolación a veces importante, es previsible que la situación no sea muy distinta a la expuesta en dicho plano. Las diez muestras que exceden el máximo tolerable (50 ppm) representan una extensa superficie del Sistema. La mitad de ellas supera incluso las 100 ppm.

Aunque no figure ningún abastecimiento urbano entre las 18 muestras de la red, existen 3 puntos caracterizados como "abto. no urbano" que posiblemente se destinen al uso doméstico en viviendas particulares. Por otra parte, la gran extensión del área contaminada supone un riesgo potencial para un gran número de captaciones del Sistema.

Finalmente es preciso destacar el hecho de que la interconexión del Sistema 24 con la Llanura Manchega (S.A. nº 23), puede actuar como vehículo de transporte de la contaminación hacia este último.



CUENCA: GUADIANA  
 S. ACUIFERO: 24  
 CAMPAÑA: 1987/I

$e^{\mu}$  = 47 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>  
 $e^{\mu+\sigma}$  = 138 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>  
 $e^{\mu+2\sigma}$  = mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Fig. 12

TABLA 7

DISTRIBUCION EN INTERVALOS DEL CONTENIDO  
DE NO3- (mg/l)

\*\*\*\*\*

CUENCA : GUADIANA  
S.ACUIFERO : 24 (CALIZ. CAMPOS DE MONTIEL)  
CAMPAÑA : 1987/1

[NO3-] <= 25

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 213240009	MANANTIAL	ABTO. NO URBANO	2 223050001	POZO CON SONDEO	NO SE UTILIZA
3 223060001	POZO	NO SE UTILIZA	4 223260001	POZO	ABASTEC. Y GANADERIA

Total de muestras 4

25 < [NO3-] <= 50

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 213240004	POZO	AGRICULTURA	2 223250003	MANANTIAL	ABTO. NO URBANO
3 223260003	MANANTIAL	ABTO. NO URBANO	4 223260008	MANANTIAL	ABTO. NO URBANO

Total de muestras 4

50 < [NO3-] <= 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 223030001	POZO	NO SE UTILIZA	2 223080011	MANANTIAL	ABTO. NO URBANO
3 223120002	POZO CON SONDEO	AGRICULTURA	4 223240023	SONDEO	ABTO. NO URBANO
5 223950001	POZO	AGRICULTURA			

Total de muestras 5

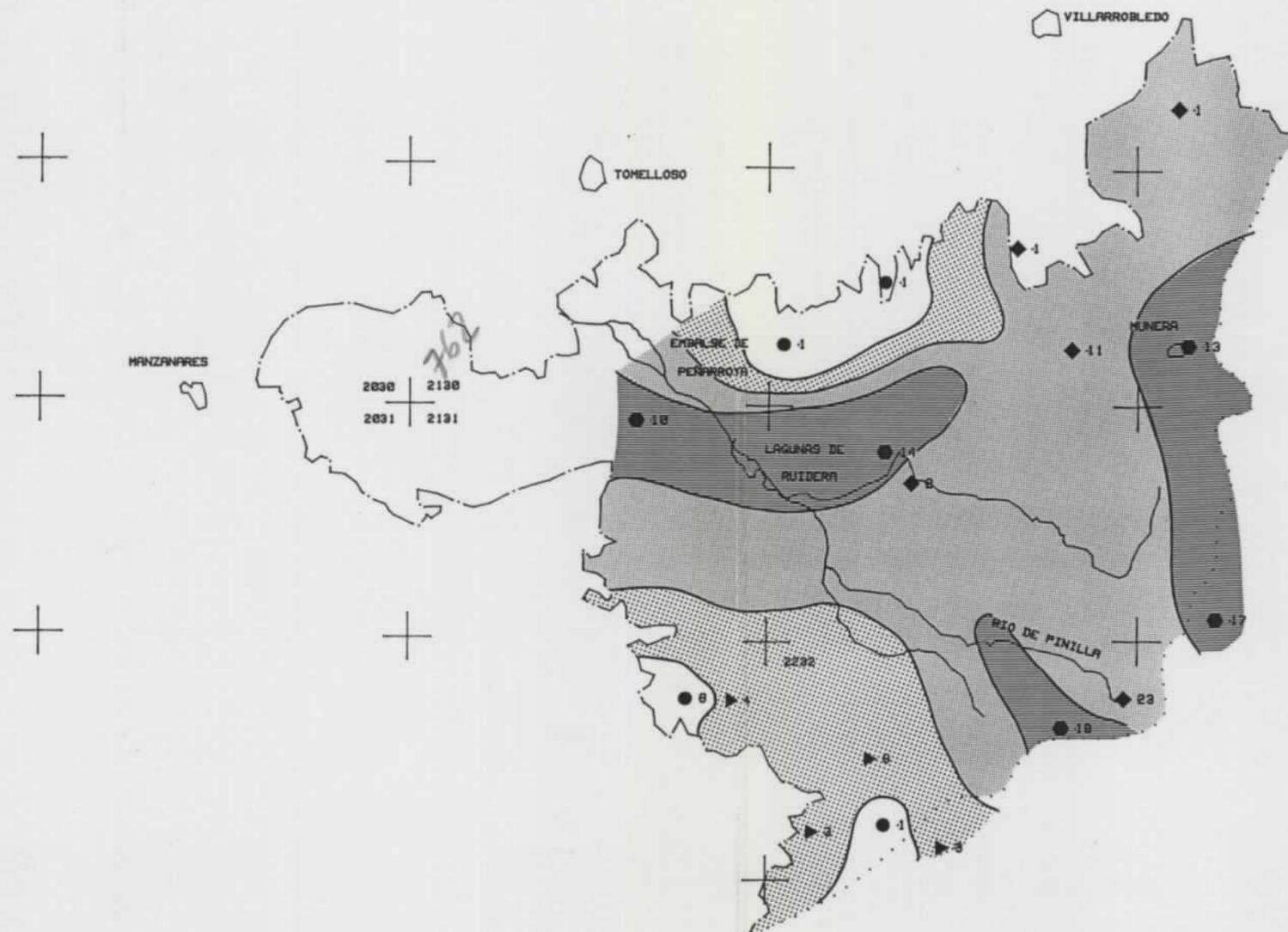
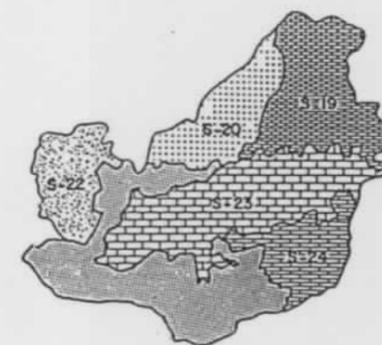
[NO3-] > 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 213130010	SONDEO	ABTO. NO URBANO	2 223120014	POZO	ABASTECIMIENTO URBANO
3 223240018	MANANTIAL	ABTO. NO URBANO	4 223050013	MANANTIAL	ABTO. NO URBANO
5 223150017	*	*			

Total de muestras 5

SISTEMA ACUIFERO N° 24

CAMPO DE MONTIEL



LEYENDA

- <=25 mg/l NO3-
- ▶ 25-50 mg/l NO3-
- ◆ 50-100 mg/l NO3-
- >100 mg/l NO3-
- Límite de S. Acuífero
- Límite de C. Hidrográfica

ESCALA GRAFICA



### ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL: PREVISIONES

La serie analítica disponible para este Sistema comprende un total de 14 campañas y 233 determinaciones, que abarcan el período 1976/1987. La distribución porcentual de las muestras en los intervalos de referencia fijados por el Proyecto se refleja en el anexo 4, y su representación gráfica en la fig. 13.

Se ha realizado el análisis estadístico de las distintas campañas, a fin de determinar los parámetros geoquímicos característicos (fondo y anomalías) de cada una de ellas. Los resultados se recogen en la fig. 14, en la que se representa la evolución comparada de los valores de  $\mu$ ,  $\mu+\sigma$  y  $\mu+2\sigma$  para un total de 11 campañas. Hay que señalar la ausencia de las correspondientes a los años 1978 (no existen datos) y 1985-86 (el tratamiento estadístico no resultó satisfactorio).

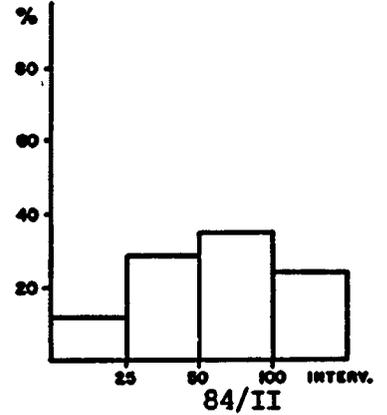
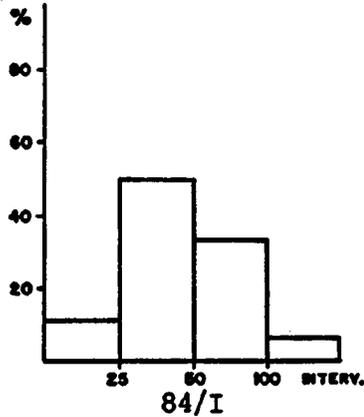
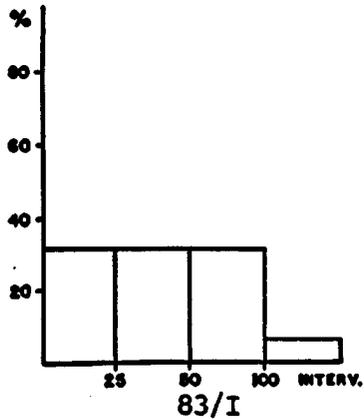
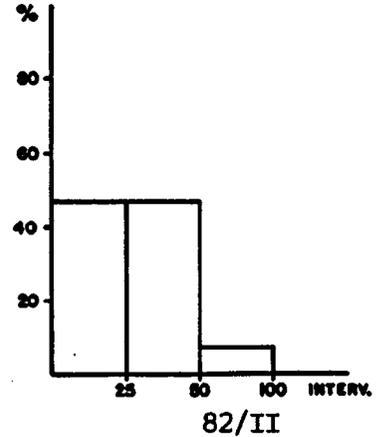
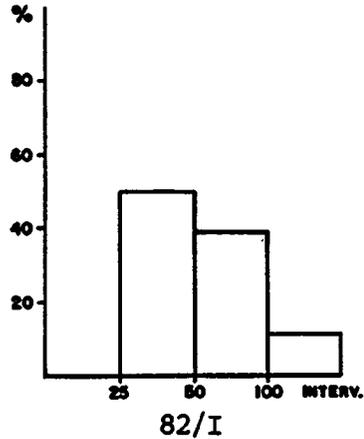
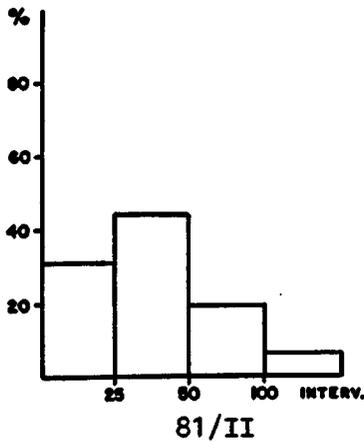
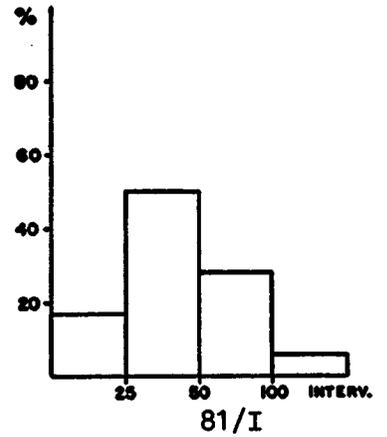
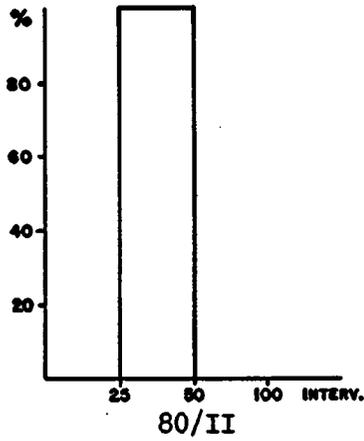
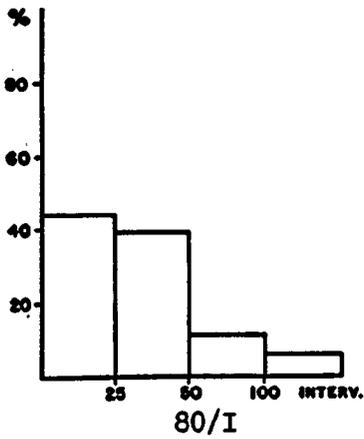
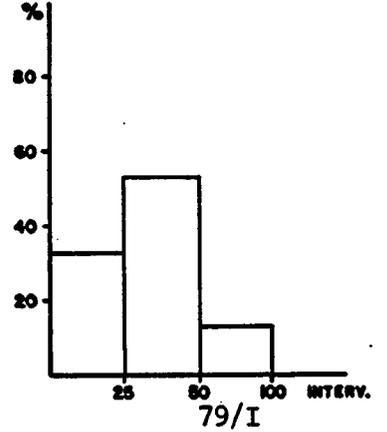
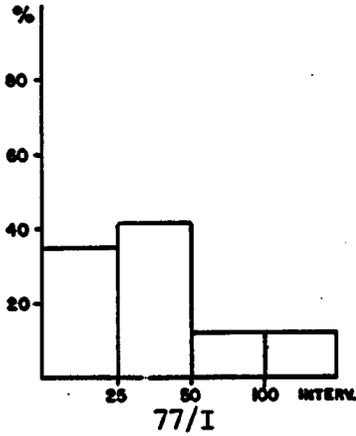
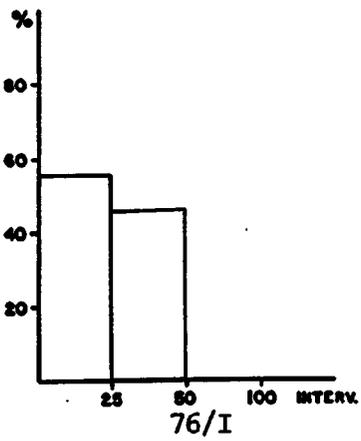
La irregularidad es el rasgo característico que define dicha evolución, la cual es un reflejo del comportamiento individual de cada uno de los puntos, como puede observarse a través de un detenido examen de las gráficas del anexo 5. Este comportamiento irregular podría ir asociado a la notable variación del nivel piezométrico que caracteriza al Sistema, y su dependencia del régimen de precipitaciones (ver primer apartado de este capítulo), que confieren una gran importancia al factor estacional como responsable de las alteraciones composicionales del agua subterránea. A este respecto sería preciso disponer de los análisis químicos completos, a fin de comprobar si la naturaleza de las muestras sufre una modificación semejante.

Esta deriva en la concentración de nitratos, en lo que se refiere a la última campaña, se traduce en un incremento medio de los niveles. Ahora bien, como puede comprobarse por los datos analíticos de la tabla 8, y de acuerdo con las consideraciones recién expuestas, ello no significa que dicha tendencia deba mantenerse. En resumen, existe una gran dificultad de previsión. Sin embargo, a pesar de los grandes márgenes de variación detectados, la calidad química de las aguas, en lo que respecta a su

**GRAFICAS DE DISTRIBUCION PORCENTUAL EN INTERVALOS DEL CONTENIDO DE NITRATOS**

CUENCA: GUADIANA

S. ACUIFERO: 24

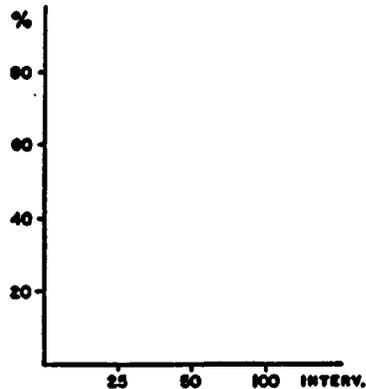
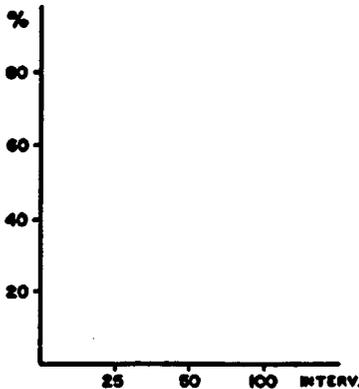
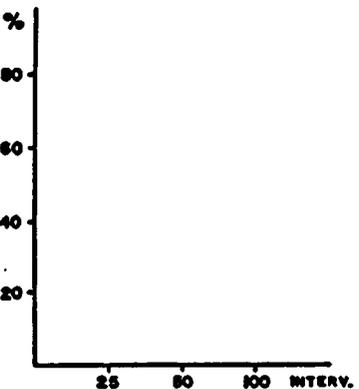
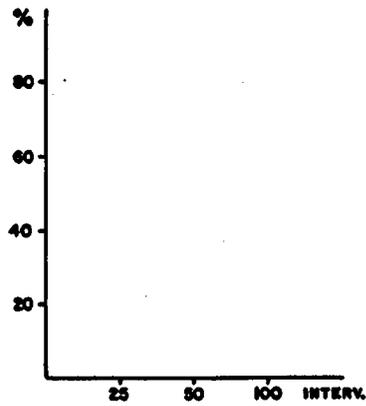
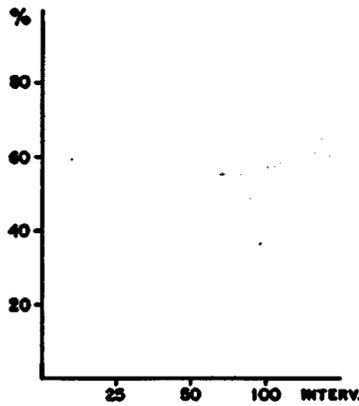
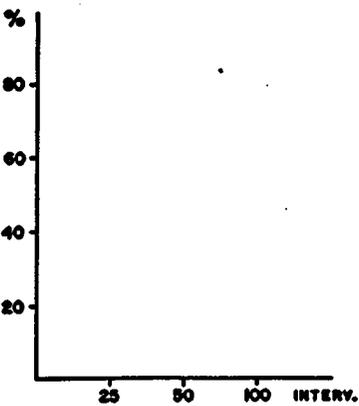
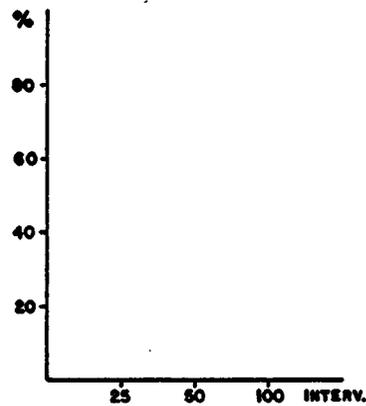
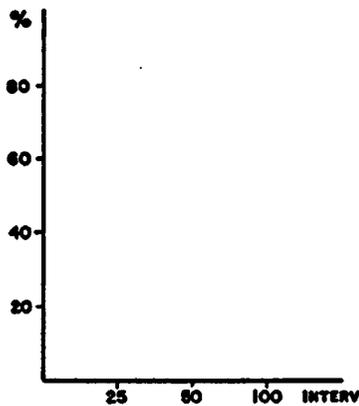
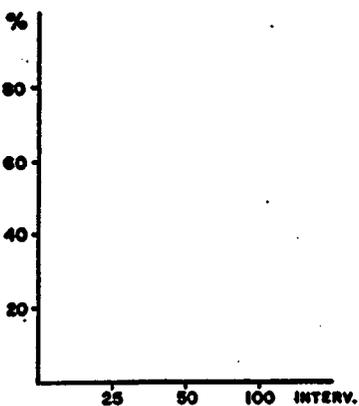
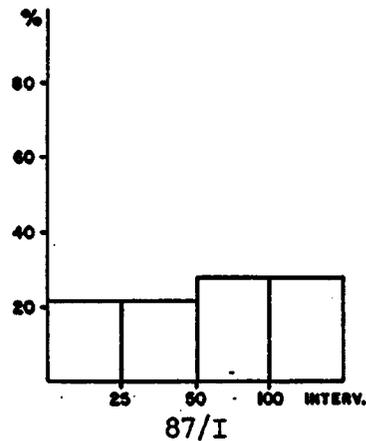
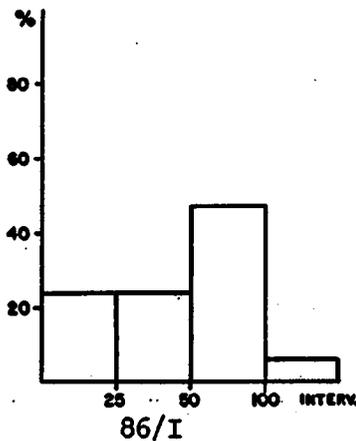
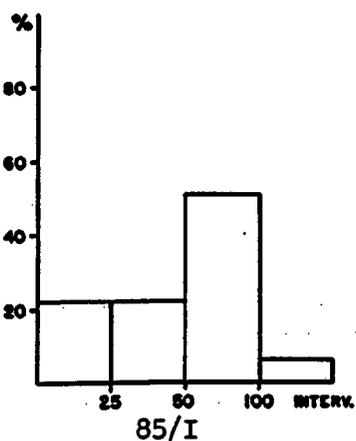


GRAFICAS DE DISTRIBUCION PORCENTUAL EN INTERVALOS DEL CONTENIDO DE NITRATOS

FIG.- 13  
(Cont.)

CUENCA: GUADIANA

S. ACUIFERO: 24



## CUENCA DEL GUADIANA

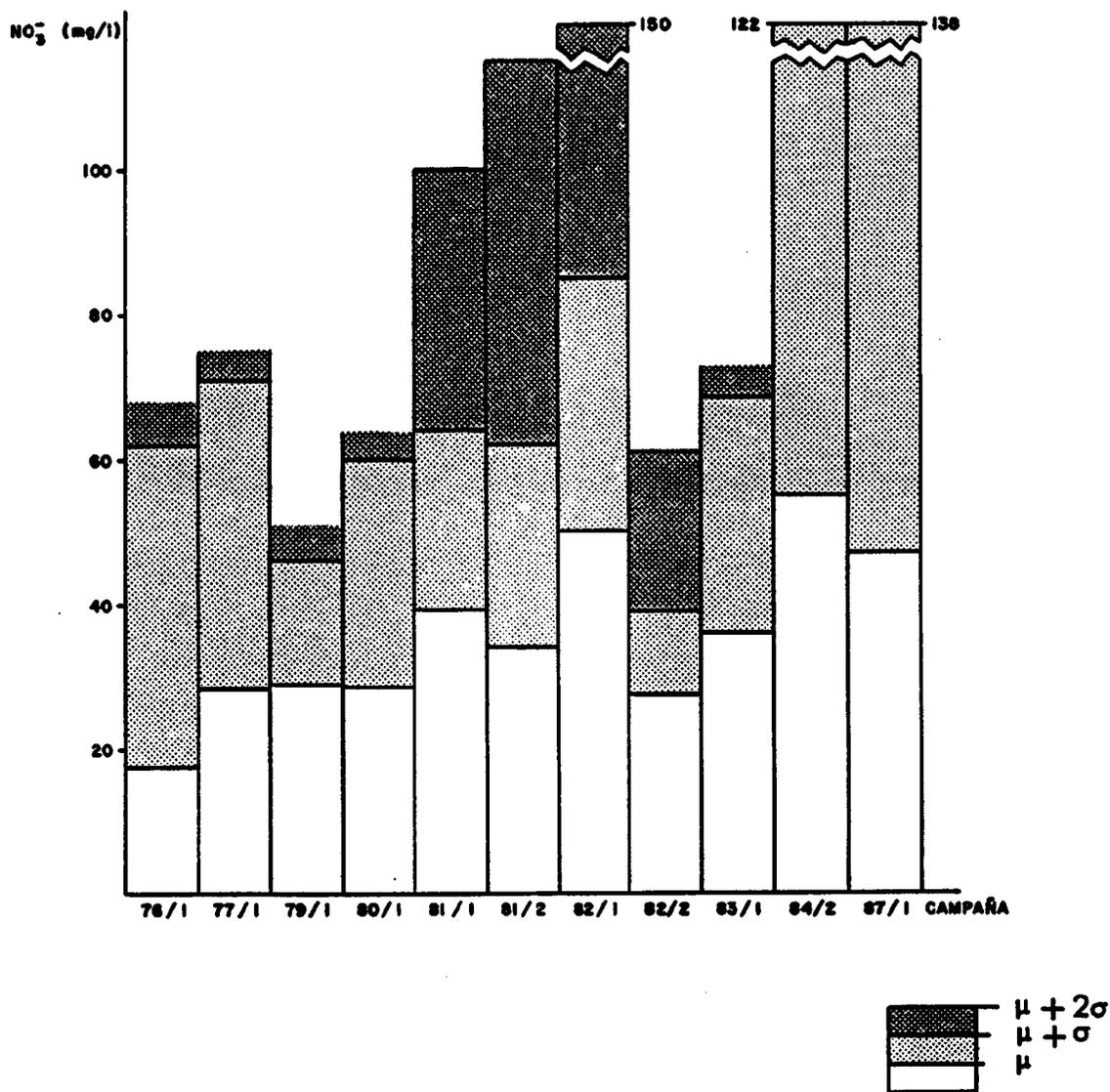


Fig. 14.- Evolución del contenido de  $\text{NO}_3^-$  en el Sistema Acuífero nº 24



contenido de nitratos, se ha mantenido a lo largo de la serie histórica estudiada en niveles predominantemente deficientes, por lo que cabe prever al menos a corto plazo una situación similar.

7.- SISTEMA ACUIFERO Nº 21

TERCIARIO DETRITICO Y CUATERNARIO DEL GUADIANA  
EN BADAJOZ

### DESCRIPCIÓN GENERAL

El Sistema Acuífero nº 21 no dispone de red de control de calidad. No obstante, se tenía constancia de la existencia de problemas relacionados con la presencia de nitratos, que propiciaron la ejecución por parte del IGME del proyecto: "Estudio de la contaminación por nitratos del acuífero cuaternario del río Guadiana, entre Medellín y Badajoz", cuyos datos han servido de base para la redacción de este Capítulo.

La superficie ocupada por el Sistema es de 420 Km<sup>2</sup>. Se encuentra situado al Norte de la provincia de Badajoz y a ambos márgenes del río Guadiana, desde Medellín hasta Portugal. Comprende las denominadas Vegas Bajas del Guadiana y parte de las Vegas Altas.

Se trata de un acuífero detrítico, constituido por arenas, arcillas, limos y arcillas arenosas, con cambios laterales de facies que condicionan su permeabilidad horizontal y vertical. La potencia estimada es de 10-15 m.

La recarga se produce por infiltración de la lluvia y de los riegos con aguas superficiales.

El tipo de aprovechamiento de los recursos hídricos permite dividir el acuífero en dos zonas bien diferenciadas:

Zona A.- Desde Mérida hasta el límite con Portugal (300 Km<sup>2</sup>).

Zona B.- Desde Medellín hasta Mérida (140 Km<sup>2</sup>).

La zona A cubre sus necesidades básicas de riego con aguas superficiales (pertenece en gran parte al "Plan Badajoz") y las complementa con agua subterránea en épocas de estiaje. Según los datos de inventario

pueden existir hasta 900 puntos de agua. El uso doméstico constituye la forma de aprovechamiento más extendida.

El regadío en la zona B se realiza fundamentalmente con agua subterránea, o bombeando directamente del Guadiana. La densidad de pozos es inferior a la de la zona A, y su utilización básica es el riego.

La actividad económica de la región se centra en la agricultura, así como en la industria de transformación de productos agrarios.

#### ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Los análisis químicos disponibles corresponden exclusivamente a la campaña desarrollada en 1985 para el Estudio citado. En consecuencia el balance de la presencia de nitratos en el acuífero se referirá solamente a este período.

A fin de mantener cierta homogeneidad en el contexto del Proyecto, no se han incluido en el anexo 2 la totalidad de los análisis del estudio de referencia (153), que en cualquier caso se encuentran disponibles para su consulta bibliográfica. Sin embargo si se han considerado todos ellos en el análisis estadístico, cuyos resultados aparecen en la fig. 15. El límite superior del fondo geoquímico es de 93 mg/l, valor considerablemente elevado e indicativo de que las muestras situadas en un rango de concentración de 50 (máximo tolerable)-93 mg/l  $\text{NO}_3^-$ , no constituyen siquiera una anomalía geoquímica en el acuífero.

La distribución de las muestras en los intervalos de referencia arroja el siguiente balance:

	<u>Nº muestras</u>	<u>% del total</u>
<25 mg/l $\text{NO}_3^-$	34	22
25-50 " "	50	33
50-100 " "	45	29
>100 " "	24	16

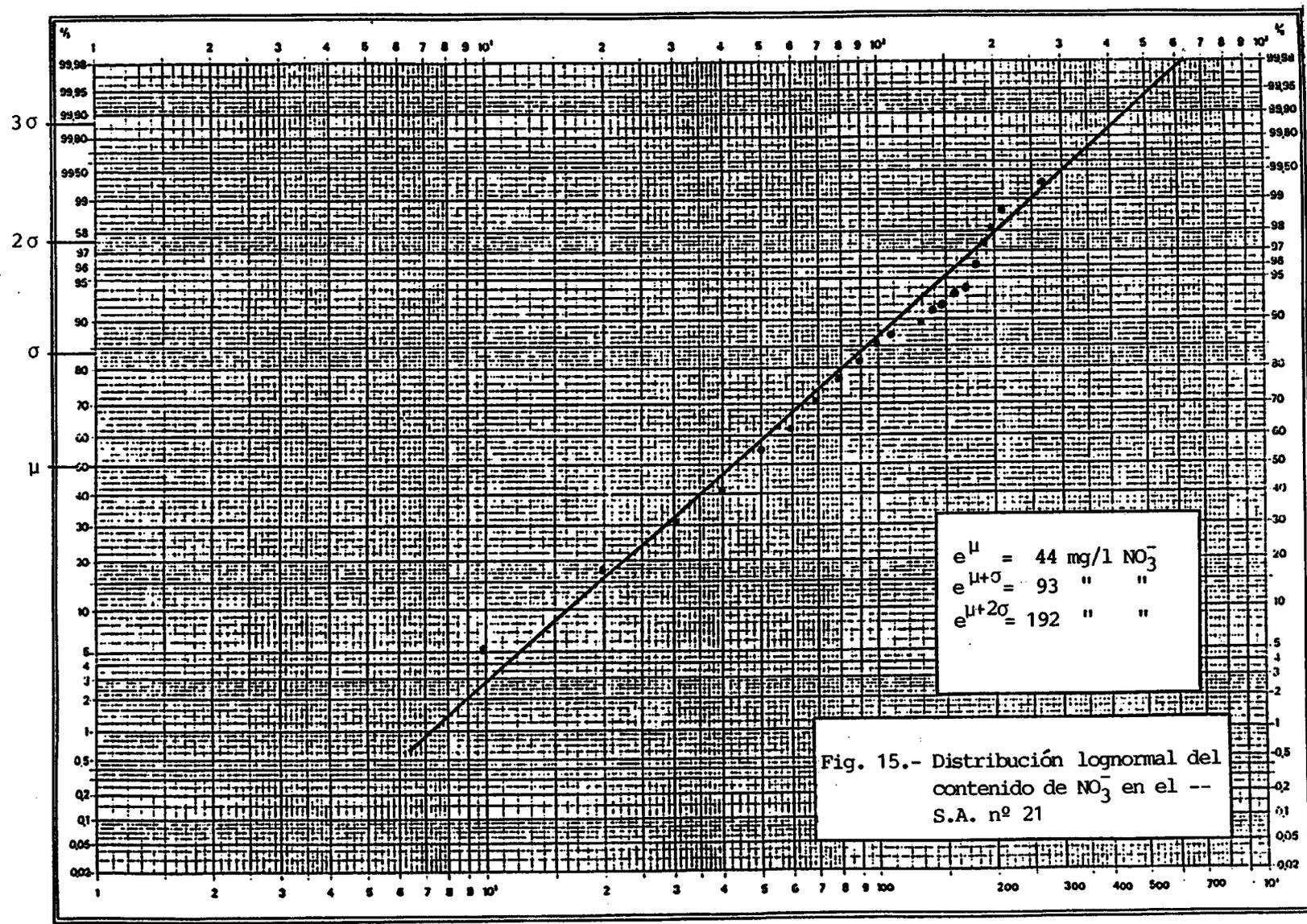


Fig. 15.- Distribución lognormal del contenido de  $\text{NO}_3^-$  en el -- S.A. nº 21

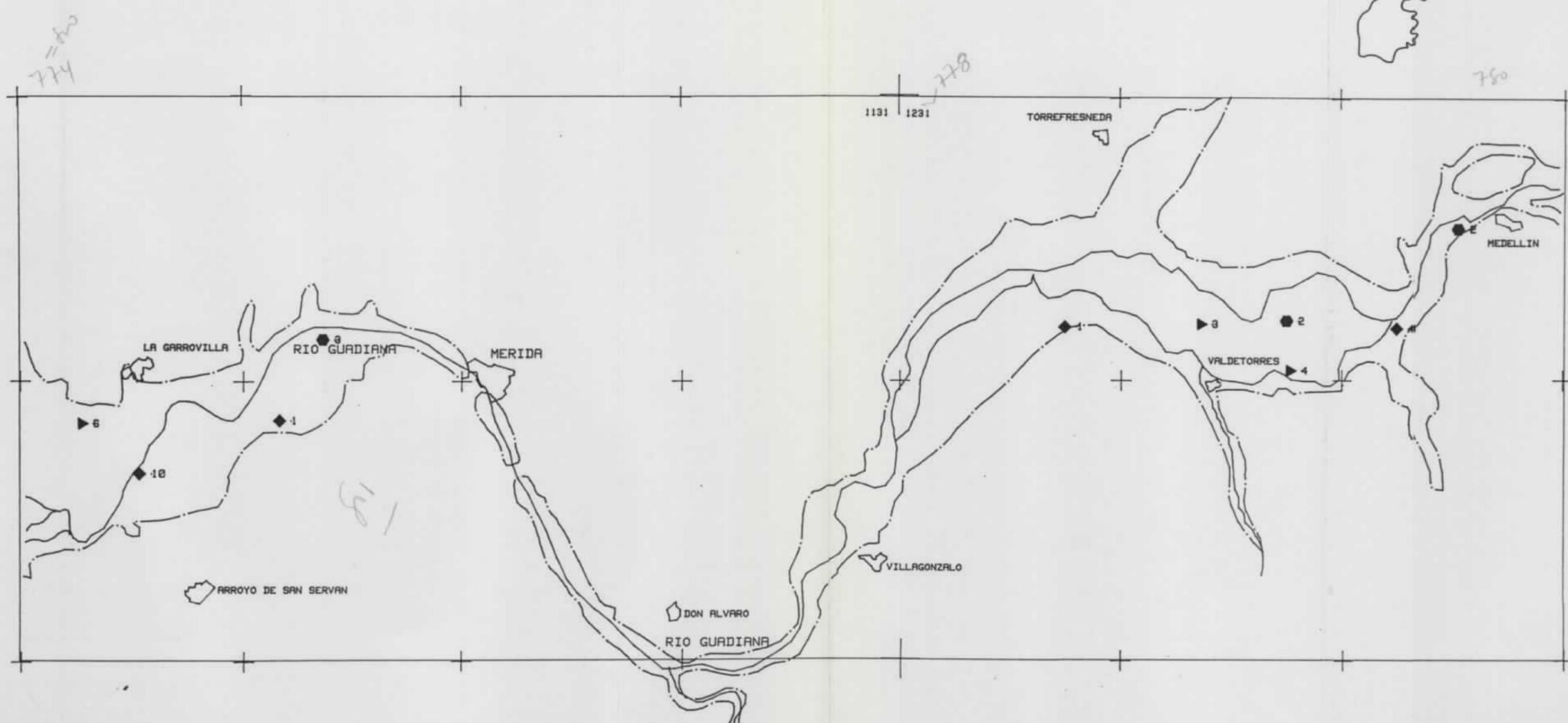
Luego el 45% de las mismas se hallan fuera del margen de potabilidad fijado en la legislación.

En resumen, el nivel de calidad del acuífero en lo que respecta a la especie  $\text{NO}_3^-$  es considerablemente deficiente. Como se observa en los planos 7 y 8, la problemática afecta al aluvial en toda su extensión.

De acuerdo con las conclusiones del Estudio de referencia, el origen de la contaminación radica básicamente en las explotaciones ganaderas, aunque el empleo de fertilizantes contribuye también de forma notable. En estas circunstancias, y aunque no sea contrastable mediante datos analíticos, es previsible que dicha problemática siga vigente en la actualidad.

SISTEMA ACUIFERO N° 21 ( SECTOR ORIENTAL )

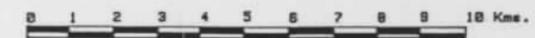
TERCIARIO DETRITICO Y CUATERNARIO DEL GUADIANA EN BADAJOZ



LEYENDA

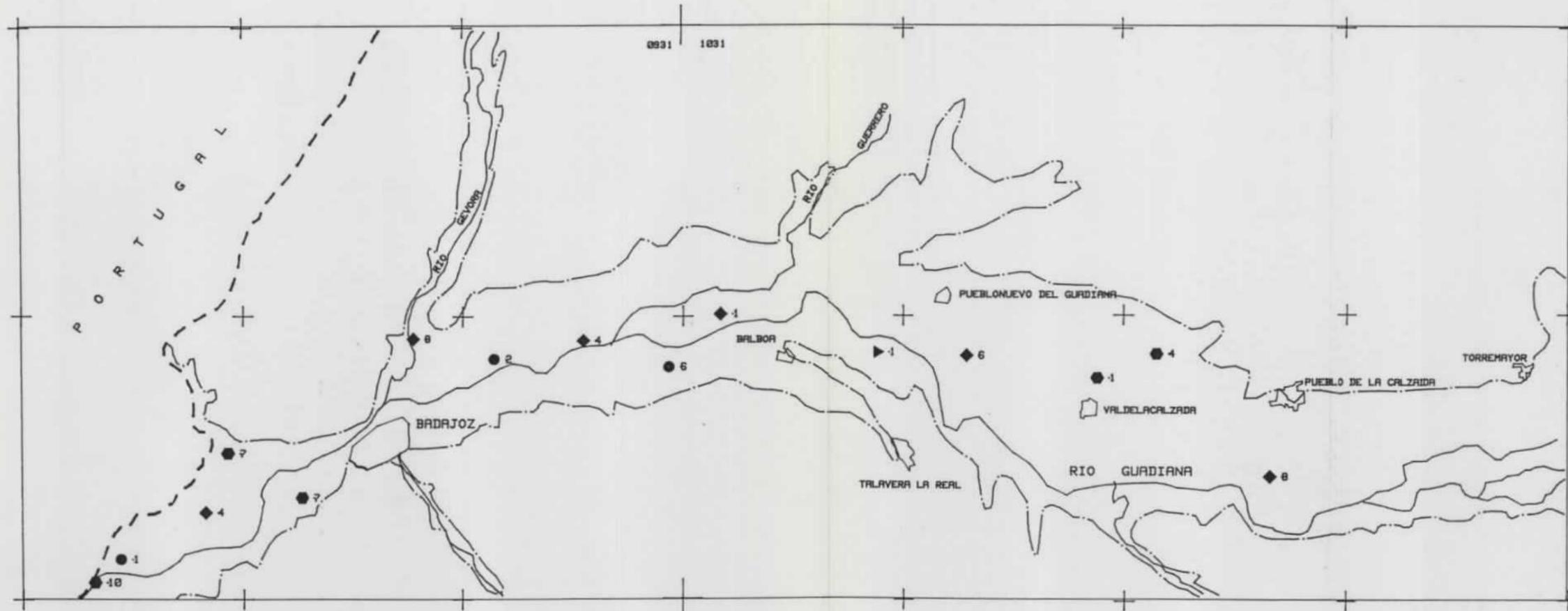
- ≤25 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- ▶ 25-50 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- ◆ 50-100 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- >100 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- Límite de S. Acuífero

ESCALA GRAFICA



SISTEMA ACUIFERO N° 21 ( SECTOR OCCIDENTAL )

TERCIARIO DETRITICO Y CUATERNARIO DEL GUADIANA EN BADAJOZ



LEYENDA

- <25 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- ▶ 25-50 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- ◆ 50-100 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- >100 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- Límite de S. Acuífero

ESCALA GRAFICA



**8.- SINTESIS GENERAL**

---

### ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El balance general de la situación de la Cuenca respecto a la presencia de la especie  $\text{NO}_3^-$  en las aguas subterráneas se refiere, según lo expuesto, sólo a la denominada Cuenca Alta del Guadiana, integrada por los Sistemas Acuíferos nº 19, 20, 22, 23 y 24, y fuera de ésta al Sistema nº 21.

Considerando la Cuenca Alta en su conjunto, el siguiente resumen define en líneas generales los parámetros característicos de su situación actual, referidos a la campaña 1987/1.

Nº total de análisis.....	124
Nº muestras de conc. inferior a 50 mg/l $\text{NO}_3^-$ ...	93 (75% del total)
Nº muestras de conc. superior a 50 mg/l $\text{NO}_3^-$ ...	31 (25% del total)
Nº puntos destinados a abastecimiento (incluidos abtos. no urbanos).....	59
Nº abtos. de conc. superior a 50 mg/l $\text{NO}_3^-$ .....	18
Conc. máxima de la campaña.....	175 mg/l $\text{NO}_3^-$

La tabla 9 incluye una relación pormenorizada de las muestras de la campaña 87 correspondientes a la Cuenca Alta, distribuidas en intervalos de concentración.

El número de puntos afectados por contenidos de  $\text{NO}_3^-$  superiores al nivel tolerable (50 ppm) supone un 25% del total. Este valor es un indicio de la situación de la Cuenca, que en su conjunto puede calificarse como de medianamente satisfactoria. No obstante, esta apreciación debe ser inmediatamente matizada en cuanto que no representa el estado particular de cada uno de los sistemas acuíferos que la compone, sino la media global de

TABLA 9

DISTRIBUCION EN INTERVALOS DEL CONTENIDO DE NO3- (mg/l)

\*\*\*\*\*

CIUDAD : GUADIANA  
CAMPAÑA : 1987/1

25 < [NO3-] <= 25

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1	222410002	SONDEO	2	222480001	POZO
3	222510001	MANANTIAL	4	222510010	SONDEO
5	222620005	SONDEO	6	222660001	SONDEO
7	222660007	POZO	8	232610002	SONDEO
9	212480001	*	10	212580015	*
11	183050001	POZO CON SONDEO	12	183050004	SONDEO
13	183130008	POZO CON GALERIA Y SOND.	14	183170011	SONDEO
15	192980035	MANANTIAL	16	193060001	POZO CON SONDEO
17	193110006	SONDEO	18	193120006	POZO CON SONDEO
19	202860020	POZO	20	202870009	*
21	202870017	SONDEO	22	202870018	SONDEO
23	202950007	POZO	24	202980018	POZO CON SONDEO
25	202980019	SONDEO	26	203010116	SONDEO
27	203040001	SONDEO	28	203070005	POZO CON SONDEO
29	203080008	SONDEO	30	203170024	SONDEO
31	212780005	*	32	212870004	*
33	212930008	SONDEO	34	212940028	*
35	222910019	POZO CON SONDEO	36	213240009	MANANTIAL
37	223050001	POZO CON SONDEO	38	223060001	POZO
39	223260001	POZO			

Total de muestras 39

25 < [NO3-] <= 50

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1	193160002	SONDEO	2	212640004	*
3	212670001	SONDEO	4	213010004	*
5	213020005	*	6	222660003	POZO
7	222810001	SONDEO	8	202730012	PIEZOMETRO
9	212580013	POZO	10	192830022	*
11	192840009	*	12	193030036	POZO CON GALERIA Y SOND.
13	193070040	*	14	193080012	POZO CON SONDEO
15	193080039	SONDEO	16	193080048	SONDEO
17	193120026	SONDEO	18	193130003	SONDEO
19	193130015	POZO CON SONDEO	20	193130104	SONDEO
21	202930005	SONDEO	22	202950006	SONDEO
23	202960005	SONDEO	24	202960027	*
25	203020012	POZO CON SONDEO	26	203020013	*
27	203030001	POZO CON SONDEO	28	203030002	POZO CON SONDEO
29	203030003	SONDEO	30	203110003	SONDEO
31	203120001	SONDEO	32	212770011	*
33	212830019	SONDEO	34	212850010	SONDEO
35	212910007	SONDEO	36	212910016	SONDEO
37	212950018	SONDEO	38	212960001	SONDEO
39	212960026	*	40	212970001	SONDEO
41	212970019	SONDEO	42	212980007	POZO CON SONDEO
43	222770008	*	44	222780001	*
45	222820041	*	46	222830014	*
47	222870005	POZO CON SONDEO	48	222870007	SONDEO
49	222880002	*	50	222950004	POZO CON SONDEO
51	213240004	POZO	52	223250003	MANANTIAL
53	223260003	MANANTIAL	54	223260008	MANANTIAL

Total de muestras 54

TABLA 9 (Cont.)

DISTRIBUCION EN INTERVALOS DEL CONTENIDO DE NO<sub>3</sub>- (mg/l)

\*\*\*\*\*

CUENCA : GUADIANA  
 CAMPANA : 1987/1

50 < [NO<sub>3</sub>-] <= 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 212770003	SONDEO	ABTO. NO URBANO	2 222620001	SONDEO	ABTO. NO URBANO
3 202670010	SONDEO	ABTO. NO URBANO	4 202780003	POZO CON SONDEO	ABTO. NO URBANO
5 212630008	POZO CON GALER. O TALAD.	ABTO. NO URBANO	6 212660007	MANANTIAL	ABTO. NO URBANO
7 172980009	POZO	NO SE UTILIZA	8 192860006	*	*
9 193070004	POZO CON SONDEO	GANADERIA	10 193110013	SONDEO	AGRICULTURA
11 193120009	POZO CON SONDEO	AGRICULTURA	12 193140002	POZO CON SONDEO	AGRICULTURA
13 202870006	*	*	14 203010007	SONDEO	AGRICULTURA
15 203160015	SONDEO	ABTO. NO URBANO	16 222940005	POZO CON SONDEO	ABTO. NO URBANO
17 223030001	POZO	NO SE UTILIZA	18 223080011	MANANTIAL	ABTO. NO URBANO
19 223120002	POZO CON SONDEO	AGRICULTURA	20 223240023	SONDEO	ABTO. NO URBANO
21 232950001	POZO	AGRICULTURA			

Total de muestras 21

[NO<sub>3</sub>-] > 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 222580004	SONDEO	ABTO. NO URBANO	2 212650006	POZO	AGRICULTURA
3 183140022	POZO CON SONDEO	AGRICULTURA	4 193020011	POZO	AGRICULTURA
5 222930087	SONDEO	ABASTECIMIENTO URBANO	6 213130010	SONDEO	ABTO. NO URBANO
7 223120014	POZO	ABASTECIMIENTO URBANO	8 223240018	MANANTIAL	ABTO. NO URBANO
9 233050013	MANANTIAL	ABTO. NO URBANO	10 233150017	*	*

Total de muestras 10

todos ellos. A este respecto, la siguiente relación pone de manifiesto algunos rasgos diferenciadores.

	<u>S.A. nº 19</u>	<u>S.A. nº 20</u>	<u>S.A. nº 22</u>	<u>S.A. nº 23</u>	<u>S.A. nº 24</u>
% muestras <50 ppm	82	53	67	84	44
% muestras >50 ppm	18	47	33	16	56

Estos datos, en línea con lo expuesto en capítulos precedentes, indican que el Sistema Acuífero nº 24 es el de calidad más deficiente. El Sistema 23 se encuentra afectado fundamentalmente en su sector Occidental. El nº 20 se halla en situación preocupante, mientras que el nº 19 sería en principio el de calidad más favorable. Respecto al Sistema 22, el número de muestras de la red de control (3) resulta insuficiente para efectuar un diagnóstico satisfactorio.

La presencia de numerosos abastecimientos de la Cuenca, añade un elemento de riesgo al balance general de la calidad del agua subterránea. Como se observa en la tabla 10, el número de puntos destinados a tal fin es muy elevado.

Finalmente, en lo que respecta al Sistema nº 21 cabe destacar que se trata de un acuífero que sufre una fuerte agresión ambiental, como lo demuestra el deficiente estado de sus aguas.

#### **ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL: PREVISIONES**

La distribución porcentual y el número absoluto de muestras correspondientes a los intervalos de referencia para cada una de las campañas, se recogen respectivamente en las tablas 11 y 12. Puesto que sólo se dispone de datos seriados para los sistemas que integran la Cuenca Alta, el estudio de la evolución temporal se realiza exclusivamente para ésta, excluyéndose del mismo al Sistema nº 21.

Considerando la serie analítica completa, compuesta de 1637 determinaciones, la distribución por intervalos para todo el conjunto sería

TABLA 10

\*CONTENIDO DE NO3- EN ABASTECIMIENTOS\*

==CUENCA DEL GUADIANA==

N° REGIS. SA	NATURALEZA	USO	871
1	193160002 00 SONDEO	ABTO. NO URBANO	30
2	212580015 19 SONDEO	ABTO. NO URBANO	*
3	212670001 19 SONDEO	ABTO. NO URBANO	32
4	212770003 19 SONDEO	ABTO. NO URBANO	66
5	212770011 19 SONDEO	ABTO. NO URBANO	*
6	212780005 19 SONDEO	ABTO. NO URBANO	*
7	222510001 19 MANANTIAL	ABTO. NO URBANO	22
8	222510010 19 SONDEO	ABTO. NO URBANO	12
9	222580004 19 SONDEO	ABTO. NO URBANO	120
10	222620001 19 SONDEO	ABTO. NO URBANO	64
11	222620005 19 SONDEO	ABTO. NO URBANO	17
12	222660001 19 SONDEO	ABTO. NO URBANO	14
13	222770008 19 SONDEO	ABTO. NO URBANO	*
14	222810001 19 SONDEO	ABTO. NO URBANO	29
15	192830022 20 POZO	ABTO. NO URBANO	34
16	192840009 20 POZO	ABTO. NO URBANO	46
17	192860006 20 POZO	ABTO. NO URBANO	59
18	202670010 20 SONDEO	ABTO. NO URBANO	65
19	202780003 20 POZO CON SONDEO	ABTO. NO URBANO	62
20	202850017 20 SONDEO	ABTO. NO URBANO	*
21	202870009 20 POZO CON SONDEO	ABTO. NO URBANO	23
22	212630008 20 POZO CON GALER. O TALAD.	ABTO. NO URBANO	56
23	212640004 20 POZO	ABASTEC. Y GANADERIA	33
24	212650001 20 MANANTIAL	ABTO. NO URBANO	*
25	212660007 20 MANANTIAL	ABTO. NO URBANO	74
26	212720015 20 SONDEO	ABTO. NO URBANO	*
27	192980035 23 MANANTIAL	ABTO. NO URBANO	23
28	193120026 23 SONDEO	ABTO. NO URBANO	50
29	193130003 23 SONDEO	ABTO. NO URBANO	35
30	193130104 23 SONDEO	ABTO. NO URBANO	34
31	202860020 23 POZO	ABTO. NO URBANO	12
32	202870017 23 SONDEO	ABTO. NO URBANO	24
33	202870018 23 SONDEO	ABTO. NO URBANO	6
34	202950006 23 SONDEO	ABTO. NO URBANO	29
35	202950007 23 POZO	ABTO. NO URBANO	19
36	202980019 23 SONDEO	ABASTECIMIENTO URBANO	23
37	203010116 23 SONDEO	ABTO. NO URBANO	25
38	203070005 23 POZO CON SONDEO	ABASTECIMIENTO URBANO	24
39	203120001 23 SONDEO	ABASTECIMIENTO Y AGRIC.	41
40	203160015 23 SONDEO	ABTO. NO URBANO	54
41	203170024 23 SONDEO	ABASTECIMIENTO URBANO	24
42	212830019 23 SONDEO	ABTO. NO URBANO	31
43	212960001 23 SONDEO	ABTO. NO URBANO	37
44	212970019 23 SONDEO	ABTO. NO URBANO	38
45	222830004 23 POZO	ABTO. NO URBANO	*
46	222930087 23 SONDEO	ABASTECIMIENTO URBANO	108
47	222940005 23 POZO CON SONDEO	ABTO. NO URBANO	52
48	222950004 23 POZO CON SONDEO	ABTO. NO URBANO	34
49	213130010 24 SONDEO	ABTO. NO URBANO	120
50	213240009 24 MANANTIAL	ABTO. NO URBANO	20
51	223080011 24 MANANTIAL	ABTO. NO URBANO	54
52	223120014 24 POZO	ABASTECIMIENTO URBANO	104
53	223240018 24 MANANTIAL	ABTO. NO URBANO	120
54	223240023 24 SONDEO	ABTO. NO URBANO	72
55	223250003 24 MANANTIAL	ABTO. NO URBANO	32
56	223260001 24 POZO	ABASTEC. Y GANADERIA	9
57	223260003 24 MANANTIAL	ABTO. NO URBANO	31
58	223260008 24 MANANTIAL	ABTO. NO URBANO	36
59	233050013 24 MANANTIAL	ABTO. NO URBANO	160

TABLA 11

DISTRIBUCION PORCENTUAL EN INTERVALOS DEL CONTENIDO DE NITRATOS  
 \*\*\*\*\*

CUENCA : GUADIANA

INTERVALO	76/1	76/2	77/1	77/2	78/1	78/2	79/1	79/2	80/1	80/2	81/1	81/2	82/1	82/2	83/1	83/2	84/1	84/2	85/1	85/2	86/1	86/2	87/1	87/2
<25 ppm	56	-	40	-	-	-	54	-	42	50	22	30	20	39	34	63	23	24	26	-	26	-	31	-
25-50 ppm	38	-	44	100	100	-	31	-	41	50	46	45	43	50	45	13	53	39	28	100	48	100	44	-
50-100 ppm	4	-	13	-	-	-	14	-	15	-	29	23	32	10	20	25	20	25	37	-	23	-	17	-
>100 ppm	1	-	2	-	-	-	-	-	2	-	2	3	5	1	1	-	4	12	9	-	4	-	8	-
N° Muestras	68	-	97	2	1	-	105	-	124	2	130	105	127	108	123	8	130	122	150	1	132	3	124	-
Valor MAX.	149	-	112	42	28	-	100	-	174	33	138	141	130	117	117	52	290	268	223	34	250	35	175	-
Valor MIN.	2	-	1	27	28	-	0	-	0	14	0	0	0	0	3	10	0	0	0	34	1	28	0	-

Nº total de puntos.....: 195 (incluidos 25 del S.A. 21)  
 Nº total de análisis.....: 1662 (incluidos 25 del S.A. 21)  
 Valor máx. de la Cuenca.....: 290 ppm NO<sub>3</sub><sup>-</sup>  
 Valor mín. de la Cuenca.....: 0 ppm NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

TABLA 12

DISTRIBUCION EN INTERVALOS DEL CONTENIDO DE NITRATOS (SINTESIS)  
 \*\*\*\*\*

CUENCA : GUADIANA

INTERVALO	76/1	76/2	77/1	77/2	78/1	78/2	79/1	79/2	80/1	80/2	81/1	81/2	82/1	82/2	83/1	83/2	84/1	84/2	85/1	85/2	86/1	86/2	87/1	87/2
<25 ppm	38	-	39	-	-	-	57	-	52	1	29	31	26	42	42	5	30	29	39	-	34	-	39	-
25-50 ppm	26	-	43	2	1	-	33	-	51	1	60	47	54	54	55	1	69	48	42	1	63	3	54	-
50-100 ppm	3	-	13	-	-	-	15	-	19	-	38	24	41	11	25	2	26	30	56	-	30	-	21	-
>100 ppm	1	-	2	-	-	-	-	-	2	-	3	3	6	1	1	-	5	15	13	-	5	-	10	-
N° Muestras	68	-	97	2	1	-	105	-	124	2	130	105	127	108	123	8	130	122	150	1	132	3	124	-
Valor MAX.	149	-	112	42	28	-	100	-	174	33	138	141	130	117	117	52	290	268	223	34	250	35	175	-
Valor MIN.	2	-	1	27	28	-	0	-	0	14	0	0	0	0	3	10	0	0	0	34	1	28	0	-

la siguiente:

<25	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	32%	(530 muestras)
25-50	" "	43%	(704 " )
50-100	" "	21%	(344 " )
>100	" "	4%	(59 " )

Es interesante destacar el hecho de que el porcentaje de muestras que en toda la serie histórica superó el nivel de 50 ppm (25%), coincide con el calculado por la última campaña (1987/1).

La evolución temporal experimentada puede visualizarse mediante el desdoblamiento de las tendencias individuales de cada uno de los citados intervalos, según se aprecia en la fig. 16. En la misma se observa que existe una continua oscilación de los valores. No obstante, se detecta cierta tendencia al incremento de las concentraciones en el intervalo 1982-85, seguida de una recuperación a partir de esta última fecha. Este fenómeno podría estar relacionado con la fuerte sequía sufrida en ese período.

En base a estas consideraciones no es previsible que en líneas generales y a nivel de Cuenca se produzcan grandes variaciones. Sin embargo, de esta previsión sería preciso excluir en principio al Sistema 24, dada la irregularidad de su comportamiento. Asimismo, las zonas que dentro de cada unidad padecen una problemática más acentuada, son susceptibles de sufrir alteraciones que en un momento determinado se desvíen de la tendencia general de su Sistema.

#### PROGRAMA DE ACTUACIONES

El amplio abanico de situaciones que se plantean en el estado actual de la Cuenca, requiere de la adopción de medidas de diversa índole, que comprendan tanto el aspecto preventivo, como la actuación restrictiva y de recuperación del recurso.

Las medidas preventivas estarían enfocadas a zonas cuyo nivel de

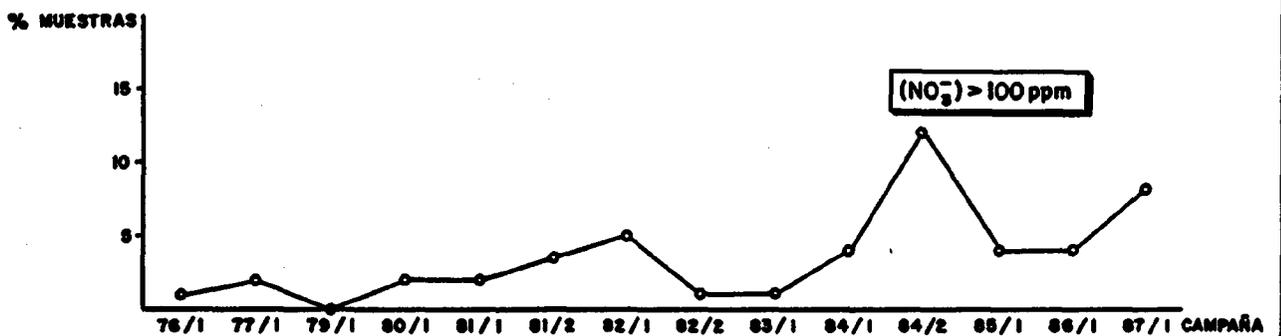
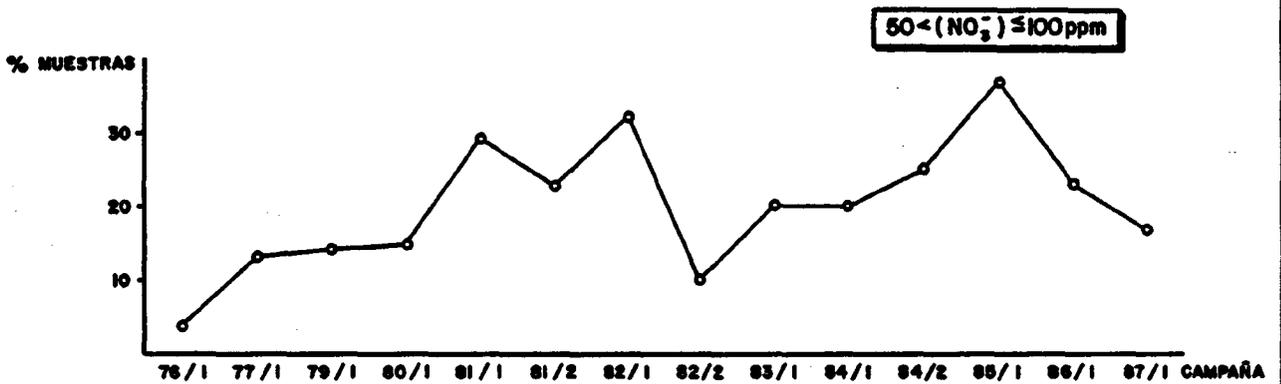
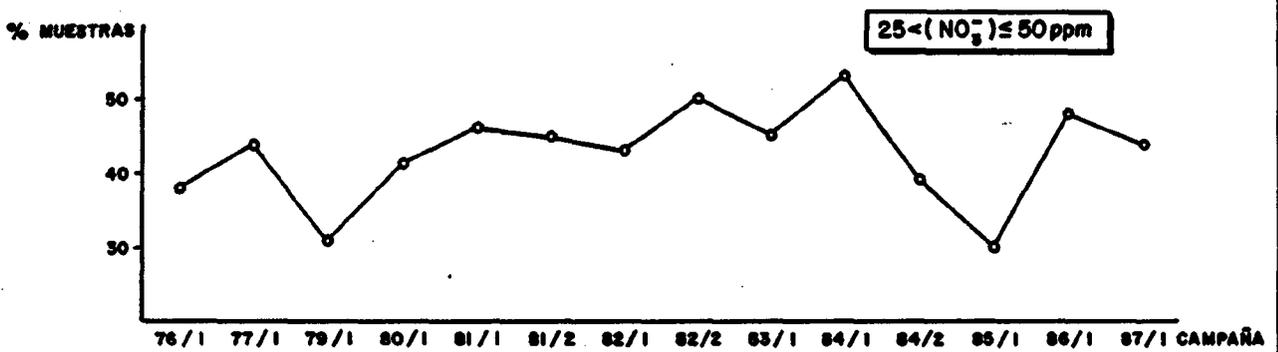
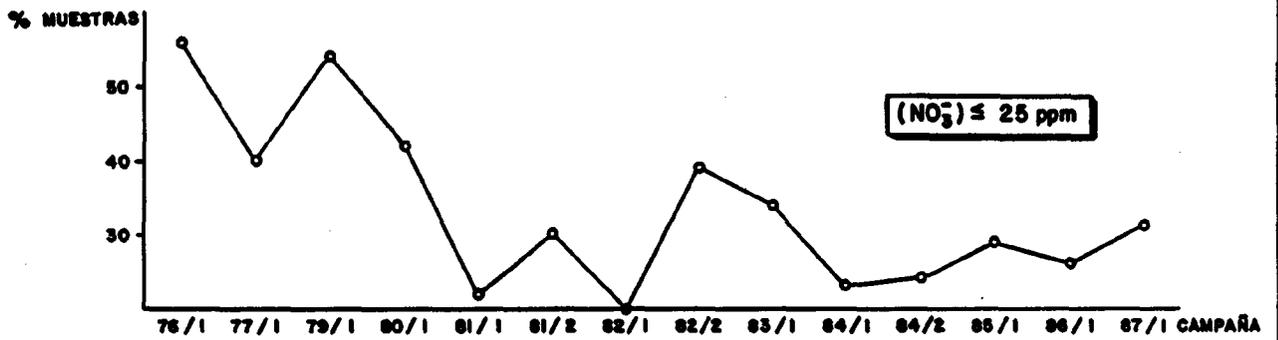


Fig. 16.- Evolución del contenido de  $\text{NO}_3^-$  en la Cuenca del Guadiana

calidad se estime aceptable, e irían encaminadas a conseguir un doble objetivo:

- a) *Control del sujeto pasivo de la contaminación*, es decir, del agua subterránea. Para un agente de la naturaleza del ión  $\text{NO}_3^-$ , de gran movilidad en medio acuoso e incorporado a éste generalmente a partir de fuentes dispersas, el control a través de redes de muestreo bien diseñadas, especialmente en lo que respecta a densidad de puntos y periodicidad, resulta fundamental. Ello constituye el punto de partida de cualquier actuación que se pretenda abordar, puesto que determina el tipo y alcance de las mismas e incluso sus resultados, en la medida en que el proceso de contaminación haya sido correctamente valorado.

La aplicación de estos criterios supone dotar a las redes de control de un dinamismo que permita adecuarlas en todo momento a la evolución de los conocimientos hidrogeológicos e hidroquímicos del acuífero. Ello debe entenderse preferentemente en el sentido de *completarlas incorporando nuevos puntos, evitando en lo posible transformarlas* en base a sustituciones, lo que supondría una importante pérdida de información sobre la evolución temporal de la red.

En base a estas consideraciones, la necesidad de un perfeccionamiento de las redes resulta indispensable en el caso del Sistema 22, en el que el seguimiento de la calidad del agua subterránea se ve enormemente dificultado por el escaso número de puntos de control existentes.

- b) *Evaluación de focos de contaminación*. Es de sobra conocido el hecho de que el control de la principal fuente de aporte de nitratos al subsuelo, la aplicación de fertilizantes, constituye una tarea ardua y difícil. En el campo concreto de la prevención, el primero de los objetivos consiste en establecer para cada unidad de estudio una serie de parámetros básicos como son:

- a) Tipo de fertilizantes.
- b) Frecuencia, forma y áreas de aplicación.
- c) Naturaleza y régimen de cultivos.
- d) Formas y volúmenes de riego.

Sin embargo, es preciso hacer especial hincapié en el hecho de que tales parámetros se hallan intrínsecamente sometidos a variaciones cuanti-cualitativas ligadas tanto a los propios ciclos de cultivo como a factores de otra índole. En consecuencia se trata de diseñar los canales de información adecuados para que ésta fluya a requerimientos periódicos, al igual que sucede con los parámetros hidroquímicos y las redes de calidad. Una vez disponible, el paso siguiente consiste en someterla a un proceso de interpretación cuyo objetivo es mantener un conocimiento siempre actualizado de la problemática del abonado en la unidad de estudio, así como elaborar una estadística de la evolución del mismo.

Una red de control de abonado así concebida constituiría un valioso complemento de la red de control de calidad de aguas subterráneas, puesto que además de disponerse de información sobre el nivel de contaminación de éstas, sería posible establecer su relación con las fuentes que la generan. Ambos factores constituyen el sustrato idóneo para una eficaz actuación preventiva.

En lo que respecta a la adopción de medidas restrictivas sobre áreas contaminadas, así como a la recuperación del recurso dañado, ambas actuaciones pueden aplicarse de forma complementaria con el doble objetivo de frenar el avance de la contaminación, y reducirla a niveles tolerables.

Las acciones a emprender ante este tipo de situaciones son diversas. Entre ellas cabe destacar:

- a) Inventario exhaustivo de puntos de agua del área contaminada y su entorno próximo.

- b) Densificación de la malla de muestreo e intensificación del control y seguimiento. Análisis químico de especies nitrogenadas ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ), D.Q.O., materia orgánica y otros parámetros que se estimen oportunos.
- c) Investigación in situ de las posibles fuentes de nitrógeno. Cálculo de cargas contaminantes. Control de vertidos.
- d) Estudio de las medidas a adoptar respecto al uso de captaciones y surgencias contaminadas.
- e) Estudio de las medidas a adoptar respecto a los focos de contaminación a los que se atribuya la responsabilidad del problema.

Dentro de la Cuenca Alta, las zonas que en principio precisan de este tipo de actuaciones son el sector Occidental del Sistema 23 y el Sistema 24 en su totalidad. Asimismo, el Cuaternario del Guadiana (Sistema nº 21) constituye un excelente modelo para poner a punto acciones de esta naturaleza.

**BIBLIOGRAFIA**

## BIBLIOGRAFIA

- IGME(1) "Calidad de las aguas subterráneas en la Cuenca Alta del Guadiana". Colección Informe (1980).
- IGME(2) "Intestigación hidrogeológica de la Cuenca Alta y Media del Guadiana". Colección Informe (1980).
- IGME(3) "Investigación de la contaminación por nitratos en el S.A. nº 23. Llanura Manchega" (1982).
- IGME(4) "Estudio de la contaminación por nitratos del acuífero cuaternario del río Guadiana, entre Medillín y Badajoz" (1985).
- IGME(5) "Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España" (1985).
- IGME(6) "Síntesis hidrogeológica de Castilla-La Mancha". Colección Informe (1985).
- IGME(7) "Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en las comunidades autónomas (reestructuración y síntesis cartográfica de datos de análisis químicos). Extremadura" (1986)
- IGME(8) "Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en las comunidades autónomas (reestructuración y síntesis cartográfica de datos de análisis químicos). Castilla-La Mancha" (1986)
- IGME(9) "Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en las comunidades autónomas (reestructuración y síntesis cartográfica de datos de análisis químicos). Andalucía" (1986)

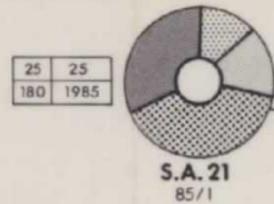
MAPA DE SITUACION



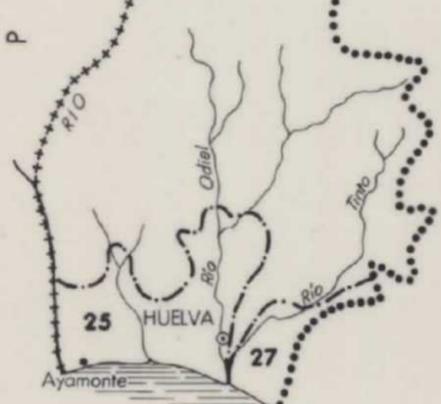
CUENCA DEL TAJO

CUENCA DEL JUCAR

CUENCA DEL GUADALQUIVIR



P  
O  
R  
T  
U  
G  
A  
L

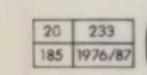
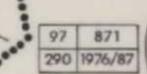
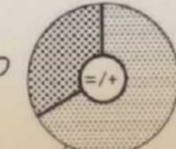
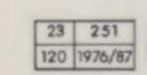
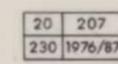


25

27

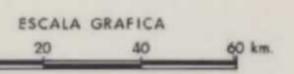
Ayamonte

HUELVA



LEYENDA

- ..... Límite de cuenca hidrográfica
- - - Límite de sistema acuífero
- 24** Nº de sistema acuífero (S.A.)
- 1. Nº total de puntos    3. Concentración máxima
- 2. Nº total de análisis    4. Periodo estudiado
- ≤ 25 mg/l. NO<sub>3</sub>
- 25-50 " "
- 50-100 " "
- > 100 " "
- (+) Mejora de la calidad
- (=) Estable
- (-) Deterioro de la calidad



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

PROYECTO: CONTENIDO EN NITRATOS DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN ESPAÑA. DISTRIBUCION ESPACIAL Y EVOLUCION TEMPORAL.

FECHA: Febrero - 88  
 EMPRESA CONSULTORA: T.R.T.  
 PLANO Nº

CONTENIDO EN NITRATOS EN LA CUENCA DEL GUADIANA [CAMPAÑA 87/1]