

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"

CUENCAS SUR

-MEMORIA-



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

37157

PRESENTACIÓN

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.

METODOLOGÍA 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 aquella 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 NO_3^-
- V. Gráficas de evolución temporal del contenido de NO_3^-

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

CUENCAS SUR

INDICE

I N D I C E

	<u>Pág.</u>
1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	1
2.- SISTEMAS ACUÍFEROS FH y FI. Franja costera Estepona-Marbella- Fuengirola.....	10
Descripción general.....	11
Análisis de la situación actual.....	11
Análisis de la evolución temporal: previsiones.....	12
3.- SISTEMAS ACUÍFEROS FB y FC. Cuaternario de los ríos Verde y Vélez.....	16
Descripción general.....	17
Análisis de la situación actual.....	18
Análisis de la evolución temporal: previsiones.....	18
4.- SISTEMA ACUÍFERO Nº 37. Detrítico de Málaga.....	25
Descripción general.....	26
Análisis de la situación actual.....	27
Análisis de la evolución temporal: previsiones.....	27
5.- SISTEMA ACUÍFERO Nº 39. Cuenca detrítica de Antequera.....	35
Descripción general.....	36
Análisis de la situación actual.....	37
Análisis de la evolución temporal: previsiones.....	41
6.- SISTEMA ACUÍFERO Nº 43. Campo de Dalías.....	45
Descripción general.....	46
Análisis de la situación actual.....	47

7.- OTROS SISTEMAS ACUÍFEROS.....	52
Sistema Acuífero nº 36. Sierra de Ronda.....	53
Sistema Acuífero nº 38. Sierra Blanca y de Mijas.....	53
Sistema Acuífero nº 40. Sierra Gorda-Sierra del Torcal.....	54
Sistema Acuífero nº 44. Detrítico de Almería-Campo de Níjar..	54
Sistema Acuífero nº 45. Detrítico Cuevas de Almanzora-Vera...	57
Zona costera de Castell de Ferro.....	57
8.- SÍNTESIS GENERAL.....	60
Análisis de la situación actual.....	61
Análisis de la evolución temporal: previsiones.....	62
Programa de actuaciones.....	70

BIBLIOGRAFIA

- ANEXO 1. Datos de Inventario
- ANEXO 2. Análisis de Nitratos
- ANEXO 3. Tratamiento Estadístico
 - ANEXO 3A. Distribución estadística del contenido de NO_3^-
 - ANEXO 3B. Rectas de Regresión
- ANEXO 4. Distribución porcentual en intervalos del contenido de NO_3^-
- ANEXO 5. Gráficas de evolución temporal del contenido de NO_3^-

1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES

Con una extensión aproximada de 18.500 km², las Cuencas Sur se extienden por las provincias de Málaga y Almería, así como una pequeña parte de las de Cádiz, Granada y Murcia. Geológicamente se sitúan en el dominio de las Cordilleras Béticas, comprendiendo una parte de la zona Subbética y la zona Bética.

Tradicionalmente se distinguen dos grandes áreas: Oriental al Este del río Adra, y Occidental, al Oeste del mismo. En ambas se presenta un relieve marcadamente montañoso, más acusado en esta última.

Climáticamente se pueden diferenciar para todo el conjunto dos zonas

- a) *Franja costera*, de clima mediterráneo, con precipitaciones que oscilan en el área Oriental entre 150-300 mm y en la Occidental entre 300-800 mm, temperaturas suaves y régimen intermitente en los cursos fluviales.
- b) *Zona interior*, de clima más continental, con fluctuaciones más amplias de la temperatura que presentan medias más bajas que en la franja costera; la pluviometría es más elevada: 500-1.000 mm/año en las Cuencas Occidentales y 300-900 mm/año en las Cuencas Orientales.

La mayor parte de la población en todo el conjunto de las Cuencas se asienta en la franja costera, siendo las actividades económicas más importantes la agricultura y básicamente, el turismo. La agricultura en las zonas montañosas del interior es fundamentalmente de secano, mientras que en los valles y zonas costeras es de regadío.

Las cuencas hidrográficas más importantes son: Guadalhorca, Guadiaro y Guadalfeo en el sector Occidental, y Adra, Andarax y Almanzora en el Oriental. La característica fundamental de todos estos ríos es que sólo tienen régimen permanente de tipo torrencial en cabecera, mientras que en las zonas media y baja es intermitente.

Los sistemas acuíferos definidos en las Cuencas Sur son:

- S.A. nº 34. Plioceno y Cuaternario detrítico del Campo de Gibraltar.
- S.A. nº 35. Plioceno detrítico de Ronda.
- S.A. nº 36. Mesozoico calizo-dolomítico de las Sierras de Ronda.
- S.A. nº 37. Detrítico de Málaga.
- S.A. nº 38. Mármoles de Sierra Blanca y Sierra de Mijas.
- S.A. nº 39. Cuenca detrítica de Antequera.
- S.A. nº 40. Mesozoico calizo-dolomítico de Sierra del Torcal-Sierra Gorda.
- S.A. nº 41. Calizas y dolomías triásicas de Sierra Almirajara-Sierra de Lújar.
- S.A. nº 42. Triás calizo-dolomítico de Sierra de Gádor y Alhamilla.
- S.A. nº 43. Campo de Dalías.
- S.A. nº 44. Detrítico de Almería-Campo de Níjar.
- S.A. nº 45. Detrítico de Cuevas de Almanzora-Vera.
- S.A. nº 46. Unidad calizo-marmórea de Los Gallardos-Macael.
- S.A. FB. Cuaternario del río Verde.
- S.A. FC. Cuaternario del río Vélez.
- S.A. FG. Cuaternario del río Guadalfeo.
- S.A. FH. Cuaternario del río Fuengirola.
- S.A. FI. Pliocuaternario de Marbella.

Los tres últimos son derivados del antiguo Sistema 33.

Todos estos sistemas acuíferos se pueden clasificar según su constitución en dos tipos: los que están contenidos en materiales con porosidad intergranular y los que se desarrollan en materiales permeables por fisuración o karstificación. Los primeros están constituidos fundamentalmente por calcarenitas y conglomerados del Mioceno y Plioceno, así como materiales

aluviales del Cuaternario. Los del segundo tipo están formados por materiales carbonatados (calizas, dolomías y mármoles) del Triás, Jurásico y Cretácico.

Las facies hidroquímicas dominantes en las aguas subterráneas de las Cuencas Sur son variables, dependiendo del tipo de acuífero. Los acuíferos en materiales carbonatados presentan aguas bicarbonatadas cálcico-magnésicas, con un contenido total en sales medio o bajo. En los de tipo detrítico, aunque también aparecen aguas de tipo bicarbonatado cálcico, se reconocen más a menudo aguas sulfatadas cálcicas y cloruradas sódicas, relacionadas con la presencia de materiales de origen evaporítico en las cuencas terciarias.

En las zonas costeras se aprecia la influencia de intrusión marina por el mayor predominio de las aguas de tipo cloruradas sodico-magnésicas de elevada mineralización. La sobreexplotación de los acuíferos en estas zonas aumenta esta incidencia.

Los recursos totales estimados de aguas subterráneas en las Cuencas Sur son del orden de los 1.380 Hm³/año, de los que solamente se explotan aproximadamente 520 Hm³/año.

De todos los sistemas citados anteriormente, se tiene información muy variada en calidad y cantidad en cuanto a contenido en nitratos se refiere. En términos generales es suficiente para analizar el estado actual de la situación. Sin embargo, la información histórica frecuentemente es muy escasa, de manera que llega a ser difícil sacar conclusiones de la evolución temporal.

Teniendo en cuenta esta variedad en la calidad de información, para el análisis pormenorizado de sistemas se ha optado por agruparlos en los siguientes capítulos:

- .- Franja Costera Estepona-Marbella-Fuengirola (Sistemas FH y FI).
- .- Cuaternarios de los ríos Vélez y Verde (Sistemas FB y FC).
- .- Detrítico de Málaga.
- .- Cuenca detrítica de Antequera.

- .- Campo de Dalías (Sistemas 42 y 43).
- .- Otros sistemas acuíferos.

En la tabla nº 1 se incluyen algunos datos de interés de los sistemas analizados en la Cuencas Sur.

TABLA 1
 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS ACUIFEROS DE LA CUENCA SUR

SISTEMA ACUIFERO	SUPERFICIE (km ²)	EMPLAZAMIENTO	TIPO DE ACUIFERO	RECURSOS (hm ³ /año)	EXPLOTACIÓN (hm ³ /año)			FACIES HIDROQUÍMICA PREDOMINANTE	FOCOS DE CONTAMINACIÓN
					INDUST.	URBAN.	REGAD.		
34. Plioceno y Cuaternario detrítico del Campo de Gibraltar	263	Cádiz	Detrítico	55	-	6,7	7,8	Bicarbonatada cálcica sódica y magnésica. Sulfatada cálcica, sódica y magnésica	Vertederos. Aguas residuales. Prácticas agrícolas. Intrusión marina. (Cuaternario de La Línea y desembocadura del Guadalquivir, Palomeras y Guadairo)
35. Plioceno detrítico de Ronda	175	Cádiz Málaga	Detrítico	20	-	8	-	Bicarbonatada cálcica y magnésica. Sulfatada cálcica magnésica	Vertederos. Aguas residuales. Prácticas agrícolas. Industria.
36. Mesozoico calizodolomítico de las Sierras de Ronda	435	Málaga	Carbonatado	227	-	3	-	Bicarbonatada cálcica. Sulfatada cálcica	Vertederos. Aguas residuales. Agropecuario. Industria.
37. Detrítico de Málaga	330	Málaga	Detrítico	75	5	18	27	Clorosulfatada sódica. Bicarbonatada sódica y/o magnésica. Bicarbonatada sulfatada sódica.	Vertederos. Aguas residuales. Prácticas agrícolas. Industria. Intrusión marina.

TABLA 1 (Cont.)
 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS ACUIFEROS DE LA CUENCA SUR

SISTEMA ACUIFERO	SUPERFICIE (km ²)	EMPLAZAMIENTO	TIPO DE ACUIFERO	RECURSOS (hm ³ /año)	EXPLOTACIÓN (hm ³ /año)			FACIES HIDROQUÍMICA PREDOMINANTE	FOCOS DE CONTAMINACIÓN
					INDUST.	URBAN.	REGAD.		
38. Mármoles de Sierra Blanca-Sierra de Mijas	185	Málaga	Carbonatado	64	-	22	-	Bicarbonatada cálcica. Bicarbonatada cálcica magnésica. Bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica	Vertederos. Prácticas agrícolas. Industria. Minería.
39. Cuenca detrítica de Antequera	365	Málaga	Detrítico	65	-	45	-	Bicarbonatada cálcica. Sulfatada cálcica (67%)	Vertederos. Aguas residuales. Prácticas agrícolas. Industria. Intrusión salina.
40. Mesozoico calizo-dolomítico de Sierra del Torcal-Sierra Gorda	460	Málaga Granada	Carbonatado	160	-	9	-	Bicarbonatada cálcica. Bicarbonatada cálcico-magnésica	Vertederos. Aguas residuales. Prácticas agrícolas. Industria.
41. Calizas y dolomías triásicas de Sierra Almajara-Sierra de Zújar	700	Málaga Granada	Carbonatado	180	-	3	-	Bicarbonatada cálcica	Vertederos. Aguas residuales. Prácticas agrícolas. Industria. Minería.
42. Trias calizo-dolomítico de Sierra de Gador y Alhamilla	960	Almería	Carbonatado	132	-	75	-	Bicarbonatada cálcico-magnésica. Sulfatada cálcica (50%). Clorurada sódica (50%)	Vertederos. Aguas residuales. Prácticas agrícolas. Previsible intrusión marina

TABLA 1 (Cont.)
 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS ACUIFEROS DE LA CUENCA SUR

SISTEMA ACUIFERO	SUPERFICIE (km ²)	EMPLAZAMIENTO	TIPO DE ACUIFERO	RECURSOS (hm ³ /año)	EXPLOTACION (hm ³ /año)			FACIES HIDROQUIMICA PREDOMINANTE	FOCOS DE CONTAMINACION
					INDUST.	URBAN.	REGAD.		
43. Campo de Dalías	180	Almería	Carbonatado	43	-	18,5	79	Bicarbonatada cálcica. Sulfatada cálcica. Clorurada sódica	Vertederos. Aguas residuales. Prácticas agrícolas. Intrusión marina localizada.
44. Detrítico de Almería Campo de Níjar	595	Almería	Carbonatado	75	2	7,2	58	Sulfatada cálcica magnésica. Clorurada sódica magnésica y sulfatada	Vertederos. Aguas residuales. Prácticas agrícolas. Intrusión marina puntual. Existencia de boro.
45. Detrítico de Cuevas de Almanzora-Vera	119	Almería	Detrítico	26	-	-	21	Sulfatada magnésica cálcica y sódica. Sulfatada clorurada sódica	Vertederos. Aguas residuales. Prácticas agrícolas. Posible intrusión marina.
46. Unidad calizo-marmórea de los Gallardos-Macael	790	Almería Granada	Carbonatado	63	-	6	42	Sulfatada cálcica. Bicarbonatada cálcica. Clorurada sulfatada magnésico cálcica	Vertederos. Aguas residuales. Prácticas agrícolas. Industria.
FC. Cuaternario río Velez	20	Málaga	Detrítico	24	-	2,5	12,5	Bicarbonatada cálcica. Sulfatada clorurada magnésica sódica	Vertederos. Aguas residuales. Prácticas agrícolas. Industria

TABLA 1 (Cont.)
 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS ACUIFEROS DE LA CUENCA SUR

SISTEMA ACUIFERO	SUPERFICIE (km ²)	EMPLAZAMIENTO	TIPO DE ACUIFERO	RECURSOS (hm ³ /año)	EXPLOTACION (hm ³ /año)			FACIES HIDROQUIMICA PREDOMINANTE	FOCOS DE CONTAMINACION
					INDUST.	URBAN.	REGAD.		
FB. Cuaternario del rio Verde	4	Granada	Detritico	12	-	6	-	Bicarbonatada cálcico-magnésica	Vertederos. Aguas residuales. Industria.
FG. Cuaternario del Guadalfeo	36	Granada	Detritico	70	-	3	-	Bicarbonatada cálcico-magnésica. Sulfatada cálcico-magnésica	Vertederos. Aguas residuales. Prácticas agrícolas. Industria.
FH. Cuaternario del rio Fuengirola	15	Málaga	Detritico	12	-	-	3	Bicarbonatada cálcico-magnésica	Vertederos. Aguas residuales. Prácticas agrícolas. Industria.
FI. Cuaternario de Marbella	120	Málaga	Detritico	15	-	1,5	-	Bicarbonatada cálcico-magnésica	Vertederos. Aguas residuales. Prácticas agrícolas. Industria.

2.- SISTEMAS ACUÍFEROS FH y FI

FRANJA COSTERA ESTEPONA-MARBELLA-FUENGIROLA

DESCRIPCIÓN GENERAL

La presente unidad se extiende por la zona costera entre Fuengirola y Manilva, al Sur de Estepona, abarcando una superficie total de unos 135 Km² que incluye el Cuaternario del río Fuengirola y el Pliocuaternario costero entre Marbella y Manilva.

El acuífero está constituido en ambos casos por materiales detríticos (arenas, gravas y limos). Los recursos totales estimados para ambos sistemas se cifran en unos 30 Hm³/año. La recarga de estos acuíferos procede de las aportaciones de los ríos y arroyos, así como de los retornos de riegos.

Las aguas son en general bicarbonatadas cálcico-magnésicas. El residuo seco varía entre 200 y 2.000 mg/l, con los valores más frecuentes comprendidos entre 500-700 mg/l.

La actividad económica predominante en esta zona es el turismo, quedando en segundo término y con escasa relevancia la agricultura. Los núcleos urbanos más importantes son los centros turísticos de Fuengirola, Marbella, San Pedro de Alcántara y Estepona.

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Los datos disponibles más recientes, a partir de los que se lleva a cabo el análisis de la situación actual, se refieren a la campaña de muestreo de 1986/1. La componen 13 datos en total, 6 en la zona del río Fuengirola y los 7 restantes distribuidos por la costa.

El estudio estadístico de dichos datos (de escaso valor dado su reducido número) reflejado en la fig. 1, indica un fondo geoquímico de 9-50 mg/l, con el 50% de las muestras presentando contenidos inferiores a 25 mg/l. El plano 1 recoge los valores de la concentración en nitratos de los puntos muestreados en la citada campaña, clasificados en los rangos de referencia. La tabla 2 relaciona todos los puntos del plano y pone de relieve que sólo dos muestras exceden el límite de los 50 mg/l; una de ellas correspondiente a un punto de agua de S. Pedro de Alcántara del que se carece de datos y cuyo contenido en nitratos es de 53 mg/l, y la restante recogida en un pozo de la desembocadura del río Fuengirola con 122 mg/l NO_3^- y que, según la información disponible, se utiliza en agricultura.

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL: PREVISIONES

La serie histórica de datos en la zona de referencia es bastante deficiente, ya que sólo se tienen valores significativos de las campañas 81/1, 81/2, 82/1, 82/2 y 83/1, existiendo un vacío de información entre 1983 y 1986. En el anexo 2 se presentan todos los datos disponibles y en el anexo 4 se clasifican por intervalos de referencia. Aunque parece ponerse de manifiesto un ligero aumento en los contenidos de nitratos, esta tendencia no se puede confirmar en la evolución de los parámetros estadísticos, puesto que la secuencia histórica es muy corta al tiempo que poco representativa. No obstante se puede reseñar que mientras en la primera campaña prácticamente el 100% de las muestras se encuentran en el intervalo más bajo (<25 mg/l), en la última aparece por primera vez un valor por encima de los 100 mg/l, reduciéndose el número de muestras del primer intervalo hasta el 50%.

En resumen, el contenido de nitratos de las aguas subterráneas del conjunto "Franja Costera Estepona-Marbella-Fuengirola", que agrupa los sistemas acuíferos FH y FI, no alcanza niveles preocupantes, exceptuando los dos puntos situados en S. Pedro de Alcántara y desembocadura del río Fuengirola, que deberían ser controlados en cuanto a su uso se refiere. El nivel del fondo geoquímico se mantiene dentro de los límites considerados como admisibles.

CUENCA: SUR
 S. ACUIFERO: FH-FI
 CAMPAÑA: 1986/I

e^{μ} = 27 mg/l NO_3^-
 $e^{\mu+\sigma}$ = 50 mg/l NO_3^-
 $e^{\mu+2\sigma}$ = 85 mg/l NO_3^-

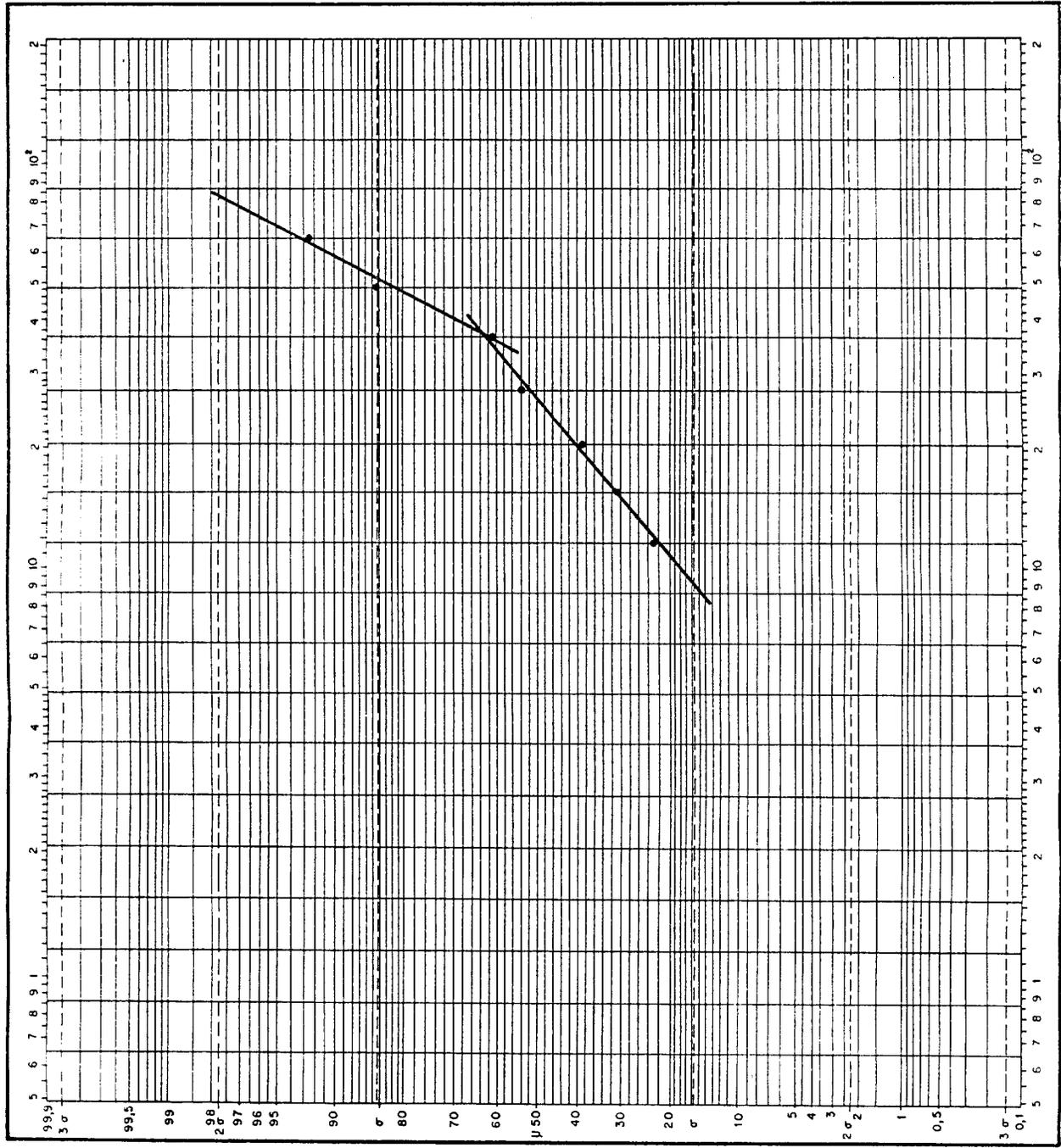
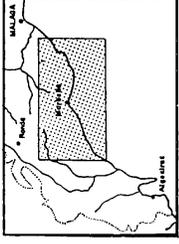
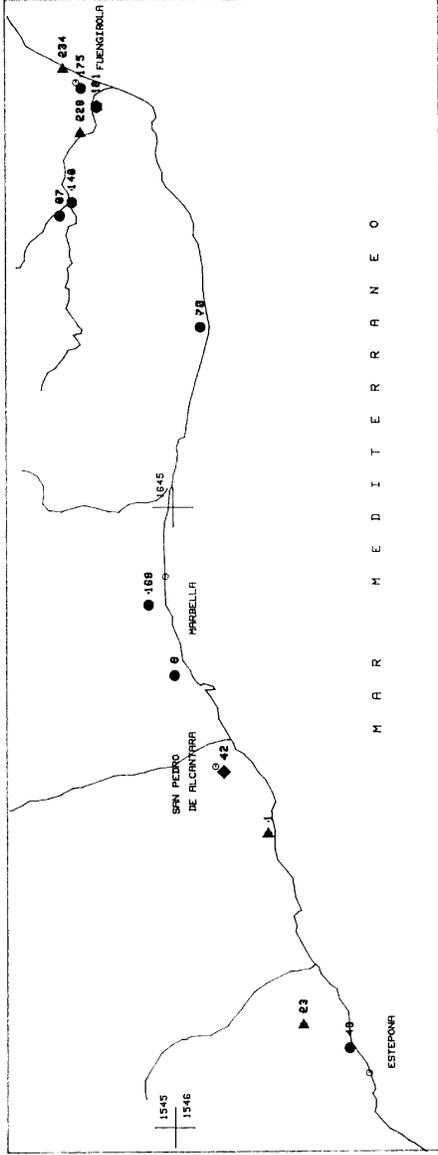


Fig. 1



CUENCA SUR : FRANJA COSTERA ESTEPONA - MARBELLA - FUENGIROLA



M A R M E D I T E R R A N E O

LEYENDA

- < 25 mg/l NO₃-
- ▲ 25-50 mg/l NO₃-
- ◆ 50-100 mg/l NO₃-
- > 100 mg/l NO₃-

ESCALA GRAFICA



TABLA 2

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

FUENTE : SUR
ACUIFERO : FH-FI (FRANJA COSTERA ESTEPOÑA-MARBELLA-FUENGIROLA)
CAMPAÑA : 1986/1

[NO3-] <= 25

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 154610049 *		*	2 164560070	POZO	DESCONOCIDO
3 164570148	POZO	AGRICULTURA	4 164570175	POZO	ABTO. NO URBANO
5 154580169	POZO	DESCONOCIDO	6 154630009	POZO	ABTO. NO URBANO
7 164560087	POZO	AGRICULTURA			

Total de muestras 7

25 < [NO3-] <= 50

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 154610023 *		*	2 154620001 *		*
5 164570229	POZO	AGRICULTURA	4 164570234	POZO	ABASTECIMIENTO Y ABRIC.

Total de muestras 4

50 < [NO3-] <= 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 154630042 *		*			

Total de muestras 1

[NO3-] > 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
164570181	POZO	AGRICULTURA			

Total de muestras 1

3.- SISTEMAS ACUÍFEROS FB y FC

CUATERNARIO DE LOS RIOS VERDE Y VELEZ

DESCRIPCIÓN GENERAL

Por la similitud de sus condiciones geográficas, geológicas y de desarrollo, se han agrupado en este apartado los dos cuaternarios de los ríos Verde y Vélez. Por otra parte, la escasez de datos no hubiera permitido un tratamiento estadístico individual para cada uno de ellos.

En conjunto abarcan una superficie total de unos 60 Km², incluyendo el aluvial de algunos pequeños arroyos próximos al curso de los dos ríos principales.

En ambos casos el acuífero se encuentra contenido en arenas, gravas y limos pliocuaternarios. Los recursos totales estimados son de 12 Hm³/año para el río Verde y 24 Hm³/año para el río Vélez, siendo la explotación actual de 6 y 15 Hm³/año respectivamente.

Existen importantes poblaciones asentadas en la superficie del Sistema: Almuñecar en el río Verde, con un importantísimo desarrollo agrícola favorecido por el microclima tropical de la zona, y Vélez-Málaga y Torre del Mar en el caso del río Vélez, asimismo con un notorio potencial agrícola. El área más costera de ambas zonas es ámbito de una floreciente industria turística fundamentada en la benignidad del clima.

Los aguas presentan en su mayoría facies bicarbonatada cálcico-magnésica, con aumento relativo de los sulfatos al aproximarse a la costa o en relación con los afloramientos pliocenos.

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Para el estudio del nivel actual de concentración en nitratos de las aguas en las zonas citadas, se dispone como campaña más reciente la de 1986/1, que consta de 21 análisis, 13 de ellos ubicados en el río Verde y zonas adyacentes, y 8 en el río Vélez. La estadística de estos valores, fig. 2, revela un fondo geoquímico bastante amplio 33-130 mg/l, con un 50% de los puntos sobrepasando los 65 mg/l. Los datos del acuífero del río Vélez se encuentran en la parte alta de la distribución estadística, ya que de los 8 valores disponibles, 5 sobrepasan los 100 mg/l y uno alcanza los 92 mg/l, con un valor máximo de 156 mg/l.

En los planos 2 y 3 se presentan los puntos muestreados en la campaña 1986/1, con sus concentraciones de nitratos clasificadas según los intervalos de referencia. Esta clasificación se relaciona en la tabla 3. Tanto los planos como la tabla referenciados son significativos del estado francamente preocupante de las aguas analizadas en cuanto a contenido en nitratos se refiere. Esta situación es especialmente delicada en el caso del río Vélez, en donde un punto clasificado como de abastecimiento no urbano supera los 100 mg/l (184450004). En el río Verde hay que destacar el punto 194460023, dedicado a abastecimiento urbano y otras actividades, que en 1986/1 superó los 50 mg/l. En ambas zonas se puede atribuir el elevado contenido en nitratos de las aguas, al uso intensivo de fertilizantes en los cultivos.

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL: PREVISIONES

Para el estudio de la evolución del contenido en nitratos en las aguas de los cuaternarios del Verde y Vélez, se cuenta con análisis de diferentes campañas. Para el río Vélez la serie histórica es más completa, ya que comienza en 1977, siendo significativamente homogénea y constante con un lapsus para los años 84 y 85. Sin embargo, para el río Verde los datos son escasos y solo significativos para los años 85 y 86.

Los parámetros estadísticos para aquellas campañas en que puede

CUENCA: SUR
 S. ACUIFERO: FB-FC
 CAMPAÑA: 1986/I

$e^{\mu} = 65 \text{ mg/l NO}_3^-$
 $e^{\mu+\sigma} = 130 \text{ mg/l NO}_3^-$
 $e^{\mu+2\sigma} = 250 \text{ mg/l NO}_3^-$

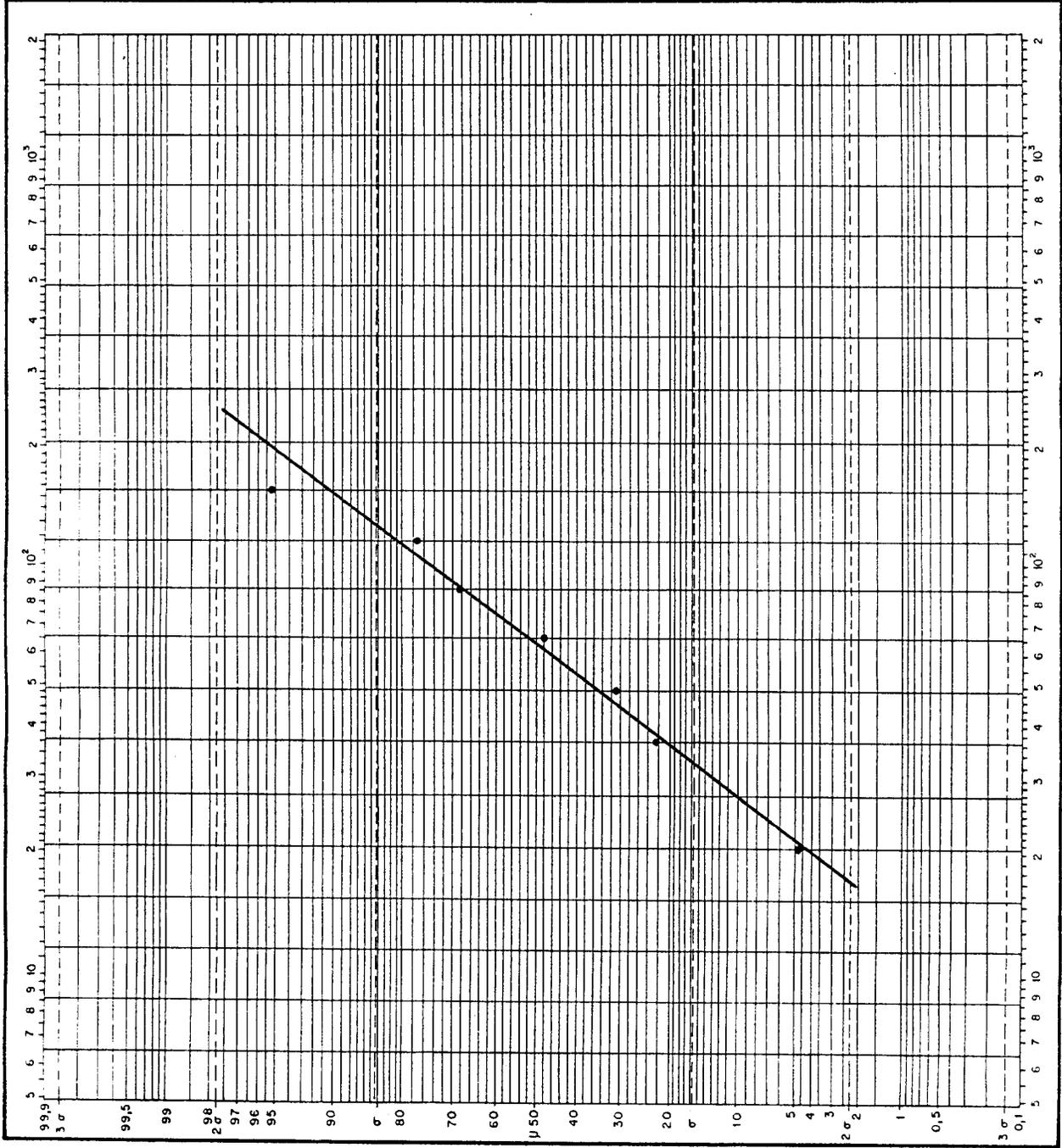
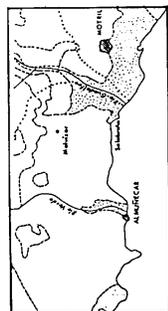
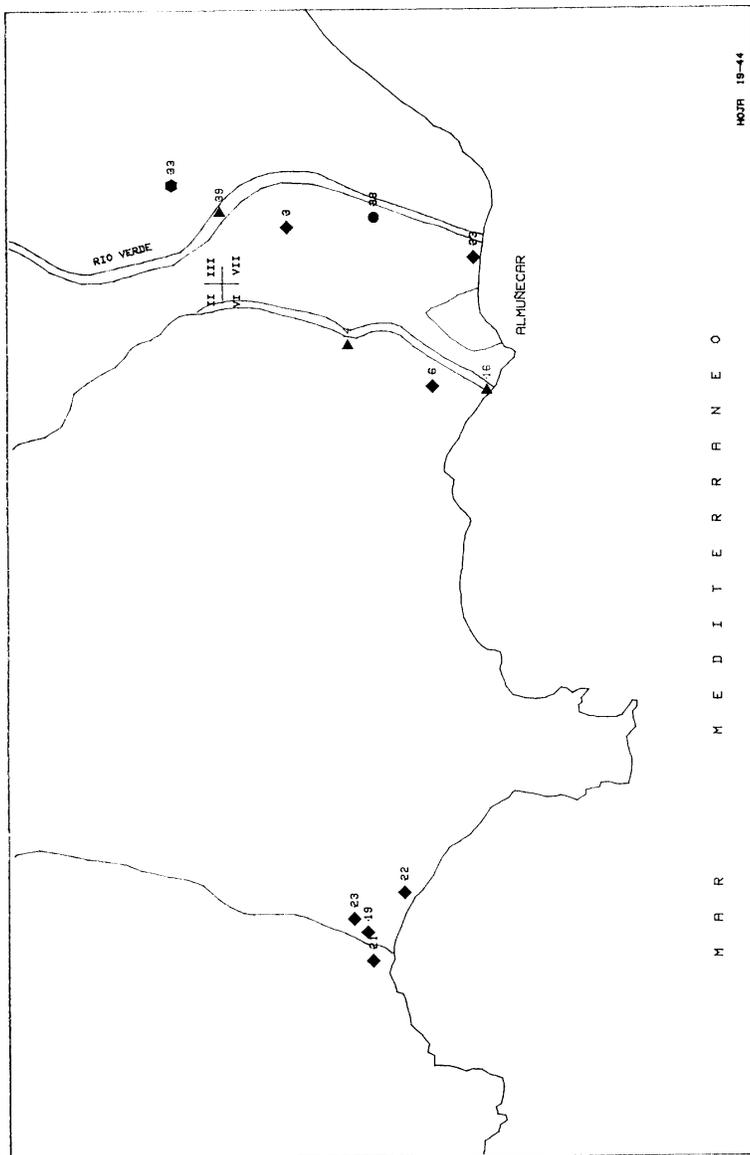


Fig. 2



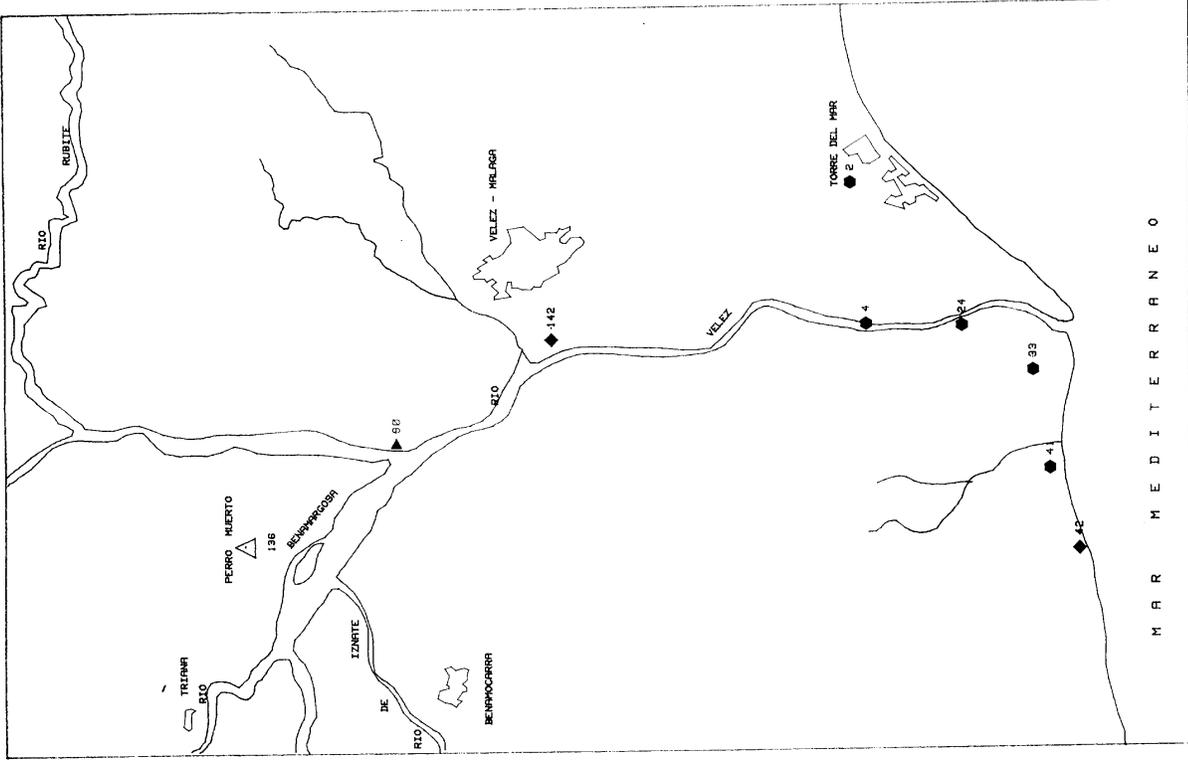
CUENCA SUR : CUARTERNARIO DEL RIO VERDE



- LLEYENDA
- <25 mg/l NO3-
 - ▲ 25-50 mg/l NO3-
 - ◆ 50-100 mg/l NO3-
 - >100 mg/l NO3-

ESCALA GRÁFICA

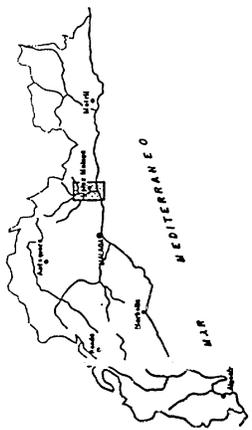
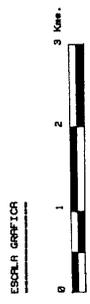




SISTEMA ACUIFERO FC

 ALUVIAL DEL RIO VELEZ

- LEYENDA
- <25 mg/l NO3-
 - ▲ 25-50 mg/l NO3-
 - ◆ 50-100 mg/l NO3-
 - >100 mg/l NO3-



M A R M E D I T E R R A N E O

TABLA 3

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

CUENCA : SUR
S. ACUIFERO : FB-FC (CUATERNARIO DE LOS RIOS VERDE Y VELEZ)
CAMPANA : 1986/1

[NO₃-] ≤ 25

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 194470038	SONDEO	AGRICULTURA			
Total de muestras 1					

25 < [NO₃-] ≤ 50

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 184410090	POZO	ABTO. NO URBANO	2 194460004	POZO	AGRICULTURA
3 194460016	POZO	INDUSTRIA	4 194430039	*	*
5 194470013	*	*			
Total de muestras 5					

50 < [NO₃-] ≤ 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 184410142	POZO	AGRICULTURA	2 194460019	POZO	AGRICULTURA
3 194460021	POZO	AGRICULTURA	4 194460022	POZO	AGRICULTURA
5 194460023	POZO	ABTO.URB. Y OTRAS ACTIV.	6 194470003	SONDEO	AGRICULTURA
7 194470033	POZO	NO SE UTILIZA	8 184450042	*	*
9 194460006	*	*			
Total de muestras 9					

[NO₃-] > 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 184450004	POZO	ABTO. NO URBANO	2 184450024	POZO	AGRICULTURA
3 184450033	POZO	AGRICULTURA	4 184450041	POZO	GANADERIA
5 184460002	POZO	AGRICULTURA	6 194430033	POZO	DESCONOCIDO
Total de muestras 6					

admitirse la adaptación de los valores a una distribución lognormal, evolucionan según la fig. 3. Puede deducirse un incremento continuo de los valores de la media y el fondo (μ y $\mu+\sigma$).

En el anexo 4, en el que los valores se encuentran clasificados por intervalos de referencia, se puede, por otra parte, constatar el mantenimiento en niveles muy similares al valor máximo medido desde la primera campaña.

Como conclusión se puede resumir el estado actual del contenido en nitratos de las aguas subterráneas de los cuaternarios de los ríos Verde y Vélez, indicando el elevado nivel general de concentraciones que, en el caso del río Vélez, puede ser calificado de preocupante. Ello aconseja una estrecha vigilancia de estos acuíferos, en especial los posibles abastecimientos urbanos con aguas subterráneas.

Los datos de las series históricas indican un aumento progresivo del fondo geoquímico, cuyo límite superior alcanza en 1986 los 130 mg/l, al tiempo que un mantenimiento de los valores máximos medidos en el orden de 140-160 mg/l.

CUENCA SUR

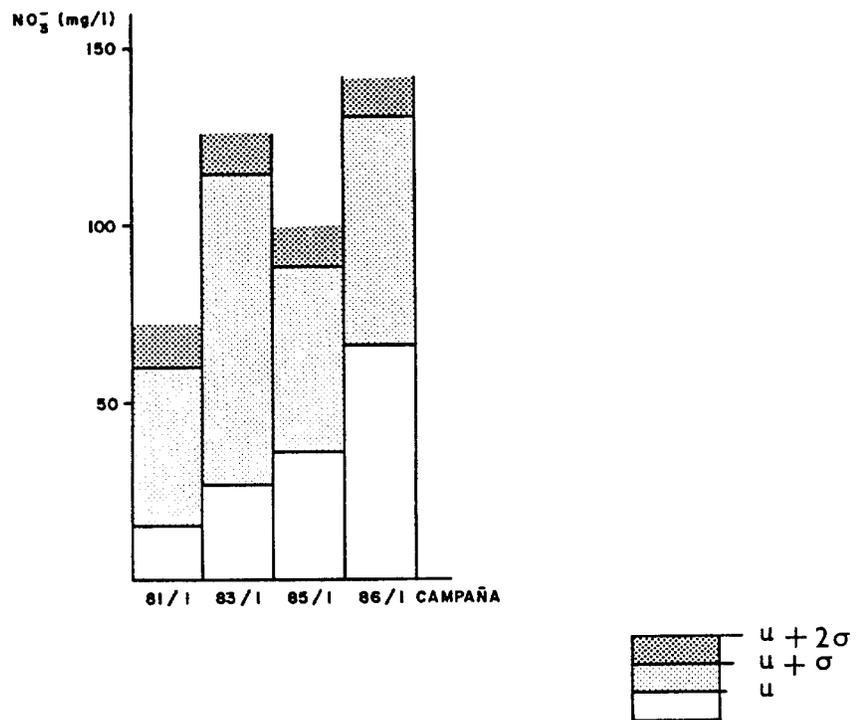


Fig. 3.- Evolución temporal del contenido de NO_3^- en el Sistema Acuífero FB-FC (Río Verde-Río Vélez)

4.- SISTEMA ACUÍFERO Nº 37

DETRÍTICO DE MÁLAGA

DESCRIPCIÓN GENERAL

El Sistema Acuífero nº 37 comprende la cuenca del bajo Guadalhorce y Hoya de Málaga, con una extensión total de 330 Km².

Está constituido por un conjunto de acuíferos superpuestos, desarrollados en materiales detriticos (areniscas, conglomerados, gravas y arenas), intercalados en un paquete predominantemente margoso cuya edad va del Mioceno al Cuaternario. Los recursos totales estimados del Sistema alcanzan los 75 Hm³/año, de los cuáles se explotan actualmente unos 50 Hm³/año, dedicados en su mayor parte a agricultura y en menor medida a abastecimientos urbanos e industrias.

Las actividades económicas se distribuyen en diferentes zonas. Mientras la agricultura se desarrolla fundamentalmente en el entorno del cauce del bajo Guadalhorce, la concentración de población y la actividad industrial se encuentran en la desembocadura del río y en la Hoya de Málaga. La capital constituye lógicamente la mayor aglomeración urbana sobre el Sistema.

Las facies químicas de las aguas subterráneas son muy variables, desde bicarbonatadas sódicas a cloruradas sódicas pasando por facies mixtas. En general son de mala calidad para agricultura e industria.

La recarga del Sistema tiene lugar por infiltración de agua de lluvia y por aportes laterales del sistema nº 38.

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Para el estudio del contenido en nitratos de las aguas subterráneas se dispone de una información bastante completa, tanto por el número de campañas como por la cantidad de muestras en cada una de ellas, siendo una excepción (generalizada en las Cuencas Sur) las campañas 83/2, 84 y 85. Los datos de inventario de los puntos controlados así como los resultados de las diferentes campañas quedan reflejados en los anexos 1 y 2.

El análisis de la situación actual se ha realizado en base a los datos existentes de la campaña 86/1. La fig. 4 representa la distribución de los valores de esta última en la que, con un fondo geoquímico de 16-71 mg/l, el 50% de las muestras tienen valores más bajos de 34 mg/l, con un máximo de 110 mg/l.

En el plano 4 se representan los valores de la campaña 86/1 clasificados por intervalos de referencia, los cuales aparecen referenciados en la tabla 4. Sólo 6 muestras sobrepasan el valor límite de 50 mg/l. En la zona baja del curso del Guadalhorce es posible delinear una zona central más próxima al cauce, en que la concentración en nitratos aumenta por encima de los 50 mg/l.

Los dos puntos que sobrepasan los 100 mg/l, 164480013 y 174450132, son pozos de poca profundidad, dedicados a abastecimiento no urbano.

Aunque la situación no es alarmante, si requiere cierta vigilancia en cuanto al uso del agua en las zonas en que las concentraciones superan los 50 mg/l.

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL: PREVISIONES

En la fig. 5 se ha representado la evolución de los parámetros estadísticos a lo largo de las campañas en que los valores se ajustaban a una distribución lognormal (77/1, 77/2, 78/1, 79/1, 80/1, 80/2, 82/1, 82/2, 83/1 y 86/1).

CUENCA: SUR
 S. ACUIFERO: 37
 CAMPAÑA: 1986/I

e^{μ} = 34 mg/l NO_3^-
 $e^{\mu+\sigma}$ = 71 mg/l NO_3^-
 $e^{\mu+2\sigma}$ = mg/l NO_3^-

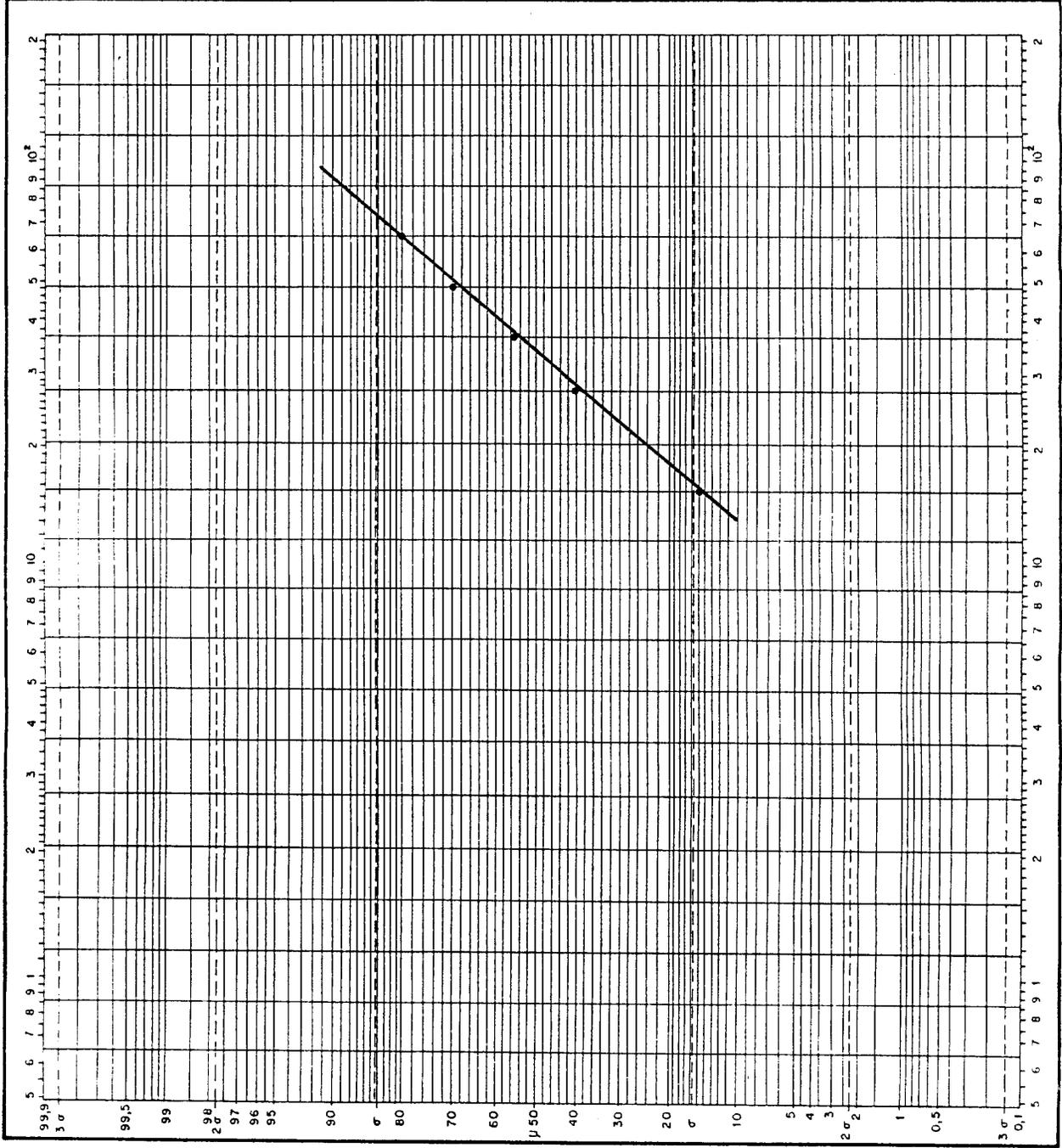


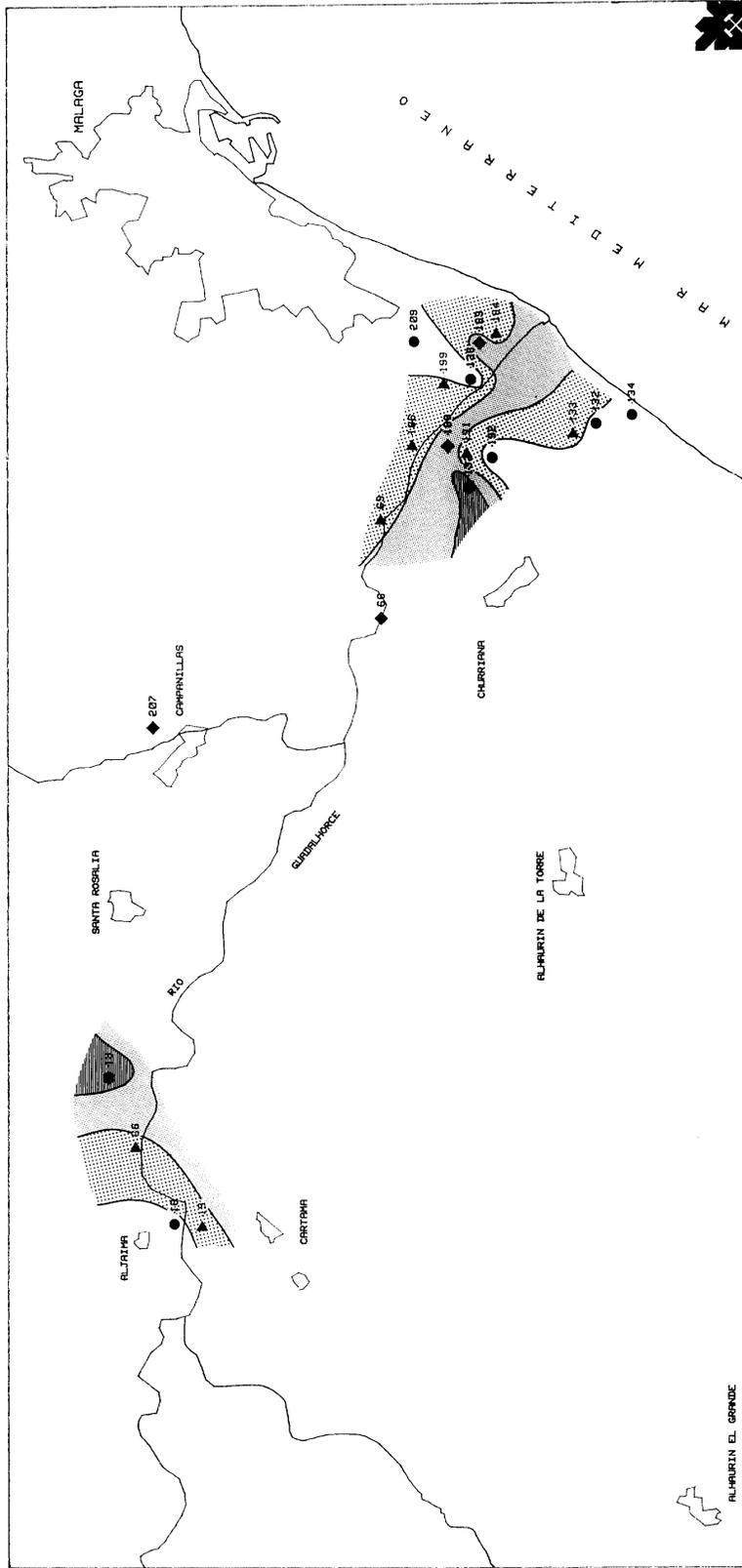
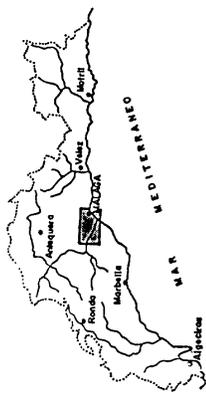
Fig. 4

SISTEMA ACUIFERO N° 37
GUARDALHORCE BAJO

LEYENDA

- <=25 mg/l NO3-
- ▲ 25-50 mg/l NO3-
- ◆ 50-100 mg/l NO3-
- ◆ >100 mg/l NO3-

ESCALA GRAFICA



ALMURIN EL GRANDE

ALMURIN DE LA TORRE

CHERRIANA

GUARDALHORCE

SANTA ROSALIA

CARRANILLAS

ALJATRA

CARTENA

MALLAGA

MEDITERRANEO

TABLA 4

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

CIENCA : SUR
ACUIFERO : 37 (DETRITICO MALAGA)
CAMPANA : 1986/1

10 <= [NO₃-] <= 25

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 164470016	POZO	ABTO. NO URBANO	2 174450136	SONDEO	AGRICULTURA
3 174450192	PIEZOMETRO	NO SE UTILIZA	4 174450209	SONDEO	ABTO. NO URBANO
7 174510132	PIEZOMETRO	NO SE UTILIZA	6 174510134	PIEZOMETRO	NO SE UTILIZA

Total de muestras 6

25 < [NO₃-] <= 50

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 164470019	POZO	ABTO. NO URBANO	2 164470066	POZO	ABTO. NO URBANO
1 174450069	POZO CON GALER. O TALAD.	ABTO. NO URBANO	4 174450186	PIEZOMETRO	NO SE UTILIZA
5 174450191	PIEZOMETRO	NO SE UTILIZA	6 174450194	PIEZOMETRO	NO SE UTILIZA
7 174450199	SONDEO	ABTO. NO URBANO	8 174510133	PIEZOMETRO	NO SE UTILIZA

Total de muestras 8

50 < [NO₃-] <= 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 164480207	POZO	ABTO. NO URBANO	2 174450066	POZO CON GALER. O TALAD.	INDUSTRIA
3 174450188	PIEZOMETRO	NO SE UTILIZA	4 174450193	PIEZOMETRO	NO SE UTILIZA

Total de muestras 4

[NO₃-] > 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 164480013	POZO	ABTO. NO URBANO	2 174450132	POZO CON GALER. O TALAD.	ABTO. NO URBANO

Total de muestras 2

CUENCA SUR

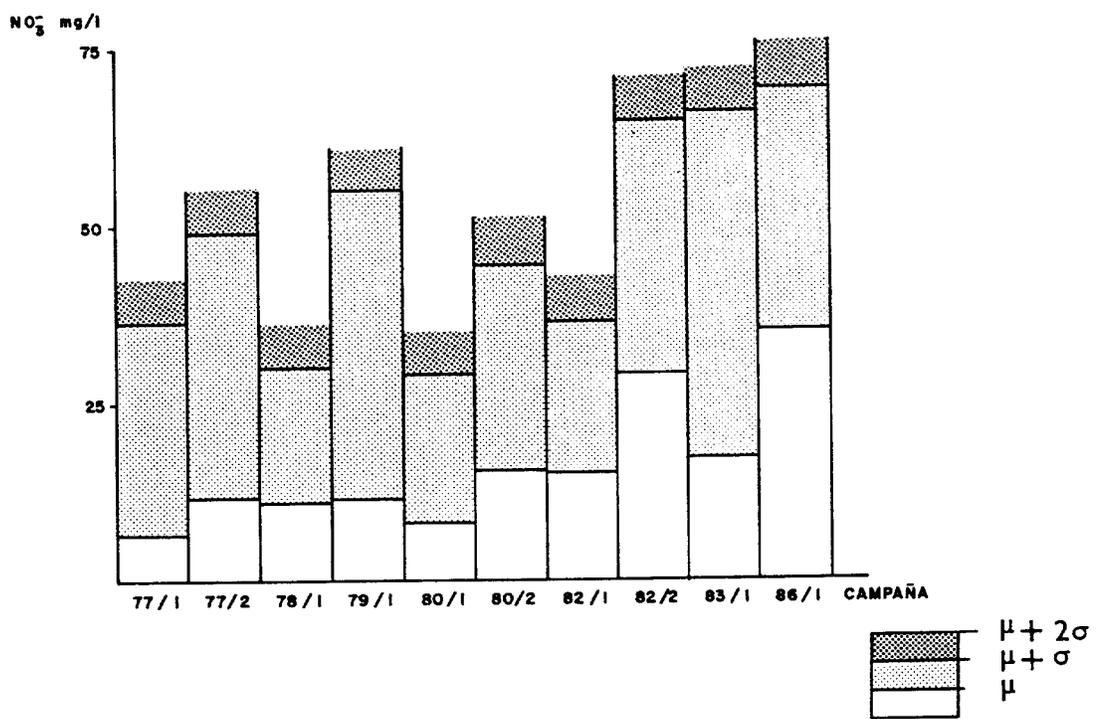


Fig. 5.- Evolución temporal del contenido de NO_3^- en el Sistema Acuífero nº 37

En ella se pone de manifiesto un incremento ligero pero persistente del valor medio μ , así como del límite superior del fondo geoquímico $\mu+\sigma$. No obstante, en este parámetro se aprecia una fluctuación que puede estar en relación con la periodicidad de estiajes y/o cultivos.

En el anexo 4 se presenta la distribución porcentual de los valores que han sido consultados en el presente trabajo, clasificados por intervalos de referencia, así como el número de ellos disponibles en cada campaña y los valores máximo y mínimo. A partir de este anexo se ha construido la fig. 6. Ambos confirman el lento y progresivo aumento del contenido de nitratos en las aguas subterráneas del Sistema.

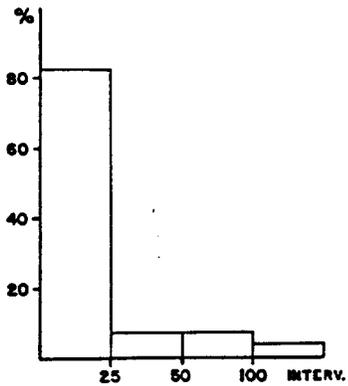
Como se ha señalado en el apartado anterior, este incremento no ha llegado aún a una situación alarmante, pero sí a un estado de preocupación que se ha de reflejar en una estrecha vigilancia de la evolución futura y del posible uso del agua subterránea.

GRAFICAS DE DISTRIBUCION PORCENTUAL EN INTERVALOS DEL CONTENIDO DE NITRATOS

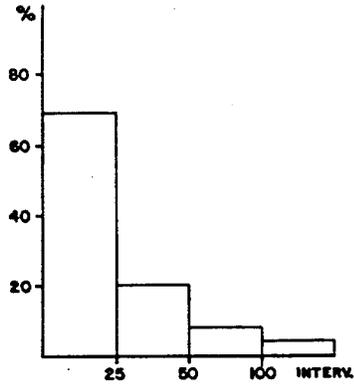
FIG.- 6

CUENCA : SUR

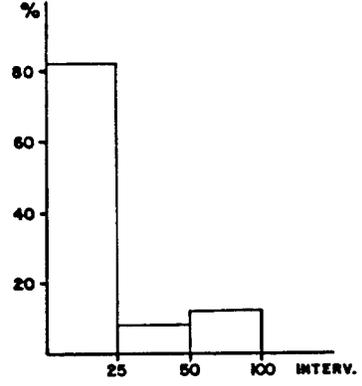
S. ACUIFERO : 37



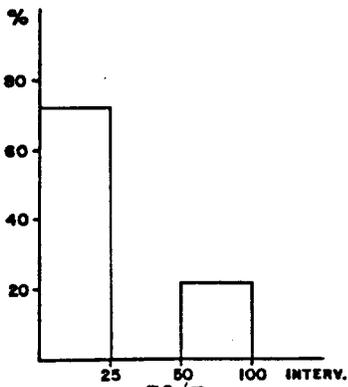
77/I



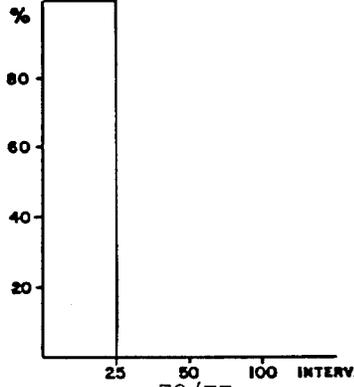
77/II



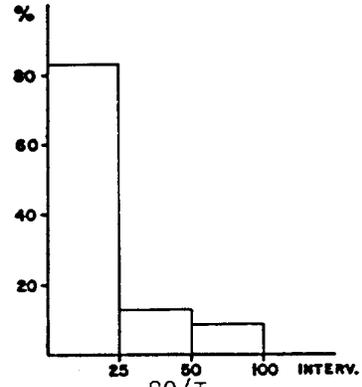
78/I



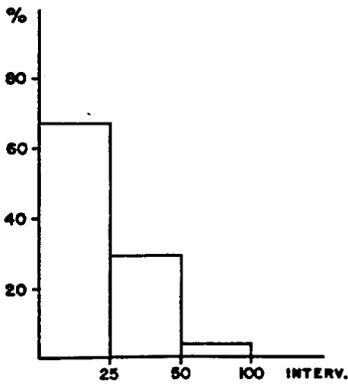
79/I



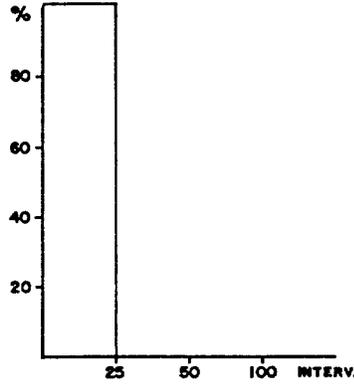
79/II



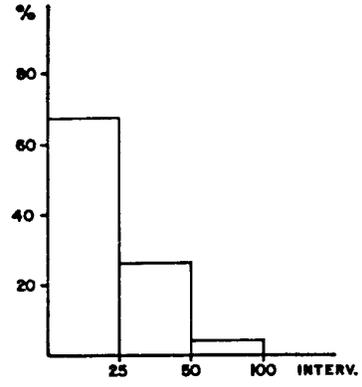
80/I



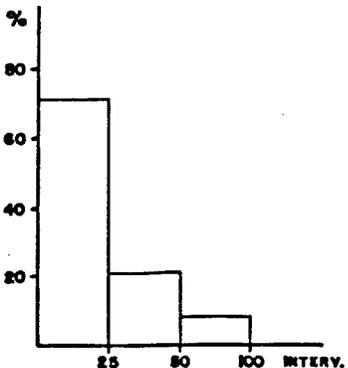
80/II



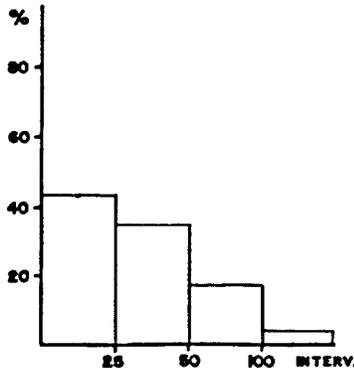
81/I



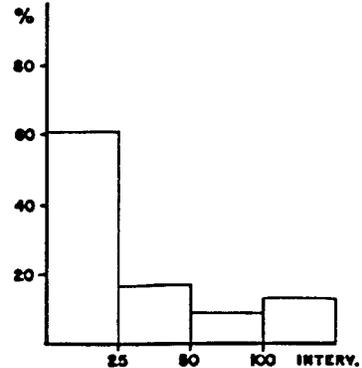
81/II



82/I



82/II



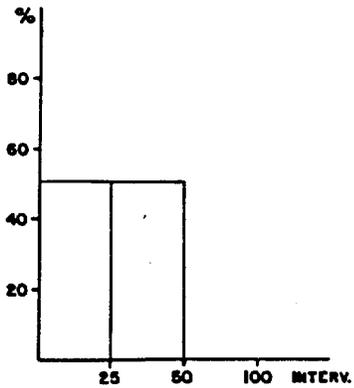
83/I

GRAFICAS DE DISTRIBUCION PORCENTUAL EN INTERVALOS DEL CONTENIDO DE NITRATOS

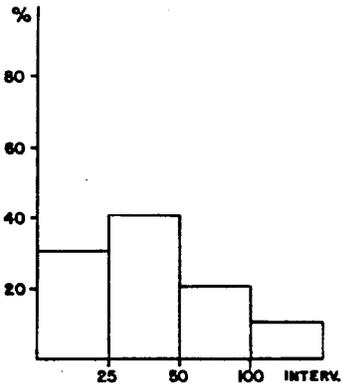
FIG.- 6
(Cont.)

CUENCA: SUR

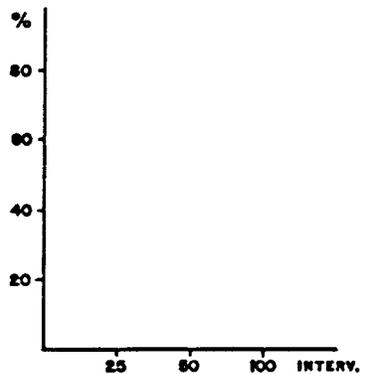
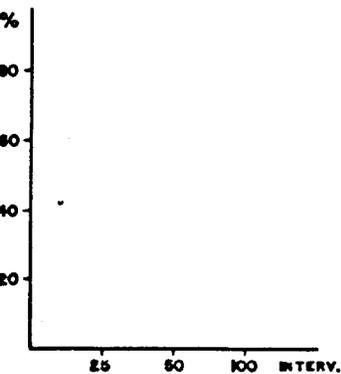
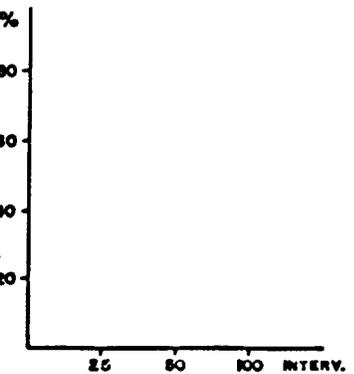
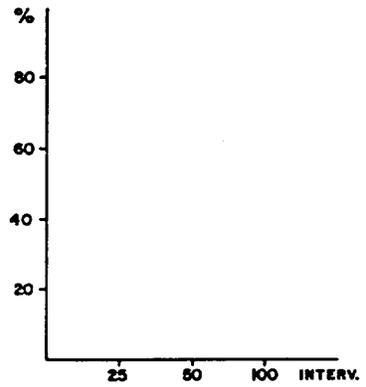
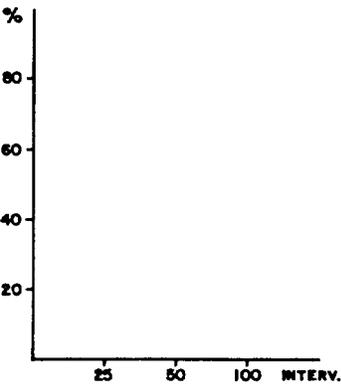
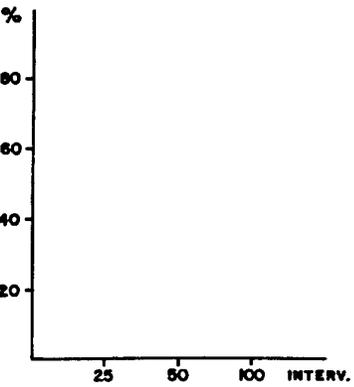
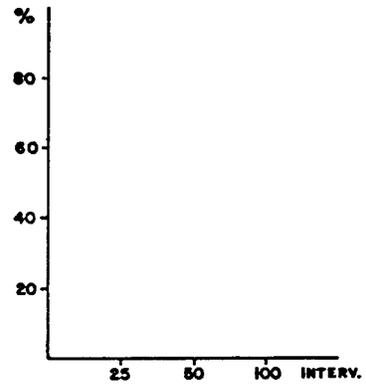
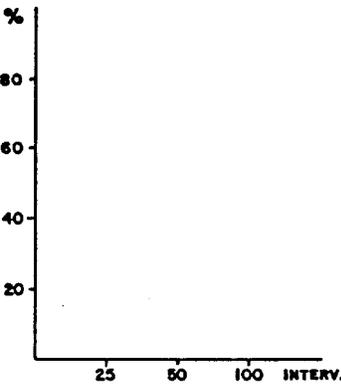
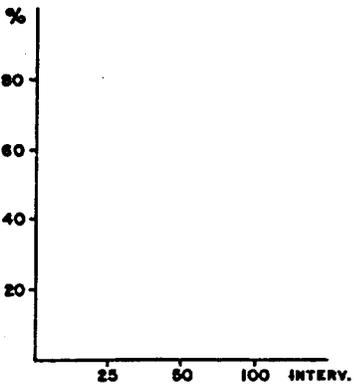
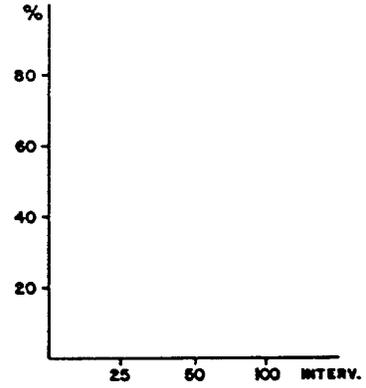
S. ACUIFERO: 37



83/II



86/I



5.- SISTEMA ACUÍFERO N° 39

CUENCA DETRÍTICA DE ANTEQUERA

DESCRIPCIÓN GENERAL

El Sistema nº 39, conocido como Cuenca detrítica de Antequera, comprende dos áreas orográficamente distintas: los Llanos de Antequera (170 Km²), Llanos de Archidona y Campillos constituyen la primera, esencialmente plana. La segunda está formada por una serie de elevaciones que van desde Archidona hasta Fuente de Piedra por el Norte, y hacia el Oeste alcanzan el Llano de Campillos. El Sistema está rodeado por una serie de sierras con alturas entre 700 y 1.000 metros: Sierra de Archidona, Pedroso y Ardas, Peña de los Enamorados, Sierra de Humilladeros, etc.

El clima de la zona es mediterráneo, aunque en invierno la temperatura es relativamente baja. La pluviometría varía entre 400 y 600 mm anuales.

Dentro del Sistema se pueden distinguir tres tipos de acuíferos: los contenidos en materiales aluviales del Cuaternario, en materiales detríticos (calcarentas) del Mioceno Superior y por último los calcáreos del Jurásico. Tanto vertical como horizontalmente suele existir interconexión entre todos ellos.

Los recursos totales de aguas subterráneas se estiman en 65-70 Hm³/año, siendo las extracciones totales del orden de 45-50 Hm³/año.

La actividad económica predominante en la zona es sin duda la agricultura, y cada vez más la ganadería. La industria, escasa en la zona, está siempre relacionada con el sector agrario: azucareras, aceiteras, piensos, etc.

Las poblaciones más importantes son Antequera, Archidona y Campillos.

La naturaleza hidroquímica de las aguas varía según el acuífero considerado. Así, en el Cuaternario son sulfatadas cálcicas y a veces a cloruradas sódicas, en el Mioceno son de facies mixta y residuo seco del orden de 1.500 mg/l, y en el Jurásico bicarbonatadas cálcicas y de baja salinidad (<400 mg/l).

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Con la excepción ya comentada de la ausencia generalizada de datos en las campañas 84 y 85, el sistema nº 39 tiene una buena serie histórica de análisis, lo que permite un adecuado estudio de la situación actual y de la evolución desde 1977.

Con un total de 42 determinaciones, la campaña 1987/1 es un reflejo fidedigno del estado actual de la presencia de nitratos en el Sistema. En la fig. 7 se representa la distribución de los 42 valores disponibles, que se ajustan a una lognormal en la que la media alcanza en los 65 mg/l, y los límites de fondo geoquímico se sitúan en 32 y 127 mg/l.

En los anexos 1 y 2 se presentan los datos de inventario y análisis de nitratos de las diferentes campañas. Estos valores resultan por sí mismos suficientemente elocuentes de la situación del Sistema, especialmente si se considera que en la campaña 87/1, 9 puntos presentaban contenidos superiores a 100 mg/l, alcanzando dos de ellos 240 mg/l (164210030) y 345 mg/l (164220256), desconociéndose además su uso. En la campaña 86/1 se detectan también 11 puntos cuya concentración supera los 100 mg/l NO_3^- . Los dos puntos antes citados aparecen afectados por contenidos similares.

En la tabla 5 se presenta la distribución en intervalos de referencia de los valores disponibles en la campaña 87/1, representados en el plano 5. Hay que destacar el elevado porcentaje de muestras (70%) que sobrepasan el límite de los 50 mg/l. Se trata de 29 puntos, de los que 17 no

CUENCA: SUR
 S. ACUIFERO: 39
 CAMPAÑA: 1987/I

$e^{\mu} = 65 \text{ mg/l NO}_3^-$
 $e^{\mu+\sigma} = 127 \text{ mg/l NO}_3^-$
 $e^{\mu+2\sigma} = 260 \text{ mg/l NO}_3^-$

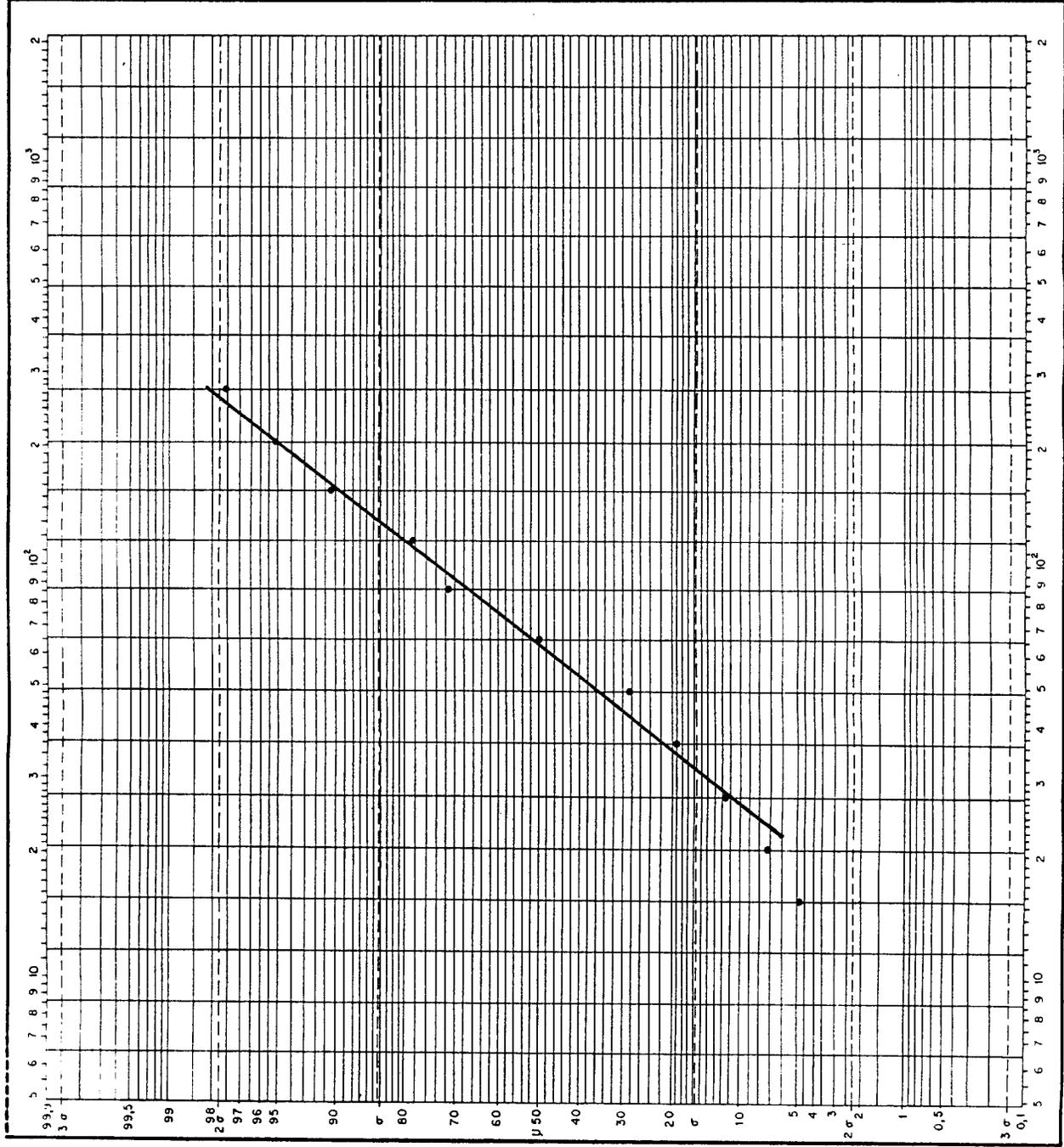


Fig. 7

TABLA 5

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

CUENCA : SUR
ACUIFERO : 39 (CUENCA DETRIT. ANTEQUERA)
CAMPANA : 1987/1

[NO₃-] ≤ 25

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 164220023 *	*		2 164220267 *	*	
3 164230084 *	*		4 164250003 *	*	
Total de muestras 4					

25 < [NO₃-] ≤ 50

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 164210023 *	*		2 164220071 *	*	
164220236 *	*		4 164230089 *	*	
164230095 POZO CON GALER. O TALAD.	AGRICULTURA		6 164260002 *	*	
164270046 POZO	AGRICULTURA		8 164280050 *	*	
9 164280065 SONDEO	AGRICULTURA				
Total de muestras 9					

50 < [NO₃-] ≤ 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 164210034 *	*		2 164210051 *	*	
3 164210056 *	*		4 164220026 *	*	
164220066 *	*		6 164220075 *	*	
164220097 *	*		8 164220121 *	*	
7 164220126 SONDEO	ABTO. NO URBANO		10 164220154 *	*	
11 164220184 *	*		12 164220227 POZO	AGRICULTURA	
164250008 *	*		14 164260073 SONDEO	ABTO. NO URBANO	
164270058 POZO	ABASTECIMIENTO Y AGRIC.		16 164280015 POZO	ABTO. NO URBANO	
164280016 POZO CON GALERIA Y SOND.	AGRICULTURA		18 164280047 SONDEO	AGRICULTURA	
19 164280061 POZO CON SONDEO	AGRICULTURA		20 164280087 SONDEO	NO SE UTILIZA	
Total de muestras 20					

[NO₃-] > 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 164210021 *	*		2 164210030 *	*	
3 164210047 *	*		4 164220092 *	*	
164220219 *	*		6 164220239 *	*	
164220256 *	*		8 164240053 POZO CON GALER. O TALAD.	ABTO. NO URBANO	
164260018 POZO	ABTO. NO URBANO				
Total de muestras 9					

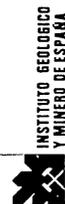
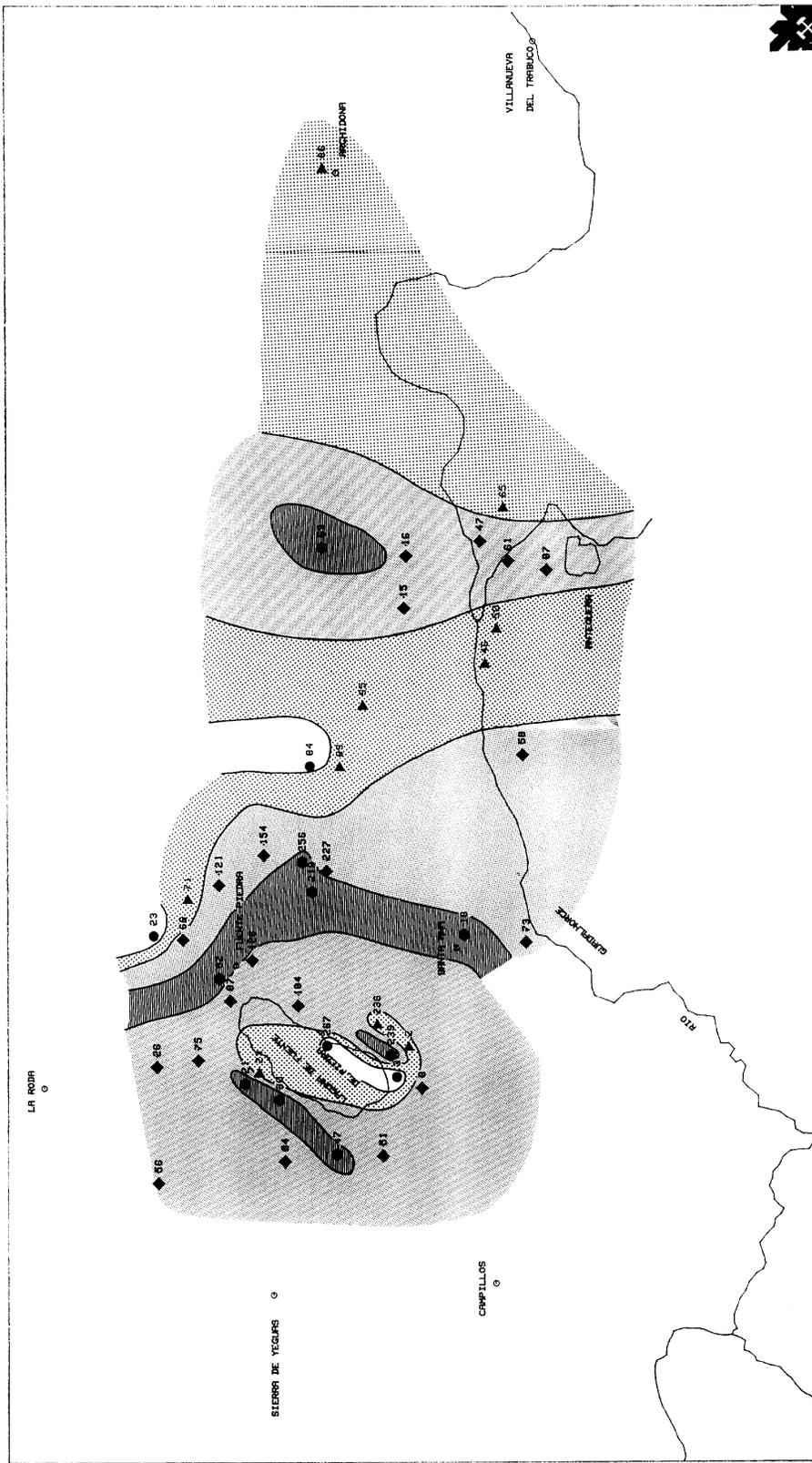
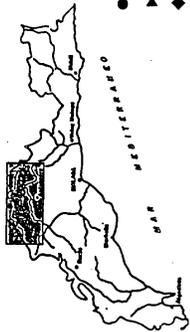
SISTEMA ACUIFERO N° 39

GUARDALHORCE ALTO

LEYENDA

- <=25 mg/l NO3-
- ▲ 25-50 mg/l NO3-
- ◆ 50-100 mg/l NO3-
- >100 mg/l NO3-

ESCALA GRAFICA



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

tienen referencias en cuanto a uso, 5 están clasificados como "abastecimiento no urbano" y uno como "abastecimiento y agricultura", con 53 mg/l. En el plano citado se ponen de manifiesto las amplias áreas que sobrepasan el límite de los 50 mg/l.

En resumen, todos estos datos confirman que la situación del Sistema nº 39 respecto al contenido de nitratos puede ser calificada actualmente de muy preocupante, aconsejándose la adopción de medidas de vigilancia y control especiales, en el sentido de concretar los usos y aplicaciones de las aguas subterráneas.

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL: PREVISIONES

En base a los datos de 11 campañas se ha elaborado la fig. 8, que presenta la evolución de los parámetros estadísticos de la distribución de valores de cada campaña. La figura demuestra el nítido aumento del fondo geoquímico regional y de los valores máximos en los diez años de control del Sistema. Esto mismo se puede constatar en el anexo 4 y figura 9, en los que se representan la evolución de la distribución porcentual en los intervalos de referencia. El porcentaje de muestras que reflejaban valores inferiores a los 50 mg/l, del orden del 90% en los primeros años de control, disminuye progresivamente hasta situarse aproximadamente en el 30%. Obviamente ocurre lo contrario con los puntos de concentración superior a los 50 mg/l.

Esta progresión en la concentración de nitratos debe continuar en este sentido, ya que la mayor parte de las aguas extraídas se utilizan para riegos, con lo que incorporan nuevas cantidades de nitratos procedentes de los abonos nitrogenados. Este fenómeno se ve favorecido por la relativa poca profundidad de los acuíferos explotados.

tienen referencias en cuanto a uso, 5 están clasificados como "abastecimiento no urbano" y uno como "abastecimiento y agricultura", con 53 mg/l. En el plano citado se ponen de manifiesto las amplias áreas que sobrepasan el límite de los 50 mg/l.

En resumen, todos estos datos confirman que la situación del Sistema nº 39 respecto al contenido de nitratos puede ser calificada actualmente de muy preocupante, aconsejándose la adopción de medidas de vigilancia y control especiales, en el sentido de concretar los usos y aplicaciones de las aguas subterráneas.

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL: PREVISIONES

En base a los datos de 11 campañas se ha elaborado la fig. 8, que presenta la evolución de los parámetros estadísticos de la distribución de valores de cada campaña. La figura demuestra el nítido aumento del fondo geoquímico regional y de los valores máximos en los diez años de control del Sistema. Esto mismo se puede constatar en el anexo 4 y figura 9, en los que se representan la evolución de la distribución porcentual en los intervalos de referencia. El porcentaje de muestras que reflejaban valores inferiores a los 50 mg/l, del orden del 90% en los primeros años de control, disminuye progresivamente hasta situarse aproximadamente en el 30%. Obviamente ocurre lo contrario con los puntos de concentración superior a los 50 mg/l.

Esta progresión en la concentración de nitratos debe continuar en este sentido, ya que la mayor parte de las aguas extraídas se utilizan para riegos, con lo que incorporan nuevas cantidades de nitratos procedentes de los abonos nitrogenados. Este fenómeno se ve favorecido por la relativa poca profundidad de los acuíferos explotados.

CUENCA SUR

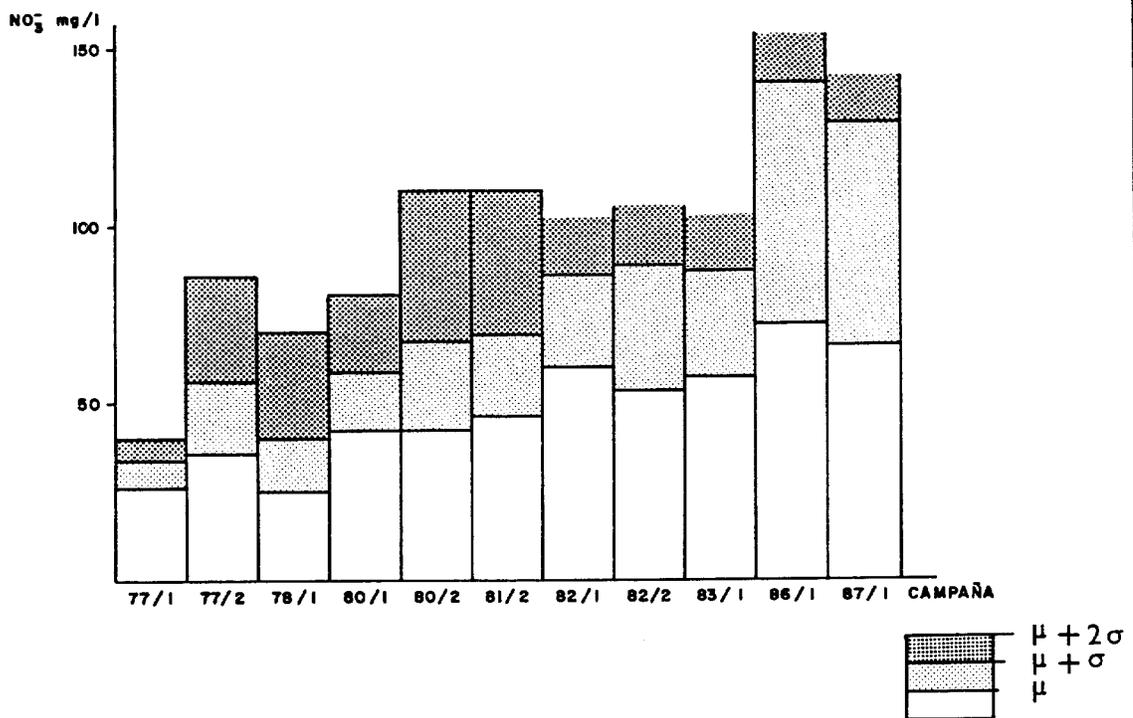


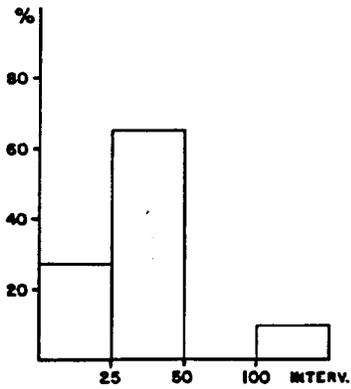
Fig. 8.- Evolución temporal del contenido de NO_3^- en el Sistema Acuífero nº 39

GRAFICAS DE DISTRIBUCION PORCENTUAL EN INTERVALOS DEL CONTENIDO DE NITRATOS

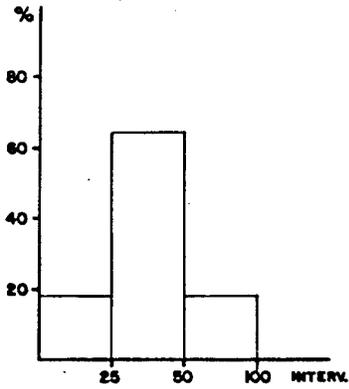
FIG.- 9

CUENCA: SUR

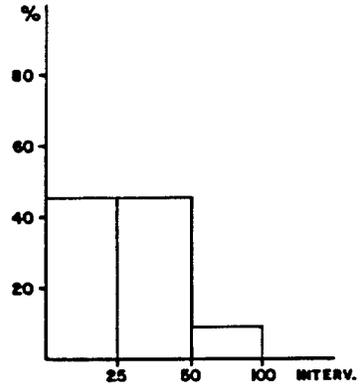
S. ACUIFERO: 39



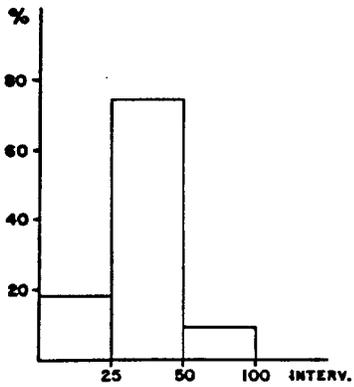
77/I



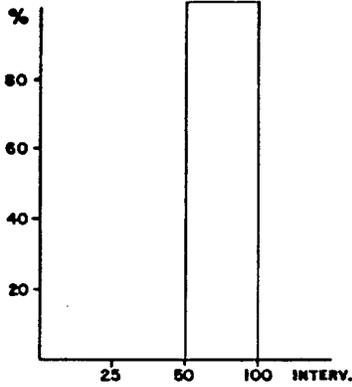
77/II



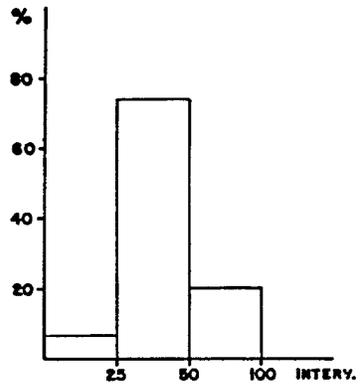
78/I



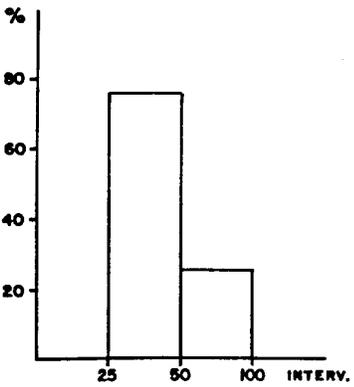
79/I



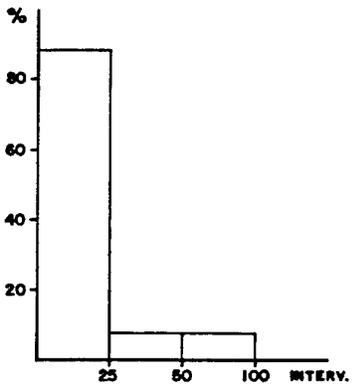
79/II



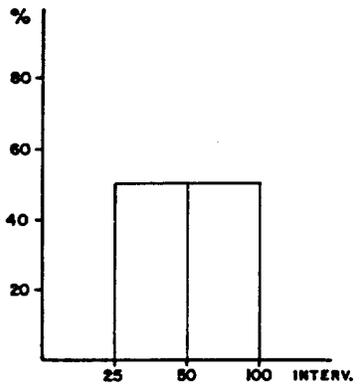
80/I



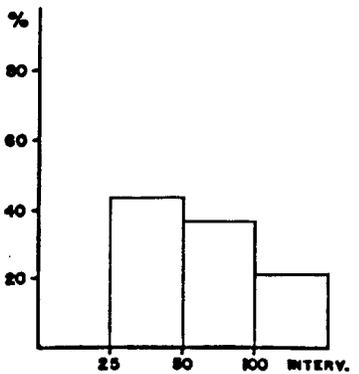
80/II



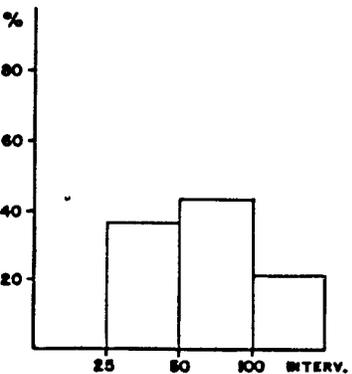
81/I



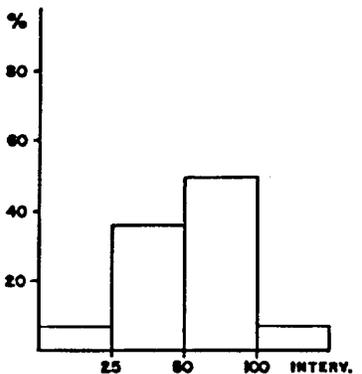
81/II



82/I



82/II



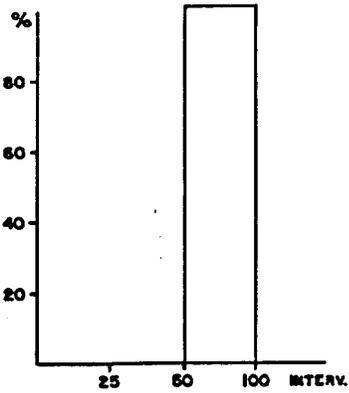
83/I

GRAFICAS DE DISTRIBUCION PORCENTUAL EN INTERVALOS DEL CONTENIDO DE NITRATOS

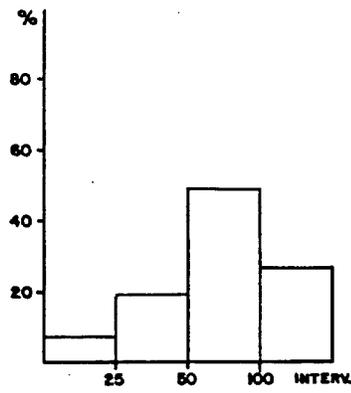
FIG.- 9
(Cont.)

CUENCA: SUR

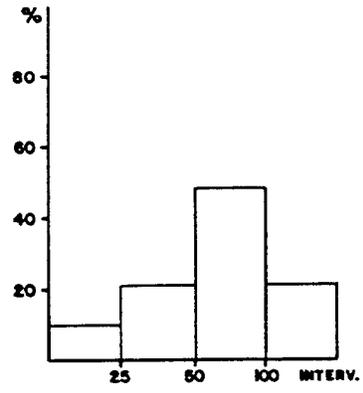
S. ACUIFERO: 39



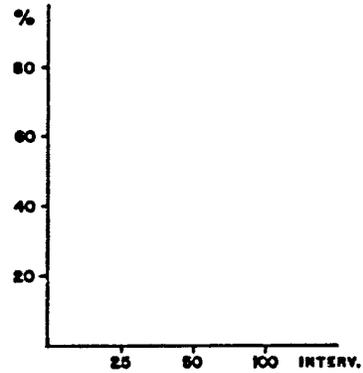
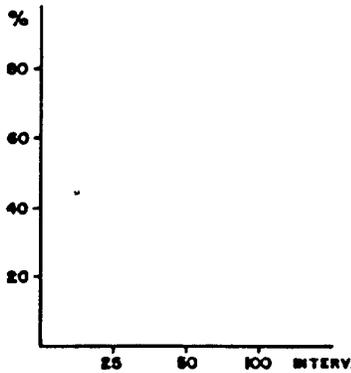
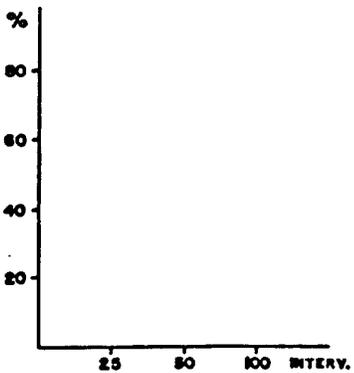
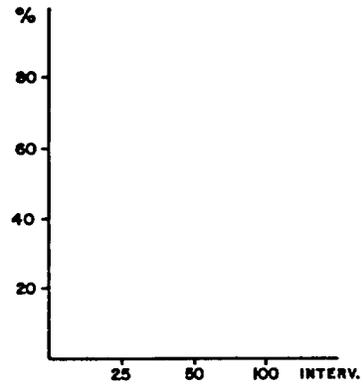
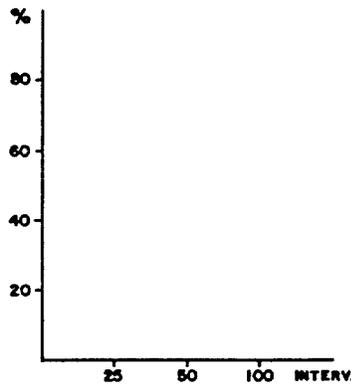
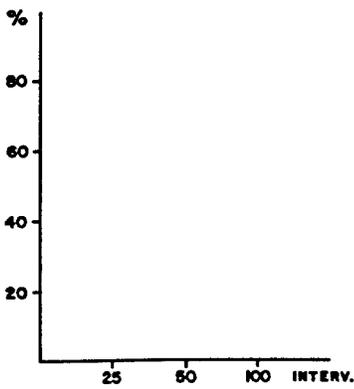
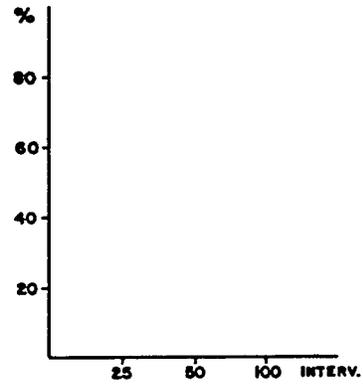
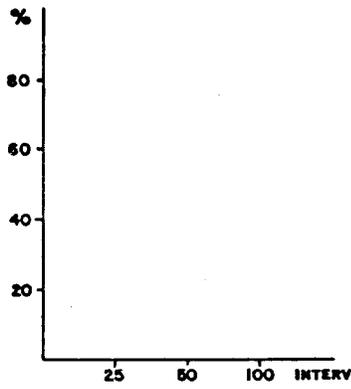
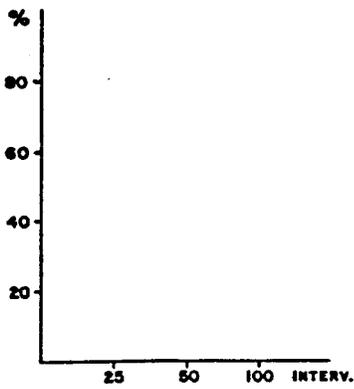
83/II



86/I



87/I



6.- SISTEMA ACUÍFERO Nº 43

CAMPO DE DALIAS

DESCRIPCIÓN GENERAL

Ocupando la extensa llanura existente entre el mar y la Sierra de Gádor al SO de la provincia de Almería, se encuentra el Campo de Dalías, ámbito geográfico del Sistema nº 43. Su extensión es aproximadamente de 310 Km².

En esta depresión, cuya cota topográfica va desde el nivel del mar a los 200 m, no existe ningún curso fluvial permanente.

La precipitación media anual varía entre 250 y 300 mm y las temperaturas medias son del orden de 18°C, lo que da a la zona un clima muy benigno, de tipo subtropical.

Aunque se pueden distinguir diversos niveles acuíferos, desde el punto de vista hidrogeológico se considera globalmente como una unidad acuífera multicapa. Las formaciones acuíferas más importantes son: calcarenitas y aluviales pliocuaternarios, calizas conglomeráticas (Formación Vicar) del Mioceno y dolomías triásicas de la Sierra de Gádor.

Hay que reseñar que esta última formación constituye también el acuífero principal del Sistema nº 42 (Sierra de Gádor), por lo que en los listados de los anexos, algunos puntos estudiados en este capítulo están asignados al Sistema 42, aunque geográficamente quedan incluidos en el Sistema 43.

Mientras que los recursos estimados para el Sistema alcanzan los 43 Hm³/año, la explotación actual sobrepasa los 95 Hm³/año, lo que se traduce en un desequilibrio del balance hídrico en detrimento de las reservas totales.

Las facies hidroquímicas predominantes son las cloruradas y sulfatadas sódico-cálcicas, con un residuo seco que supera los 5.000 mg/l, especialmente en puntos próximos a la costa.

La actividad económica se basa y centra fundamentalmente en el sector agrícola, que en su aspecto de cultivos intensivos bajo invernaderos representa la mayor riqueza del área y absorbe el 80% de los recursos de agua subterránea explotada. Otro sector en auge, especialmente en el área Sureste del Campo (Roquetas de Mar), es el turismo. Los principales núcleos urbanos de la zona, Roquetas y El Ejido, se abastecen con aguas subterráneas de este Sistema.

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Los datos puestos a disposición del presente estudio se refieren casi exclusivamente a la campaña 87/1, ya que en los anteriores el número máximo de muestras por campaña es de 9 (85/1), lo que excluye la posibilidad de un estudio de la evolución temporal. En lo que se refiere a la calidad actual, se dispone de 37 valores referidos a puntos del Campo de Dalías, de los cuales 11 están asignados al Sistema 43 y 26 al Sistema 42.

En la fig. 10 se presenta la distribución de dichos valores, cuya recta de regresión marca un fondo geoquímico muy amplio de 15-200 mg/l, con un 50% de los valores por encima de 53 mg/l. La tabla 6 refleja la clasificación por intervalos de referencia, y pone de manifiesto que el 57% de las muestras sobrepasan los 100 mg/l.

El plano 6 incluye la situación y concentración de los puntos, pudiendo apreciarse dos zonas importantes con altos contenidos en nitratos, que aumentan al aproximarse a la costa. Una de ellas en el SE del Campo de Dalías, desde El Parador hasta la Aldeilla pasando por Roquetas y La Mojonera, con concentraciones siempre superiores a los 50 mg/l y sobrepasando los 100 mg/l en las proximidades de la costa. La segunda en el SO, bastante más restringida al área costera de Guardias Viejas y Balerma, pero con valores que superan los 250 mg/l, alcanzando los 340 mg/l (224450038) y 740

CUENCA: SUR
 S. ACUIFERO: 43
 CAMPAÑA: 1987/I

e^{μ} = 53 mg/l NO_3^-
 $e^{\mu+\sigma}$ = 200 mg/l NO_3^-
 $e^{\mu+2\sigma}$ = 700 mg/l NO_3^-

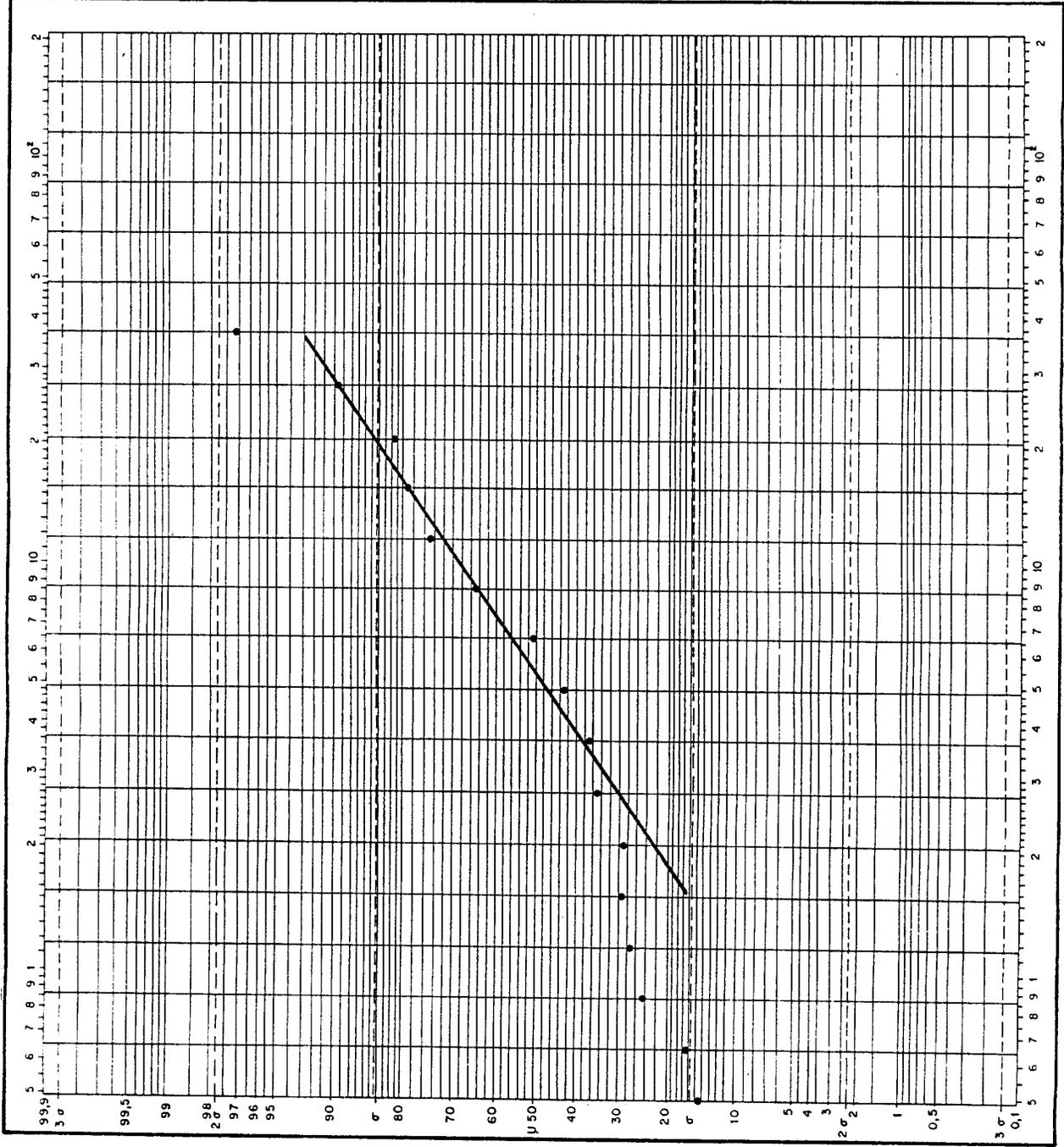


Fig. 10

TABLA 6

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

CUENCA : SUR
ACUIFERO : 42-43 (SIERRA DE GADOR-CAMPO DE DALIAS)
CAMPANA : 1987/1

[NO₃-] <= 25

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 224410003 *	*		2 224410103 *	*	
3 224430191 *	*		4 224440141 *	*	
5 224460024 *	*		6 224460046 *	*	
7 214440028 *	*		8 214440034 *	*	
9 224410030 *	*		10 224410098 *	*	
11 224420005 *	*		12 224420063 *	*	
3 224450010 *	*				

Total de muestras 13

25 < [NO₃-] <= 50

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 214480025 *	*		2 224420033 *	*	
3 224410070 *	*				

Total de muestras 3

50 < [NO₃-] <= 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 224410081 *	*		2 224420050 *	*	
3 224420070 *	*		4 224430051 *	*	
5 224430064 *	*		6 224430074 *	*	
7 224430142 *	*		8 224440070 *	*	
9 224440109 *	*		10 224420047 *	*	

Total de muestras 10

[NO₃-] > 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 214480050 *	*		2 214480097 *	*	
3 214480162 *	*		4 224420126 *	*	
5 224440093 *	*		6 224450038 *	*	
7 224450062 *	*		8 224470013 *	*	
9 224470032 *	*		10 214480140 *	*	
1 224420077 *	*				

Total de muestras 11

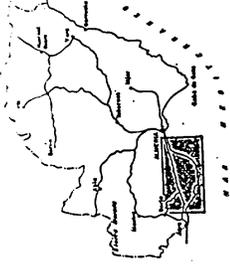
SISTEMA ACUIFERO N° 43

SUBSISTEMA 1 : CAMPO DE DALLIAS

LEYENDA

- <=25 mg/l NO3-
- ▲ 25-50 mg/l NO3-
- ◆ 50-100 mg/l NO3-
- >100 mg/l NO3-

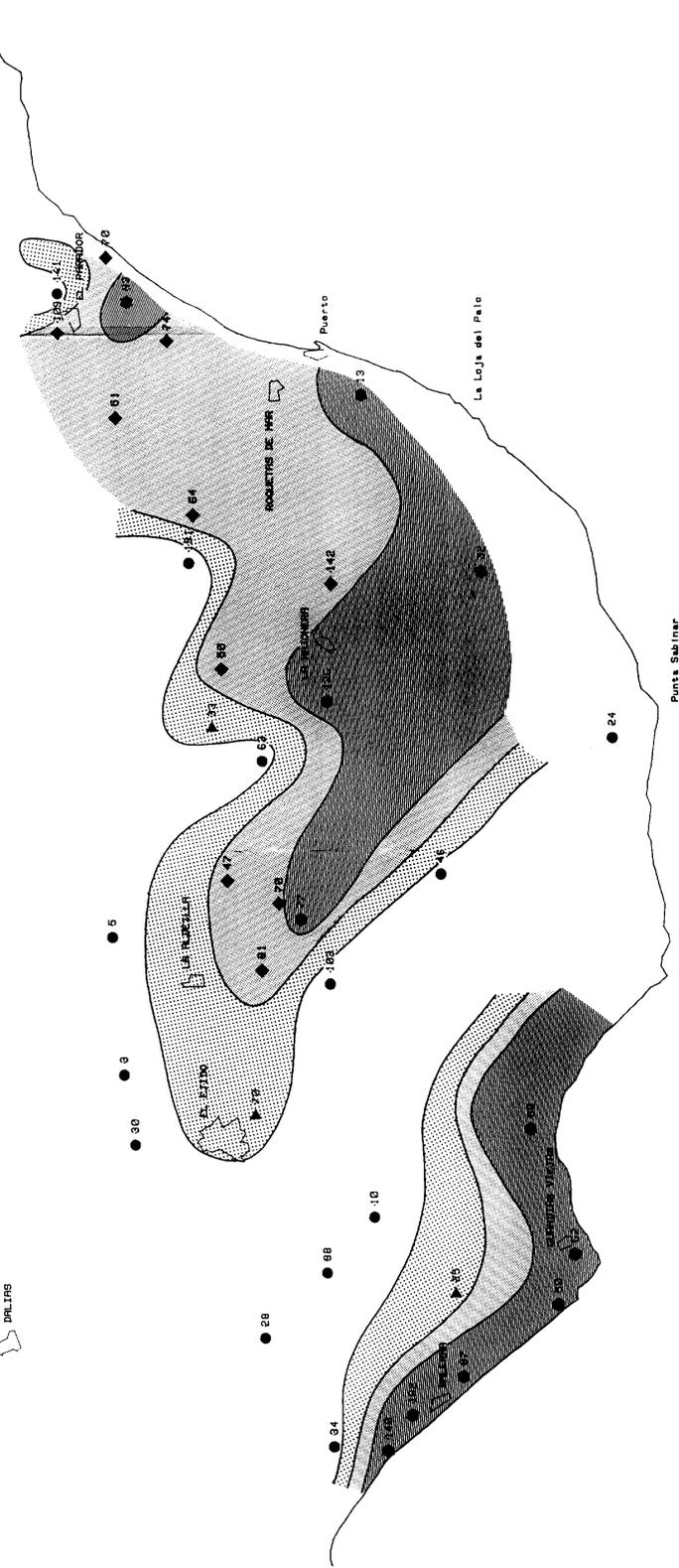
ESCALA GRÁFICA



DALLIAS

VICOR

2244



mg/l (224450062). Aunque en principio hay que pensar que la mayor parte de estas aguas se dedican a agricultura (no se tiene referencia de uso en el presente estudio), no hay que olvidar, por otra parte, que toda la demanda urbana de la Comarca es satisfecha con aguas subterráneas. Asimismo es necesario hacer notar que, a falta de otra información más completa, los escasos datos tratados en este estudio (anexo 2 y anexo 4) revelan un empeoramiento de la calidad.

Todo lo anterior, aconseja un control y seguimiento muy cuidadoso de la evolución futura de la concentración de nitratos, así como una vigilancia estricta de los abastecimientos urbanos.

7.- OTROS SISTEMAS ACUÍFEROS

Se incluyen en este apartado los sistemas acuíferos no tratados individualmente por insuficiencia de datos, pero en los que la escasa información disponible permite realizar algún comentario, bien sobre la evolución en algún período determinado, bien sobre el estado actual.

SISTEMA ACUÍFERO Nº 36. Sierra de Ronda

Incluye varias unidades hidrogeológicas, desarrolladas en acuíferos calcáreos mesozoicos relativamente poco explotados, y cuyas salidas naturales alimentan otros sistemas vecinos.

Se dispone de análisis de 7 campañas entre 80/1 y 83/1, con 10-11 valores en cada campaña y en las que la práctica totalidad se mantiene por debajo del límite de los 25 mg/l, registrándose en la última (83/1) los niveles más bajos.

Cabe por lo tanto deducir que la situación de este Sistema sea favorable en el momento actual.

SISTEMA ACUÍFERO Nº 38. Sierra Blanca y de Mijas

Constituído por los mármoles triásicos, este Sistema se utiliza fundamentalmente para abastecimiento a numeros núcleos urbanos (Málaga, Torremolinos, Mijas, Benalmádena, etc.) y en menor proporción para los regadíos de la zona de Alhaurín el Grande y Coín. Gran parte de esta explotación se realiza por manantiales.

A falta de datos recientes, se observa que durante el período

controlado (1980-83, 10-20 valores por campaña) la calidad resulta satisfactoria, como lo prueba el hecho de que sólo 4 de los 120 valores disponibles superan los 25 ppm NO_3^- .

SISTEMA ACUÍFERO Nº 40. Sierra Gorda-Sierra del Torcal

Constituidas por calizas y dolomías del Lías, estas dos unidades que integran el Sistema 40 cuentan con unos recursos estimados en su conjunto superior a los 150 $\text{Hm}^3/\text{año}$. Los datos disponibles se dispersan a lo largo de 13 campañas pero con muy pocos valores en cada una de ellas. De los 59 datos totales sólo 3 se superan los 25 mg/l de nitratos, lo que permite evaluar como muy favorable la situación del Sistema.

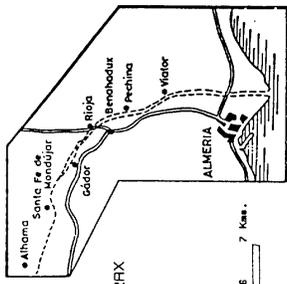
SISTEMA ACUÍFERO Nº 44. Detrítico de Almería-Campo de Níjar

Comprende cuatro unidades: Detrítico de Almería, Campo de Níjar, Río Nacimiento y Campo de Tabernas. En todas ellas el acuífero está constituido por materiales detríticos y aluviales, bien de calcarenitas o bien de arenas, gravas y conglomerados de edad miocena o pliocuaternaria.

A pesar de ser acuíferos muy explotados y probablemente con abundante información, la que se encuentra disponible es considerablemente limitada y dispersa.

Existen datos desde la campaña 77/1 hasta la 86/2 con algunas lagunas, pero la cantidad de datos por campaña es insuficiente para su estudio estadístico.

Aunque en general la mayor proporción de valores está por debajo de los 25 mg/l , entre 2 y 4 de ellos superan los 50 mg/l NO_3^- en todas las campañas. El valor máximo registrado sufre un aumento progresivo, alcanzando los 90 mg/l en los últimos años. Los planos 7 y 8 representan los valores más recientes disponibles en este estudio.



SISTEMA ACUIFERO Nº 44

SUBSISTEMA 1 : VALLE DE ANDARRAX

ESCALA GRÁFICA



2243 2343

TERQUE

ALHAMA DE ALMERIA

GADOR

BENAHADUX

RIO ANDARRAX

PECHINA

VÍTOR

HUERTAL DE ALMERIA

ALMERIA

EL ALQUJÉN

MEDITERRANEO

MAR

2243 2343

LEYENDA

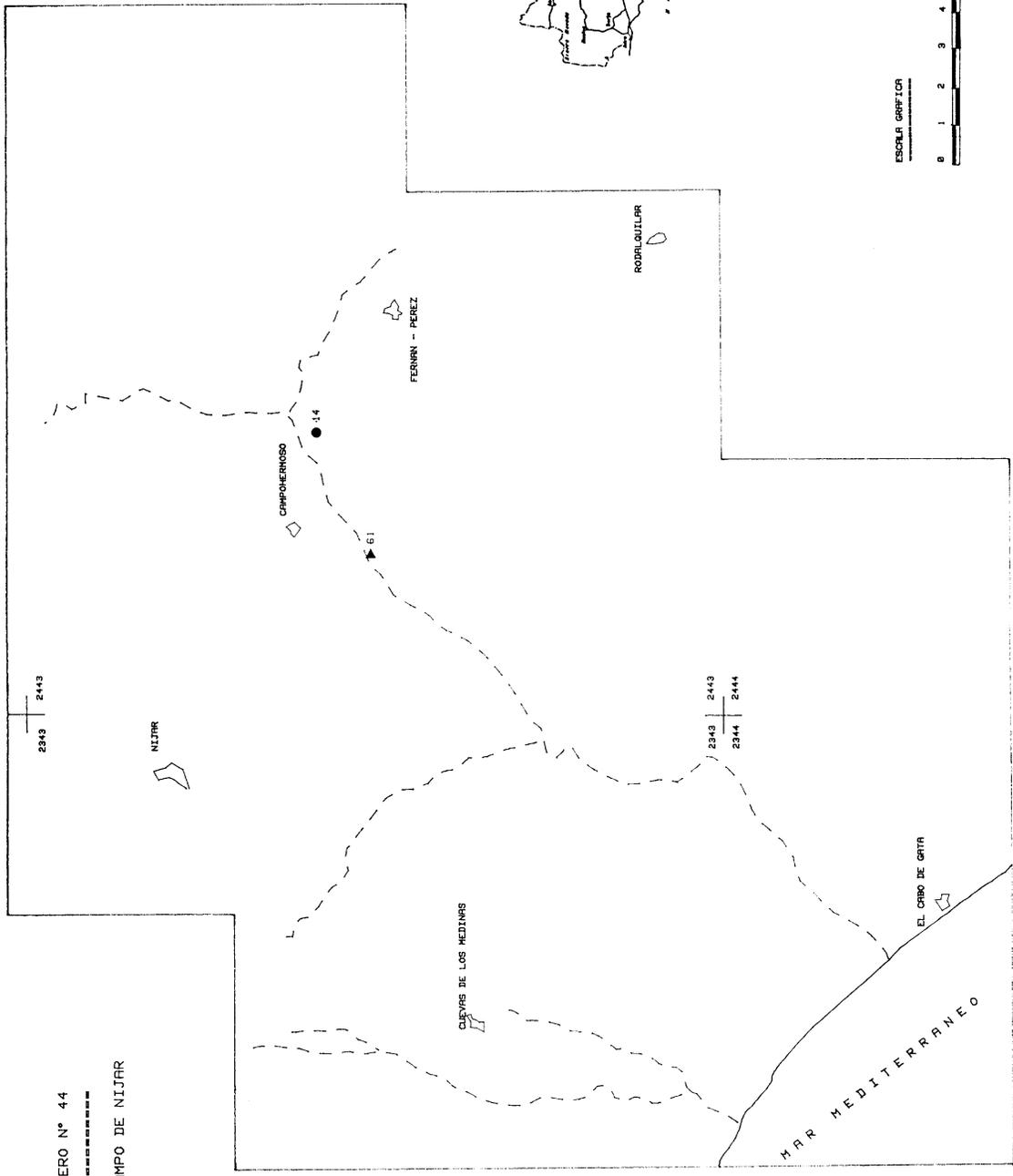
- <25 mg/l NO3-
- ▲ 25-50 mg/l NO3-
- ◆ 50-100 mg/l NO3-
- >100 mg/l NO3-
- Límite de Subsistema Acuífero



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

SISTEMA ACUIFERO N° 44

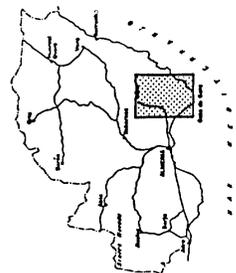
SUBSISTEMA 2 : CAMPO DE NIJAR



LEYENDA

- <25 mg/l NO3-
- ▲ 25-50 mg/l NO3-
- ◆ 50-100 mg/l NO3-
- >100 mg/l NO3-

ESCALA GRAFICA



Es aconsejable un esfuerzo suplementario en la ordenación y estudio de toda la información adicional que se pueda obtener de este Sistema, con objeto de disponer de un mejor conocimiento que a su vez permita marcar las directrices de actuación.

SISTEMA ACUÍFERO Nº 45. Detrítico Cuevas de Almanzora-Vera

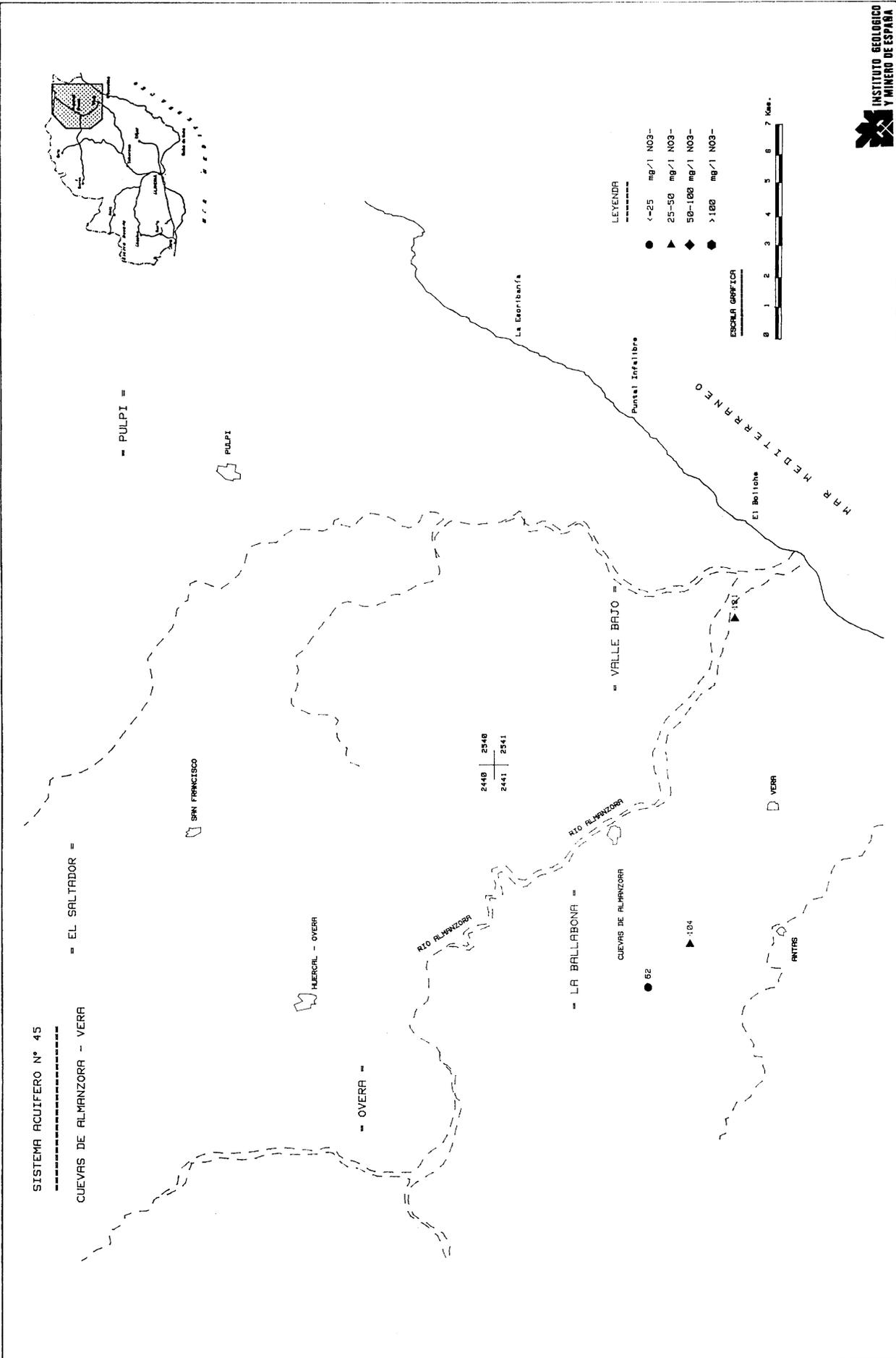
Comprende una serie de cubetas pliocuaternarias ubicadas al Este de la provincia de Almería y próximas al límite con Murcia.

Los acuíferos están constituidos por materiales detríticos (conglomerados y arenas). Su explotación actual es muy variable de uno a otro.

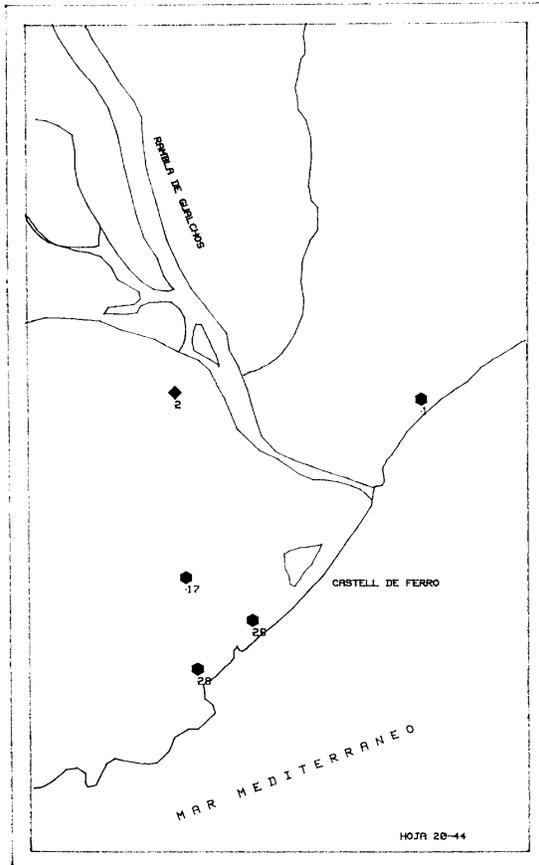
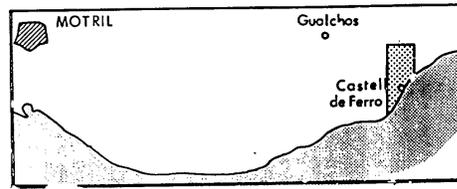
Los datos disponibles (74 en total) están muy dispersos en el tiempo (13 campañas). La mayor parte de ellos (83%) se encuentran en el rango (25 mg/l, aunque existe una campaña con 5 valores por encima del mismo (82/1). En los datos disponibles no hay referencias al uso del agua de los puntos controlados, aunque debe ser fundamentalmente la agricultura, dado que es el sector económico dominante en la zona. En el plano 9 se señalan los mencionados valores más recientes (campaña 86/2).

Zona costera de Castell de Ferro

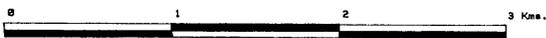
En el área de Castell de Ferro, se han controlado 5 puntos durante las campañas 85/1 y 86/1 (plano 10), con contenidos muy elevados de nitratos y cuyo uso según las referencias disponibles es principalmente la agricultura y el abastecimiento. Sería preciso verificar la naturaleza de estos últimos, puesto que es obvio que la presencia de contenidos elevados de nitratos resulta especialmente perjudicial en los abastecimientos urbanos.



CUENCA SUR : ZONA DE CASTELL DE FERRO



ESCALA GRAFICA



LEYENDA

- <=25 mg/l NO₃⁻
- ▼ 25-50 mg/l NO₃⁻
- ◆ 50-100 mg/l NO₃⁻
- >100 mg/l NO₃⁻

8.- SÍNTESIS GENERAL

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Tomando como referencia las campañas 86/1 y 87/1, la situación actual respecto al contenido en nitratos de las aguas subterráneas en las Cuencas Sur, se puede resumir en los siguientes puntos:

- Existe una serie de sistemas acuíferos (36, 38 y 40), ubicados en áreas generalmente montañosas y constituidos por materiales calcáreos mesozoicos, cuyas aguas presentan una muy buena calidad respecto a la presencia de nitratos, con la mayor parte de los valores estudiados por debajo del límite de 25 mg/l.
- Entre los sistemas y zonas costeras existentes en las Cuencas Sur, algunos presentan contenidos en nitratos muy elevados, llegándose en ocasiones a situaciones altamente preocupantes. Es el caso de los cuaternarios del río Vélez, río Verde y Castell de Ferro, en donde numerosos puntos de control superan los 100 mg/l. Sin embargo otras zonas como la Franja Costera Estepona-Marbella-Fuengirola se mantienen en niveles menos preocupantes.
- Entre los sistemas más intensamente explotados la situación es muy variable. Mientras en el Sistema 37 (Detrítico de Málaga) los niveles permanecen en una situación no alarmante, en los Sistemas 39 y 43 la situación es menos favorable, existiendo amplias zonas con niveles de concentración en nitratos que superan los 100 mg/l. En estos últimos Sistemas (Depresión de Antequera y del Campo de Dalías) la problemática está ciertamente relacionada con los intensos cultivos que tienen lugar en ambas.

- Por último existen otros sistemas para los que la poca información manejada en el Proyecto, no permite concluir un diagnóstico fidedigno de la situación actual. Es el caso de los Sistemas 44 y 45.
- Globalmente, considerando como reflejo del estado actual las campañas 86/1 y 87/1, en las tablas 7 y 8 se presenta la distribución de valores según los intervalos de referencia. Hay que tener presente que la campaña 87/1 (tabla 8) se refiere exclusivamente a los Sistemas 39 y 43, precisamente aquéllos en que la situación es más crítica. La campaña 86/1 comprende los restantes sistemas además de los anteriores. Los datos de estas tablas revelan que una alta proporción de puntos contienen más de 50 mg/l de nitratos en ambas campañas, correspondiendo a la 87/1 la más elevada (60% de los valores). Asimismo es importante destacar la existencia de puntos clasificados como de abastecimiento en los intervalos superiores a 50 mg/l (tabla 9), así como otros muchos sin referencia alguna respecto a su uso.

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL: PREVISIONES

En las tablas 10 y 11 se presentan sintetizados los valores de las series históricas, agrupados en intervalos de referencia. A partir de la tabla 10 se ha elaborado la fig. 11, demostrativa de la evolución porcentual de éstos últimos. Se han agrupado los dos intervalos más altos por ser más coherentes los resultados. A lo largo de dicha evolución se observa un lento aumento en la proporción de puntos con contenido en nitratos superior a los 50 mg/l, como reflejo de un empeoramiento progresivo de la calidad.

El brusco incremento observado en las campañas 86/1 y 87/1 es consecuencia de que en este período empiezan a controlarse numerosos puntos de los Sistemas 39 y 43, situados en áreas de alta concentración (>100 mg/l).

Hay que destacar asimismo la deficiente información del período 1983-85 (campañas 83/2, 84/1, 84/12, 85/1 y 85/2), en el que el número de

TABLA 7

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

UENCA : SUR
CAMPAÑA : 1987/1

[NO₃-] ≤ 25

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 164220023	*	*	2 164220267	*	*
3 164230084	*	*	4 164250003	*	*
5 224410003	*	*	6 224410103	*	*
7 224430191	*	*	8 224440141	*	*
9 224460024	*	*	10 224460046	*	*
11 214440028	*	*	12 214440034	*	*
13 224410030	*	*	14 224410098	*	*
15 224420005	*	*	16 224420063	*	*
17 224450010	*	*			

Total de muestras 17

25 < [NO₃-] ≤ 50

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 164210023	*	*	2 164220071	*	*
3 164220236	*	*	4 164230089	*	*
5 164230095	POZO CON GALER. O TALAD.	AGRICULTURA	6 164260002	*	*
7 164270046	POZO	AGRICULTURA	8 164280050	*	*
9 164280065	SONDEO	AGRICULTURA	10 174220086	GALERIA	ABTO. NO URBANO
11 214480025	*	*	12 224420033	*	*
13 224410070	*	*			

Total de muestras 13

TABLA 7 (Cont.)

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

UENCA : SUR
CAMPANA : 1987/1

50 < [NO₃-] <= 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1	164210034	*	2	164210051	*
3	164210056	*	4	164220026	*
5	164220066	*	6	164220075	*
7	164220097	*	8	164220121	*
9	164220126	SONDEO	10	164220154	*
11	164220184	*	12	164220227	POZO
13	164250008	*	14	164260073	SONDEO
15	164270058	POZO	16	164280015	POZO
7	164280016	POZO CON GALERIA Y SONDEO	18	164280047	SONDEO
9	164280061	POZO CON SONDEO	20	164280087	SONDEO
21	224410081	*	22	224420050	*
23	224420070	*	24	224430051	*
5	224430064	*	26	224430074	*
7	224430142	*	28	224440070	*
19	224440107	*	30	224420047	*

Total de muestras 30

[NO₃-] > 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1	164210021	*	2	164210030	*
3	164210047	*	4	164220092	*
5	164220219	*	6	164220239	*
7	164220256	*	8	164240053	POZO CON GALER. O TALAD.
9	164260018	POZO	10	214480050	ABTO. NO URBANO
11	214480097	*	12	214480162	*
3	224420126	*	14	224440093	*
5	224450038	*	16	224450062	*
17	224470013	*	18	224470032	*
19	214480140	*	20	224420077	*

Total de muestras 20

TABLA 8

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

UENCA : SUR
CAMPAÑA : 1986/1

[NO₃⁻] <= 25

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 154610049	*	*	2 164560070	POZO	DESCONOCIDO
3 164570148	POZO	AGRICULTURA	4 164570175	POZO	ABTO. NO URBANO
5 194470038	SONDEO	AGRICULTURA	6 154580169	POZO	DESCONOCIDO
7 154630009	POZO	ABTO. NO URBANO	8 164560087	POZO	AGRICULTURA
9 164470016	POZO	ABTO. NO URBANO	10 174450136	SONDEO	AGRICULTURA
11 174450192	PIEZOMETRO	NO SE UTILIZA	12 174450209	SONDEO	ABTO. NO URBANO
3 174510132	PIEZOMETRO	NO SE UTILIZA	14 174510134	PIEZOMETRO	NO SE UTILIZA

Total de muestras 14

25 < [NO₃⁻] <= 50

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 154610023	*	*	2 154620001	*	*
3 184410090	POZO	ABTO. NO URBANO	4 194460004	POZO	AGRICULTURA
5 194460016	POZO	INDUSTRIA	6 164570229	POZO	AGRICULTURA
7 164570234	POZO	ABASTECIMIENTO Y AGRIC.	8 164470019	POZO	ABTO. NO URBANO
9 164470066	POZO	ABTO. NO URBANO	10 174450069	POZO CON GALER. O TALAD.	ABTO. NO URBANO
1 174450186	PIEZOMETRO	NO SE UTILIZA	12 174450191	PIEZOMETRO	NO SE UTILIZA
3 174450194	PIEZOMETRO	NO SE UTILIZA	14 174450199	SONDEO	ABTO. NO URBANO
5 174510133	PIEZOMETRO	NO SE UTILIZA	16 194430039	*	*
17 194470013	*	*			

Total de muestras 17

TABLA 8 (Cont.)

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

CUENCA : SUR
CAMPAÑA : 1986/1

50 < [NO₃-] <= 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 154630042	*	*	2 184410142	POZO	AGRICULTURA
3 194460019	POZO	AGRICULTURA	4 194460021	POZO	AGRICULTURA
5 194460022	POZO	AGRICULTURA	6 194460023	POZO	ABTO.URB. Y OTRAS ACTIV.
7 194470003	SONDEO	AGRICULTURA	8 194470033	POZO	NO SE UTILIZA
9 164480207	POZO	ABTO. NO URBANO	10 174450066	POZO CON GALER. O TALAD.	INDUSTRIA
11 174450188	PIEZOMETRO	NO SE UTILIZA	12 174450193	PIEZOMETRO	NO SE UTILIZA
13 184450042	*	*	14 194460006	*	*
15 204460002	*	*			

Total de muestras 15

[NO₃-] > 100

N°REGISTRO	NATURALEZA	USO	N°REGISTRO	NATURALEZA	USO
1 164570181	POZO	AGRICULTURA	2 184450004	POZO	ABTO. NO URBANO
3 184450024	POZO	AGRICULTURA	4 184450033	POZO	AGRICULTURA
5 184450041	POZO	GANADERIA	6 184460002	POZO	AGRICULTURA
7 194430033	POZO	DESCONOCIDO	8 204460017	POZO	AGRICULTURA
9 204460026	POZO	ABTO. NO URBANO	10 204460028	POZO	ABASTECIMIENTO Y AGRIC.
11 204470001	POZO	AGRICULTURA	12 164480013	POZO	ABTO. NO URBANO
13 174450132	POZO CON GALER. O TALAD.	ABTO. NO URBANO			

Total de muestras 13

TABLA 9

CONTENIDO DE NO3- EN ABASTECIMIENTOS

==CUENCA SUR==

N° REGIS. SA	NATURALEZA	86I	87I	N° REGIS. SA	NATURALEZA	86I	87I
1	134840008 00 MANANTIAL	*	*	43	154510003 36 MANANTIAL	*	*
2	144530001 00 MANANTIAL	*	*	44	164470016 37 POZO	21	*
3	144620003 00 POZO	*	*	45	164470019 37 POZO	44	*
4	144620004 00 POZO	*	*	46	164470066 37 POZO	37	*
5	144670004 00 POZO	*	*	47	164480013 37 POZO	110	*
6	144730041 00 POZO	*	*	48	164480207 37 POZO	95	*
7	154580016 00 MANANTIAL	*	*	49	164480208 37 POZO	*	*
8	154580049 00 POZO	*	*	50	174450069 37 POZO CON GALER. O TALAD.	27	*
9	154630007 00 POZO	*	*	51	174450132 37 POZO CON GALER. O TALAD.	102	*
10	164550014 00 POZO	*	*	52	174450171 37 SONDEO	*	*
11	164550024 00 POZO	*	*	53	174450199 37 SONDEO	29	*
12	164550084 00 POZO	*	*	54	174450209 37 SONDEO	14	*
13	164570128 00 POZO	*	*	55	154570001 38 MANANTIAL	*	*
14	164570175 00 POZO	25	*	56	154580001 38 MANANTIAL	*	*
15	164570203 00 POZO	*	*	57	164520152 38 MANANTIAL	*	*
16	174330007 00 MANANTIAL	*	*	58	164530117 38 POZO	*	*
17	184410090 00 POZO	31	*	59	164540047 38 SONDEO	*	*
18	184450004 00 POZO	102	*	60	164540048 38 MANANTIAL	*	*
19	194460020 00 POZO	*	*	61	164540066 38 SONDEO	*	*
20	194460023 00 POZO	52	*	62	174510098 38 MANANTIAL	*	*
21	194480034 00 POZO	*	*	63	174510109 38 MANANTIAL	*	*
22	194480048 00 POZO	*	*	64	174510111 38 MANANTIAL	*	*
23	204460026 00 POZO	130	*	65	174510113 38 MANANTIAL	*	*
24	204460028 00 POZO	113	*	66	174510114 38 MANANTIAL	*	*
25	154630009 33 POZO	11	*	67	164220126 39 SONDEO	*	80
26	164550098 33 POZO	*	*	68	164240053 39 POZO CON GALER. O TALAD.	*	122
27	164570234 33 POZO	44	*	69	164260018 39 POZO	90	164
28	194480059 33 MANANTIAL	*	*	70	164260073 39 SONDEO	68	54
29	194480060 33 MANANTIAL	*	*	71	164270058 39 POZO	45	53
30	204450006 33 POZO	*	*	72	164280015 39 POZO	58	60
31	144720002 34 SONDEO	*	*	73	164340006 40 MANANTIAL	*	*
32	144730007 34 POZO	*	*	74	174220086 40 GALERIA	26	27
33	144440034 35 MANANTIAL	*	*	75	174330004 40 MANANTIAL	*	*
34	144540003 36 MANANTIAL	*	*	76	174340005 40 MANANTIAL	*	*
35	154320002 36 MANANTIAL	*	*	77	174240008 40 MANANTIAL	*	*
36	154340005 36 MANANTIAL	*	*	78	194410009 41 MANANTIAL	*	*
37	154360004 36 MANANTIAL	*	*	79	224410040 42 SONDEO	*	*
38	154370001 36 MANANTIAL	*	*	80	234360102 44 POZO	*	*
39	154420003 36 MANANTIAL	*	*	81	234360154 44 POZO CON GALER. O TALAD.	*	*
40	154430001 36 MANANTIAL	*	*	82	234360249 44 POZO	*	*
41	154480002 36 MANANTIAL	*	*	83	234420059 44 POZO CON GALER. O TALAD.	*	*
42	154480004 36 MANANTIAL	*	*	84	234420063 44 POZO	*	*

TABLA 10

DISTRIBUCION PORCENTUAL EN INTERVALOS DEL CONTENIDO DE NITRATOS

CUENCA : SUR

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	50	-	67	52	69	92	65	85	73	66	90	69	61	61	66	54	100	-	28	60	16	40	25	-
25-50 ppm	-	-	22	28	16	8	22	7	19	23	4	15	19	15	12	31	-	100	17	20	26	40	15	-
50-100 ppm	50	-	5	11	9	-	11	7	6	8	5	13	15	18	17	15	-	-	7	15	35	20	36	-
100 ppm	-	-	7	9	7	-	2	-	2	2	-	3	5	6	6	-	-	-	48	5	23	-	24	-
N'Muestras	2	-	60	46	45	13	54	27	116	83	178	143	138	126	120	13	1	1	29	20	107	10	84	-
Valor MAX.	88	-	143	160	141	34	101	99	142	142	99	141	141	158	141	83	23	37	356	107	816	91	740	-
Valor MIN.	8	-	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	37	6	0	11	15	0	-

Nº total de puntos.....: 325
 Nº total de análisis.....: 1.416
 Valor máx. de la Cuenca.....: 816 ppm NO₃⁻
 Valor mín. de la Cuenca.....: 0 ppm NO₃⁻

TABLA 11

DISTRIBUCION EN INTERVALOS DEL CONTENIDO DE NITRATOS (SINTESIS)

CUENCA : SUR

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	1	-	40	24	31	12	35	23	85	55	161	99	84	77	79	7	1	-	8	12	17	4	21	-
25-50 ppm	-	-	13	13	7	1	12	2	22	19	8	21	26	19	14	4	-	1	5	4	28	4	13	-
50-100 ppm	1	-	3	5	4	-	6	2	7	7	9	19	21	23	20	2	-	-	2	3	37	2	30	-
100 ppm	-	-	4	4	3	-	1	-	2	2	-	4	7	7	7	-	-	-	14	1	25	-	20	-
N'Muestras	2	-	60	46	45	13	54	27	116	83	178	143	138	126	120	13	1	1	29	20	107	10	84	-
Valor MAX.	88	-	143	160	141	34	101	99	142	142	99	141	141	158	141	83	23	37	356	107	816	91	740	-
Valor MIN.	8	-	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	37	6	0	11	15	0	-

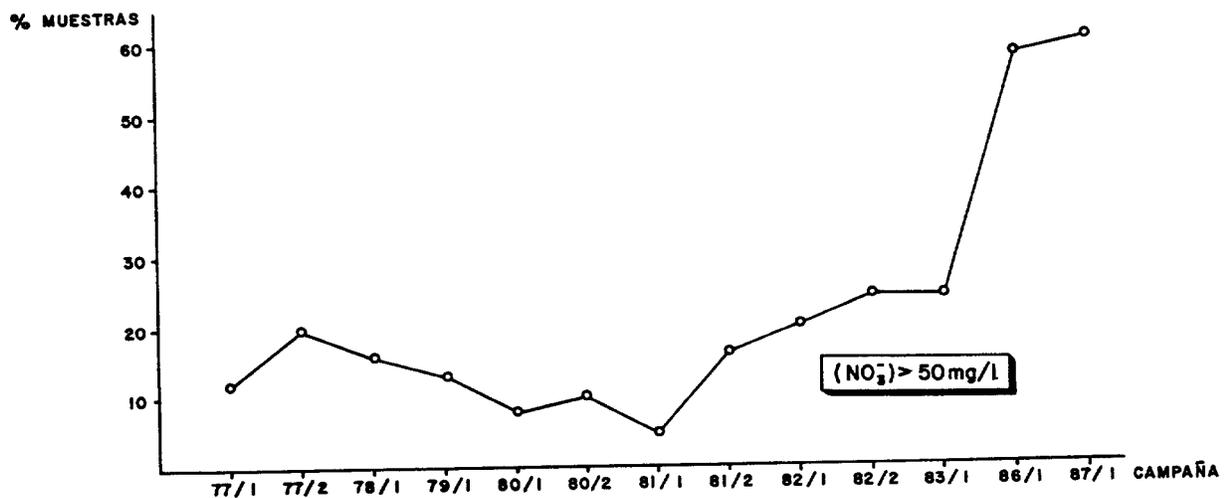
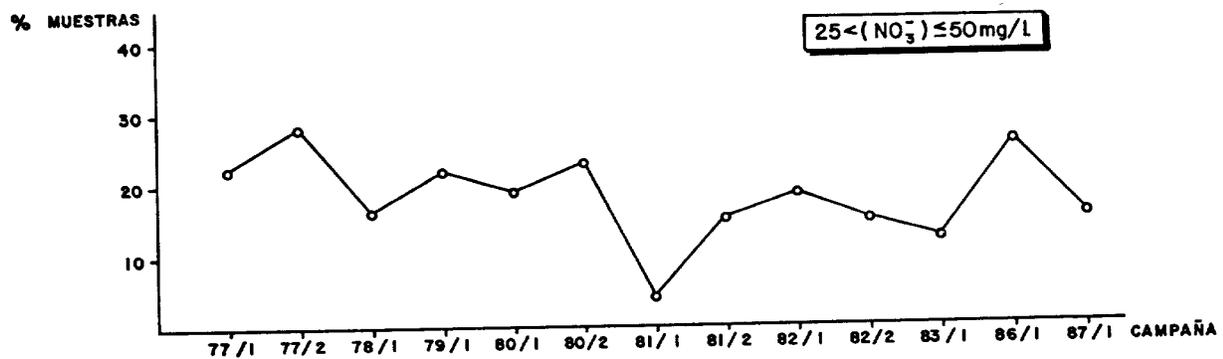
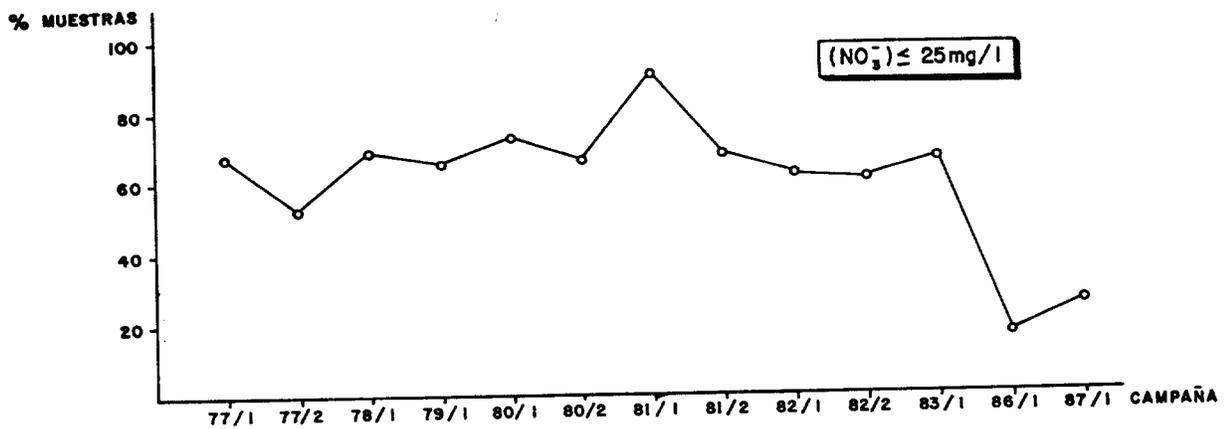


Fig. 11.- Evolución temporal del contenido en NO_3^- en la Cuenca Sur

datos resulta considerablemente escaso.

De las 1.416 determinaciones recopiladas en las campañas de control entre 1976 y 1987, el 7,1% (101 valores) sobrepasan los 100 mg/l (60 de ellos en las 3 últimas campañas) y el 14,3% (203 valores) se encuentran en el intervalo 50-100 mg/l.

PROGRAMA DE ACTUACIONES

A la vista del estado actual de concentración en nitratos en los diferentes sistemas de las Cuencas Sur, analizado en apartados anteriores, se puede concretar la siguiente relación de medidas de actuación:

- Estrecha vigilancia de los puntos de agua utilizados para abastecimiento urbano, en especial los incluidos en los Sistemas 37, 39, 43, 44, FB y FC. Estudio de posibles alternativas en aquéllos que superen los 50 mg/l.
- Estudio y organización de los datos existentes sobre puntos de agua controlados en el sector Oriental de las Cuencas Sur, a fin de poder integrarlos en el banco de datos del IGME, y disponer de más información sobre la evolución temporal, en especial de los Sistemas 43, 44 y 45.
- Seguimiento estricto y continuo de la evolución futura del contenido de nitratos en los Sistemas 39 y 43, donde los niveles de concentración alcanzan cotas muy elevadas, que amenazan con la contaminación de puntos de abastecimiento.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- IGME(1) "Calidad de las aguas subterráneas en las Cuencas del Sur de España". Colección Informe (1980).
- IGME(2) "Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España" (1985).
- IGME(3) "Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en las comunidades autónomas (reestructuración y síntesis cartográfica de datos de análisis químicos). Andalucía" (1986)
- IGME(4) "Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en las comunidades autónomas (reestructuración y síntesis cartográfica de datos de análisis químicos). Región de Murcia" (1986)