

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL CAMPO
DE CARTAGENA (2ª FASE).

TOMO 1/2 MEMORIA

Octubre, 1991

I N D I C E

TOMO 1 MEMORIA

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUCCION	1
2. PIEZOMETRIA	3
2.1. MAPAS DE ISOPIEZAS	3
2.1.1. Triásico de los Victorias	3
2.1.2. Tortoniense	5
2.1.3. Andaluciense	5
2.1.4. Plioceno	6
2.1.5. Cabo Roig	6
2.1.6. Cuaternario	8
2.2. EVOLUCIONES PIEZOMETRICAS	10
2.2.1. Triásico de los Victorias	10
2.2.2. Tortoniense	14
2.2.3. Andaluciense	14
2.2.4. Plioceno	18
2.2.5. Cuaternario	23
3. CLIMATOLOGIA	27
3.1. ESTACIONES CLIMATOLOGICAS CONSIDERADAS	27
3.2. PRECIPITACIONES	27
3.3. TEMPERATURAS	30

	<u>Págs.</u>
3.4. EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL	30
3.5. LLUVIA UTIL	30
4. ALIMENTACION	38
4.1. TRIASICO DE LOS VICTORIAS	38
4.1.1. Infiltración de lluvia útil	38
4.1.2. Infiltración de excedentes de regadío	38
4.1.3. Alimentación total del acuífero Triásico - de los Victorias	39
4.2. TORTONIENSE	39
4.3. ANDALUCIENSE	40
4.3.1. Infiltración de lluvia útil	40
4.3.2. Comunicación con acuíferos suprayacentes a sondeos	40
4.3.3. Alimentación total del acuífero Andalu- ciense	41
4.4. PLIOCENO	41
4.4.1. Infiltración de lluvia útil	41
4.4.2. Entradas subterráneas	42
4.4.3. Comunicación con el Cuaternario a través de sondeos	43
4.4.4. Alimentación total del acuífero Plioceno	43
4.5. CABO ROIG	43
4.5.1. Infiltración de lluvia útil	43

	<u>Págs.</u>
4.5.2. Excedentes de regadío	44
4.5.3. Alimentación total del acuífero Cabo Roig	44
4.6. CUATERNARIO	44
4.6.1. Infiltración de lluvia útil	44
4.6.2. Excedentes de regadío	44
4.6.3. Alimentación total del acuífero Cuaternario	45
5. DESCARGA	46
5.1. TRIASICO DE LOS VICTORIAS	46
5.2. TORTONIENSE	46
5.3. ANDALUCIENSE	46
5.4. PLIOCENO	46
5.5. CABO ROIG	46
5.6. CUATERNARIO	47
6. FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO	48
6.1. SECTOR CABEZO GORDO	48
6.2. SECTOR DE SUCINA-RIQUELME	51
6.3. SECTOR FUENTE ALAMO-VALLADOLISES	52
6.4. SECTOR SIERRAS DEL NORTE	53
6.5. SECTOR CARTAGENA-LA UNION	54

	<u>Págs.</u>
6.6. SECTOR LITORAL	56
6.7. SECTOR CABO ROIG	58
7. BALANCE DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS DEL CAMPO DE CARTA- GENA	60
7.1. BALANCE POR ACUIFEROS	60
7.2. BALANCE GLOBAL	62
8. RESERVAS	64
8.1. TRIASICO DE LOS VICTORIAS	64
8.2. TORTONIENSE	65
8.3. ANDALUCIENSE	65
8.4. PLIOCENO	68
8.5. CABO ROIG	71
9. HIDROQUIMICA	74
9.1. TRIASICO DE LOS VICTORIAS	74
9.2. TORTONIENSE	75
9.3. ANDALUCIENSE	77
9.4. PLIOCENO	78
9.5. CABO ROIG	81

	<u>Págs.</u>
9.6. CUATERNARIO	82
9.7. CONTAMINACION	86
10. HIDRODINAMICA. BOMBEO DE ENSAYO EN EL SONDEO 2737- -70059	88
10.1. GENERALIDADES	88
10.2. TRABAJOS REALIZADOS	88
10.3. INTERPRETACION	89
11. REESTRUCTURACION DE LAS REDES DE CONTROL	99
11.1. REDES DE CONTROL PIEZOMETRICO	99
11.2. RED DE CONTROL DE CALIDAD E INTRUSION	103
12. DEMANDAS Y USOS DEL AGUA	108
12.1. GENERALIDADES	108
12.2. METODOLOGIA	110
12.3. DEMANDAS PARA REGADIO	111
12.3.1. Zonas TTS Oriental.....	115
12.3.2. Zona Cota 120	118
12.3.3. Zona Fuente Alamo	119
12.3.4. Zona Sucina	120
12.3.5. Zona El Puerto	121
12.3.6. Zona Columbares	121
12.3.7. Zona de La Pedrera	122
12.3.8. Zona La Zenia	123

	<u>Pág.</u>
12.3.9. Zona Litoral	124
12.3.10. Zona Cartagena	125
12.4. DEMANDAS URBANA E INDUSTRIAL	126
12.4.1. Demanda urbana	127
12.4.2. Demanda industrial	128
13. SITUACION HIDROGEOLOGICA ACTUAL DEL CAMPO DE CARTA- GENA	130

TOMO 2 ANEXOS

ANEXO nº 1. DATOS CLIMATICOS.

ANEXO nº 2. ANALISIS HIDROQUIMICOS.

ANEXO nº 3. DEMANDAS HIDRICAS REALES POR ZONAS DE REGADIO (1990).

ANEXO nº 4. DEMANDAS HIDRICAS REALES POR CULTIVOS (1990).

INDICE DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura nº 1. Mapa de isopiezas en los acuíferos de Triásico de los Victorias (1987), Tortoniense (1988) y Andaluciense (1988-89)	4
Figura nº 2. Mapa de isopiezas en los acuíferos de Plioceno de Campo de Cartagena (1988-89) y Cabo-Roig (1989)	7
Figura nº 3. Mapa de isopiezas en el acuífero de Cuaternario (1988-89)	9
Figura nº 4. Puntos acuíferos con evolución piezométrica .	11
Figura nº 5. Evolución piezométrica en el acuífero Triásico de Los Victorias (2738-10002 y 2738-10012)	12
Figura nº 6. Evolución piezométrica en el acuífero Triásico de Los Victorias (2738-10046 y 2738-50011)	13
Figura nº 7. Evolución piezométrica en el acuífero Tortoniense (2737-50015, 2737-50016 y 2737-60079).	15
Figura nº 8. Evolución piezométrica en el acuífero Andaluciense (2737-80014 y 2738-3035)	16
Figura nº 9. Evolución piezométrica en el acuífero Andaluciense (2837-52010, 2837-52059 y 2838-10020).	17

	<u>Págs.</u>
Figura nº 10. Evolución piezométrica en el acuífero Plioceno (2837-50074 y 2738-30036)	19
Figura nº 11. Evolución piezométrica en el acuífero Plioceno (2837-50029 y 2838-10021)	20
Figura nº 12. Evolución piezométrica en el acuífero Plioceno (2738-30034 y 2738-70035)	21
Figura nº 13. Evolución piezométrica en el acuífero Plioceno (2739-20015 y 2739-40021)	22
Figura nº 14. Evolución piezométrica en el acuífero Cuaternario (2737-60019, 2738-30044 y 2738-30047).	24
Figura nº 15. Evolución piezométrica en el acuífero Cuaternario (2837-50048, 2837-50073 y 2838-10010).	25
Figura nº 16. Evolución piezométrica en el acuífero Cuaternario (2738-40094, 2739-40016 y 2839-10018).	26
Figura nº 17. Isoyetas anuales medias (1940/41-1988/89) ..	29
Figura nº 18. Isotermas anuales medias (1940/41-1988/89) .	31
Figura nº 19. Iso ETP anual media (según Thornthwaite) ...	32
Figura nº 20. Iso Lluvia útil anual media (Ru = 5 mm)	33
Figura nº 21. Iso Lluvia útil anual media (Ru = 15 mm) ...	34
Figura nº 22. Iso Lluvia útil anual media (Ru = 25 mm) ...	35
Figura nº 23. Iso Lluvia útil anual media (Ru = 35 mm) ...	36

	<u>Pág.</u>
Figura nº 24. Iso Lluvia útil anual media (Ru = 50 mm) ...	37
Figura nº 25. Funcionamiento hidrogeológico en los sectores de Cabezo Gordo, Sucina-Riquelme y Fuente Alamo-Valladolises	49
Figura nº 26. Funcionamiento hidrogeológico en los sectores del Norte y Cartagena-La Unión	55
Figura nº 27. Funcionamiento hidrogeológico en los sectores litoral y Cabo Roig	57
Figura nº 28. Curva de explotación del acuífero Andaluciese	67
Figura nº 29. Curva de explotación del acuífero Plioceno .	70
Figura nº 30. Curva de explotación del acuífero Cabo Roig.	73
Figura nº 31. Mapa de salinidad (Año 1990) y evoluciones hidroquímicas en los acuíferos Triásico de los Victorias, Tortoniense y Andaluciese ..	76
Figura nº 32. Mapa de salinidad (Año 1990) y evoluciones hidrodinámicas en el acuífero Plioceno	80
Figura nº 33. Mapa de salinidad (Abril 1989) y evolución hidroquímica en el acuífero de Cabo Roig ...	82
Figura nº 34. Mapa de salinidad (Año 1990) y evoluciones hidroquímicas en el acuífero Cuaternario ...	85
Figura nº 35. Bombeo de ensayo en el sondeo 2737-70059. Descenso en el sondeo 2737-70059	95

	<u>Pág.</u>
Figura nº 36. Bombeo de ensayo en el sondeo 2737-70059. Recuperación en el sondeo 2737-70059	96
Figura nº 37. Bombeo de ensayo en el sondeo 2737-70059. Recuperación en el piezómetro 2737-70060	97
Figura nº 38. Red piezométrica propuesta	100
Figura nº 39. Red de calidad propuesta	104
Figura nº 40. Zonas de riego y origen del agua	109

INDICE DE CUADROS

	<u>Pág.</u>
Cuadro nº 1. Características de las estaciones climáticas.	28
Cuadro nº 2. Balance por acuíferos, del Campo de Cartagena (Año 1990)	61
Cuadro nº 3. Volumen de roca acuífera y reservas del Andalucense	66
Cuadro nº 4. Volumen de roca acuífera y reservas del Plioceno	69
Cuadro nº 5. Volumen de roca acuífera y reservas de Cabo-Roig	72
Cuadro nº 6. Bombeo de ensayo en el sondeo 2737-70059. Descenso en el sondeo 2737-70059	90
Cuadro nº 7. Bombeo de ensayo en el sondeo 2737-70059. Recuperación en el sondeo 2737-70059	92
Cuadro nº 8. Bombeo de ensayo en el sondeo 2737-70059. Recuperación en el piezómetro 2737-70060	94
Cuadro nº 9. Dotación (m ³ /ha) en el Campo de Cartagena ...	113
Cuadro nº 10. Dotaciones (m ³ /ha/año), superficies regadas (ha) y aportes de agua para el riego. (m ³) - por zonas en el Campo de Cartagena. (Año 1990)	114

Págs.

Cuadro nº 11. Aguas residuales del Campo de Cartagena (Año 1990)	116
Cuadro nº 12. Abastecimiento público al Campo de Cartagena (Año 1990)	127

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL CAMPO DE CARTAGENA
(2ª FASE)

TOMO 1/2 MEMORIA

Octubre, 1991

1. INTRODUCCION

Este estudio pertenece al proyecto de "Ampliación de la infraestructura hidrogeológica para la planificación de los recursos hídricos subterráneos en Murcia y Alicante (1990-91-92)".

Constituye la segunda parte del estudio hidrogeológico del Campo de Cartagena que complementa a una primera de "Geometría de los acuíferos" que se llevó a cabo durante el año 1989.

El estudio ha sido realizado por el Instituto Tecnológico GeoMinero de España (ITGE) con la colaboración de la Empresa Nacional ADARO de Investigaciones Mineras, S.A. (ENADIMSA) en calidad de contratista. El personal que ha intervenido en su ejecución ha sido el siguiente:

Por el Instituto Tecnológico GeoMinero de España (ITGE).

- Ramón Aragón Rueda
Geólogo. Responsable de la Oficina del ITGE en Murcia. Director del Estudio.
- Jorge Hornero Díaz
Ingeniero Técnico de Minas

Por la Empresa Nacional ADARO de Investigaciones Mineras, S.A. (ENADIMSA)

- Tomás Rodríguez Estrella
Doctor en Ciencias Geológicas. Responsable del equipo colaborador.

- Rafael Sánchez Medrano
Ingeniero de Minas.

- Vicente Mora Cuenca
Ingeniero Técnico de Minas.

- Luis Martínez Roa
Ingeniero Técnico de Minas.

2. PIEZOMETRIA

2.1. MAPAS DE ISOPIEZAS

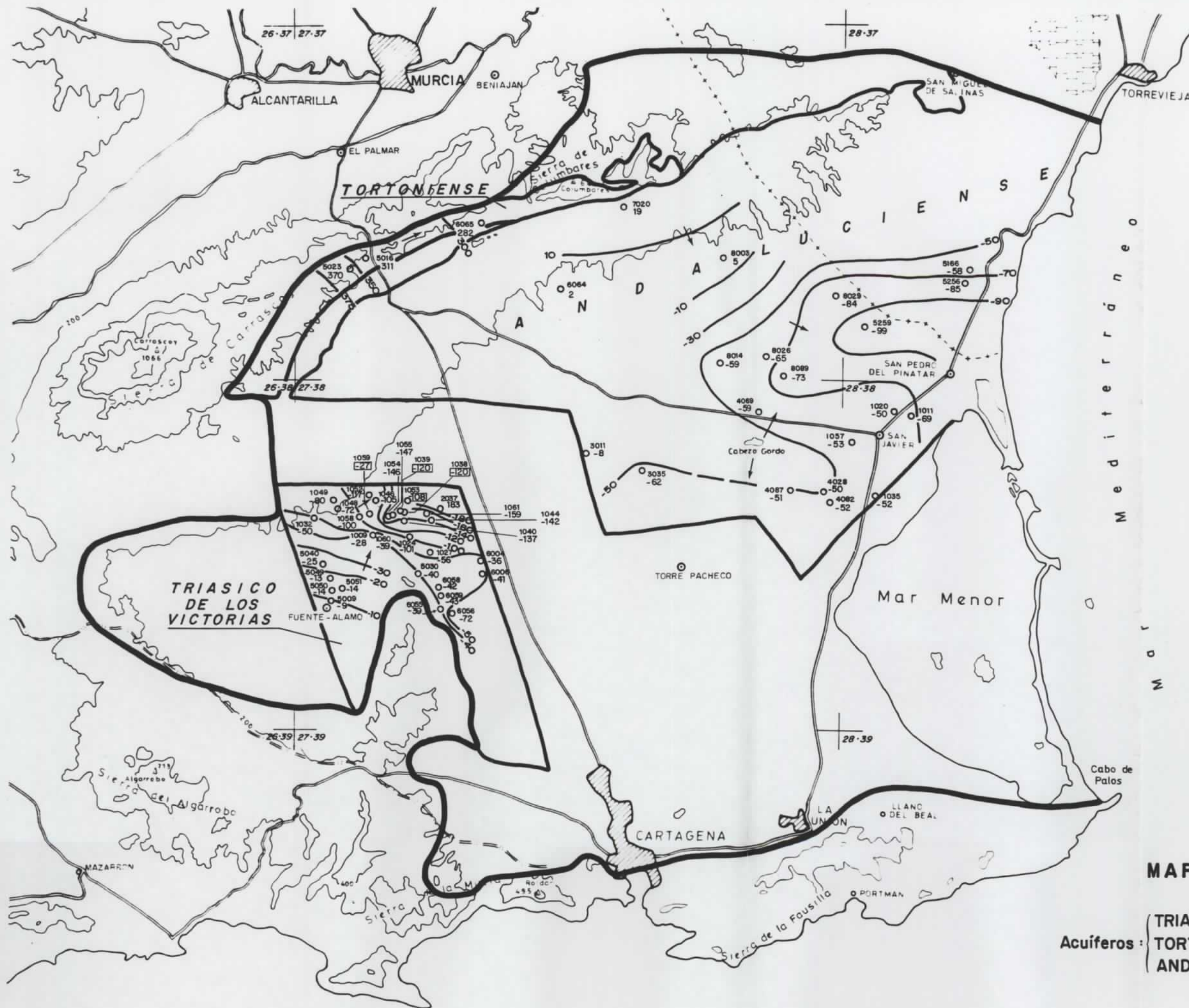
Se han realizado tres mapas de isopiezas (figuras 1, 2, y 3). Las medidas piezométricas que aparecen se han obtenido de dos informes: uno, perteneciente al ITGE, titulado "Estudio de la intrusión marina en los acuíferos costeros de Murcia y Alicante (Año 1989)" y otro, correspondiente a la Comunidad Autónoma de Murcia, denominado "Actualización de las características hidrogeológicas en el Campo de Cartagena". Años 1986-88).

2.1.1. Triásico de los Victorias

En el ensayo de isopiezas realizado para este acuífero (figura 1) se aprecian medidas piezométricas anómalas que no corresponden al flujo mayoritariamente representado. Esto se debe a que los mármoles triásicos, que constituyen las rocas permeables de dicho acuífero, se presentan compartimentadas por numerosas fallas lo que origina la existencia de distintos niveles permeables.

El flujo principal se establece de SO a NE con cotas piezométricas comprendidas entre -10 m en las inmediaciones de la población de Fuente Alamo, y -180 m al S de Valladolides, lo que no impide que en esta zona también se den valores de -108 a -120 m, correspondientes a otro nivel permeable distinto del representado en las citadas curvas isopiezas.

El gradiente hidráulico es del 11 por mil, aunque en el centro de las zonas de mayores explotaciones éste sube bastante, llegando a alcanzar el 100 por mil.



LEYENDA

- 8029 N° de identificación
- -84 N.P. (m.r.n.m.)
- Punto acuífero
- -120 N.P. (m.s.n.m.) anómalo
- Límite de unidad hidrogeológica
- " " acuífero
- 50 Isopieza
- Sentido del flujo subterráneo



MAPA DE ISOPIEZAS

Acuíferos : (TRIASICO DE LOS VICTORIAS (1.987)
 TORTONIENSE (1.988)
 ANDALUCIENSE (1.988-89)

Fig. nº 1

2.1.2. Tortoniense

Se trata realmente de un ensayo de isopiezas, ya que existen muy pocos puntos acuíferos y en ellos sólo se dispone de tres medidas piezométricas (figura 1). Parece ser que el flujo principal es de sentido SO-NE, aunque esto no puede afirmarse, ya que debido al carácter lentejonar del acuífero, pueden existir varias compartimentaciones.

Los niveles piezométricos obtenidos están comprendidos entre 370 m.s.n.m. y 282 m.s.n.m.

2.1.3. Andaluciense

Las isopiezas construidas se presentan en la figura 1 al igual que las de los dos acuíferos descritos anteriormente.

La principal zona de alimentación se encuentra en las sierras situadas al Norte del Campo de Cartagena apreciándose además una recarga procedente del Cabezo Gordo, como lo demuestra la forma de la curva -50 m en este sector.

La concavidad de las curvas hacia Lo Romero viene provocada por la mayor concentración de las explotaciones en este sector.

La superficie piezométrica se encuentra comprendida entre 10 m.s.n.m. al Norte de Gea y Truyols y -90 m en las zonas próximas a la costa de San Pedro del Pinatar. En los alrededores del Cabezo Gordo la cota piezométrica es de -50 m.r.n.m. (metros respecto al nivel del mar) a -60 m.r.n.m.

El gradiente hidráulico medio es del 10 por mil.

A pesar de que se dan cotas piezométricas de -90 m.r.n.m. en las zonas costeras, no se aprecia intrusión marina, observándose que la relación $r \text{ Mg}^{++}/r \text{ Ca}^{++}$ no aumenta con la proximidad al mar y tampoco disminuye $r \text{ SO}_4^{=} / r \text{ Cl}^-$. Ello es debido a que existen fallas importantes próximas a la costa, que

condicionan la geomorfología de ésta, y que impiden que se ponga en contacto el acuífero del Andaluciense con el agua del mar; una de ellas es la de Santiago de la Ribera.

2.1.4. Plioceno

Se representan las isopiezas de este acuífero en la figura 2.

Se observa una importante zona de depresión piezométrica en San Pedro del Pinatar-Lo Romero, que es donde existe una gran densidad de puntos acuíferos y donde los caudales extraídos son mayores. Aquí se encuentran las cotas piezométricas más bajas, comprendidas entre -30 m y -50 m.

En la zona central (alrededores de Torre Pacheco), el flujo es de O a E, estando comprendida la superficie piezométrica entre 20 m.s.n.m. y -20 m. Existe una cierta alimentación proveniente de los materiales triásicos del Cabezo Gordo.

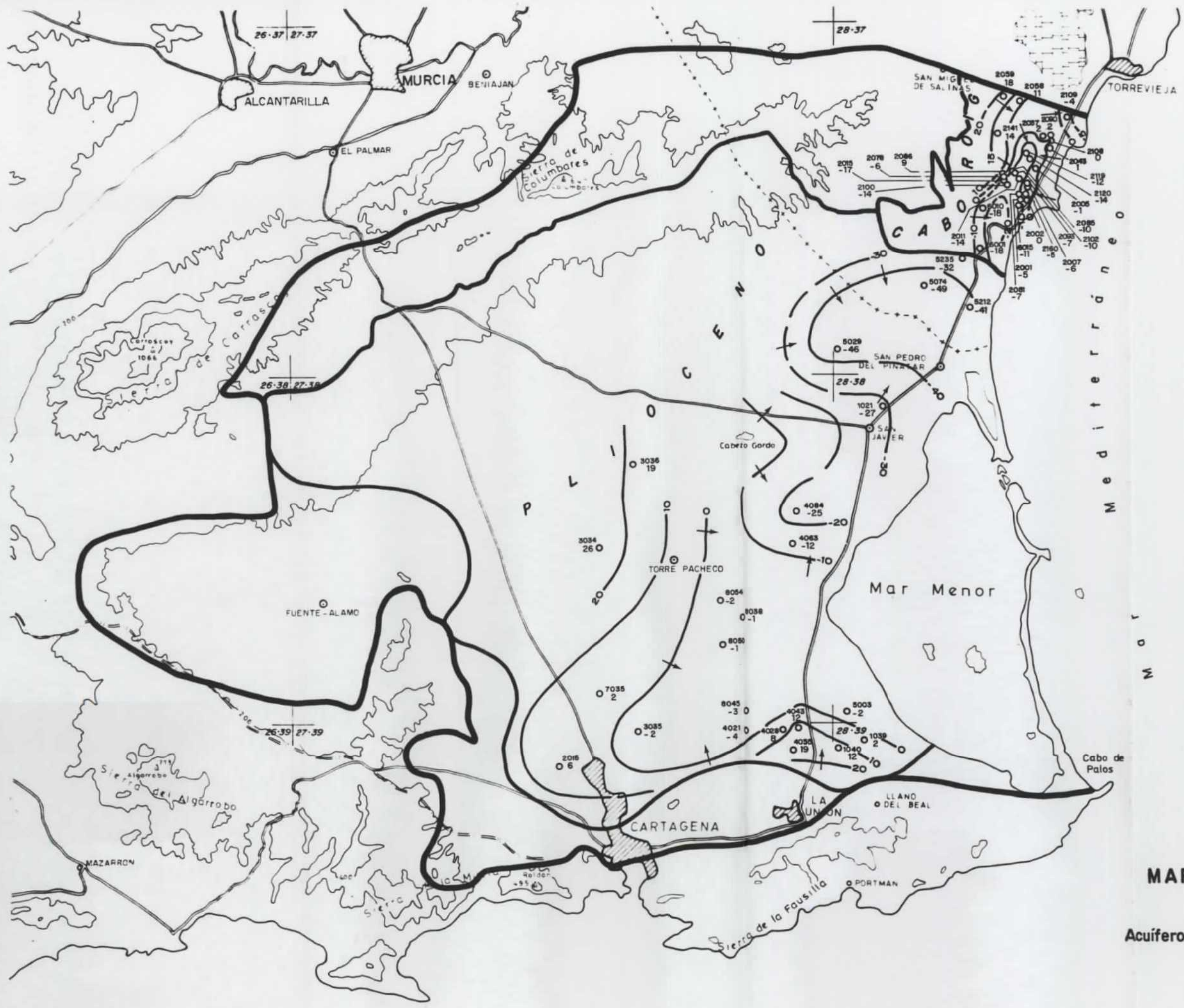
En la zona meridional el flujo subterráneo tiene un sentido de S-N, existiendo una alimentación desde las sierras de Cartagena-La Unión. Aquí la cota piezométrica oscila entre 10 m.s.n.m. y 0 m.s.n.m.

El gradiente hidráulico normal suele ser del 2 por mil, aunque al Norte de La Unión es de 10 por mil.

2.1.5. Cabo Roig

El mapa de la figura 2 muestra las curvas isopiezas de este acuífero, que corresponden a la primavera de 1989.

Se observa una gran depresión piezométrica en una franja situada de N a S y paralela a la costa, como consecuencia de la sobreexplotación del acuífero que ocasiona una intrusión marina. Las cotas piezométricas están comprendidas, en dicha franja, entre 0 y -20 m.



LEYENDA

- 3034 N° de identificación
- 26 N.P. (m.r.n.m.)
- Punto acuífero
- Límites de unidad hidrogeológica
- " " acuífero
- 50 Isopieza
- Sentido del flujo subterráneo



MAPA DE ISOPIEZAS

Acuífero { Plioceno (1.988-89)
Cabo Roig (1.989)

Fig. nº 2

En la zona Norte se dan cotas piezométricas positivas (entre 0 y 20 m.s.n.m.), existiendo un umbral piezométrico al O de Punta Prima.

El flujo subterráneo natural es de O a E, si bien la intensa extracción antes indicada origina una inversión del flujo, provocando intrusión del agua del mar.

El gradiente hidráulico natural, sin influencia de bombeos, aparece en la zona norte con valor del 7 por mil. En la franja deprimida, ya citada, llega a alcanzar el 50 por mil, como máximo.

2.1.6. Cuaternario

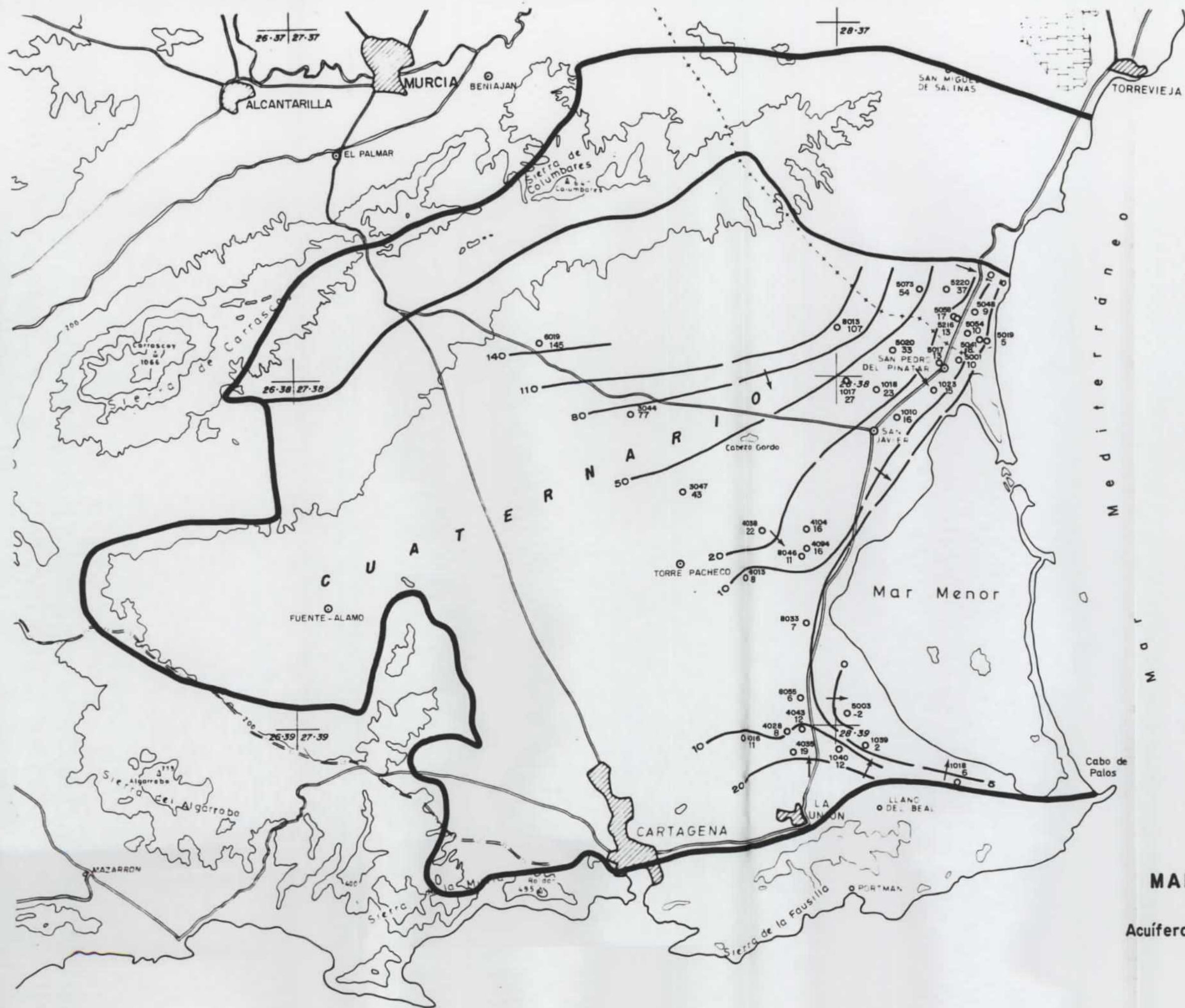
Las isopiezas de este acuífero se han representado en la figura 3.

En la mitad norte del Campo de Cartagena existe un flujo subterráneo hacia el mar, de dirección NO-SE, con valores piezométricos comprendidos entre 140 m.s.n.m. (en Los Santiagos-Casas del Cura) hasta 5 m.s.n.m. (en San Pedro del Pinatar, próximo al Mar Mediterráneo y Mar Menor).

En la zona Sur próximo a la Sierra de La Unión, existe un flujo de S y N, que gira hacia el NE al pasar la población de El Algar, para dirigirse hacia el Mar Menor. Las cotas piezométricas están comprendidas entre 0 y 20 m.s.n.m. (Tan solo se encontró una cota negativa en el pozo 2838-50003 situado al S de El Carmolí).

Entre El Algar y El Carmolí la piezometría tiene los mismos valores tanto para el acuífero Cuaternario como para el Plioceno.

El gradiente hidráulico es del 14 al 15 por mil en el área de San Pedro del Pinatar. En la zona del Cabezo Gordo es del 5 a 6 por mil. Al Sur, junto a El Algar, el gradiente es del 10 por mil.



LEYENDA

- 4104 N° de identificación
- 16 N.P. (m.s.n.m.)
- Punto acuífero
- Límite de unidad hidrogeológica
- ~ " " afloramiento del acuífero
- 50 Isopieza
- Sentido del flujo subterráneo



MAPA DE ISOPIEZAS

Acuífero: CUATERNARIO (1.988-89)

Fig. nº 3

2.2. EVOLUCIONES PIEZOMETRICAS

Se han realizado gráficos históricos de evolución piezométrica en todos los acuíferos del Campo de Cartagena excepto en el de Cabo Roig, ya que al ser de nueva definición no existen en él puntos de control. Los niveles piezométricos representados fueron obtenidos por el ITGE entre 1973 y 1985 y por la Comunidad Autónoma de Murcia entre 1986 y 1988, estos últimos según acuerdo entre ambos organismos.

En total se presenta la evolución piezométrica histórica de 29 puntos acuíferos pertenecientes a la red de control. La situación de dichos puntos puede verse en la figura nº 4.

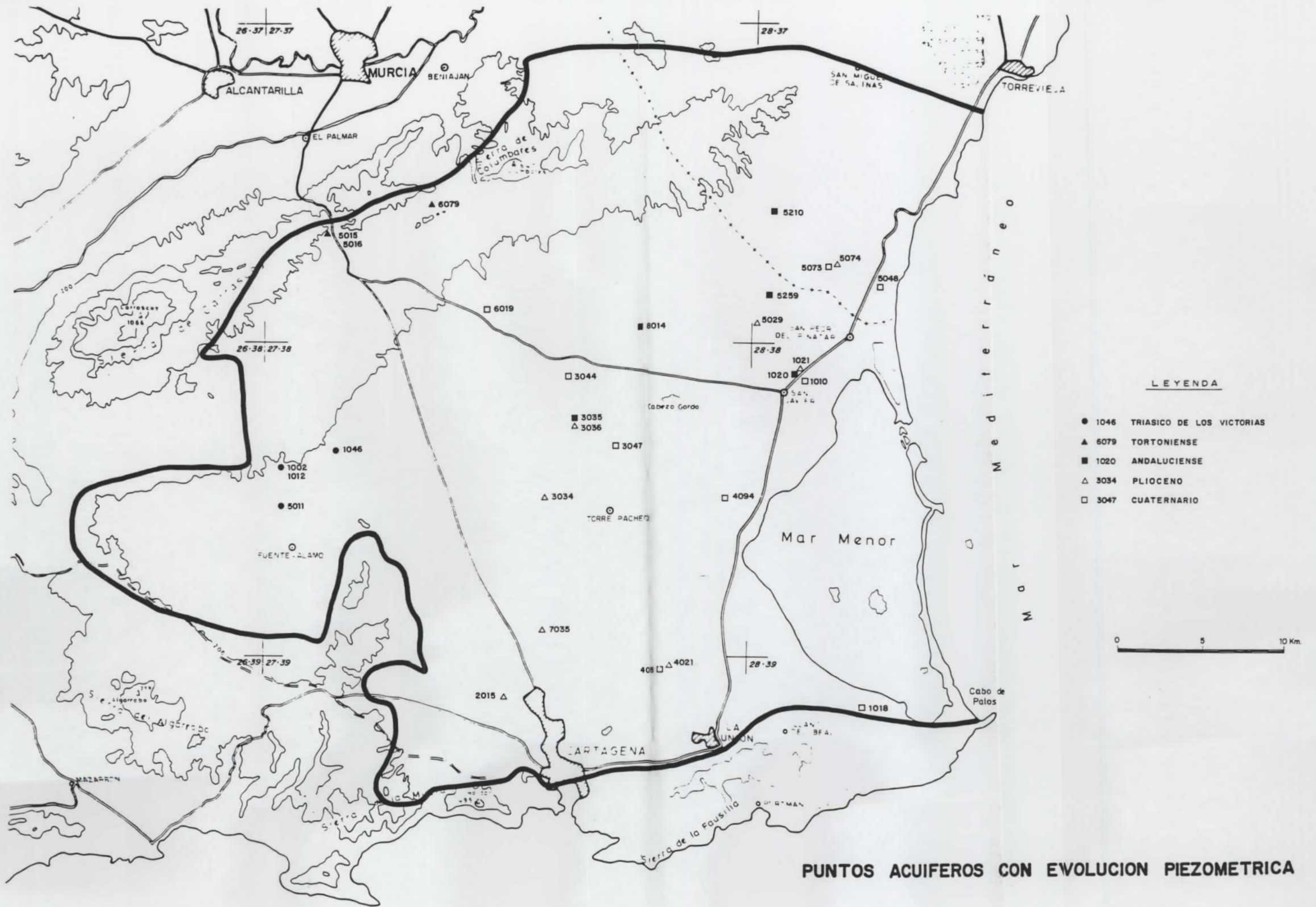
2.2.1. Triásico de los Victorias

Existe gran dificultad para obtener medidas piezométricas en este acuífero dada la inexistencia de tubos-guía para introducir la sonda y también por encontrarse el agua a gran profundidad.

Desde el año 1973, que se comenzó el control piezométrico, el acuífero ha experimentado un importante descenso del nivel del agua, como consecuencia de la sobreexplotación del acuífero.

La figura 5 muestra la evolución piezométrica obtenida en los sondeos 2738-10002 y 2738-10012 ubicados muy próximos entre sí. De ellos se desprende que el descenso medio entre los años 1973 y 1978 fue de 4 m/año, pasando a ser de 14 m/año entre 1979 y 1982 (años del período seco).

En la figura 6 se observa que en el piezómetro 2738-10046, el descenso piezométrico sigue siendo de 14 m/año entre 1982 y 1985, si bien para este mismo período el punto 2738-50011, situado al sur de los anteriores, descendía a un ritmo mucho menor, de 4 m/año. Por último hay que indicar que para el último período controlado, 1985-1988, sólo se dispone de la evolución



LEYENDA

- 1046 TRIASICO DE LOS VICTORIAS
- ▲ 6079 TORTONIENSE
- 1020 ANDALUCIENSE
- △ 3034 PLIOCENO
- 3047 CUATERNARIO

0 5 10 Km

Fig. nº 4

EVOLUCION PIEZOMETRICA
CAMPO DE CARTAGENA (PIEZOMETROS EN S^a DE LOS VICTORIAS)

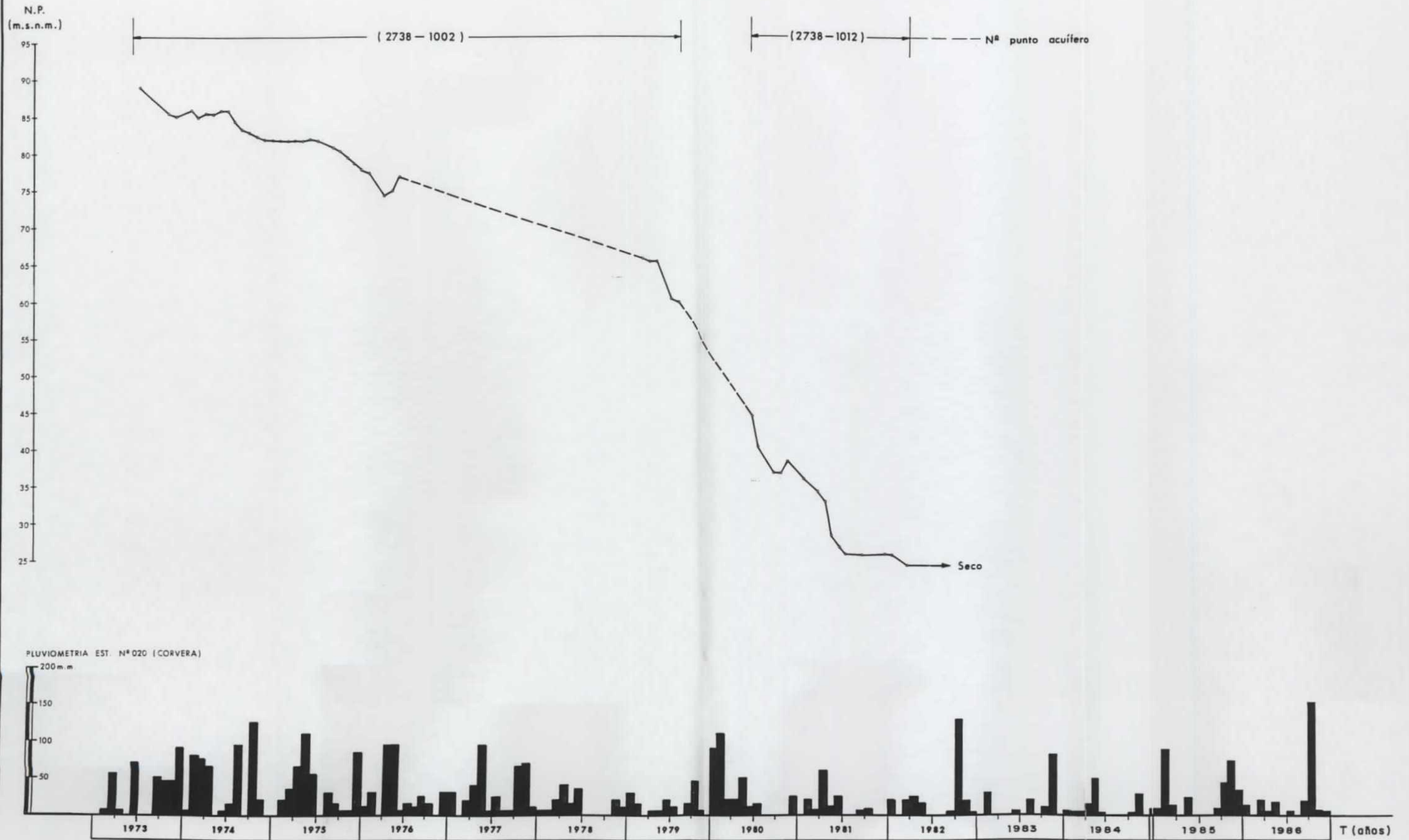


Fig.n° 5

EVOLUCION PIEZOMETRICA
CAMPO DE CARTAGENA
Acuífero: TRIASICO DE LOS VICTORIAS

N. P.
(m. n.m.)

20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
-90

2738 - 1046

2738 - 5011

5800

PLUVIOMETRIA
Est. n° 023 (Fte. Alamo)

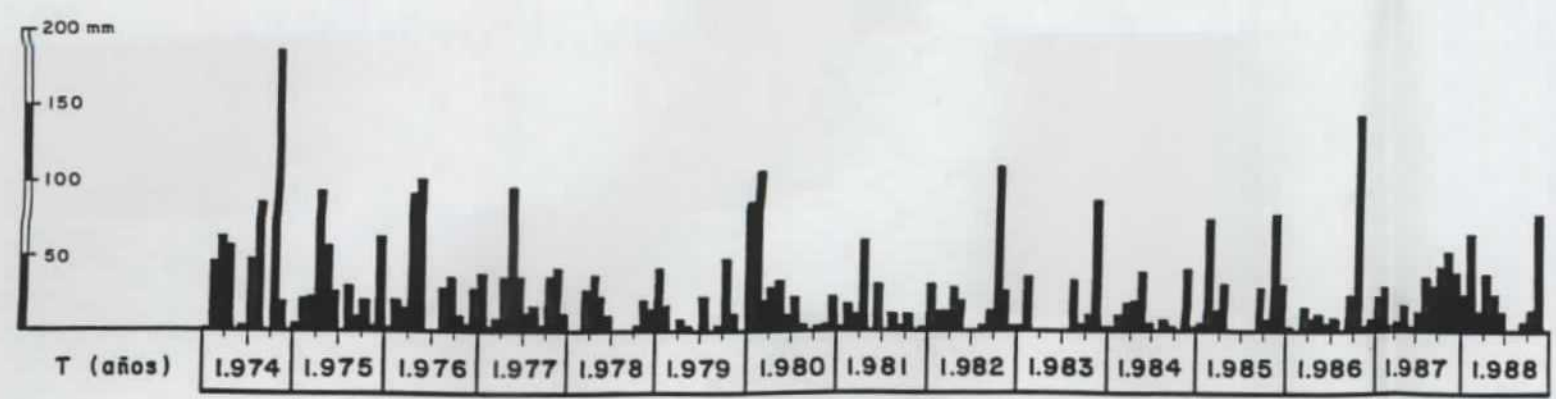


Fig. n° 6

del piezómetro 2738-1046 en el que el nivel del agua bajó a razón de 4 m/año. La última medida realizada en este punto fue de 268,50 m de profundidad del agua (-90 m.r.n.m.), el 28-12-88.

2.2.2. Tortoniense

Las evoluciones piezométricas se han representado en la figura 7. Una de ellas se refiere al punto 2737-50015 y su sustituto 2737-50016 en el período 1977-1988; la otra refleja la evolución en el piezómetro 2737-60079 entre los años 1982 y 1988.

El piezómetro 2737-50015 experimentó descenso de nivel de 43 m entre 1977 y 1979 al iniciarse la explotación en el acuífero. Después de unas bajadas y subidas alternativas se aprecia que en el último período medido, 1984 a 1988, el nivel se ha recuperado 21 m, al haber terminado el período de sequía, y su tendencia es la del ascenso. La última medida realizada en el piezómetro 2737-50016 fue de 39,30 m de profundidad del agua (311 m.s.n.m.) el día 19-12-88.

El punto 2737-60079 comienza a medirse en el año 1982. Se aprecia un suave descenso, pues las últimas medidas de 1988 indican un nivel piezométrico de 7 m por debajo del obtenido en los primeros años del control. La última medida se tomó el día 16-12-88, fecha en que el agua estaba a una profundidad de 45,50 m (282 m.s.n.m.).

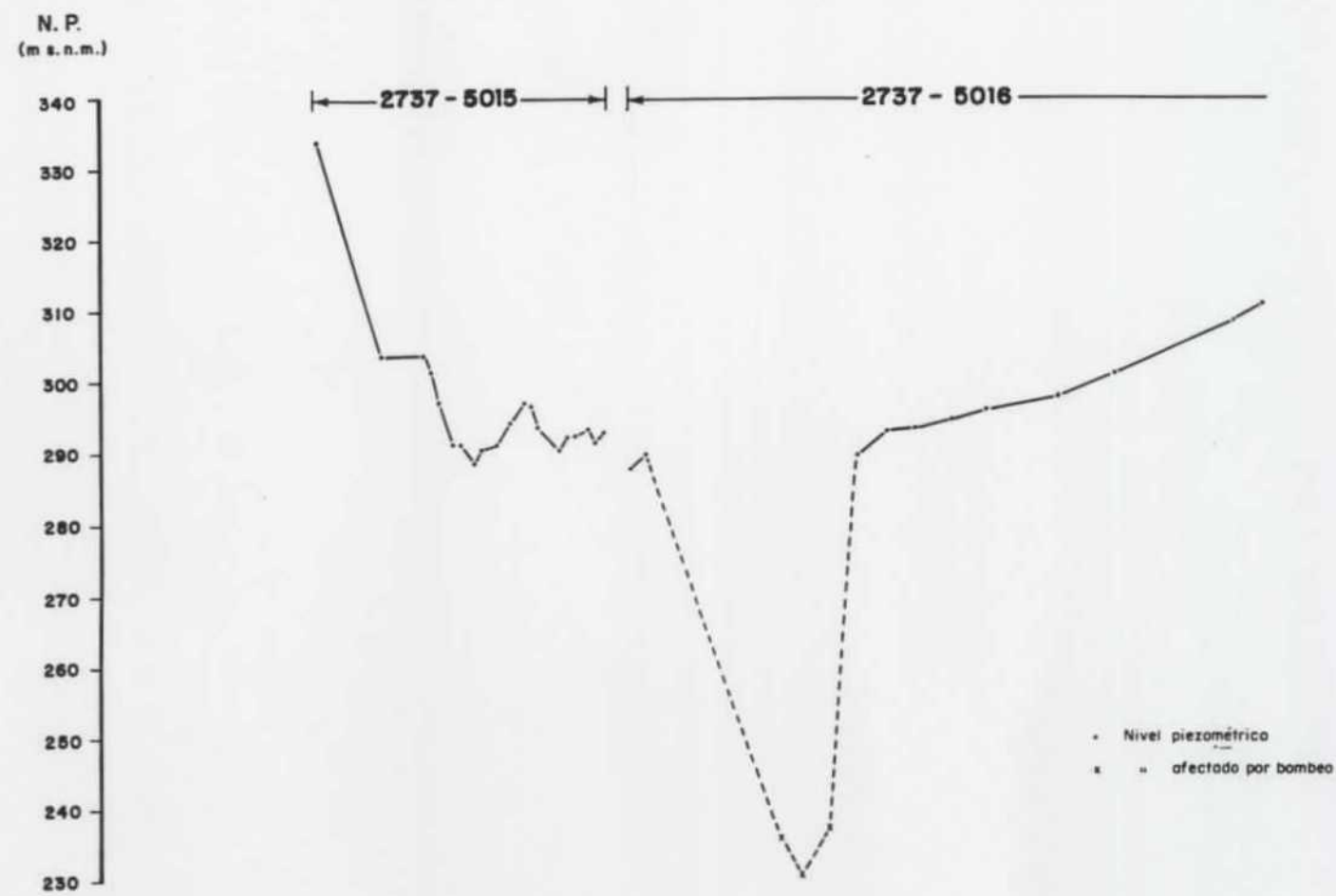
2.2.3. Andaluciense

Se han representado cuatro evoluciones piezométricas en las figuras 8 y 9.

En general se observa que desde el año 1973 hasta el 1985, se registran descensos continuados de nivel piezométrico por sobreexplotación, a excepción del piezómetro 2838-10020, en el que se aprecia que esta tendencia se ve interrumpida en 1979, por la llegada a la zona de las aguas del Trasvase Tajo-Segura que ocasionaron una menor explotación del acuífero; en todos los demás, los niveles piezométricos durante el bienio 1986-1988, se

EVOLUCION PIEZOMETRICA
CAMPO DE CARTAGENA

Acuífero: TORTONIENSE



PLUVIOMETRIA EST. N° 020
(Corvera)

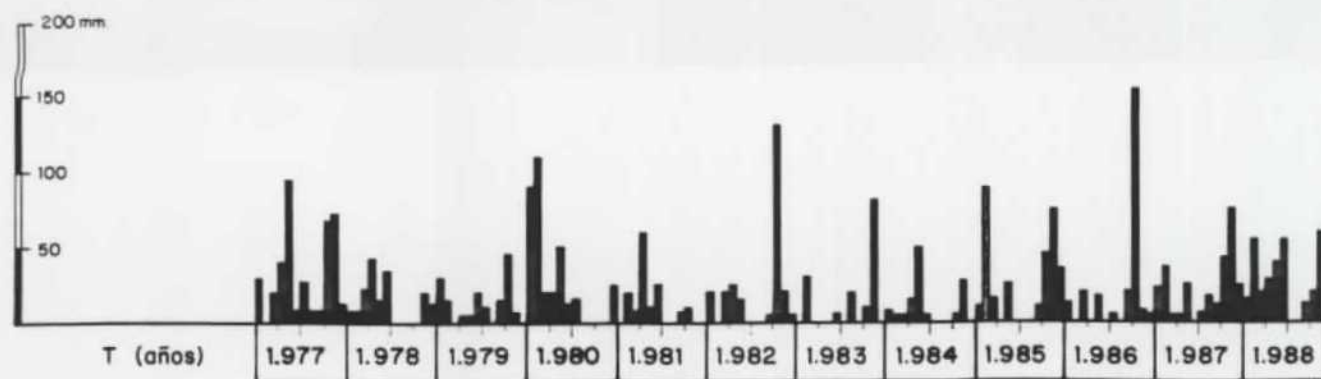


Fig. nº 7

EVOLUCION PIEZOMETRICA
CAMPO DE CARTAGENA (PIEZOMETROS EN ANDALUCIENSE)

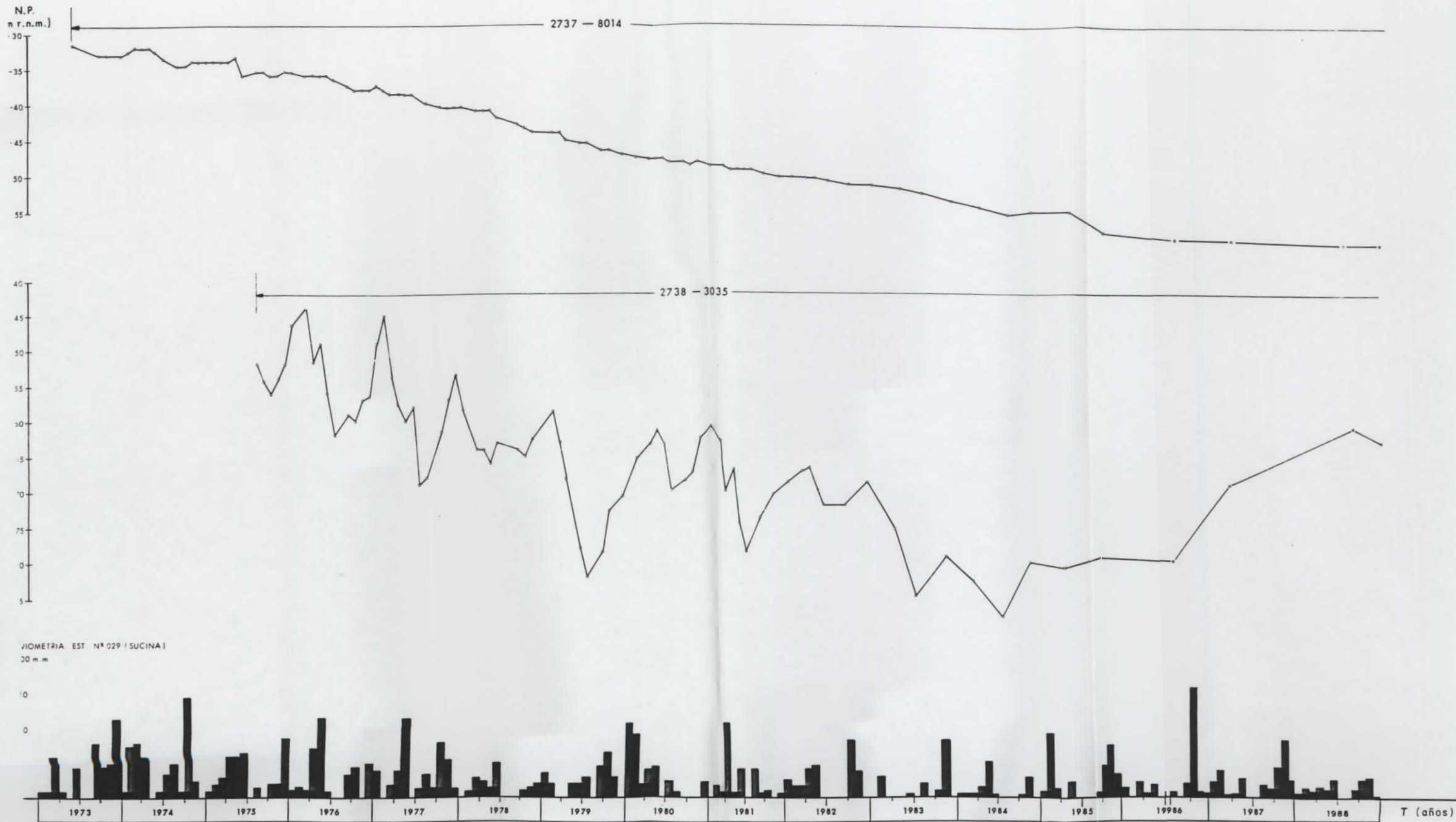
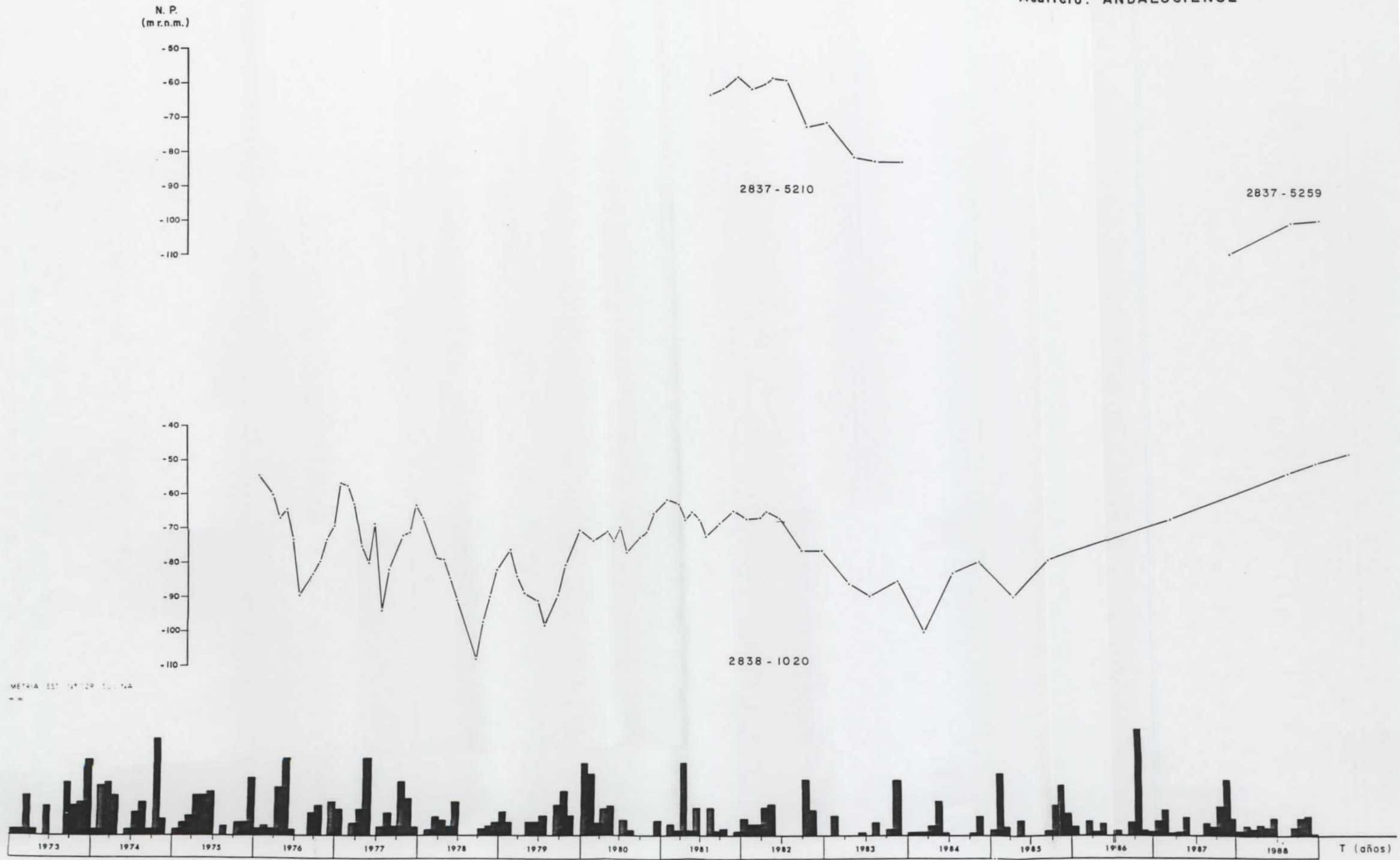


Fig. n.º 8



METRIA EST. 147029 100.14

Fig. n.º 9

estabilizaron en la hoja de Murcia (2737), y recuperado en el resto de las hojas, a razón de unos 9 m/año.

De los piezómetros representados el que posee el agua a menor profundidad es el 2838-10020, que se encontraba a 75,40 m (-50 m.r.n.m.) el 16-12-88. En los otros tres piezómetros, 2737-80014, 2837-52059 y 2738-30035 la profundidad del agua, en diciembre de 1988, era de 173,10, 171,70 y 144,95 m, respectivamente, siendo sus cotas del agua de -59, -99 y -62 m.r.n.m.

2.2.4. Plioceno

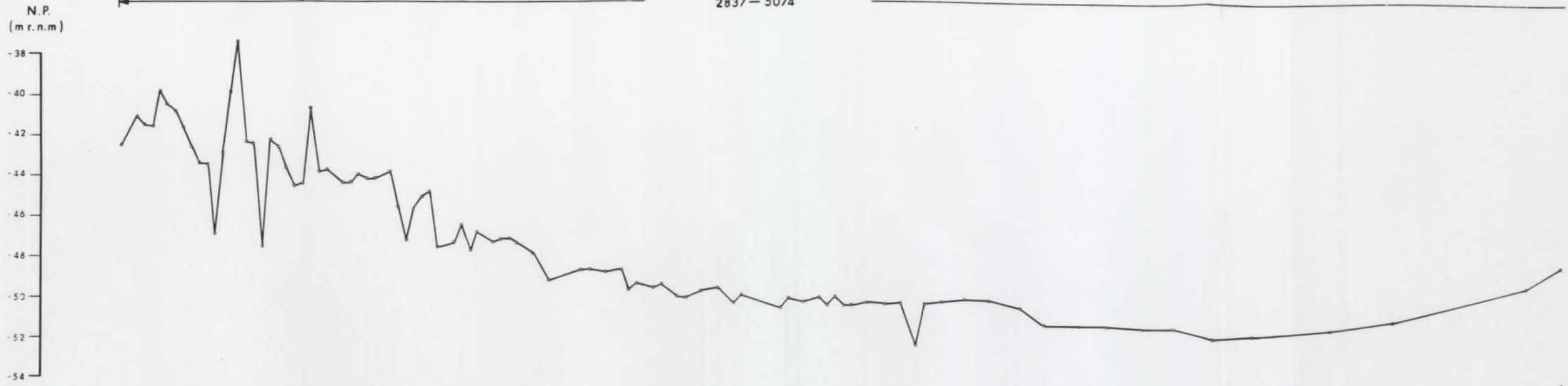
Se presentan 8 evoluciones piezométricas en las figuras 10, 11, 12 y 13.

Este acuífero experimentaba descensos continuados del nivel piezométrico, hasta el año 1979, como consecuencia de la sobreexplotación. A partir de 1979, con la llegada de las aguas para riego del Trasvase Tajo-Segura, los niveles en una primera fase se estabilizaron y después incluso ascendieron. Algunos experimentaron este cambio algo después, debido a que el agua del Trasvase no llegó al mismo tiempo en todas las zonas; así por ejemplo en el punto 2738-3034, los niveles empiezan a subir en 1982 a razón de unos 3 m/año. Al finalizar la sequía, ya en el año 1986, se aprecian subidas de nivel en casi todos los piezómetros con valores comprendidos entre 2 y 5 m/año, destacando el punto 2738-30036 donde el nivel subió 9 m en el último año de medidas (1987-1988). Hay que señalar que el piezómetro 2739-20015 no ha experimentado ascenso de su nivel, al encontrarse fuera de las zonas de riego del Trasvase.

Las últimas medidas realizadas para la red de control, en diciembre de 1988, indican que el agua más profunda se localizaba en la hoja de Torre Vieja (2837) en los puntos 2837-50029 y 2837-50074, con profundidades de 112,20 y 102,26 m, respectivamente, que les corresponden cotas de -46 y -49 m.r.n.m. Las aguas más someras se encuentran en la hoja de Cartagena (2739) con profundidades de 46,05 m (-6 m.r.n.m.) y 29,35 m (-4

EVOLUCION PIEZOMETRICA
CAMPO DE CARTAGENA (PIEZOMETROS EN PLOCIENO)

2837 - 5074



2738 - 3036



PIEZOMETRIA EST N° 029 (SUCINA)
200 mm

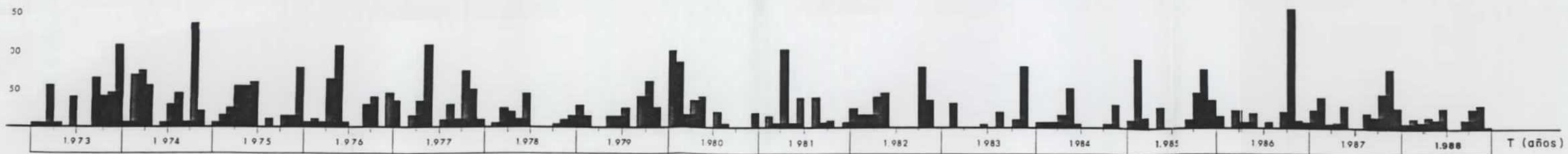


Fig.n° 10

EVOLUCION PIEZOMETRICA
CAMPO DE CARTAGENA

Acuífero: PLIOCENO

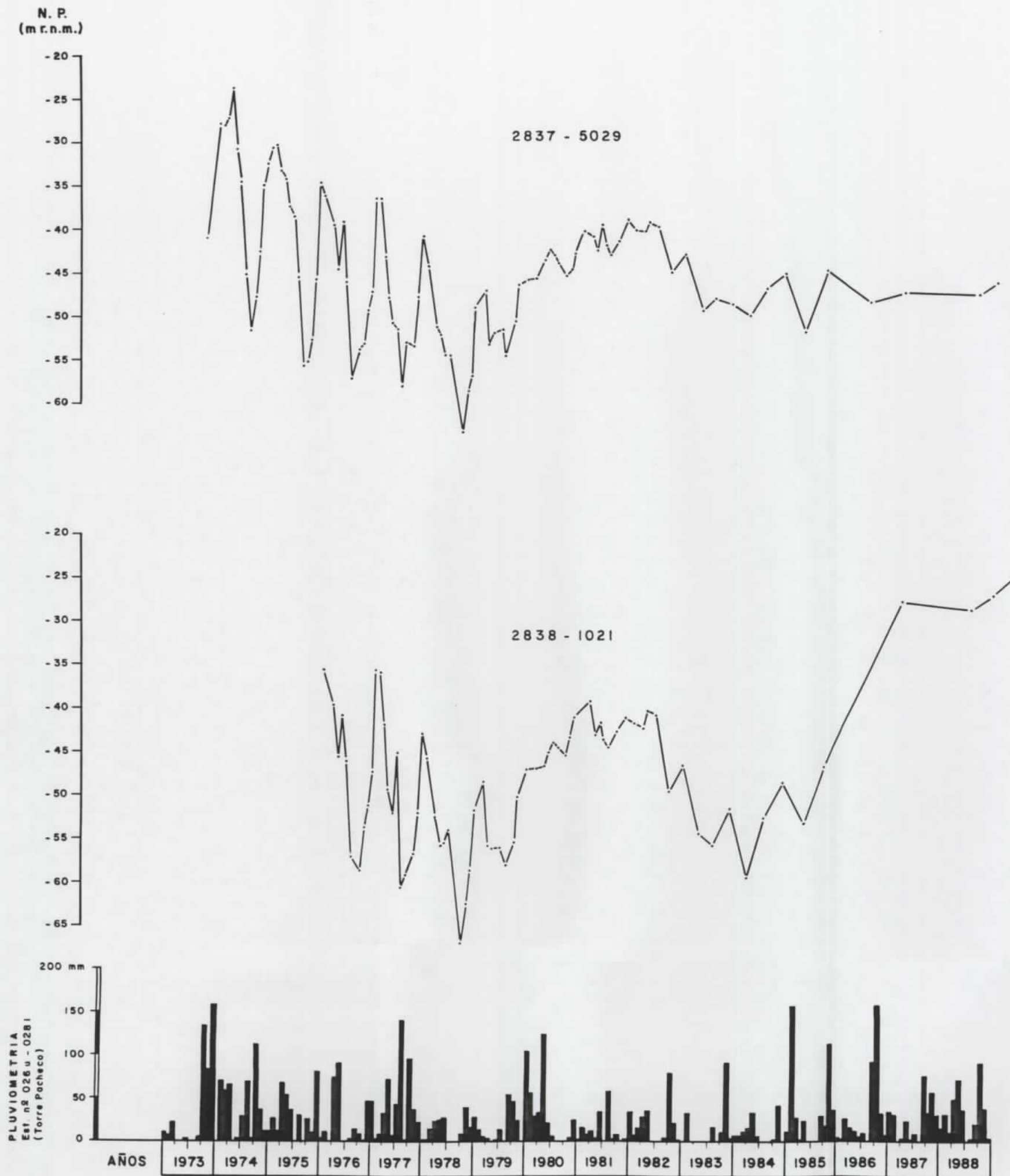


Fig. nº 11

N. P.
(m r. n. m.)

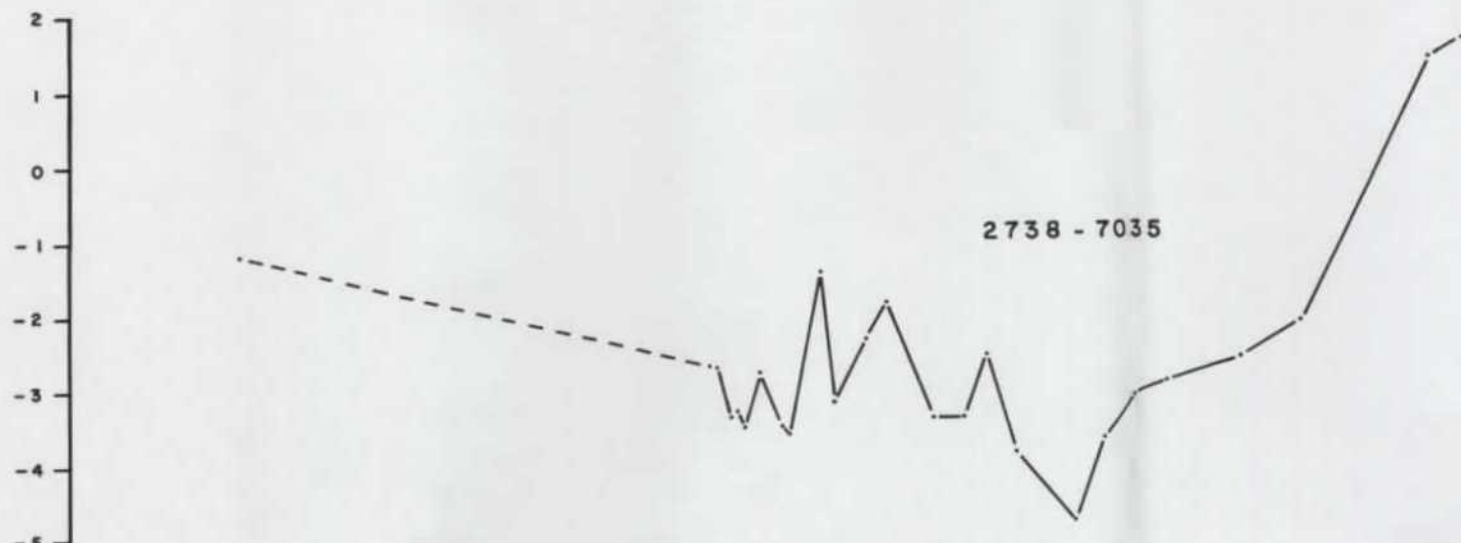
30
25
20
15
10
5
0
-5



2738 - 3034

EVOLUCION PIEZOMETRICA
CAMPO DE CARTAGENA
Acuífero: PLIOCENO

2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5



2738 - 7035

200 mm
150
100
50
0

PLUVIOMETRIA
Est. nº 026 u - 0281
(Torre Pacheco)

AÑOS 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988

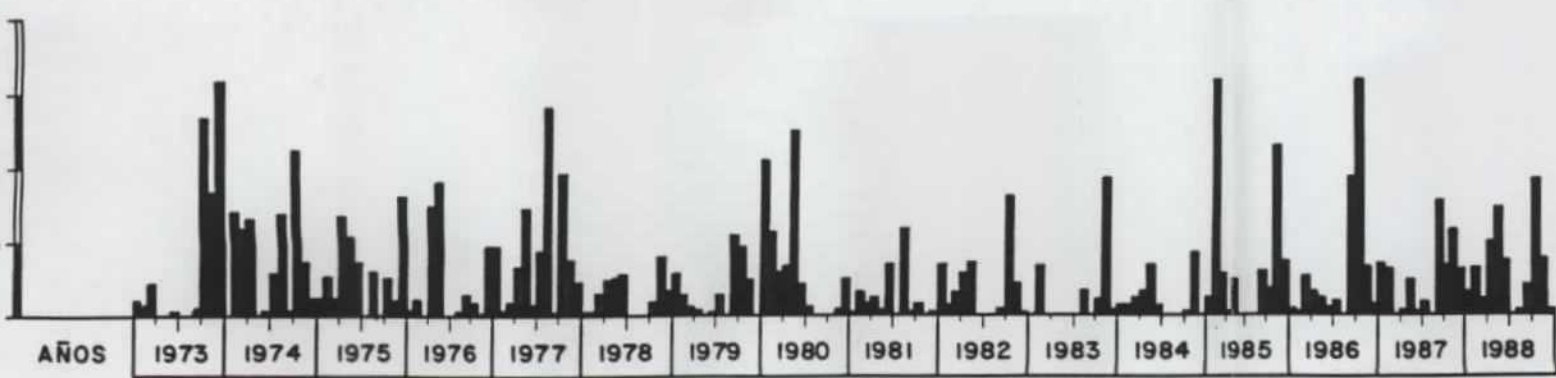


Fig. nº 12

EVOLUCION PIEZOMETRICA
CAMPO DE CARTAGENA
Acuífero: PLIOCENO

N. P.
(m r.n.m.)

2739 - 2015

7
6
5
4
3
2

-4
-6
-8
-10
-12
-14
-16
-18

2739 - 4021

200 mm
150
100
50
0

PLUVIOMETRIA
Est. nº 026 u - 0281
(Torre Pacheco)

AÑOS

1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988

m.r.n.m.) en los piezómetros 2739-20015 y 2739-40021, respectivamente, para el citado mes de diciembre de 1988.

2.2.5. Cuaternario

Se han representado las evoluciones piezométricas en los 9 puntos acuíferos que constituyen la red de control (figuras 14, 15 y 16).

Los piezómetros situados en la zona de riego del T.T.S. vienen experimentando subidas continuadas de nivel piezométrico excepto en el piezómetro 2837-50073. Los puntos 2739-40016 y 2837-50048 poseían en el año 1981 el nivel piezométrico más alto que en las primeras medidas tomadas en los años 1974 y 1975 respectivamente, aunque hay que pensar que los ascensos de nivel debieron comenzar en el año 1979 con la llegada de las aguas del T.T.S., si bien entre 1981 y 1985 el período de sequía hizo que los niveles se mantuvieran para volver a subir a partir de 1986 a razón de 1 m/año. El piezómetro 2738-30047, del que se tiene medidas desde el año 1981, comenzó su ascenso de nivel al final del período de sequía, año 1984.

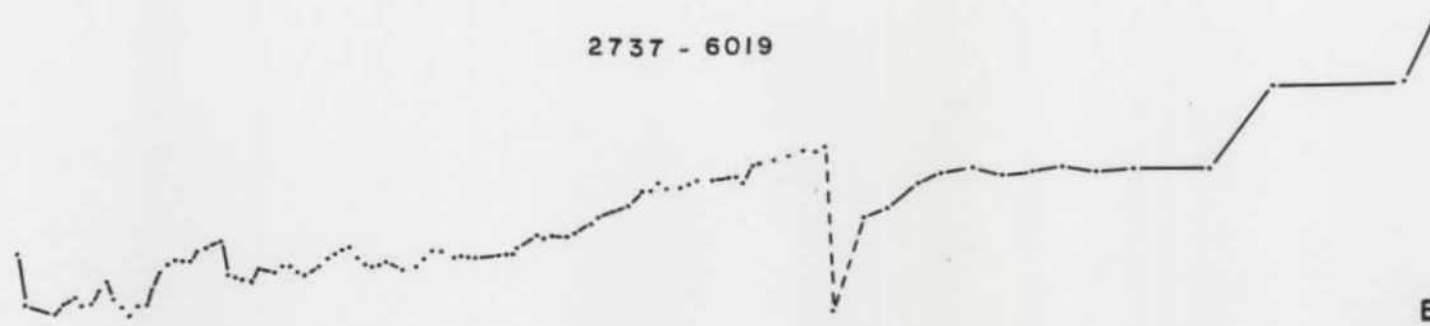
Existen cuatro piezómetros ubicados fuera de la zona de riego del T.T.S. De ellos el punto 2738-30044 es el único que no experimentó en ningún momento ascenso de nivel, sino todo lo contrario, ya que hasta 1987 experimenta una ligera bajada de nivel, que se acentúa en el año 1987-88 (7 m/año como consecuencia del incremento en la intensidad de sus bombeos). El piezómetro 2737-6019 registra un continuado ascenso de nivel del agua desde el año 1975 hasta 1988, período en que subió 28 m como consecuencia de un progresivo aumento de la zona de riego en el entorno de su emplazamiento. Los piezómetros situados al sur del Campo de Cartagena, 2739-40016 y 2839-10018, han permanecido en equilibrio, aunque en los últimos años medidos han subido los niveles 3 m por encima de su posición habitual.

La profundidad del agua, en el año 1988, estaba comprendida en el acuífero Cuaternario, entre 4 y 25 m, siendo la cota del nivel piezométrico de 145 a 6 m.s.n.m.

N.P.
(m s.n.m.)

150
140
130
120
110
100

2737 - 6019



EVOLUCION PIEZOMETRICA
CAMPO DE CARTAGENA
Acuífero: CUATERNARIO

86
84
82
80
78
76

2738 - 3044



44
42
40

2738 - 3047



PLUVIOMETRIA
Est. n.º 026 u - 0281
(Torre Pacheco)

200 mm
150
100
50
0

AÑOS 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988

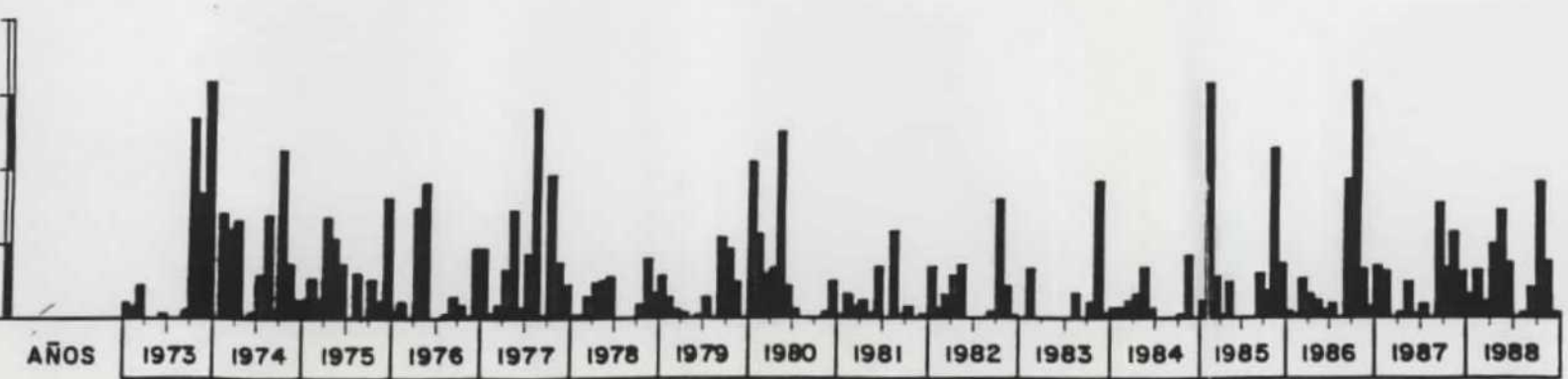


Fig. n.º 14

N.P.
(m.r.n.m.)

10
8
6
4
2
0
-2
-4

2837 - 5048

EVOLUCION PIEZOMETRICA
CAMPO DE CARTAGENA
Acuífero: CUATERNARIO

56
54
52
50

2837 - 5073

16
14
12
10
8

2838 - 1010

Est. nº 029 (Sicina)

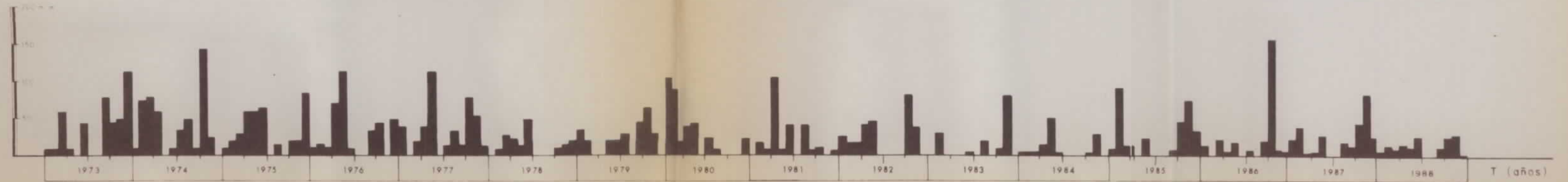


Fig. nº 15

N. P.
(m.s.n.m.)

16
14
12
10
8

2738 - 4094

EVOLUCION PIEZOMETRICA
CAMPO DE CARTAGENA

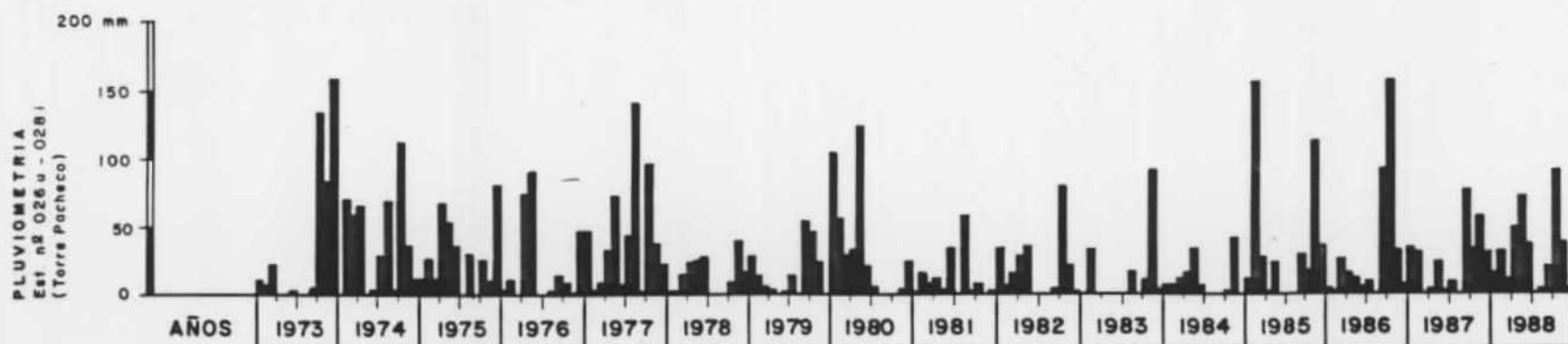
Acuífero: CUATERNARIO

12
10
8
6
4

2739 - 4016

8
6
4
2

2839 - 1018



3. CLIMATOLOGIA

Se ha realizado, expresamente para este proyecto, un estudio climatológico referido al período 1940-41/1988-89. A partir del él se han construido mapas de isoyetas, isotermas, iso ETP e iso lluvia útil según los volores para Ru de 5, 15, 25, 35 y 50 mm.

3.1. ESTACIONES CLIMATOLOGICAS CONSIDERADAS

Se han tratado en total 18 estaciones, 7 de las cuales entran dentro de los límites del Campo de Cartagena y 11 se sitúan en zonas próximas. De ellas, 16 son termopluviométricas y 2 completas (Murcia "Vistabella" y Alcantarilla "Aeródromo"). Todas las estaciones pertenecen al Instituto Nacional de Meteorología y sus principales características aparecen reflejadas en el cuadro nº 1.

3.2. PRECIPITACIONES

Los valores de precipitaciones pueden verse en Anexo nº 1. Del mapa de isoyetas medias (fig. 17) se observa que los valores máximos están localizados en la Sierra de Carrascoy, con pluviometrías estimadas superiores a 350 mm y los mínimos en Torrevieja, con 250; la mayor parte del Campo tiene una precipitación de 300 mm.

Cuadro nº 1. CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES CLIMATICAS

E S T A C I O N		TIPO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m)
Nº	DENOMINACION				
7013	Cartagena Puerto	TP	37º 36'	2º 42'E	14
7016	El Algar	TP	37º 39'	2º 49'E	40
7023	Fuente Alamo C.H.	TP	37º 43'	2º 31'E	140
7026	Pozo Estrecho	TP	37º 43'	2º 42'E	60
7030	San Javier	TP	37º 48'	2º 51'E	27
7031	S. Javier Aeródromo	TP	37º 47'	2º 53'E	1
7037	S. Miguel de Salinas	TP	37º 59'	2º 54'E	85
7038	Laguna de Torrevieja	TP	37º 59'	2º 59'E	1
7041	Laguna de la Mata	TP	38º 02'	2º 58'E	2
7182	Murcia "Vistabella"	C	37º 59'	2º 34'E	57
7217	Totana "Presa del Paretón"	TP	37º 43'	2º 14'E	200
7218	Totana "I. L."	TP	37º 46'	2º 11'E	225
7226	Librilla	TP	37º 53'	2º 20'E	168
7228	Alcantarilla Aerodromo	C	37º 57'	2º 27'E	72
7230	Murcia Sericícola	TP	37º 56'	2º 33'E	80
7231	Beniaján C.H.	TP	38º 05'	2º 37'E	50
7245	Orihuela C.H.	TP	38º 05'	2º 44'E	23
7261	Almoradí C.H.	TP	38º 07'	2º 53'E	11

TP = Termopluviométrica C = Completa

ISOYETAS ANUALES MEDIAS

PERIODO 1.940/41 - 1.988/89

7023 Número de estación meteorológica
 ○ Precipitación anual media (mm)

— 300 — Isoyeta anual media (mm)

2,000 m 0 2 4 6 8 10 Km

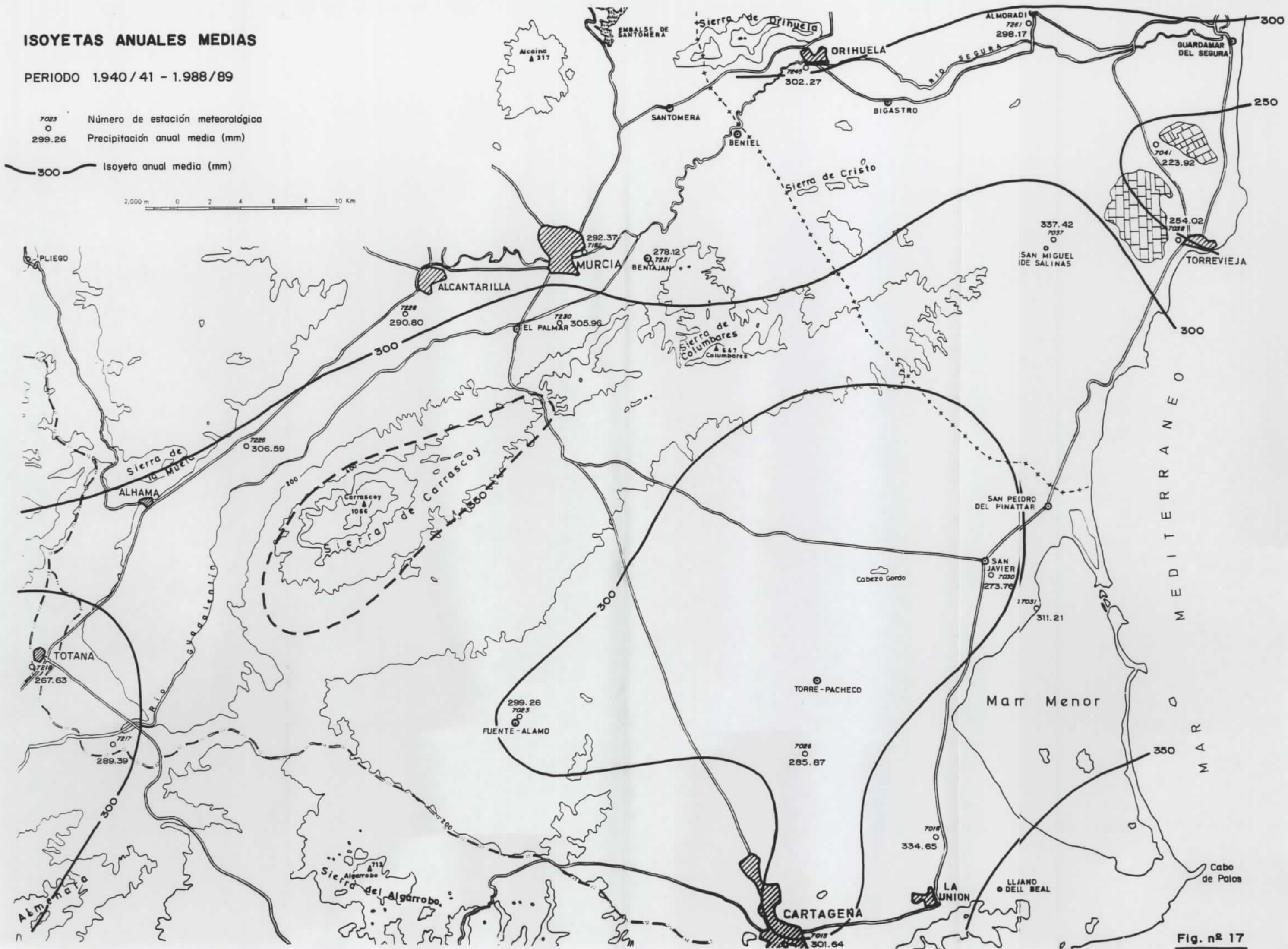


Fig. nº 17

3.3. TEMPERATURAS

Los valores de temperaturas, por estaciones y años, pueden verse en Anexo nº 1. Del mapa de isotermas anuales medias (fig. 18) se deduce que el valor mínimo se situaría en Sierra de Carrascoy, estimado en 16° C, y el máximo en S. Miguel de Salinas, con 18° C. La zona llana del Campo tiene una temperatura predominantemente de 17,5° C.

3.4. EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

Los distintos valores de evapotranspiración potencial según el método de Thornthwaite, por estaciones y años, aparecen en Anexo nº 1. Examinando el mapa de iso ETP anual medio (fig. 19) se aprecia que los valores máximos están en Fuente Alamo, con 960 mm y los mínimos en Sierra de Carrascoy, con 800 mm; el valor más generalizado en la zona del Campo de Cartagena es de 900 mm.

3.5. LLUVIA UTIL

Se han considerado cinco valores de reserva útil: 5, 15, 25, 35 y 50 mm y de cada uno de ellos se ha confeccionado un mapa de iso lluvia útil (figs. 20 a 24). De su observación se deduce que, salvo en el caso de $R_u = 5$ mm, en el cual la lluvia útil predominante del Campo es de 75 mm, en todos los demás supuestos de R_u el valor de lluvia útil predominante es de 50 mm.

ISOTERMAS ANUALES MEDIAS

PERIODO 1940/41 - 1.988/89

7023 ○ Número de estación meteorológica
 17.89 ○ Temperatura anual media (°C)

— 18 — Isoterma anual media

2 000 m 0 2 4 6 8 10 Km

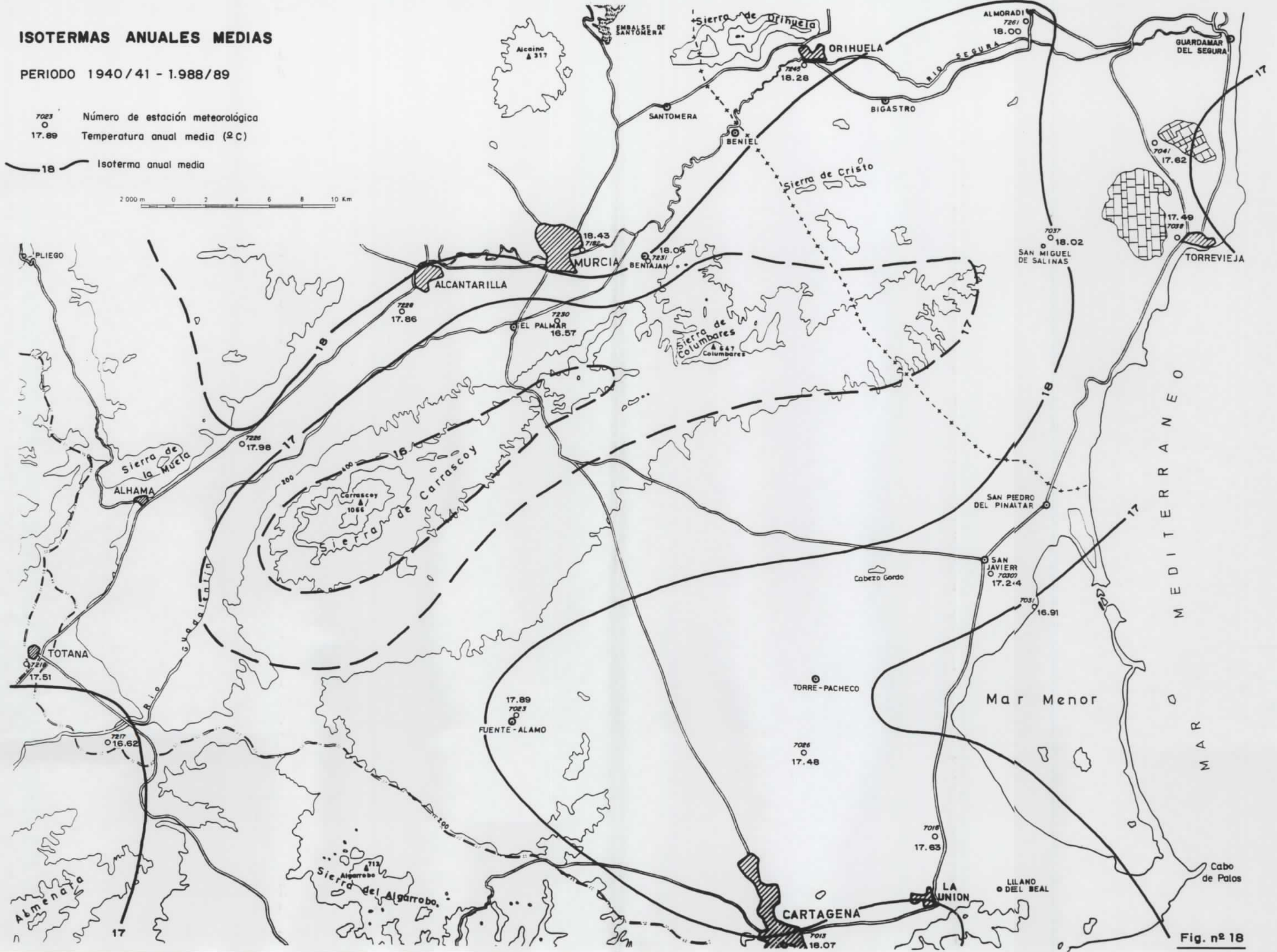


Fig. nº 18

ISO ETP ANUAL MEDIA (SEGUN THORNTHWAITTE)

PERIODO 1.940/41 - 1.988/89

7023 ○ Número de estación meteorológica
 960.61 ○ ETP anual media (mm.)

— 900 — Iso ETP anual media (mm.)

2,000 m 0 2 4 6 8 10 Km

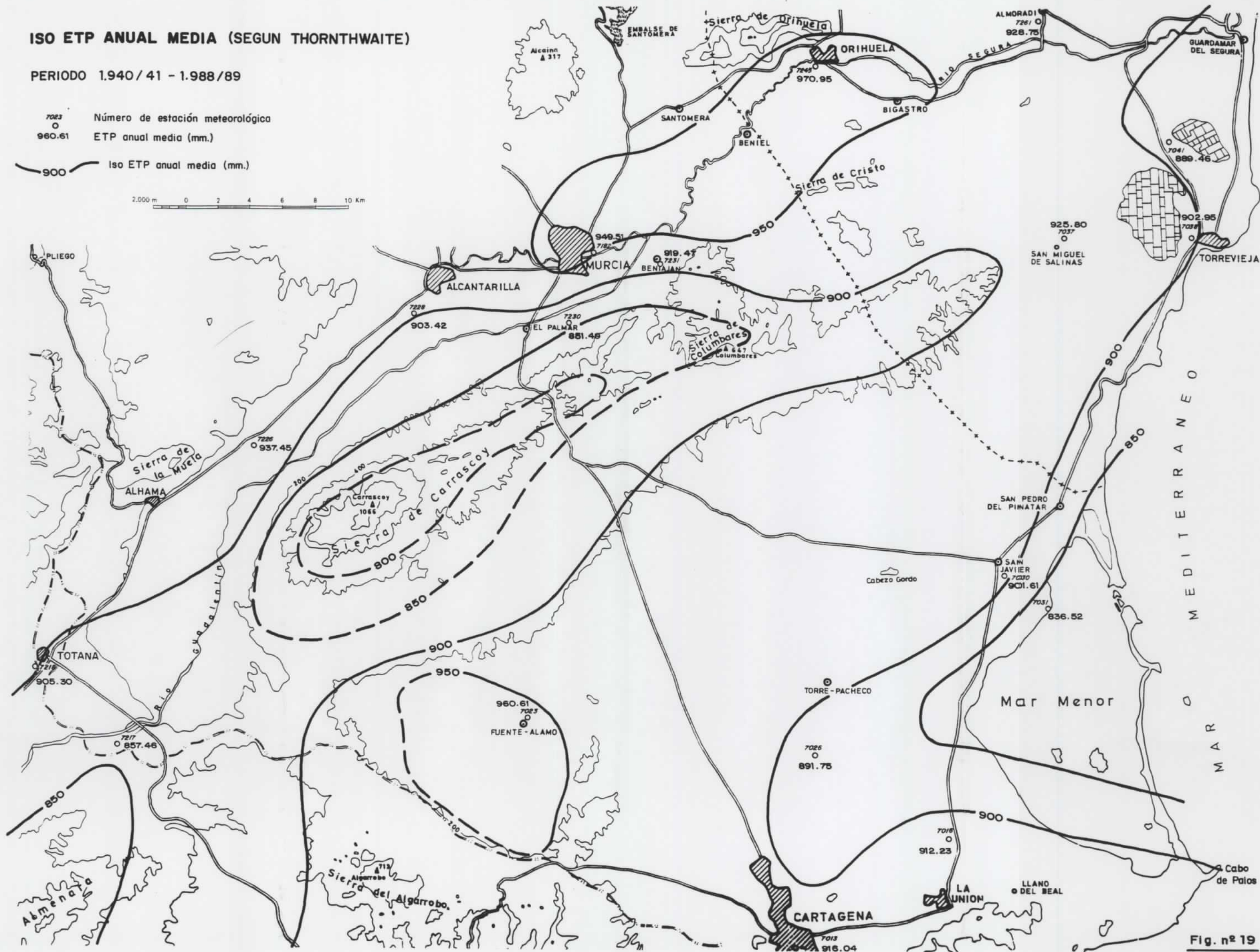


Fig. nº 19

ISO-LLUVIA UTIL ANUAL MEDIA (RU = 5 mm.)

PERIODO 1.940/41 - 1.988/89

7027 ○ Número de estación meteorológica
80.15 ○ Lluvia útil anual media (mm.)

75 ——— Isolluvia útil anual media (mm.)

2 000 m 0 2 4 6 8 10 Km

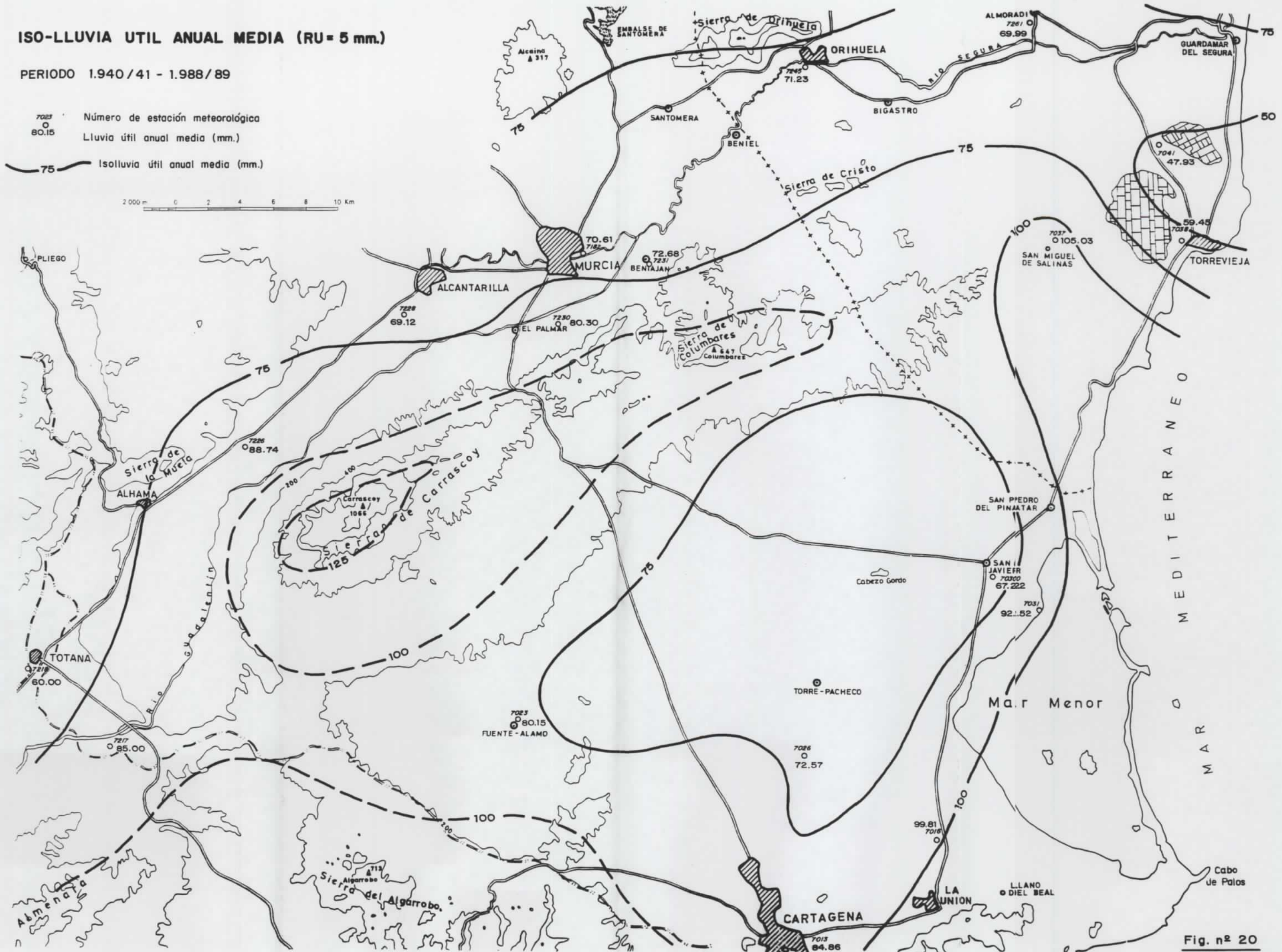


Fig. nº 20

ISO-LLUVIA UTIL ANUAL MEDIA (RU = 15 mm.)

PERIODO 1.940 / 41 - 1.988 / 89

7027 ○ Número de estación meteorológica
64.59 ○ Lluvia útil anual media (mm.)

— 50 — Iso-lluvia útil anual media (mm.)

2,000 m 0 2 4 6 8 10 Km

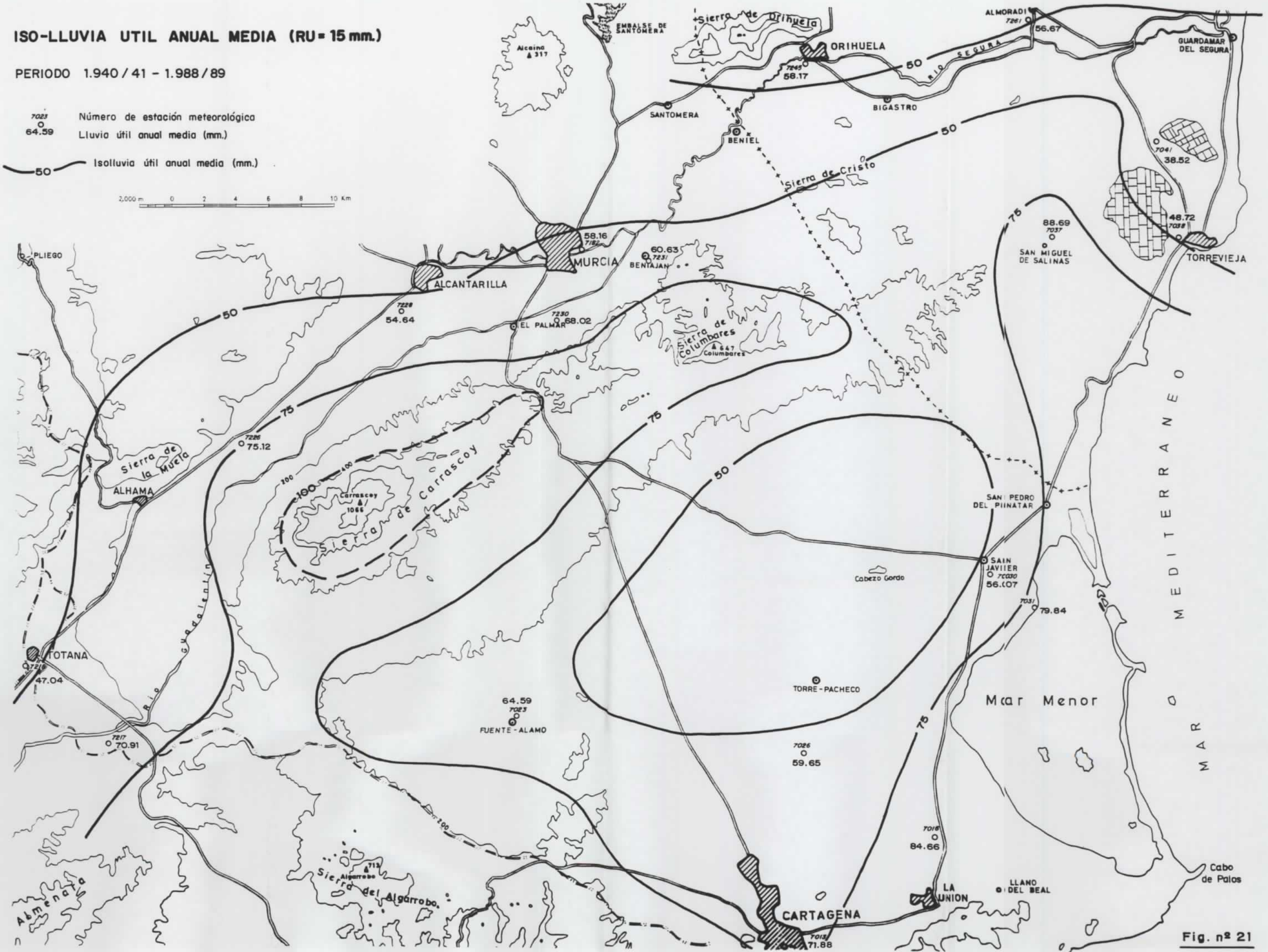


Fig. nº 21

ISO-LLUVIA UTIL ANUAL MEDIA (RU = 25 mm.)

PERIODO 1.940 / 41 - 1.988 / 89

7023 ○ Número de estación meteorológica
56.17 ○ Lluvia útil anual media (mm.)

50 — Iso-lluvia útil anual media (mm.)

2.000 m 0 2 4 6 8 10 Km

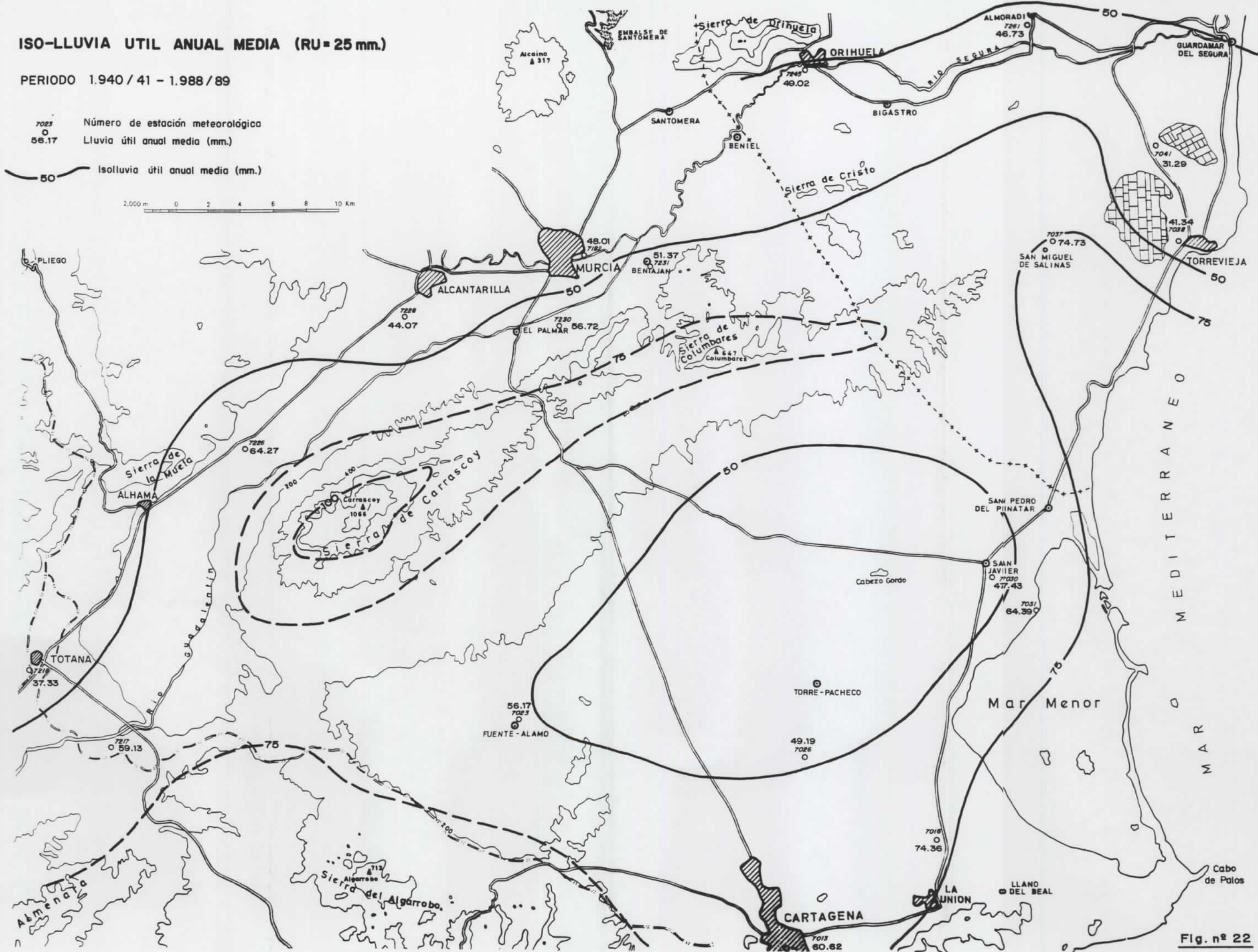


Fig. nº 22

ISO-LLUVIA UTIL ANUAL MEDIA (RU = 50 mm.)

PERIODO 1.940/41 - 1.988/89

7023 ○ Número de estación meteorológica
36.79 ○ Lluvia útil anual media (mm.)

50 — Isolluvia útil anual media (mm.)

2 000 m 0 2 4 6 8 10 Km

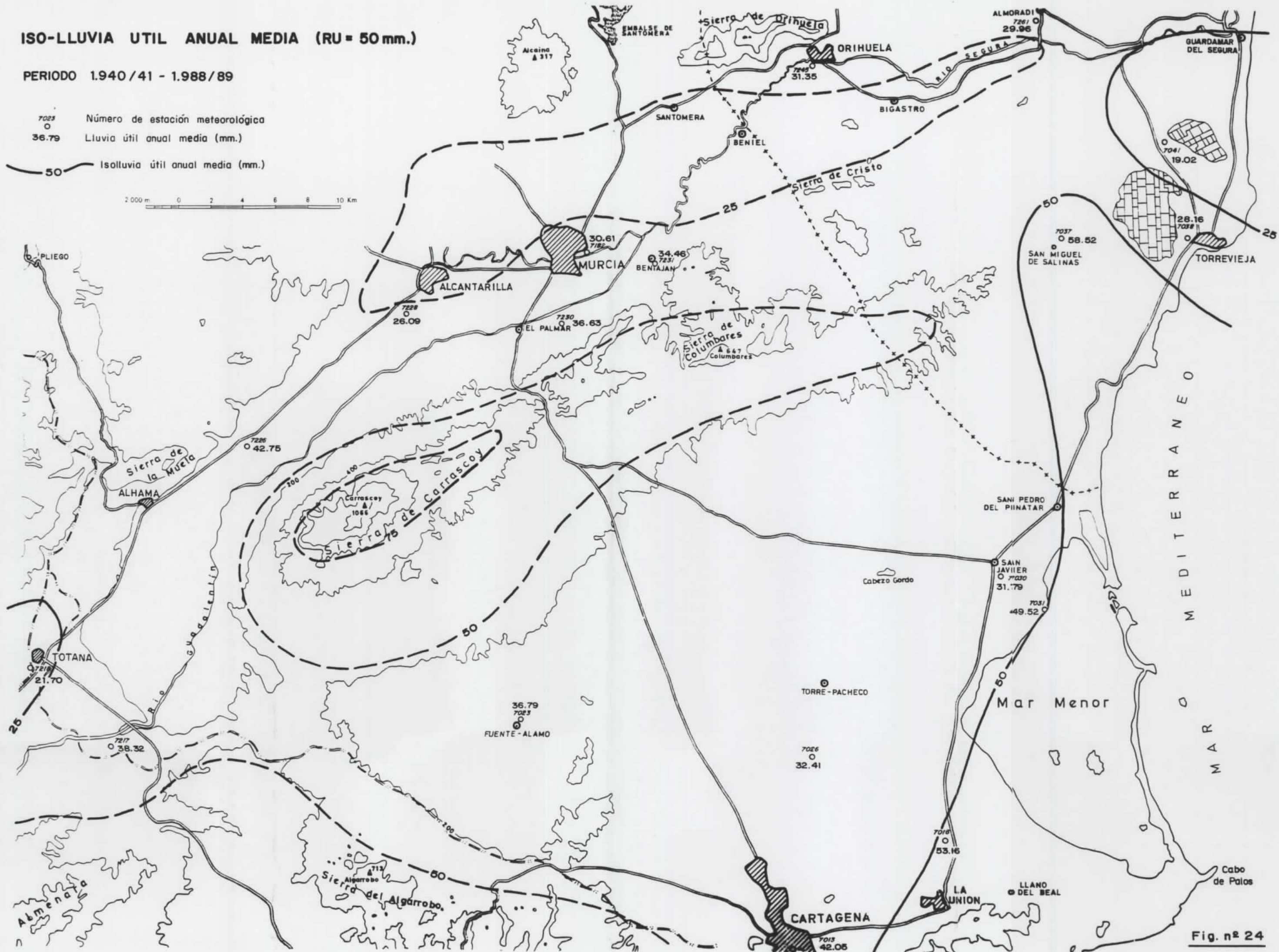


Fig. nº 24

ISO-LLUVIA UTIL ANUAL MEDIA (RU = 35 mm.)

PERIODO 1.940/41 - 1.988/89

7023 ○ Número de estación meteorológica

47.67 ○ Lluvia útil anual media (mm.)

50 — Iso-lluvia útil anual media (mm.)

0 2 4 6 8 10 Km

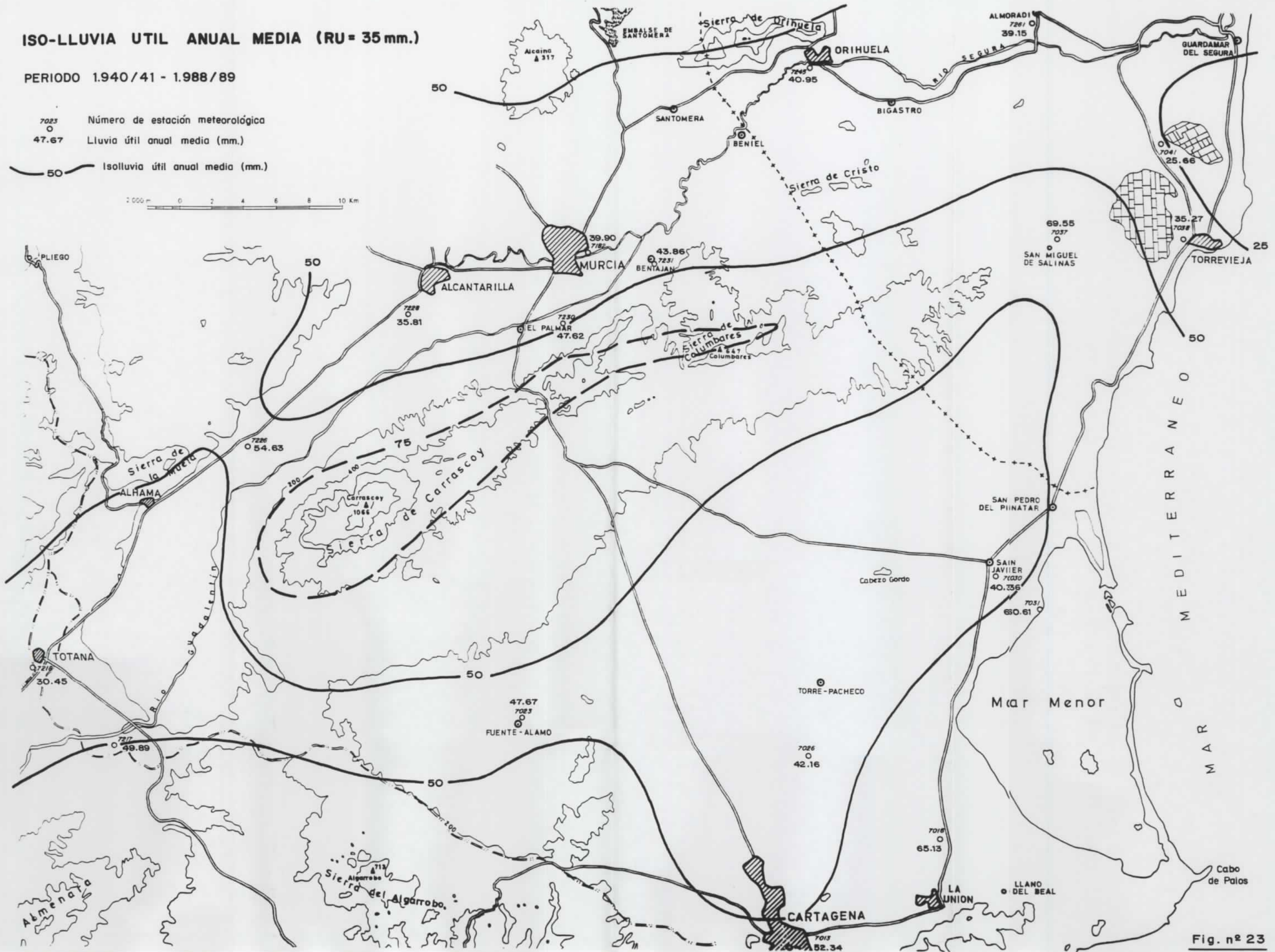


Fig. nº 23

4. ALIMENTACION

4.1. TRIASICO DE LOS VICTORIAS

La alimentación procede de la infiltración de la lluvia útil y de los excedentes de regadío.

4.1.1. Infiltración de lluvia útil

Sólo existe 1 km² de afloramientos carbonatados, junto a la Sierra de los Victorias y en el cerro del Rey, que reciben una alimentación de 0,06 hm³/año; sin embargo ésta no es sólo la superficie de infiltración, sino que a ella hay que añadir la correspondiente a un pie de monte muy desarrollado, de conglomerados, arenas y limos, que aunque no descansa directamente sobre los mármoles triásicos (como se ha podido constatar mediante el análisis de las columnas de sondeos), existe una comunicación de este acuífero superficial con el profundo triásico a través de los sondeos mal construidos. De los 101 km² que tiene el acuífero, aproximadamente 50 pertenecen a áreas de infiltración del Triás y del Cuaternario. Si se considera una reserva útil con valores de 5 a 15 mm, como corresponde a una zona con escaso suelo, la lluvia útil caída estaría comprendida entre 50 y 70 mm, que referida a su área permeable, equivaldría a un volumen de 2,5 a 3,5 hm³/año. Tomando el valor medio de 3 hm³/año y un coeficiente de infiltración del 80% (no existen cursos superficiales ni pendientes topográficas elevadas), el valor de infiltración de lluvia útil sería del orden de 2,4 hm³/año.

4.1.2. Infiltración de excedentes de regadío

El acuífero triásico tiene otra alimentación, a través de los sondeos mal construidos, correspondiente a los excedentes de regadío que no puede utilizar la planta. Teniendo en cuenta que en los 50 km² de superficie permeable se aplican 5 hm³ y que

el porcentaje de excedentes de regadío se estima sea de 20, la alimentación que se realizaría por este concepto sería de 1 hm³/año.

4.1.3. Alimentación total del acuífero Triásico de los Victorias

Se estima en 3,4 hm³/año.

4.2. TORTONIENSE

La alimentación proviene exclusivamente de la infiltración de la lluvia útil. A pesar de que la extensión máxima del acuífero es de 230 km², la superficie probable es mucho menor y desde luego la práctica es de sólo 43 km² (teniendo en cuenta que los estratos se internan con gran buzamiento en el Campo, la zona de posible ubicación de sondeos sería sólo la próxima a los afloramientos). De los 43 km², 25 corresponden a afloramientos permeables de conglomerados y areniscas intercaladas, en el sector occidental (15,4 km²), y areniscas con conglomerados, en el sector oriental (9,6 km²); precisamente esta variedad litológica y el alto grado de cementación de los cantos van a condicionar la infiltración del acuífero, en el sentido de que los valores no serán muy elevados y existirán, además, diferencias de transmisividad que son las que explican los saltos piezométricos.

Este acuífero aflora en la falda meridional de la Sierra de Carrascoy, de ahí que las pendientes topográficas sean ya importantes; por otro lado existe una vegetación de pinos que ha creado un suelo bien desarrollado en algunos puntos, por lo que el valor de reserva útil debe ser próximo a 25 mm. Según el mapa de isolluvia útil (fig. 22), al área de los afloramientos le correspondería un valor de 75 mm, que referido a la superficie permeable daría una lluvia útil de 2 hm³; considerando un coeficiente de infiltración del 40% (dadas las pendientes), se deduce que el valor de infiltración de lluvia útil estimado de este acuífero es de 0,8 hm³/año.

4.3. ANDALUCIENSE

La recarga de este acuífero, el de mayor profundidad general de todos los estudiados, se debe fundamentalmente a dos conceptos: infiltración de lluvia útil y comunicación con acuíferos suprayacentes a través de sondeos.

4.3.1. Infiltración de lluvia útil

De los 570 km² que tiene este acuífero, sólo afloran 28 en las estribaciones meridionales de la Sierra de Carrascoy. Teniendo en cuenta que los afloramientos rocosos de calcarenitas presentan una capa muy delgada de suelo o está ausente, el valor para la reserva útil de 5 a 15 mm, debe estar ajustado a la realidad. Del mapa de isolluvia útil correspondiente se deduce que los afloramientos permeables estarían próximos o bajo la curva de 75; este valor referido a toda su superficie de alimentación, equivaldría a un volumen de lluvia útil de 2.1 hm³/año. Aplicando un coeficiente de infiltración del 75% (a pesar de que los afloramientos de las sierras del Puntal y Escalona están muy buzantes y en consecuencia son muy abruptos, los existentes al SO de S. Miguel de Salinas son más suaves y también más llanos, se tiene que la infiltración de lluvia útil es de 1,5 hm³/año.

4.3.2. Comunicación con acuíferos suprayacentes a través de sondeos

Existen del orden de 400 sondeos en el Campo de Cartagena que captan el acuífero Andaluciense; de ellos 300 están mal contruidos al no existir las debidas cementaciones que aislen a los acuíferos superiores del Plioceno y Cuaternario; como consecuencia se produce una alimentación al acuífero Andaluciense a razón de unos 3 l/s por sondeo (estimado según observaciones directas), lo que equivale a un caudal de 900 l/s y un volumen de 28,5 hm³/año.

4.3.3. Alimentación total del acuífero Andaluciense

Se evalúa en 30 hm³/año.

4.4. PLIOCENO

La recarga se realiza mediante los siguientes conceptos: por infiltración de lluvia útil sobre los afloramientos permeables, por comunicación a través de los sondeos mal contruidos procedente del acuífero cuaternario, y por entradas subterráneas de la Sierra de La Unión.

4.4.1. Infiltración de lluvia útil

Este acuífero ocupa la mayor parte del Campo de Cartagena, con una superficie de 817 km²; de ellos sólo 22 son de afloramientos de areniscas del Plioceno, estando representados en el borde meridional de la Sierra de Carrascoy (19,6 km²) e inmediatamente al Oeste de Cartagena (2,4 km²). A estos 22 km² hay que sumarle 45 más en la zona del Algar al Norte de La Unión (una franja de dolomías triásicas subaflorantes paralela a las sierras, de aproximadamente 15 km de longitud por 3 de anchura), pues existe una conexión hidráulica entre ambos materiales, constituyendo un tramo permeable único aunque con distintas permeabilidades.

En lo que se refiere a los 22 km² de afloramientos de areniscas, presentan unos parámetros relacionados con la infiltración muy similar a los del Andaluciense, si bien por estar más próximos de la zona llana del Campo y más retirados de la Sierra de Carrascoy, existe una mayor presencia del suelo; por tanto un valor de reserva útil comprendido entre 15 y 25 mm puede ser representativo. De la observación de los mapas de iso lluvia útil correspondientes, se deduce que sobre los afloramientos, o próximos a ellos, pasa la curva de 75, que referida a la superficie de éstos equivale a un volumen de lluvia útil comprendida entre 1,48 y 1,45 hm³/año, cuya media es de 1,47.

Considerando un coeficiente de infiltración del 80% (los estratos forman pliegues suaves y en consecuencia la topografía es bastante llana) la infiltración de lluvia útil en estos afloramientos pliocénicos es de aproximadamente 1,2 hm³/año.

Respecto a los 45 km² de afloramiento cuaternario en la zona del Algar, que está hidráulicamente conectado con el Plioceno hay que decir lo siguiente: Existe un suelo bien desarrollado por lo que la reserva útil debe estar comprendida entre 35 y 50 mm. Observando los mapas de isolluvia útil correspondientes, se aprecia que los valores en esta zona son de 53 y de 65 mm, respectivamente; referidos a los 45 km² de superficie, equivalen a un volumen de lluvia útil de 2,4 y 2,9 hm³/año, cuya media es de 2,7. Considerando un coeficiente de infiltración del 50% (no existen cursos superficiales, pero la permeabilidad es baja), se llega a evaluar la infiltración de lluvia útil, en esta zona del Algar y a través del Cuaternario, en aproximadamente 1,4 hm³/año.

En resumen, la alimentación total del acuífero Plioceno, por el concepto de infiltración de lluvia útil, se estima en 2,6 hm³/año.

4.4.2. Entradas subterráneas

Existe una alimentación subterránea procedente de la Sierra de La Unión, en un frente de 15 km, de las rocas carbonatadas triásicas (dolomías y calizas) a las areniscas del Plioceno, como lo evidencia la forma de las isopiezas en esta zona (paralelas a la sierra). Aplicando la ley de Darcy y considerando unos valores de $T = 80 \text{ m}^2/\text{día}$, $L = 15.000 \text{ m}$ y $i = 0,01$, se tiene que $Q = T.i.L = 4,4 \text{ hm}^3/\text{año}$. Si se considera que sobre los 60 km² de afloramientos permeables de las sierras de La Unión se infiltran 4,5 hm³/año (lluvia útil de 100 mm para una R_u de 5 mm), se llega a la conclusión de que prácticamente todos los recursos de estas sierras van al Campo de Cartagena a través del Plio-Cuaternario; esta hipótesis viene apoyada por el hecho de que a pesar de no existir explotación por bombeo en estas sierras de tradición exclusivamente minera, no existen manantiales ni en

el borde septentrional de las mismas ni en el mar, entre otras causas porque en contacto con este último existen los materiales metamórficos impermeables de las Sierras de la Fausilla y de la Fuente.

4.4.3. Comunicación con el Cuaternario a través de sondeos

De los 610 sondeos que captan exclusivamente el acuífero Plioceno, unos 500 están sin cementar. Si se considera que el caudal que penetra por cada sondeo procedente del Cuaternario es de una media de 1,5 l/s, la alimentación por este concepto es de 750 l/s o de 23,7 hm³/año.

4.4.4. Alimentación total del acuífero Plioceno

Se estima en 30,7 hm³/año.

4.5. CABO ROIG

Los aportes a este acuífero provienen de infiltración de la lluvia útil caída sobre los 18 km² de afloramientos permeables, que representan casi la tercera parte de la extensión total (61 km²) y de los excedentes de regadío.

4.5.1. Infiltración de lluvia útil

Por ser este acuífero una continuación geográfica del correspondiente pliocénico del Campo de Cartagena (aunque en profundidad están separados por la falla del Río Seco), las características de infiltración son muy similares a éste. Considerando una reserva útil de 15 a 25 mm, la lluvia útil caída sobre el acuífero es de 90 a 75 mm, que equivalen a un volumen de 1,6 a 1,3 hm³/año, respectivamente, siendo la media de 1,45. Si se aplica un coeficiente de infiltración del 80%, se obtiene un valor para la infiltración de lluvia útil de 1,2 hm³/año.

4.5.2. Excedentes de regadío

Considerando que el agua aplicada para regadío sobre el acuífero es de 1 hm³/año y que se infiltra el 20%, la alimentación por excedentes de regadío es de 0,2 h³/año.

4.5.3. Alimentación total del acuífero Cabo Roig

Se estima sea de 1,4 hm³/año.

4.6. CUATERNARIO

Dos son los aportes que recibe el acuífero del Cuaternario: uno por infiltración de la lluvia útil y otro por excedentes de regadío.

4.6.1. Infiltración de lluvia útil

Ocupa la mayor parte del Campo de Cartagena con una extensión de 1135 km², superficie que puede considerarse también como de afloramientos permeables.

Debido a que existe un suelo muy bien desarrollado en la superficie de este acuífero, se ha considerado un valor de reserva útil de 50 mm. La lluvia útil caída sobre los 1135 km² es de también 50 mm, que representan un volumen de 57 hm³/año. Si se considera un coeficiente de infiltración del 80% (no existen cursos de agua permanentes y las ramblas sólo llevan agua en las ocasionales avenidas), se tiene que la alimentación por este concepto es de 46 hm³/año.

4.6.2. Excedentes de regadío

El volumen de agua aplicada a toda la superficie del Cuaternario es de 115 hm³/año. Si se considera que un 20% de este agua se infiltra, la alimentación por excedentes de regadío se estima en 23 hm³/año.

4.6.3. Alimentación total del acuífero Cuaternario

Es del orden de 69 hm³/año.

5. DESCARGA

5.1. TRIASICO DE LOS VICTORIAS

Todas las salidas del acuífero se producen por bombeo, estando evaluadas, para el año 1990, en 27,2 hm³.

5.2. TORTONIENSE

Igual que en el caso anterior las salidas totales corresponden a bombeos, con un volumen anual de 0,9 hm³.

5.3. ANDALUCIENSE

También aquí las salidas se producen por los bombeos realizados, habiéndose valorado este volumen en 12,3 hm³, para el año 1990.

5.4. PLIOCENO

Las descargas se producen de dos formas: una mediante bombeos, cuyo valor es de 6,3 hm³, y otra hacia el acuífero infrayacente del Andaluciense a través de sondeos no cementados, estimándose por este concepto un volumen de 14,2 hm³. La descarga total es por tanto de unos 20,5 hm³.

5.5. CABO ROIG

Las salidas se producen exclusivamente por bombeos en pozos y sondeos, que supuso en el año 1990 un volumen de 7,4 hm³.

5.6. CUATERNARIO

La descarga se realiza de tres formas diferentes: mediante bombeos con 2 hm³, hacia acuíferos infrayacentes (Plioceno y Andaluciense) con 37,9 hm³ y salidas al Mar Mediterráneo y Mar Menor con un mínimo de 5 hm³. Esta última cifra se ha obtenido utilizando el mapa de isopiezas de la figura nº 3 y considerando una transmisividad de 48 m²/día.

Las salidas totales del acuífero Cuaternario se cifran en 44,9 hm³ para el año estudiado 1990.

6. FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO

Como ya se ha dicho, en el Campo de Cartagena se han definido seis acuíferos que están asentados en los materiales permeables pertenecientes al Triásico, Tortonense, Andaluciense, Plioceno y Cuaternario. Dada la compleja estructura tectónica interna de esta depresión y el carácter discordante de muchas de sus formaciones existe, en ciertas zonas, una conexión hidráulica entre acuíferos. Vamos a analizar a continuación estas relaciones por sectores.

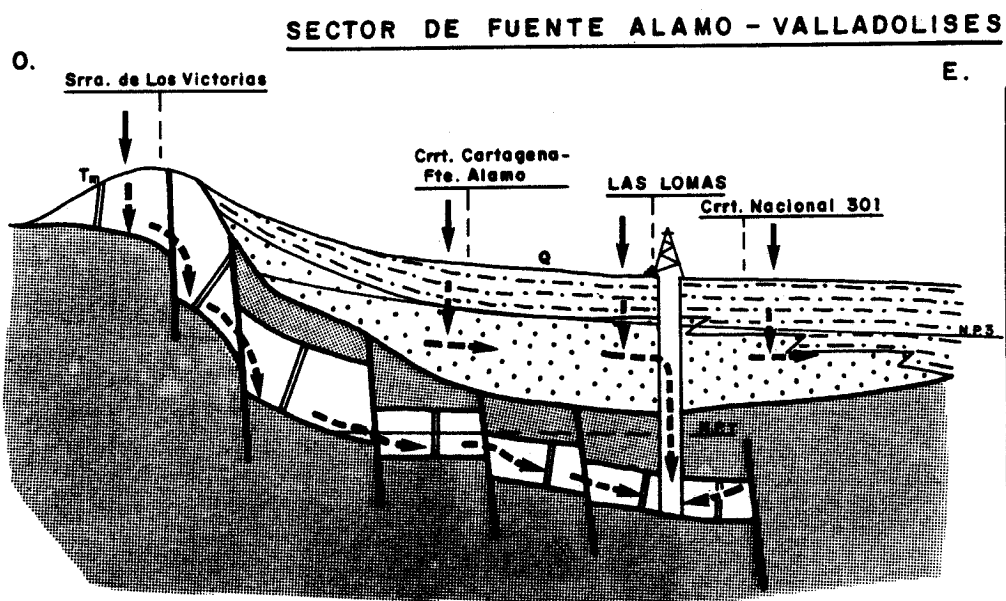
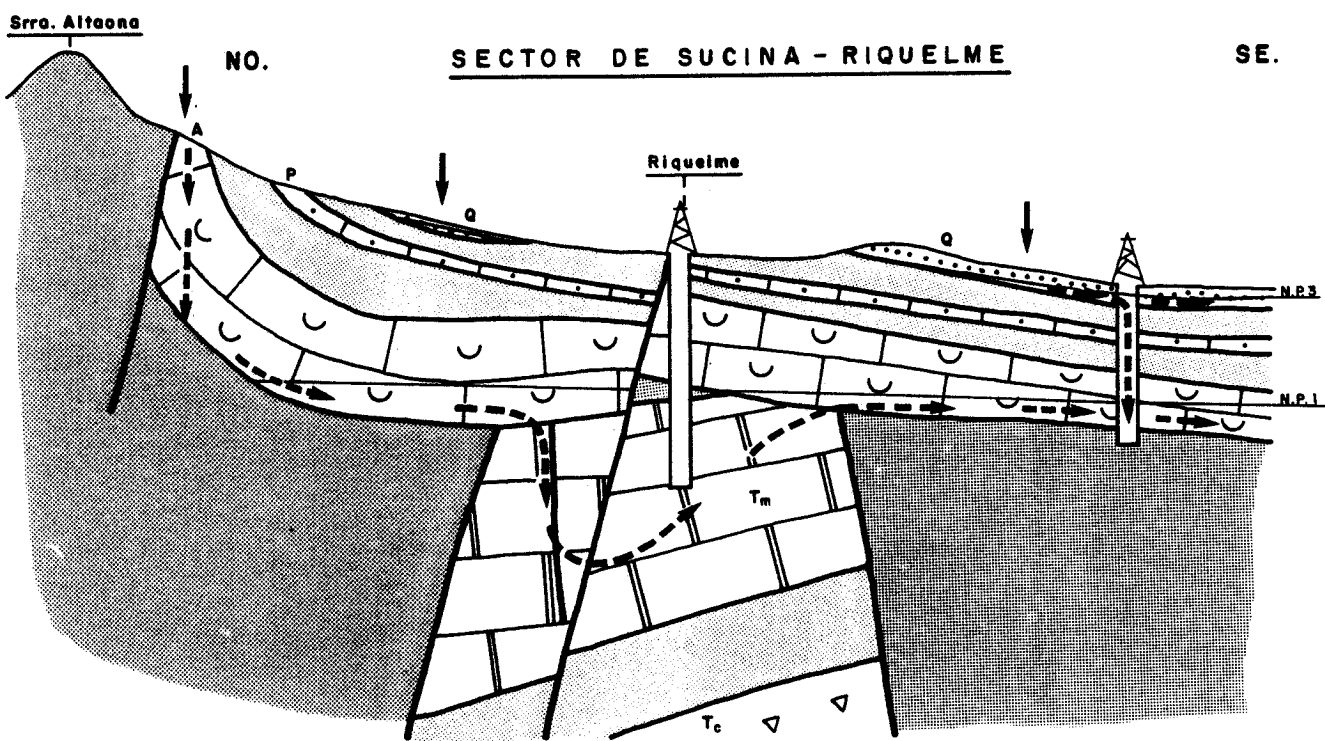
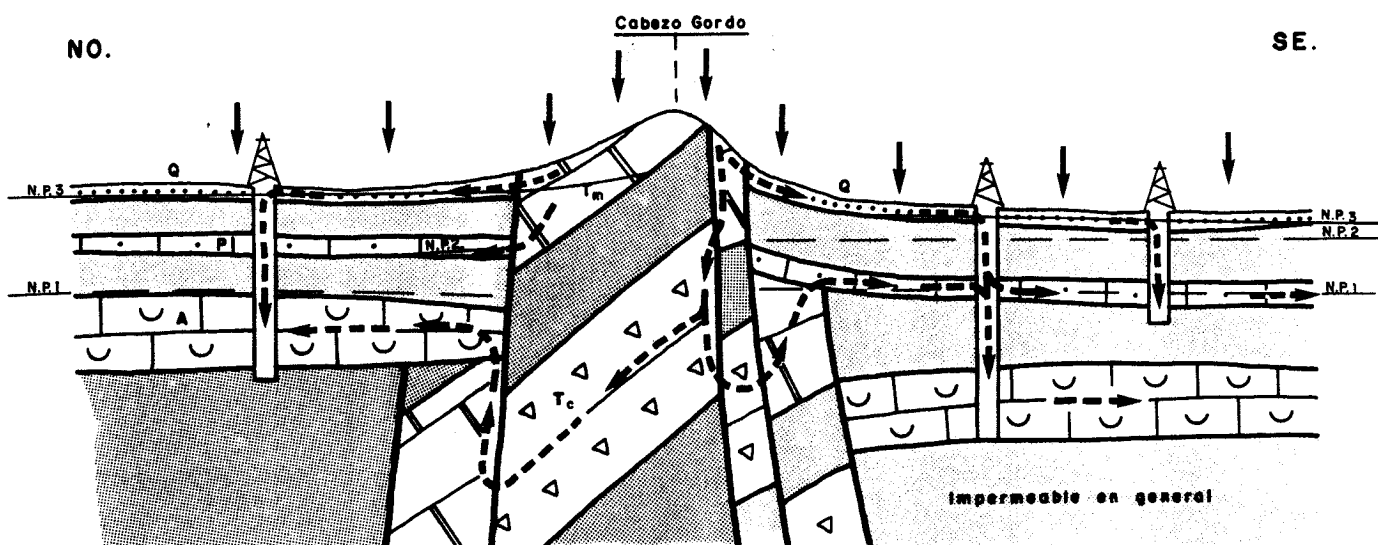
6.1. SECTOR DE CABEZO GORDO

En dicho cerro afloran mármoles triásicos del Nevado-Filábride, mediante la acción de fallas (el cerro constituye un horst) que presentan una permeabilidad por fisuración muy notable y un alto grado de karstificación, como lo prueba la existencia de simas en su sede; por tanto el grado de absorción de este pequeño afloramiento bético es elevado; en profundidad, bajo estos mármoles, existen unas cuarcitas muy fracturadas que poseen, asimismo, una importante permeabilidad, como se ha podido constatar por sondeos (fig. 25).

Este cerro constituyó una isla durante gran parte del Neógeno, de ahí que tanto los materiales del Andaluciense como los del Plioceno descansen discordantemente sobre los del Bético de Cerro Gordo (este hecho se ha comprobado por sondeos), si bien los bordes del monte-isla han sido retocados con posterioridad por la acción de una Neotectónica. Al existir un contacto de las rocas permeables del Mesozoico con las del Terciario, se produce lógicamente una conexión hidráulica entre ambas y esto viene corroborado por los siguientes hechos:

a) Tanto las isopiezas del acuífero Andaluciense, como las del Plioceno, demuestran que existe una alimentación del

FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO
SECTOR DE CABEZO GORDO



LEYENDA	
Q	Gravas y arenas. CUATERN.
P	Areniscas. PLIOCENO
A	Calcarenitas. ANDALUCIEN.
T _m	Mármoles
T _c	Cuarcitas
	} TRIASICO
N.P. ₃	Nivel piezomet. CUATERN.
N.P. ₂	" " PLIOCENO
N.P. ₁	" " ANDALUC.
N.P. _T	" " TRIASICO

Fig. nº 25

cerro a estos acuíferos, al presentar sus flujos subterráneos una morfología centrífuga.

b) Por otro lado, al existir fallas profundas de borde, parte del agua penetra por las mismas y alcanza grandes profundidades; esto trae consigo que las aguas que extraen los sondeos de este sector sean calientes (mayor de 35°) y que vengan cargadas de sales (T.S.D. mayor de 4000 mg/l en sondeos que captan el Andaluciense) y con iones geotérmicos (Boro, Fluor y Sílice). No se descarta la existencia de anomalías geotérmicas en este sector dada la elevada temperatura que presentan sus aguas subterráneas en comparación con la relativamente escasa profundidad de los sondeos.

Como consecuencia de que, durante muchos años, los sondeos en el Campo de Cartagena eran ejecutados con características técnicas muy defectuosas, al no aislar mediante cementación los acuíferos superiores de peor calidad, se ha producido una contaminación progresiva de los acuíferos profundos que tenían inicialmente una buena calidad. Con la llegada de las aguas del Trasvase Tajo-Segura al sector en 1980, y ser suministradas generalmente por el sistema de riego a manta, los excedentes de regadío penetraron, a través de los sondeos ya que, como se ha dicho, el acuífero del Cuaternario no estaba aislado. La consecuencia de este último fenómeno es que ha mejorado algo la calidad química de las aguas del Andaluciense y Plioceno (al ser mejor la del Trasvase que las de estos acuíferos), pero sobre todo han ascendido sus niveles piezométricos (en el Plioceno de 2 a 5 m/año) ya que, por un lado se han liberado importantes caudales de aguas subterráneas en los sondeos al ser sustituidos por los superficiales del Trasvase y por otro, los acuíferos profundos han recibido la alimentación extraordinaria de los excedentes de regadíos a través de los sondeos. Por tanto, hay que admitir que existe una comunicación hidráulica entre el acuífero del Cuaternario y los del Plioceno y Andaluciense, a pesar de que todos ellos están separados por tramos margosos impermeables del Neógeno. Los sondeos realizados en los últimos años, generalmente captan el acuífero del Andaluciense y ya efectúan las cementaciones pertinentes.

6.2. SECTOR DE SUCINA-RIQUELME

En este sector existe un subafloramiento de materiales béticos a escasa profundidad, constituido por las mismas rocas que aparecen en el Cabezo Gordo y con estructura también de horst. Numerosos sondeos han puesto de manifiesto que el Andaluciense reposa directamente sobre los mármoles triásicos, que el Plioceno está seco en este sector y que el Cuaternario tiene escasa entidad como acuífero (fig. 25).

El funcionamiento hidrogeológico sería el siguiente: El agua que cae, sobre los afloramientos carbonatados del Andaluciense, por ejemplo de la Sierra de Altaona, se infiltran y recorre largo trecho hacia el Sur, a través de las fisuras de las rocas secas, hasta llegar a la zona saturada. Allí se pone en contacto con los mármoles triásicos del horst subaflorante, hecho que viene avalado por lo siguiente:

a) Presencia de alta temperatura (entre 30 y 35° C) en los sondeos que captan el Triás y Andaluciense o bien sólo este último.

b) Empeoramiento de la calidad química a lo largo del tiempo, presentando en la actualidad, en este sector, un valor de T.S.D. superior a 4000 mg/l. También se ha localizado la presencia de iones geotérmicos como Boro y Fluor. La razón de esta elevación en la salinidad, al contrario de lo que se ha apuntado en el sector de Cerro Gordo, es porque en el sector de Sucina-Riquelme no se aplican volúmenes de agua procedentes del Trasvase, dada la elevada cota topográfica a la que se encuentra y, en consecuencia, tampoco ascienden los niveles piezométricos, sino todo lo contrario.

Aunque no se apliquen aguas del Trasvase en este sector existe, no obstante, una alimentación al acuífero del Andaluciense, a través de los sondeos, procedente del acuífero del Cuaternario, referida al excedente de regadío del agua que es extraída en los sondeos y aplicada "a manta" sobre el terreno. Si se tiene en cuenta que estos caudales aplicados son, en

proporción, menores que los del Trasvase en sus sectores correspondientes, y que el acuífero Cuaternario presenta escasa entidad hidrogeológica y por tanto es poco transmisor, se comprenderá que la alimentación por este concepto es casi despreciable.

El flujo en este sector es hacia el SE, no apreciándose el centrifugismo en su morfología, como en Cabezo Gordo, ya que en Sucina-Riquelme no llega a aflorar el Triásico.

6.3. SECTOR FUENTE ALAMO-VALLADOLISES

Las rocas carbonatadas del Triás que afloran escasamente en la Sierra de los Victorias, son hundidas hacia el Norte, Este y Oeste por la acción de fallas, consiguiéndose en algunos casos la desconexión hidráulica entre bloques, aunque a grandes rasgos se puede decir que existe un único acuífero (fig.25).

Según el mapa de isopiezas se aprecia un flujo general hacia el N y NE, pero dicho gradiente no es natural, sino que está motivado por las extracciones en los bombeos (obsérvese la curva cerrada que describe la isolínea de -50).

En este sector no están representados los acuíferos del Andaluciense y Plioceno; en cambio, ligado a la intensa erosión que han sufrido las sierras de los Gómez y de los Victorias (hasta el punto de verse reducidos a pequeños cerros), se ha desarrollado junto a ellas un potente relleno del Cuaternario, que al tener una geomorfología de pie de monte, presenta una distribución litológica muy irregular (junto a las sierras los cantos son de mayor tamaño y lejos de ellos predominan los elementos finos) y en consecuencia una baja permeabilidad. En cualquier caso, hay que decir que en este sector existe un acuífero importante ligado al Triás, (del que se extraen grandes volúmenes que ocasionan descensos continuados en los niveles piezométricos) y otro de escasa importancia asentado en los materiales del Cuaternario. Aunque a grandes rasgos se

puede decir que se trata de dos acuíferos independientes, como lo prueba la diferencia en niveles piezométricos (más altos los del Cuaternario), en calidades químicas (peores los del Cuaternario) y en temperaturas (se aprecia un geotermismo, de más de 35° C, en los sondeos que captan el Triásico), sin embargo se produce un cierto grado de conexión hidráulica entre ambos como consecuencia de flujo vertical descendente a través de los sondeos mal contruidos.

6.4. SECTOR SIERRAS DEL NORTE

En este sector es donde aparecen todos los afloramientos de los acuíferos del Tortoniense y Andaluciense y la mayoría de los del Plioceno, constituyendo por tanto las áreas de alimentación natural de los mismos.

Los materiales detríticos del Tortoniense (conglomerados en el sector occidental y areniscas y microconglomerados en el oriental) se internan en la depresión a gran profundidad desapareciendo muy posiblemente a la altura de las fallas que limitan el acuífero Andaluciense, por el Sur, o incluso antes, debido al carácter lentejónar de los mismos. Existen muy pocos puntos que capten este acuífero, por lo que no se conoce bien su funcionamiento hidrogeológico; sin embargo, en base al ensayo de isopiezas, parece existir un flujo de Oeste a Este, motivado por las explotaciones. Lo que sí está claro es que no tiene relación hidráulica ni con el acuífero del Andaluciense (a pesar de estar en contacto con éste, mediante una falla, 5 km, en la Sierra de Altaona) ni con el acuífero del Plioceno (aún teniendo en cuenta que su carácter discordante ocasiona que repose sobre aquel, a la altura del Cerro Alcor, durante 1 km de longitud); esta afirmación viene confirmada por la gran diferencia que existe entre los niveles piezométricos (de más de 300 m) y entre las calidades químicas de sus aguas (las del Tortoniense son las de mejor calidad de todo el Campo de Cartagena, con un valor de T.S.D. inferior a 1000 mg/l).

Igualmente independientes son, en este sector, los acuíferos del Andaluciense y Plioceno, existiendo una diferencia en la piezometría, entre ellos, de al menos 40 m (las calidades químicas son similares). Existe un flujo generalizado (NO-SE) desde los afloramientos hacia la zona llana del Campo, que es donde se localizan las mayores extracciones. Próximo a los afloramientos, ambos acuíferos están secos dadas las elevadas cotas a que se encuentran aquellos (fig. 26).

El Cuaternario, a pesar de tener poca entidad, constituye otro acuífero independiente cuyo gradiente es también hacia las cotas más bajas; las profundidades del agua en este sector son elevadas, estando seco en las zonas más septentrionales. En aquellos sondeos mal construidos, existe una alimentación hacia los acuíferos más profundos, por excedentes de regadío, de las aguas bombeadas y esparcidas "a manta" sobre el suelo agrícola.

6.5. SECTOR CARTAGENA-LA UNION

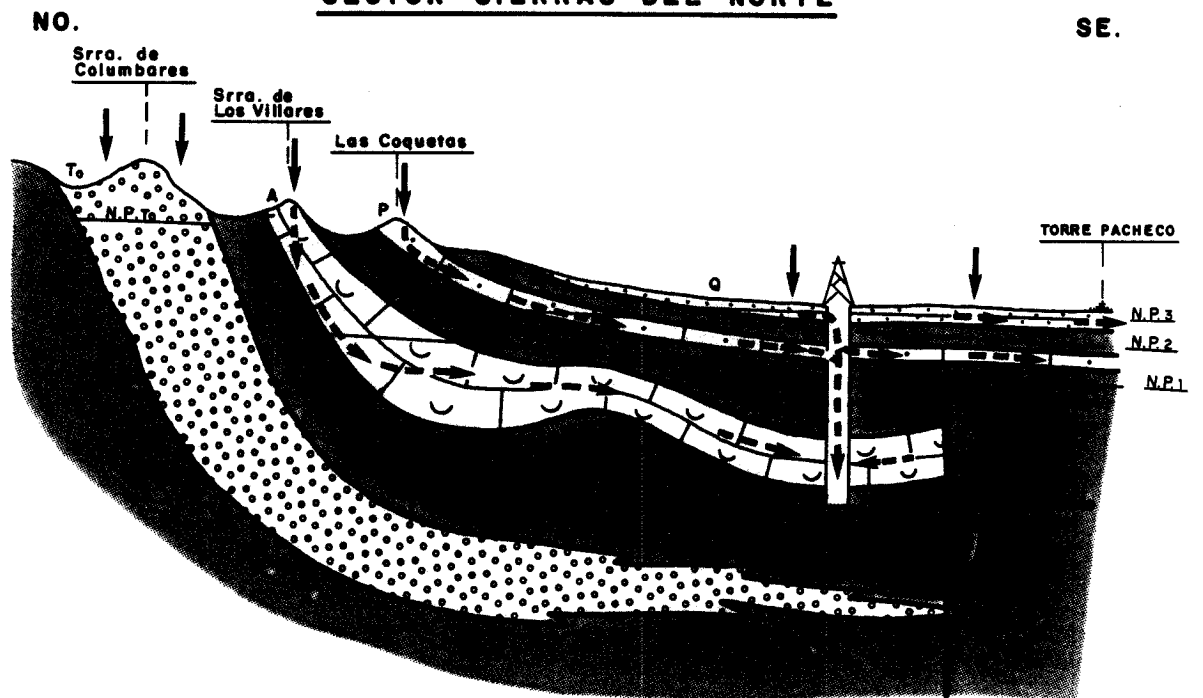
Este sector es el peor conocido de todos, porque todavía no se ha investigado la hidrogeología de las Sierras del Sur ni sus conexiones con el Campo de Cartagena; sin embargo se pueden afirmar lo siguiente:

- a) No está representado el acuífero del Andaluciense.
- b) Los acuíferos del Plioceno y Cuaternario tienen una conexión hidráulica ya que este último descansa discordante sobre aquel; en consecuencia, sus calidades químicas son idénticas.
- c) Existe un flujo generalizado Sur-Norte, hacia las extracciones más importantes, deduciéndose una alimentación hacia el Plioceno desde las sierras de La Unión, a través del Cuaternario.

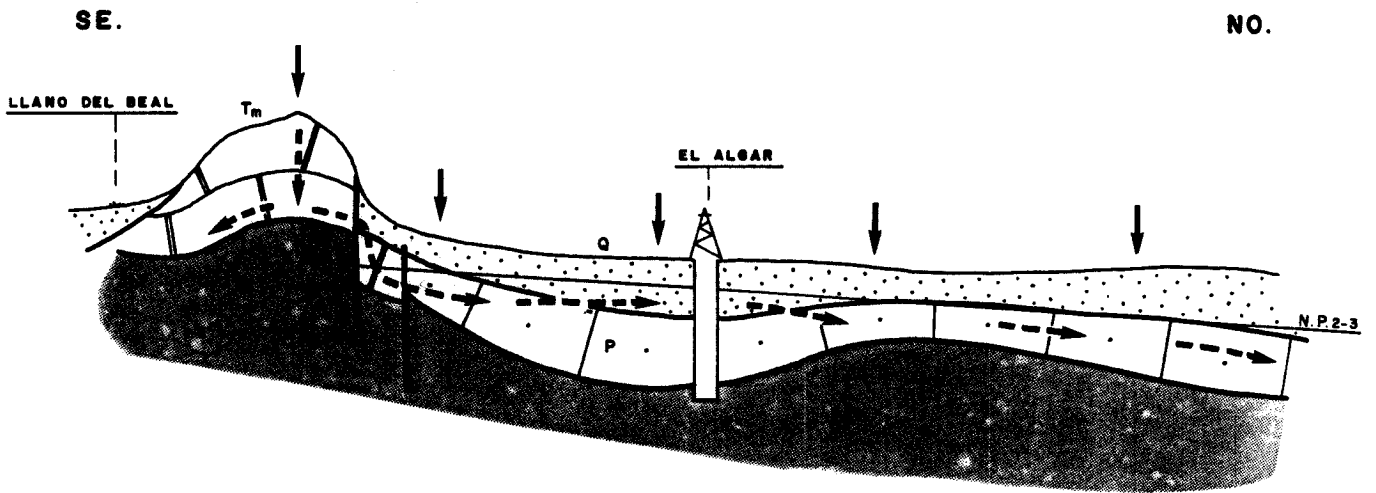
Un esquema hidrogeológico de este sector puede verse en la fig. 26.

FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO

SECTOR SIERRAS DEL NORTE



SECTOR CARTAGENA - LA UNION



LEYENDA

Q	Gravas y arenas.	CUATERNARIO	-----	N.P. ₃	Nivel piezométrico.
P	Areniscas.	PLIOCENO	-----	N.P. ₂	" "
A	Calcarenitas.	ANDALUCIENSE	-----	N.P. ₁	" "
T ₀	Conglomerados.	TORTONIENSE	-----	N.P. _{T₀}	" "
T _m	Mármoles.	TRIASICO			

Fig. nº 26

6.6. SECTOR LITORAL

En el litoral del Mar Menor no aparece el acuífero del Andaluciense y el flujo del acuífero del Plioceno viene condicionado por las extracciones por bombeo, si bien predomina el sentido hacia el Norte. En la zona de Pozo Estrecho-Los Alcázares existe una intrusión marina fósil, con concentraciones de T.S.D. de casi 6000 mg/l, por lo que la explotación a través de sondeos es muy escasa. El acuífero Cuaternario presenta un gradiente generalizado hacia el Mar Menor, existiendo una descarga natural hacia el mismo, lo que ha provocado la disminución en la salinidad del Mar Menor llegando a presentar en la actualidad casi el mismo valor que la del Mar Mediterráneo. En los sondeos mal construidos, se produce una alimentación hacia el acuífero del Plioceno, que procede de excedentes de regadío (fig. 27).

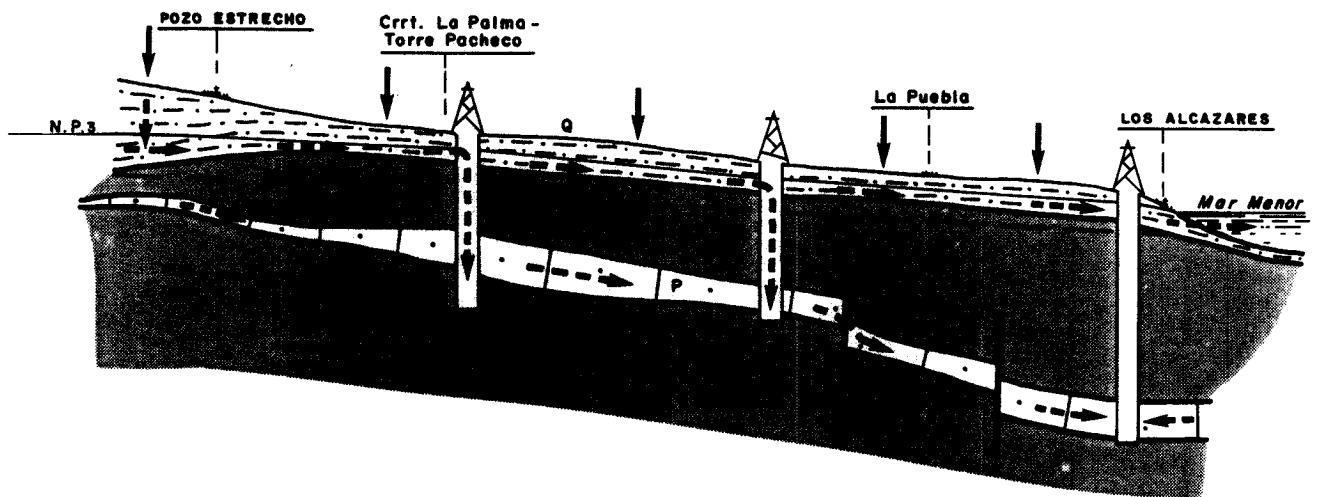
En el litoral del Mar Mediterráneo existen los acuíferos profundos del Andaluciense y del Plioceno y el superficial del Cuaternario, todos ellos independientes, ya que existe una diferencia en la piezometría, entre un acuífero y su inmediato infrayacente, de aproximadamente 40 m. El gradiente en los dos profundos está condicionado por las explotaciones, observándose un sentido centrípeto hacia la zona de Lo Romero; no existe conexión con el mar de estos dos acuíferos, como lo explica el hecho de que próximo al litoral aparezcan cotas del nivel piezométrico de -50 (Plioceno) y -90 (Andaluciense) sin que existan fenómenos de intrusión marina; la razón debe venir explicada por la existencia de una falla próxima a la costa de dirección casi N-S (fig. 27), que condiciona la morfología lineal de ésta, algo similar a lo que ocurre con el Mar Menor en su parte occidental, que tiene forma de ángulo obtuso porque se adapta a las fallas de los Urrutias y de Santiago de la Ribera; éstas últimas han sido detectadas por Geofísica porque sus trazas pasan por el continente; sin embargo, la falla que se deduce que tiene que existir (para explicar estos fenómenos hidrogeológicos apuntados en la zona de S. Pedro del Pinatar) seguramente no se ha detectado porque su traza pasa por el mar, a poca distancia de la costa. Los sondeos mal construidos, que en la zona son muy

FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO

SECTOR LITORAL

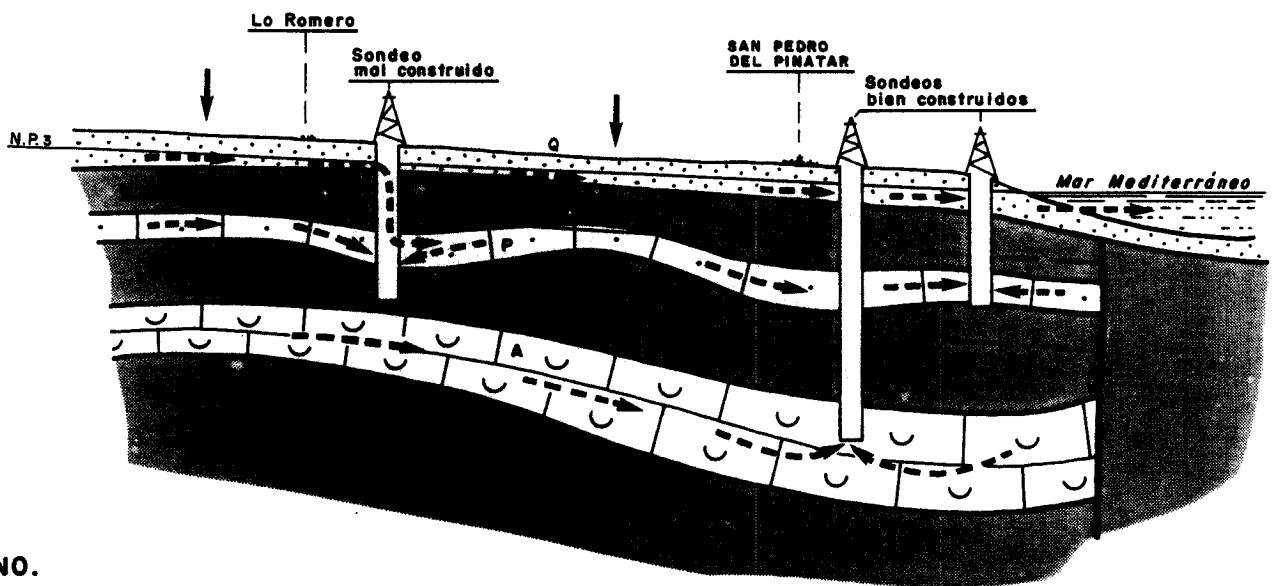
O.

E.



NO.

SE.



NO.

SECTOR CABO ROI6

SE.

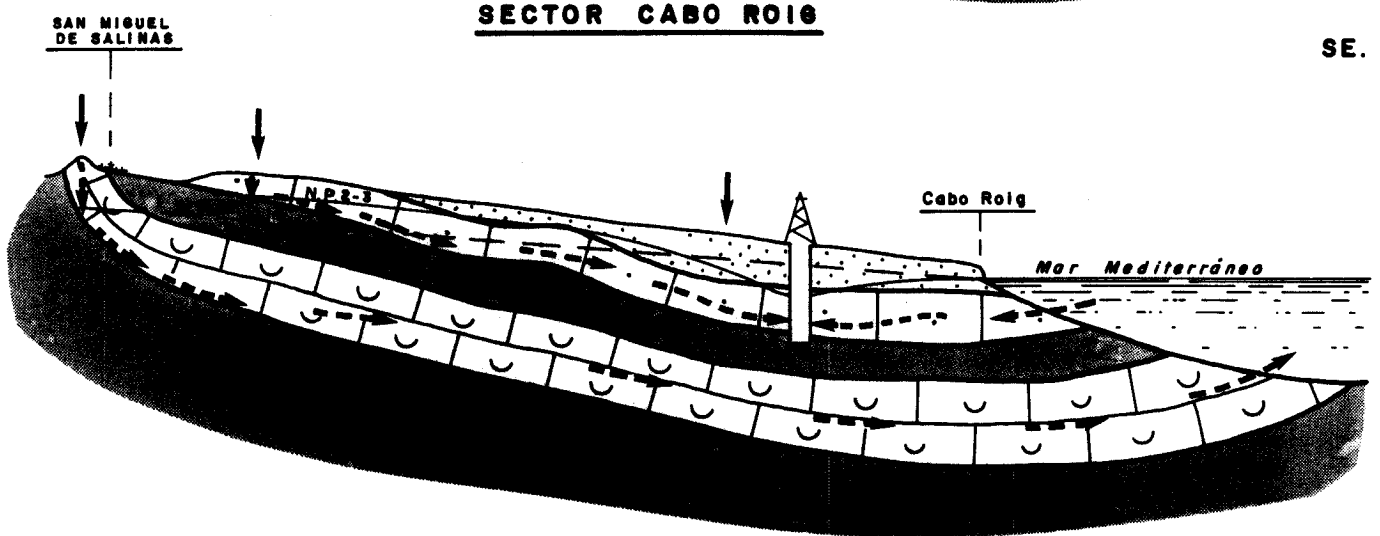


Fig. nº 27

abundantes, sirven de conducto para la alimentación extraordinaria procedente de los excedentes del regadío con aguas del Trasvase, hasta el punto de que en algunos sectores que captan el acuífero del Plioceno se está produciendo, por este concepto en los últimos tiempos, ascensos en el nivel piezométrico de hasta 8,5 m/año. El acuífero del Cuaternario presenta actualmente un flujo generalizado hacia el Mar Mediterráneo, existiendo por tanto una conexión hidráulica con éste; como consecuencia de la llegada de las aguas del Trasvase a esta zona, los niveles piezométricos han ascendido enormemente llegando, incluso, a observarse en los últimos tiempos variaciones de hasta 5 m/año. En la década de los años 70, cuando existía una sobreexplotación general en el Campo de Cartagena, el flujo era del mar hacia el continente, registrándose casos de intrusión marina.

6.7. SECTOR CABO ROIG

En este sector sólo se ha estudiado con detalle el acuífero del Plioceno, debido a que la práctica totalidad de los sondeos captan este acuífero; sobre éste reposa directamente un

Cuaternario que se comporta solidario hidrogeológicamente con el acuífero infrayacente.

El flujo está condicionado exclusivamente por las explotaciones que se localizan en la zona costera; como consecuencia de los bombeos masivos (sobreexplotación) y la comunicación del acuífero con el mar, se produce una intrusión de éste que ocasiona altas concentraciones de salinidad en las aguas subterráneas que llegan a alcanzar valores de hasta 7.500 mg/l (fig. 27).

En el ensayo de isopiezas se aprecian dos flujos convergentes, que provienen del área de alimentación de la Peña del Aguila y del mar, y que se unen en un eje de drenaje situado inmediatamente al Oeste de la carretera S. Javier-Torre Vieja, donde se registran cotas del nivel piezométrico de -20 m.r.n.m.

Infrayacente al Plioceno existe otro acuífero carbonatado ligado al Andaluciense, cuyas relaciones hidráulicas con su correspondiente del Campo de Cartagena se desconocen; sin embargo, y a juzgar por el salto de la falla del Río Seco (más de 100 m) y de la potencia del Andaluciense en este sector (menos de 100 m) se piensa que constituya un acuífero independiente. Según información pública de la Confederación Hidrográfica del Segura, y en base a unos estudios de teledetección que ha llevado a cabo recientemente en la costa, existe en este sector una zona de surgencias de aguas continentales al mar, que bien podrían tratarse de las salidas naturales de este acuífero al mar, que está aún sin explotar y que de acuerdo con un análisis de agua realizado en un sondeo que lo capta, en tierra, es de buena calidad.

7. BALANCE DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS DEL CAMPO DE CARTAGENA

7.1. BALANCE POR ACUIFEROS

La alimentación, descarga y balance resultante de los acuíferos del Campo de Cartagena puede verse en el cuadro nº 2.

El acuífero Triásico de los Victorias destaca, entre todos los estudiados, por su fuerte balance negativo de -23,8 hm³/año, lo que provoca un importante descenso de los niveles piezométricos, pues téngase en cuenta que frente a una alimentación de tan solo 3,4 hm³/año, existe un bombeo de 27,2 hm³/año. En un futuro muy próximo este balance se hará menos negativo por la llegada de las aguas del Trasvase Tajo-Segura que regarán la zona occidental del Campo de Cartagena, y con ello se liberarán caudales de aguas subterráneas; pero en la actualidad se puede decir que existe un estado de sobreexplotación.

En el acuífero Tortoniense puede considerarse que existe una situación de equilibrio pues los recursos calculados de 0,8 hm³/año son muy similares a las salidas por bombeo, cifradas en 0,9 hm³/año; prueba de ello es que los niveles se mantienen prácticamente estabilizados.

El acuífero Andaluciense aparece con un importante balance positivo de +17,7 hm³/año lo que parece confirmarse por la estabilización de niveles piezométricos en algunas zonas y elevación de los mismos en otras, al menos hasta el año 1988, fecha en que se realizaron las últimas medidas piezométricas.

Para el Plioceno el balance también resulta positivo, concretamente es de +10,2 hm³/año, ya que frente a una alimentación de 30,7 hm³ existe una descarga de 20,5. También en este caso las evoluciones piezométricas ascendentes confirman el balance hídrico positivo.

Cuadro nº 2

BALANCE POR ACUIFEROS DEL CAMPO DE CARTAGENA (Año 1990)

ACUIFERO	ALIMENTACION (hm ³ /año)					DESCARGA (hm ³ /año)				BALANCE RESULTANTE	OBSERVACIONES
	Infiltración lluvia útil	Excedentes de regadío	Acuíferos suprayac.	Acuíferos laterales	TOTAL	Bombeos	Acuíferos infrayac.	Mar	TOTAL		
TRIASICO DE LOS VICTORIAS	2,4	1		-	3,4	27,2	-	-	27,2	-23,8	Descensos de niveles
TORTONIENSE	0,8	-	-	-	0,8	0,9	-	-	0,9	- 0,1	Niveles estabilizados
ANDALUCIENSE	1,5	-	28,5	-	30	12,3	-	-	12,3	+17,7	Ascenso de niveles
PLIOCENO	2,6	-	23,7	4,4	30,7	6,3	14,2	-	20,5	+10,2	Ascenso de niveles
CABO ROIG	1,2	0,2	-	-	1,4	7,4	-	-	7,4	- 6,0	Intrusión marina
CUATERNARIO	46	23	-	-	69	2	38	5	44,9	+24	Ascenso de niveles

En el acuífero Cabo Roig frente a una alimentación de 1,4 hm³/año existe una explotación por bombeos de 7,4 hm³/año, lo que representa un déficit hídrico de -6,0 hm³/año. No se poseen datos de evolución piezométrica en este acuífero, definido en los últimos años, pero se sabe que su piezometría es negativa y que se está produciendo un fenómeno de intrusión marina que es el causante de que lleguen al acuífero gran parte de los 6 hm³/año de déficit.

Por último el acuífero Cuaternario presenta el superávit hídrico más importante, con +24 hm³/año, lo que se traduce en importantes ascensos del nivel piezométrico que provocan problemas de drenaje en la zona de S. Pedro del Pinatar-S. Javier.

7.2. BALANCE GLOBAL

La unidad hidrogeológica del Campo de Cartagena, contemplada en su conjunto, recibe su alimentación por tres vías diferentes: mediante infiltración de la lluvia útil caída sobre los seis acuíferos existentes que supone 54,5 hm³/año, de los que 46 hm³/año corresponden a la infiltración sobre el acuífero Cuaternario; por excedentes de regadío infiltrados en los acuíferos Cuaternario, Cabo Roig y Triásico de los Victorias con 24,2 hm³/año y por alimentación lateral subterránea proveniente de la Sierra de Cartagena que se estima en 4,4 hm³/año. Todo ello supone una alimentación total de 83,1 hm³/año.

Las salidas totales han sido evaluadas, en el año 1990, en 61,1 hm³/año correspondiendo 56,1 hm³/año a bombeos y 5 hm³ a salidas al mar.

En total, el balance global, en aguas subterráneas del Campo de Cartagena, es en este momento positivo (+22) en favor de las entradas. Este balance, que hace 15 años era altamente negativo (-86), por existir una fuerte sobreexplotación por bombeo, con la llegada de las aguas del Trasvase ha pasado a ser positivo, pues las aguas superficiales han sustituido a gran

parte de las subterráneas reduciendo la explotación a la mitad y además se ha producido una importante alimentación por excedentes de regadío que se cifra en unos 23 hm³/año. Este hecho ha tenido su respuesta en la evolución piezométrica pues hace 15 años era de descenso y en este momento es de ascenso general, incluso en áreas no regadas por aguas del Trasvase.

8. RESERVAS

A partir de los mapas que se han construido de isohipsas e isopacas del Andaluciense y Plioceno (basadas en geofísica y sobre todo en calumnas de sondeos) se han calculado las reservas de sus correspondientes acuíferos con bastante precisión; en estos dos casos, posteriormente se han establecido las curvas de explotación. No así ha ocurrido con los acuíferos Triásico de los Victorias y Tortoniense, ya que no se dispone de los datos necesarios para calcular con exactitud las reservas y por lo tanto sólo se darán unos valores estimativos.

8.1. TRIASICO DE LOS VICTORIAS

Ya se indicó en 1989 (Estudio hidrogeológico del Campo de Cartagena 1ª fase) la dificultad que había para definir la geometría de este acuífero debido a que existían tres unidades tectónicas superpuestas pertenecientes al Nevado Filábride. En consecuencia, calcular las reservas no es posible en este momento, debido a la escasa información disponible. Sin embargo se pueden estimar, a título orientativo, considerando los datos que se conocen.

Si se tiene en cuenta que el espesor máximo de roca permeable (mármoles triásicos) es de 100 m, y que en la actualidad existe aproximadamente una superficie de acuífero mojado de 75 km² (deducido por los sondeos que se han ido quedando secos), se llega a un volumen de roca mojada de 7500 hm³. Aplicando una porosidad eficaz del 2%, el valor estimativo de las reservas es de 150 hm³. Sin embargo no todas se podrían explotar, pues dada su estructura en bloques, que se van hundiendo hacia fuera de la Sierra de los Victorias, las reservas existentes en zonas alejadas a ésta, no serían económicamente explotables al encontrarse a grandes profundidades. Se estima que aproximadamente la mitad de las reservas totales serían útiles.

8.2. TORTONIENSE

Los problemas encontrados, para calcular las reservas de este acuífero, son similares a las descritas para el Triásico de los Victorias (escasos datos existentes, verticalidad de sus estratos, etc.).

Si se considera una potencia media de la roca permeable (conglomerados en el sector occidental y areniscas en el oriental) de 175 m y una superficie práctica del acuífero de 43 km², se tiene que el volumen de roca mojada es de 7.525 hm³. Aplicando una porosidad eficaz del 1%, se deduce que las reservas útiles son de 75 hm³.

8.3. ANDALUCIENSE

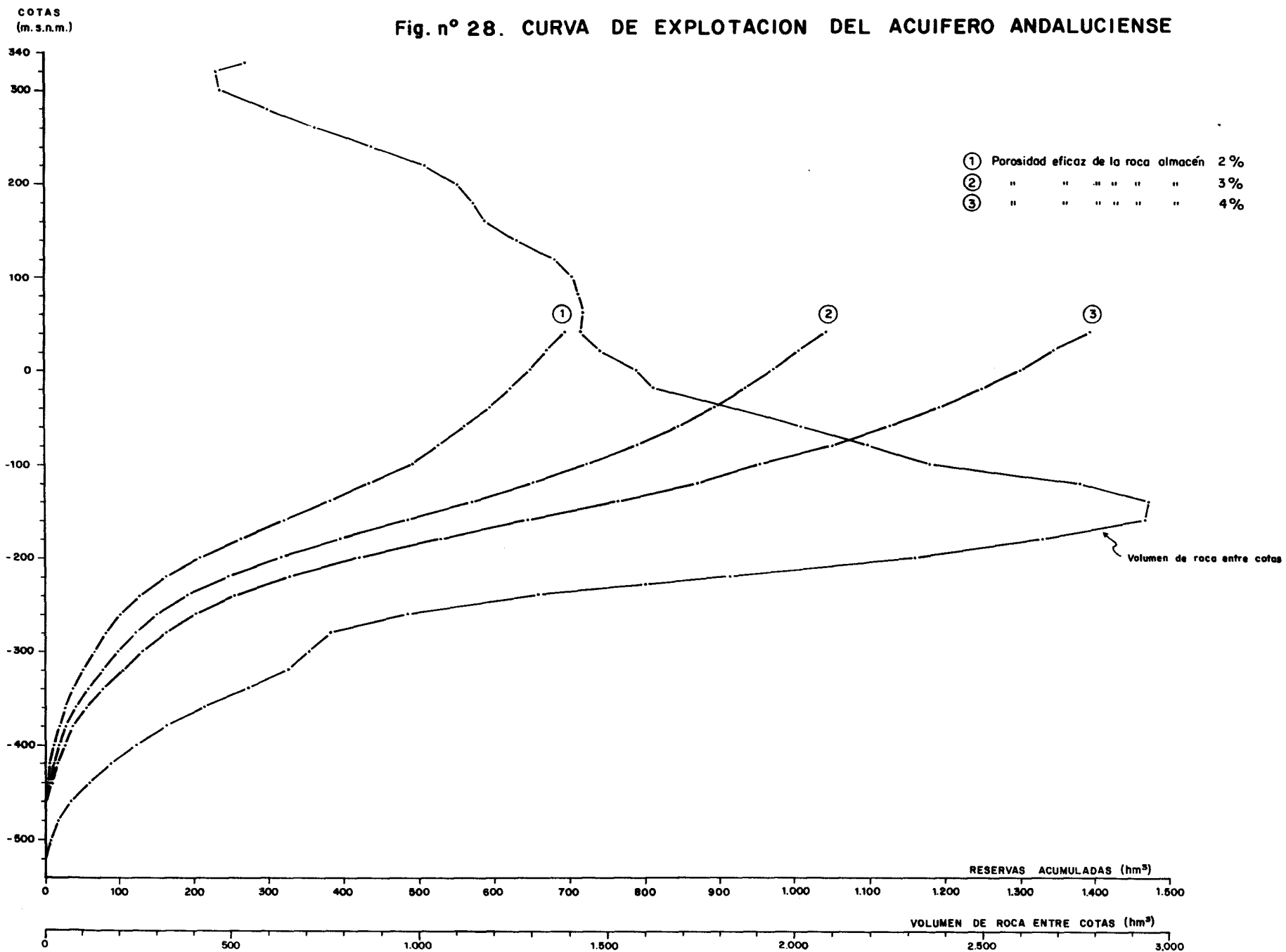
En base a los mapas de isopiezas del techo y muro del acuífero, confeccionados en el Estudio hidrogeológico del Campo de Cartagena 1ª Fase y considerando la piezometría que se ha realizado en esta 2ª Fase (fig. 1), se ha construido el mapa de isopacas de acuífero mojado. De su planimetro se extraen unos valores de volumen de roca; éstos multiplicados por los valores de porosidad eficaz del 2%, 3% y 4%, nos dan las reservas según para cada supuesto (ver cuadro nº 3). Por último, se ha confeccionado una curva de explotación de este acuífero (fig. 28).

De la interpretación de esta última se puede decir lo siguiente:

1º) Hasta la cota 40 m.s.n.m., existe un volumen de roca saturada de casi 35.000 hm³.

2º) El mayor volumen de roca saturada está comprendido entre la cota 40 m.s.n.m. y la 280 m.b.n.m., con un valor de casi 30.000 hm³, disminuyendo grandemente a partir de la cota 160 m.b.n.m.

Fig. nº 28. CURVA DE EXPLOTACION DEL ACUIFERO ANDALUCIENSE



3º) Las reservas totales están comprendidas entre 660 y 1400 hm³, según se considere un valor del 2 o del 4% de porosidad eficaz. Un valor medio es el de 1000 hm³, que corresponde a una porosidad eficaz del 3%.

4º) Las reservas económicamente explotables, desde la cota 40 hasta la de -280 m, están comprendidas entre 550 y 1200, siendo 900 el valor más probable.

8.4. PLIOCENO

Se ha seguido el mismo procedimiento y según el mapa de isopiezas (fig. 2), mapa de isopacas del acuífero mojado valores de volumen de roca acuífera y reservas (cuadro nº 4) y curva de explotación (fig. 29), se extraen las siguientes conclusiones:

1º) Hasta la cota 80 m.s.n.m., existe un volumen de roca saturada de 12.000 hm³.

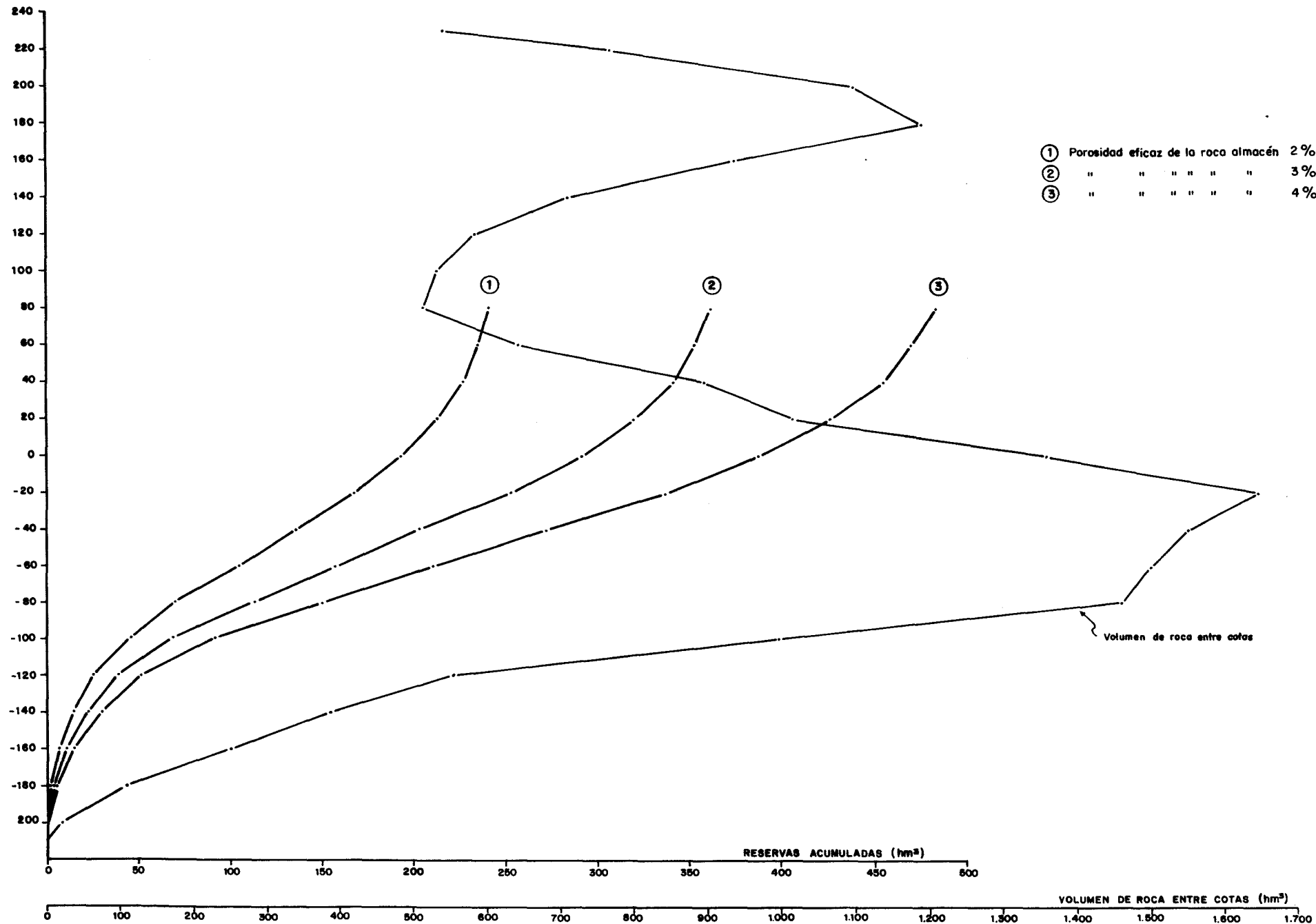
2º) El mayor volumen de roca saturada está comprendida entre la cota 80 m.s.n.m. y la 140 m.b.n.m., con un valor de 10.750 hm³, disminuyendo grandemente a partir de la cota 120 m.b.n.m.

3º) Las reservas totales están comprendidas entre 240 y 480 hm³, según se considere un valor del 2 o del 4% de porosidad eficaz. Un valor medio es el de 360 hm³, que corresponde a una porosidad eficaz del 3%.

4º) Las reservas económicamente explotables, desde la cota 80 hasta la de -100 m, están comprendidas entre 165 y 330 siendo 250 el valor más probable.

Fig. 29. CURVA DE EXPLOTACION DEL ACUIFERO PLIOCENO

COTAS
(m.s.n.m)



8.5. CABO ROIG

Se ha seguido el mismo procedimiento y según el mapa de isopiezas (fig. 2), mapa de isopacas del acuífero mojado, valores de volumen de roca acuífera y reservas (cuadro nº 5) y curva de explotación (fig 30), se extraen las siguientes conclusiones:

1º) Hasta la cota 20 m.s.n.m., existe un volumen de roca saturada de casi 1200 hm³.

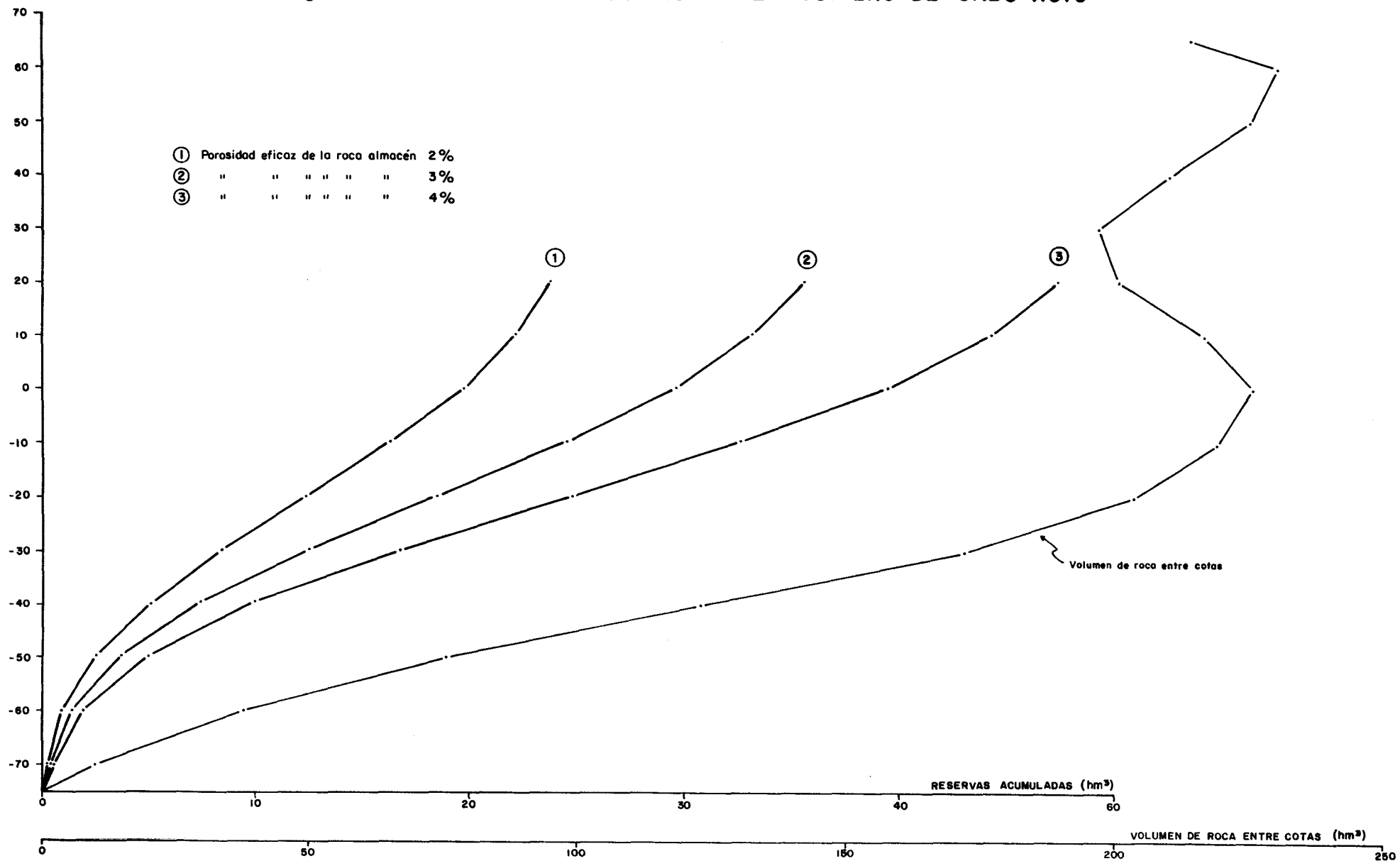
2º) El mayor volumen de roca saturada está comprendido entre la cota 20 m.s.n.m. y la 60 m.b.n.m., con un valor de 1060 hm³, disminuyendo grandemente a partir de la cota 70 m.b.n.m.

3º) Las reservas totales están comprendidas entre 23 y 47 hm³, según se considere un valor del 2 o del 4% de porosidad eficaz. Un valor medio es el de 35 hm³, que corresponde a una porosidad eficaz del 3%.

4º) Las reservas económicamente explotables, desde la cota 20 hasta la de -60 m, están comprendidas entre 21 y 42 siendo 32 el valor más probable.

COTAS
(m.s.n.m.)

Fig. nº 30. CURVA DE EXPLOTACION DEL ACUIFERO DE CABO ROIG



9. HIDROQUIMICA

Frente a las 80 muestras de agua programadas se tomaron 81 repartidas entre los acuíferos Triásico de los Victorias (2), Tortoniense (2), Andaluciense (17), Plioceno (45) y Cuaternario (15).

La campaña de toma de muestras se desarrolló principalmente en julio de 1990, obteniéndose en esa fecha 55 muestras. Las 27 restantes fueron tomadas al final del otoño y principio del invierno de 1989-90.

A pesar de la pequeña densidad de puntos con muestras analizadas, en los distintos acuíferos se han realizado mapas de salinidad, utilizando los análisis de las Campañas de este estudio y los efectuados en el año 1989 para el ITGE en el proyecto "Estudio de intrusión marina en acuíferos costeros de Murcia y Alicante"; de este estudio se han obtenido todos los datos para el mapa de salinidad en el acuífero Cabo Roig, ya que no pudo ser muestreado para el presente trabajo. Así mismo, se han tomado como base los mapas de ensayo de salinidad realizados por el ITGE en el año 1985.

Por otro lado, se han realizado gráficamente las evoluciones hidroquímicas más representativas en putos de la red de control, utilizándose análisis de agua obtenidos tanto por el ITGE como por la Dirección General de Recursos Hidráulicos de la Comunidad Autónoma de Murcia.

9.1. TRIASICO DE LOS VICTORIAS

Se tomaron dos muestras de agua en julio de 1990, una en el punto 2738-10048 perteneciente a la red de control y otra en el 2738-60006, siendo las salinidades encontradas en ambos de 2629 y 2873 mg/l, respectivamente. Puede afirmarse que la

salinidad del acuífero está comprendida entre 2000 y 3500 mg/l (fig. 31).

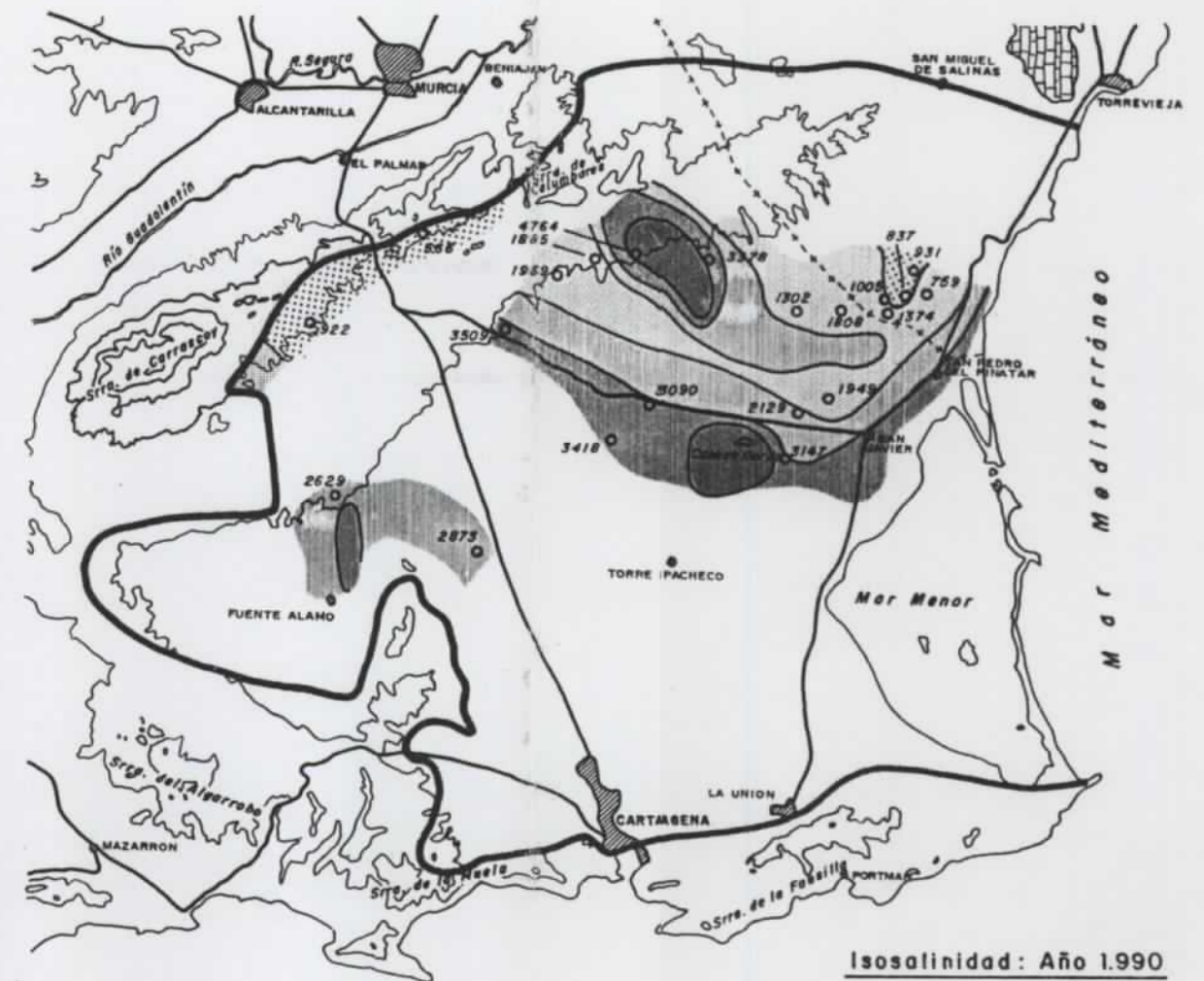
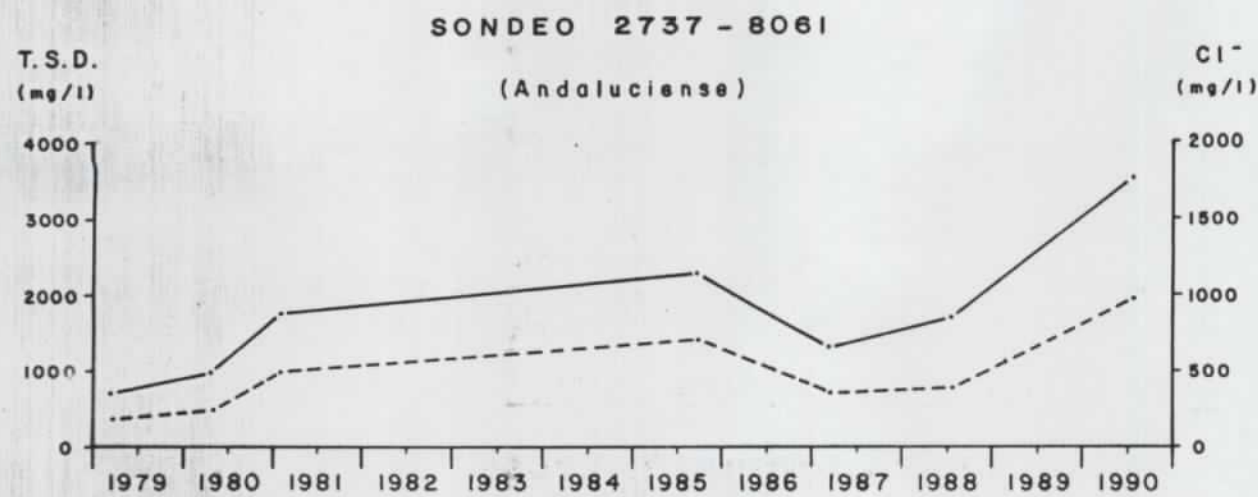
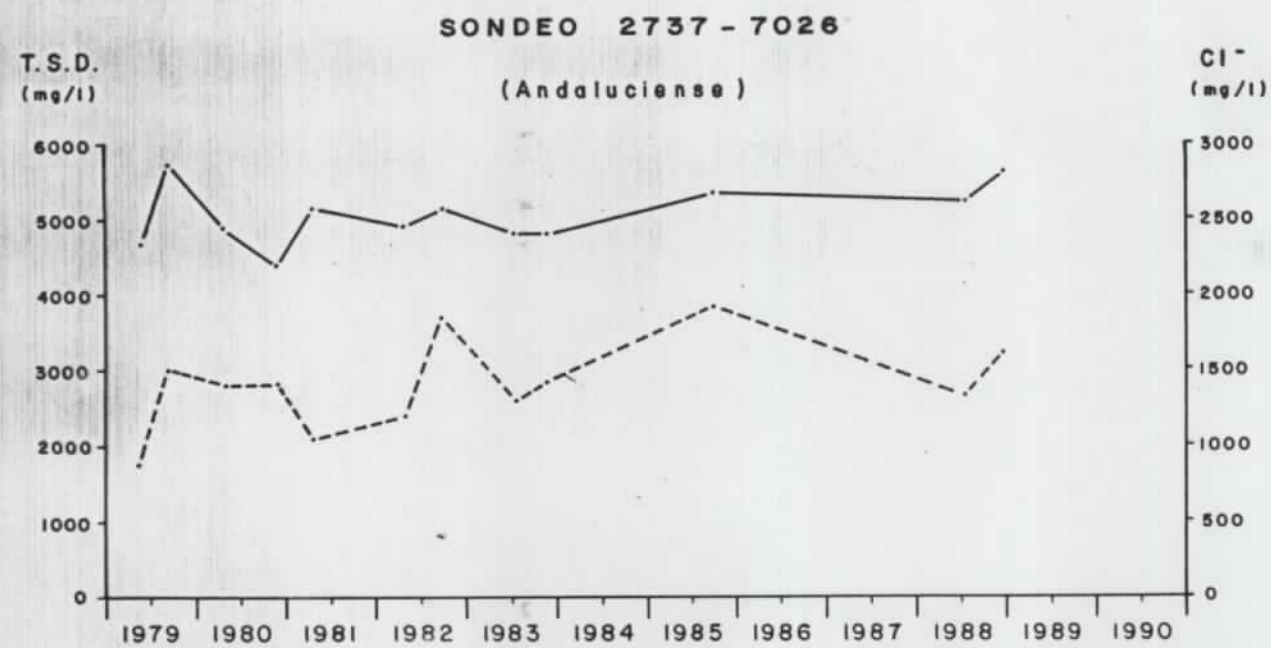
Las dos muestras tomadas se ubican en bloques diferentes. Una la del sondeo 2738-10048, está en la zona occidental del acuífero y la otra, la del sondeo 2738-60006, está en la zona oriental. A pesar de tener ambos puntos salinidades similares tienen aguas netamente diferentes. Así la primera de ellas, 2738-10048, presenta a boca de sondeo una temperatura de 42° C mientras que la otra sólo tiene 26° C. En el primer caso el agua es sulfatada-clorurada mixta con predominio sódico y en el segundo es cloro-sulfatada mixta. Las concentraciones en nitratos son diferentes, de 5 mg/l para la perteneciente a la zona occidental y de 26 mg/l para la situada en la zona oriental (2738-60006). Por último, hay que indicar que ambas muestras así como las del resto del acuífero son inadecuadas para el consumo humano, resultando según normas U.S.S.S.L. para riego del tipo C4-S2 en el sondeo 2738-10048 y C5-S2 en el 2738-60006.

En la misma figura 31 se refleja la evolución de la salinidad (TSD) así como de la concentración de sulfatos para los puntos de la red 2738-10032 y 2738-10048, no manifestándose cambios notables; si bien hay que hacer notar que el valor de salinidad encontrado en el año 1990 es el más alto de los obtenidos desde que comenzó a muestrearse el punto 2738-10032 en el año 1979.

9.2. TORTONIENSE

Se han muestreado dos puntos acuíferos, uno el 2737-50002, destinado al abastecimiento público de la población de Corvera y otro el 2737-5024, perteneciente a la red de control, que abastece a la pedanía de Baños y Mendigo. Las dos pedanías abastecidas pertenecen al término municipal de Murcia.

En ambos casos se trata de aguas aptas para el consumo humano con salinidades de 922 mg/l, para el sondeo 2737-50002 y de 566 mg/l, para el 2737-5024. En uno y otro punto la



LEYENDA

- < 1000 mg/l
- De 1000 a 2000 "
- " 2000 a 3000 "
- " 3000 a 4000 "
- > 4000 "

- Salinidad total (T.S.D.)
- Cloruros (Cl⁻)
- Sulfatos (SO₄²⁻)
- Punto acuífero y salinidad total (mg/l)

CAMPO DE CARTAGENA

Acuíferos: TRIASICO DE LOS VICTORIAS, TORTONIENSE Y ANDALUCIENSE

MAPA DE SALINIDAD Y EVOLUCIONES HIDROQUIMICAS

concentración de nitratos es la misma, de 6 mg/l. El sondeo que abastece a Corvera posee facies mixta mixta y está clasificado para riego como C3-S1. La otra muestra, 2737-50024, tiene facies bicarbonatada mixta y en cuanto al riego es del tipo C2-S1.

El punto de la red de control 2737-50024 no ha experimentado cambios significativos en relación a la última muestra tomada en el año 1983.

No existe termalismo en las aguas de este acuífero.

9.3. ANDALUCIENSE

Se tomaron 17 muestras de agua con cuyos resultados, y sobre la base del mapa de salinidad del año 1985, se ha construido el mapa de "Ensayo de salinidad (Año 1990)" que se presenta en la figura 31. Ambos mapas resultan muy similares, pudiendo detéctarse una menor salinidad, en el mapa que ahora se presenta, en las zonas donde se riega con aguas del Trasvase Tajo-Segura (T.T.S.); concretamente entre el Cabezo Gordo y San Javier y al norte de los límites provinciales entre Murcia y Alicante.

Por otro lado se observa un cierto incremento de la salinidad en el sondeo 2737-80061, ubicado en Sucina, perteneciente a la red de control. La evolución hidroquímica de dicho punto se representa en la figura 31 donde se aprecia la importancia de dicho incremento; ello es debido a que en este punto existe una conexión hidráulica entre los materiales permeables del Andalucense y los del Trías Bético que subaflora en el horst de Sucina-Riquelme, y que al tener sus aguas un origen profundo, están muy cargadas en sales. La primera muestra fue recogida en 1979 y dio una salinidad de 700 mg/l y la última, tomada para el presente estudio en 1990, alcanzó los 3.378 mg/l; la concentración de cloruros pasó de 175 a 967 mg/l. El último análisis realizado indica que el agua pertenece a la facies clorurada-sulfatada sódica, clasificada para riego como C5-S3 y

que el índice de SAR es de 10, por lo que resulta inadecuada para regadío.

Por lo general en el acuífero Andaluciense predominan las aguas de salinidad entre 1000 y 3000 mg/l, incrementándose a valores mayores de 3000 mg/l en la franja costera, en las inmediaciones del Cabezo Gordo y alrededores de la estación de Riquelme-Sucina; en estos dos últimos puntos se advierte la influencia de materiales evaporíticos triásicos pertenecientes al Bético. Las aguas poseen temperaturas entre 27 y 34° C, siendo las de mayor temperatura las vinculadas con los afloramientos béticos, de ahí que en este caso, temperatura y salinidad estén relacionadas; es significativa la presencia de boro, en concentraciones de 1 a 2 mg/l, lo que significa que el Andaluciense debe recibir aguas de origen profundo pertenecientes a materiales béticos, del Triás, tal como indican los cortes litológicos de algunos sondeos mecánicos existentes en las inmediaciones de la población de Sucina. Predomina la facies clorurada-sulfatada mixta o sódica, aunque para las aguas de menor salinidad son del tipo clorurada-bicarbonatada mixta. La clasificación de aguas para riego está comprendida entre C3-S1 y C5-S4. Sólo dos muestras aparecen como tolerables para el consumo humano; se trata de los sondeos 2837-50106 y 2837-50208, con salinidades de 931 y 837 mg/l, respectivamente, aunque hay que indicar que en el primero de ellos la concentración de cloruros, de 260 mg/l, la hace sanitariamente permisible temporalmente.

El agua de peor calidad corresponde al sondeo 2737-70018 con salinidad de 4764 mg/l; éste capta, además del Andaluciense, materiales del Bético siendo su clasificación para riego la de C6-C3 e índice de SAR de 8,18.

9.4. PLIOCENO

Se han tomado para este estudio un total de 45 muestras de agua de las que 7 pertenecen a la red de control. Se ha realizado el mapa de "Ensayo de Salinidad (Año 1990)" y las evoluciones hidroquímicas más representativas y todo ello se

incluye en la figura 32. Debe tenerse en cuenta que en ocasiones un sondeo capta a la vez los acuíferos Plioceno y Cuaternario sin que este haya sido aislado convenientemente dada su peor calidad. Todas las muestras, excepto la del sondeo 2738-80046, han sido tomadas en régimen de bombeo, por lo que el riesgo de obtener aguas mezcladas con el Cuaternario es mínimo.

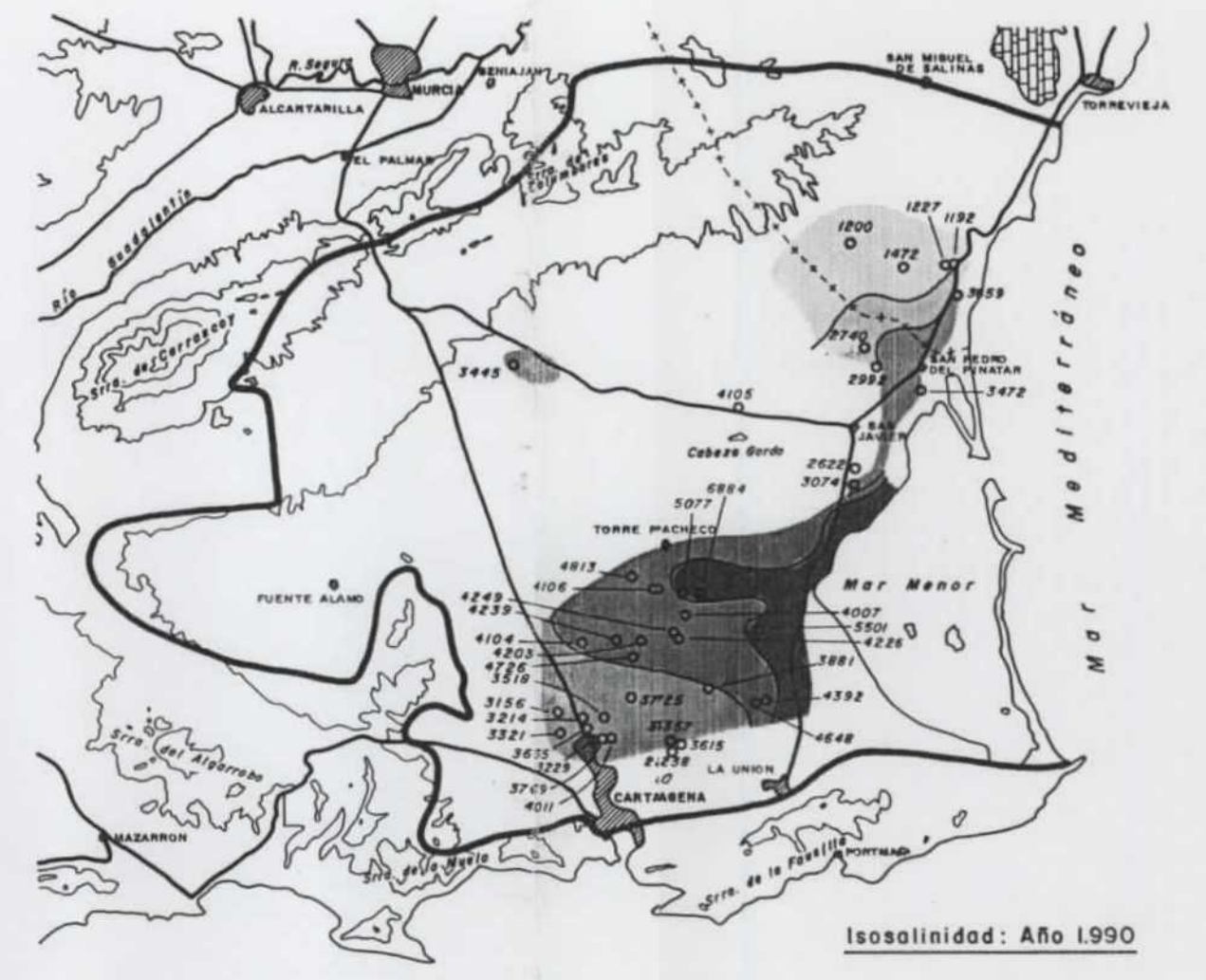
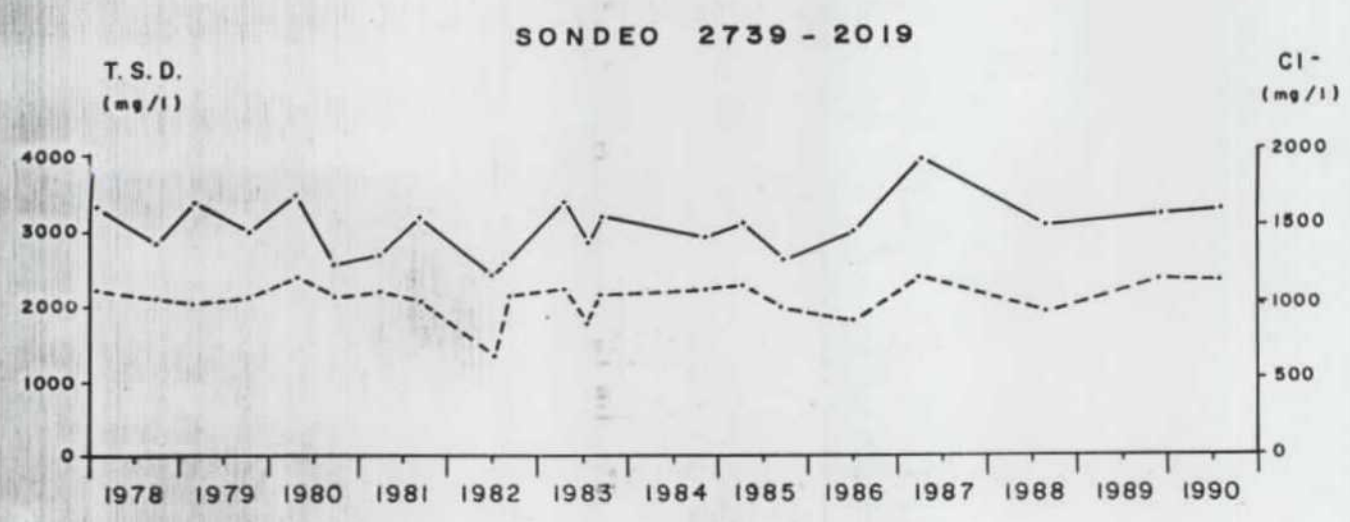
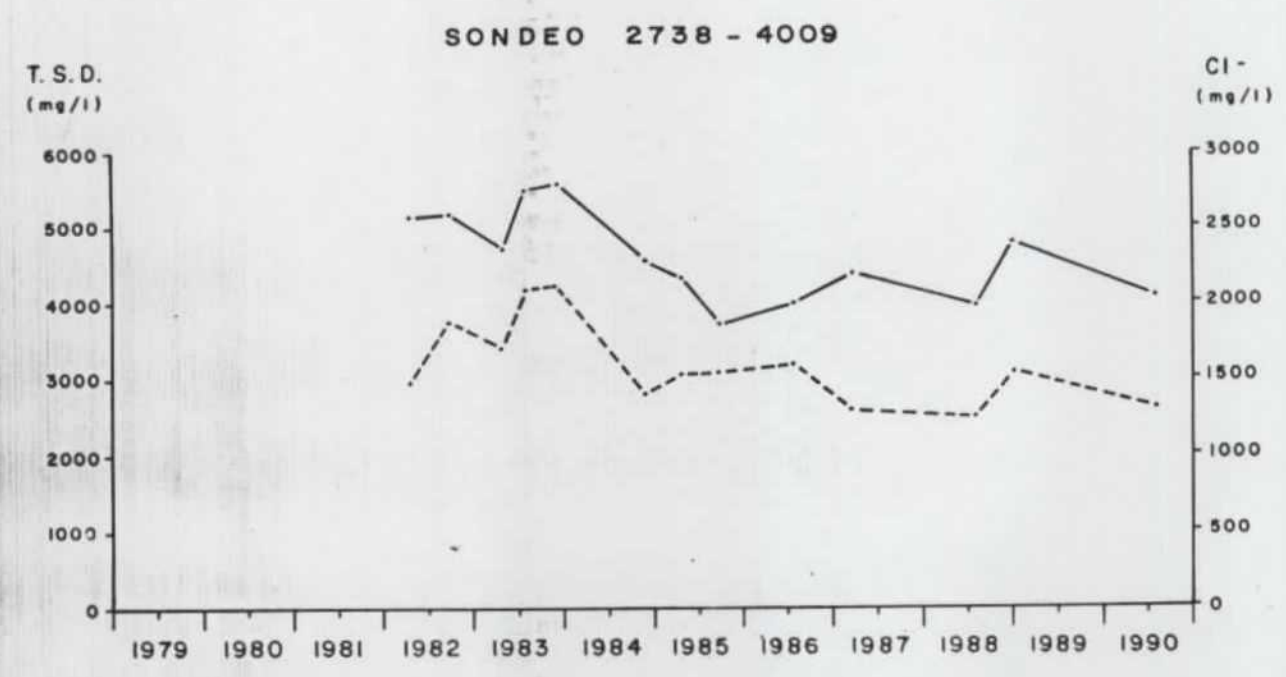
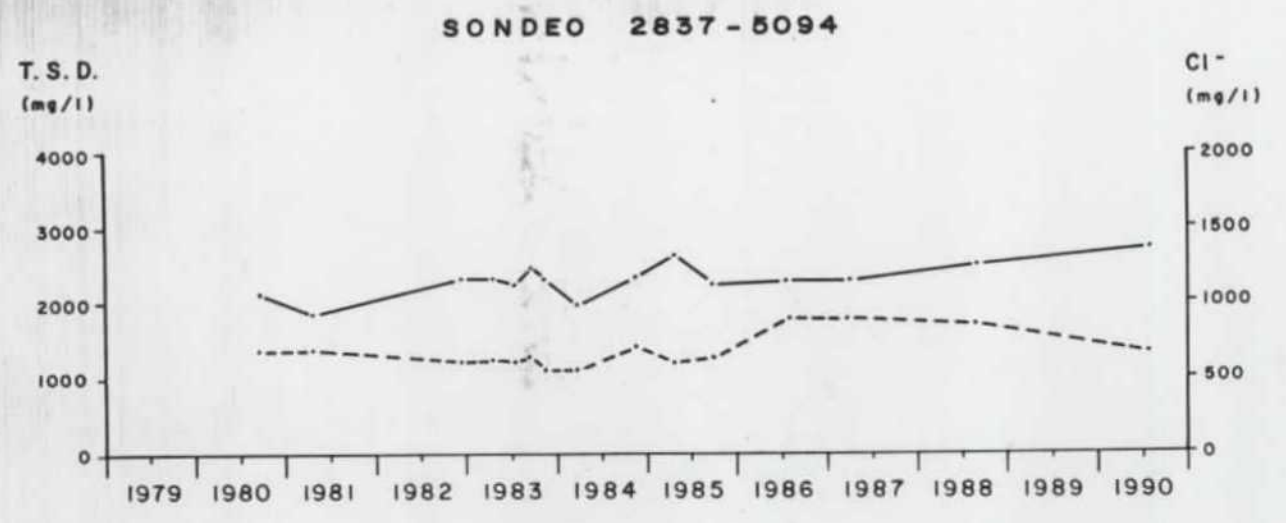
El mapa de salinidad construido indica que éste es muy similar al obtenido en 1985 en la zona nordeste del acuífero (San Pedro del Pinatar y provincia de Alicante). Si bien los valores de salinidad han disminuido en esta zona, resulta interesante observar el descenso de la salinidad (aunque no siempre de cloruros) en el sondeo 2738-40009 que capta, además del Plioceno, los acuíferos Triásico y Cuaternario. Desde que se riega en la zona con agua del Trasvase Tajo-Segura, de mejor calidad que la del acuífero, se viene produciendo ascensos del nivel piezométrico a razón de 1 m/año, lo que también se traduce en una disminución de la salinidad, de por sí muy elevada al recibir el acuífero Plioceno aguas del Cuaternario y del Triás; esto último se confirmó en 1985, por la presencia, en las aguas analizadas, de boro (2 mg/l), flúor (5,2 mg/l) y sílice (31 mg/l). Se aprecia que el valor de salinidad existente entre Cartagena y Torre Pacheco es más alto que el obtenido en 1985 y años anteriores. En general hay que decir que las aguas de este acuífero van aumentando su mineralización en el sentido del flujo subterráneo; ahora bien en determinados sondeos

aparecen salinidades mayores a las esperadas y esto puede deberse fundamentalmente a dos razones:

a) Sondeos mal acabados o deteriorados, con alimentación del acuífero suprayacente del Cuaternario.

b) Sondeos que captan además el acuífero subyacente del Bético o reciben aguas de origen profundo mediante fallas.

Los valores de menor salinidad se localizan en la zona noroeste (1000 a 4000 mg/l), siendo las salinidades más elevadas las encontradas entre Torre Pacheco y Los Alcázares con valores



- LEYENDA**
- De 1000 a 2000 mg/l
 - " 2000 a 3000 "
 - " 3000 a 4000 "
 - " 4000 a 5000 "
 - " > 5000 "
 - Salinidad total (T.S.D.)
 - Cloruros (Cl⁻)

3074 Punto acuífero y salinidad total (mg/l)

CAMPO DE CARTAGENA
Acuífero: PLIOCENO

MAPA DE SALINIDAD Y EVOLUCIONES HIDROQUIMICAS

que van de 4000 a 6000 mg/l y que pueden corresponder con un fenómeno de intrusión marina fósil, como ya se puso de relieve en estudios anteriores.

En las muestras que captan exclusivamente el acuífero Plioceno la concentración de nitratos está comprendida entre 7 y 70 mg/l, mientras que en los sondeos que captan Plioceno y Cuaternario dicha concentración es superior y está comprendida entre 3 y 158 mg/l.

No se observa evolución temporal de los parámetros de T.S.D. y Cl⁻.

El tipo de agua predominante va de clorurada-sulfatada sódico-magnésica a catiónica mixta, si bien las aguas de salinidad inferior a 2000 mg/l son mixta mixta, pudiendo llegar en las franjas costeras a clorurada sódica.

No son aptas para abastecimiento público; únicamente las del sondeo 2837-60016 serían sanitariamente permisibles temporalmente, ya que el único ión problemático es el de cloruros con 350 mg/l que sobrepasa el máximo permitido por la reglamentación vigente.

9.5. CABO ROIG

Aunque no se han tomado muestras para el presente estudio, se ha realizado el mapa de "Ensayo de salinidad" (figura 33) partiendo de las muestras tomadas en abril de 1989 para el "Estudio de la intrusión marina en acuíferos costeros de Murcia y Alicante".

En este acuífero existe un importante problema de sobreexplotación que ha provocado una salinización del mismo por intrusión marina. Según el mapa indicado la mayor salinidad se da al oeste de Punta Prima (8285 mg/l) y al oeste de La Zenia, entre Los Dolces y La Cuerda (7501 mg/l). Por el contrario la zona de menor salinidad se sitúa al norte del paraje El Convento con valores de tan solo 509 mg/l.

La concentración de cloruros está comprendida entre 171 mg/l (en la zona indicada de menor salinidad) y 4520 mg/l al oeste de Punta Prima.

Hay que indicar que en los meses de verano el problema de salinización se agrava al aumentar el ritmo de las explotaciones.

Al noroeste de la Urbanización Los Balcones aparecen dos muestras, correspondientes a los sondeos 2837-20055 y 2837-20059, con salinidades de 3430 y 2131 mg/l, respectivamente. En este caso la mala calidad del agua no tiene su origen en la intrusión marina sino en las margas con yesos existentes en el techo del acuífero, lo que hace que se trate de aguas cloruradas-sulfatadas.

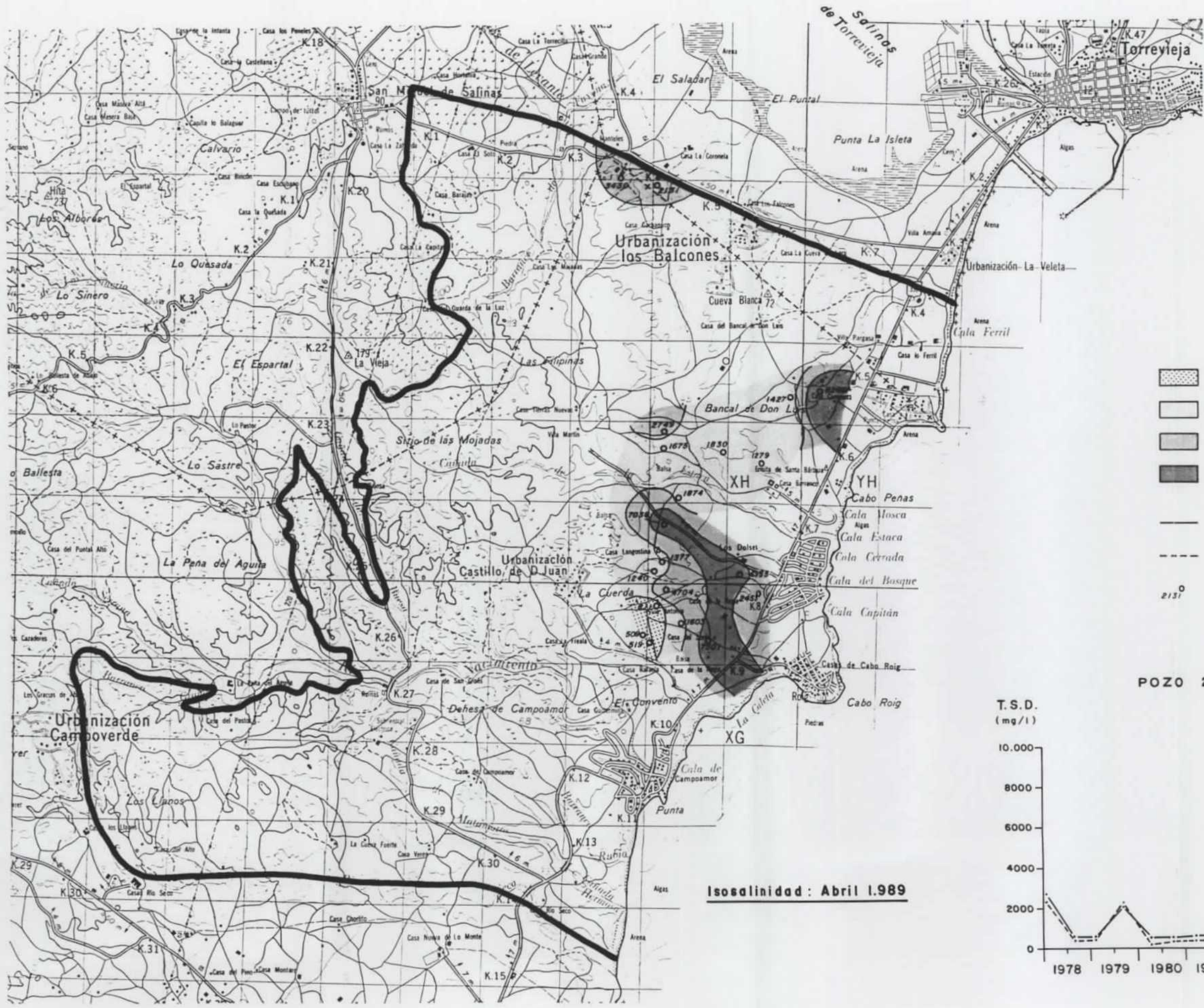
En la figura 33 también se ha representado la evolución hidroquímica del agua del punto 2837-20034, situado al oeste de Punta Prima. Cuando este punto se muestrea en reposo sus aguas son cloruradas-bicarbonatadas mixtas con 700 mg/l de salinidad, mientras que al bombear, la facies hidroquímica evoluciona a clorurada sódica llegando a salinidades entre 6000 y 9000 mg/l. En general, se puede decir que la salinidad aumenta con el tiempo.

9.6. CUATERNARIO

Se han tomado 15 muestras de agua, perteneciendo 11 de ellas a la red de control.

Tomando como base el mapa de ensayo de salinidad de 1985 y considerando las 15 muestras del presente trabajo más las tomadas en el estudio de intrusión marina ya citado, se ha representado el mapa de ensayo de salinidad para el año 1990, tal como se muestra en la figura 34.

En dicha figura se observa que la salinidad es siempre mayor de 2000 mg/l y sobrepasa con bastante frecuencia los 4000



CAMPO DE CARTAGENA
Acuífero: CABO ROIG

MAPA DE SALINIDAD Y EVOLUCION HIDROQUIMICA

LEYENDA

- < 1000 mg/l
- De 1000 a 2000 "
- " 2000 a 5000 "
- > 5000 "
- Salinidad total (T.S.D.)
- Cloruros (Cl⁻)
- Punto acuífero y salinidad total (mg/l)

Isosalinidad: Abril 1.989



POZO 2837 - 2034

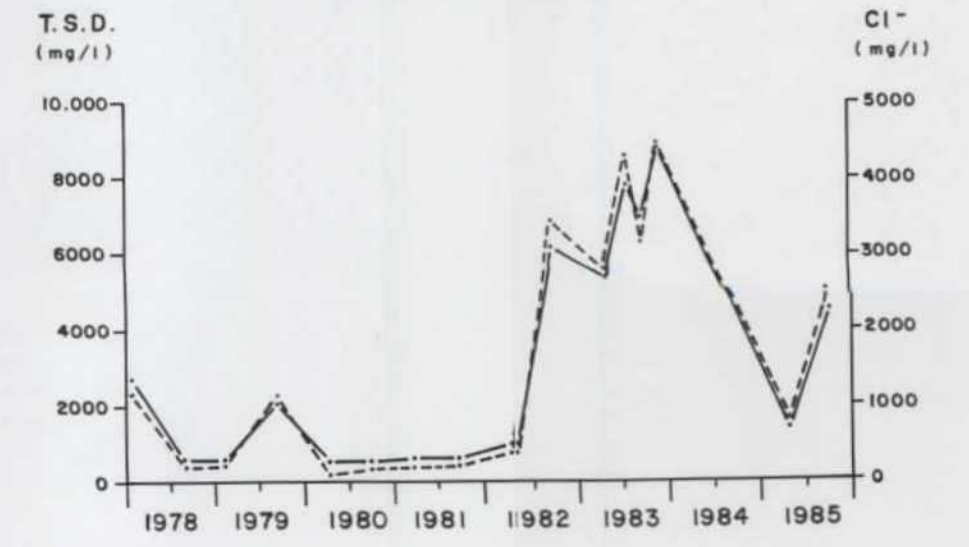


Fig. nº 33

mg/l aún en zonas alejadas del mar. Las mayores salinidades se dan en la costa y más concretamente en la zona de los límites provinciales entre Alicante y Murcia y en la correspondiente a las poblaciones costeras de Los Alcázares y Los Urrutias.

Los análisis obtenidos para el presente trabajo (Anexo nº 2) indican que las facies aniónicas predominantes son clorurada-sulfatada a clorurada y la catiónica sódico-cálcica a mixta.

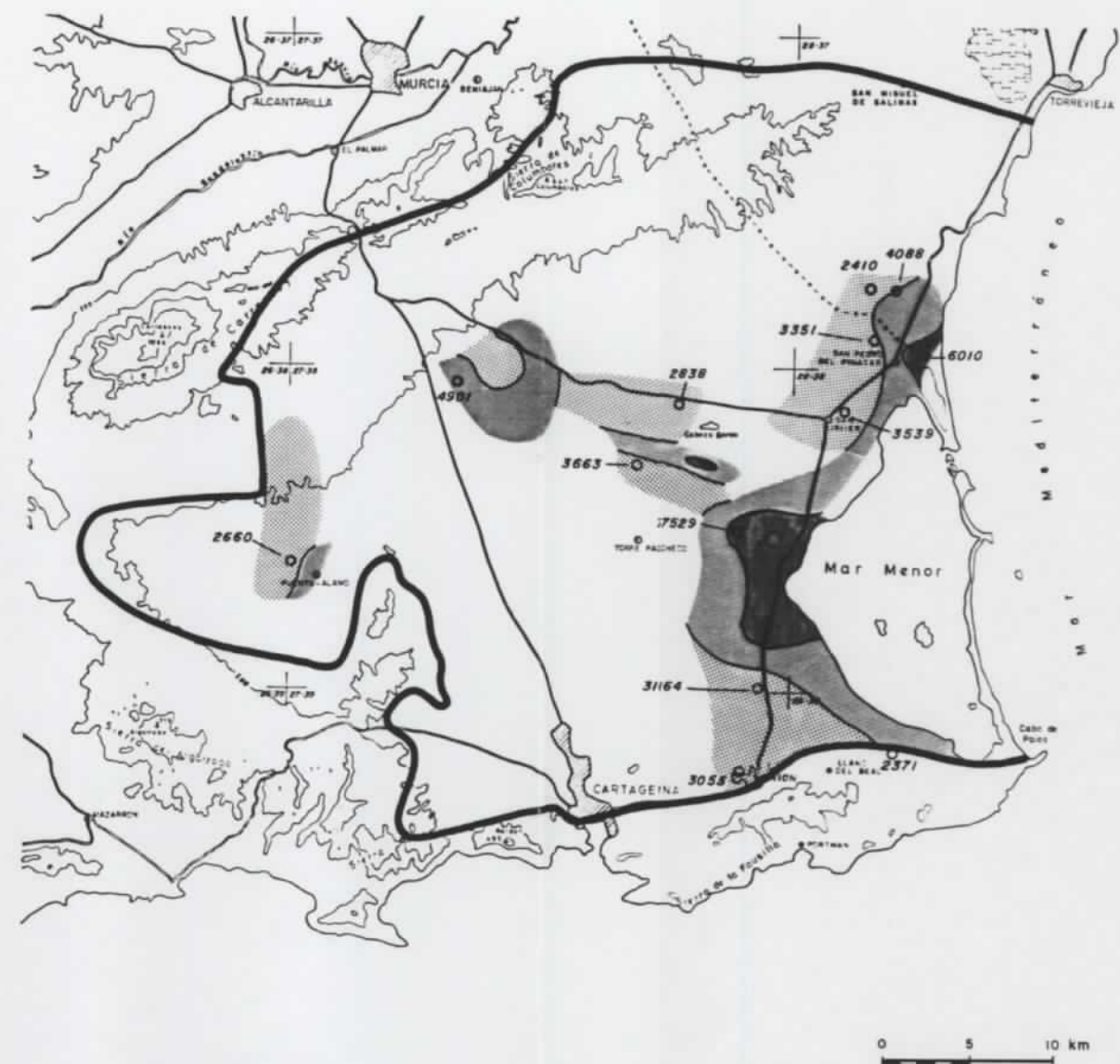
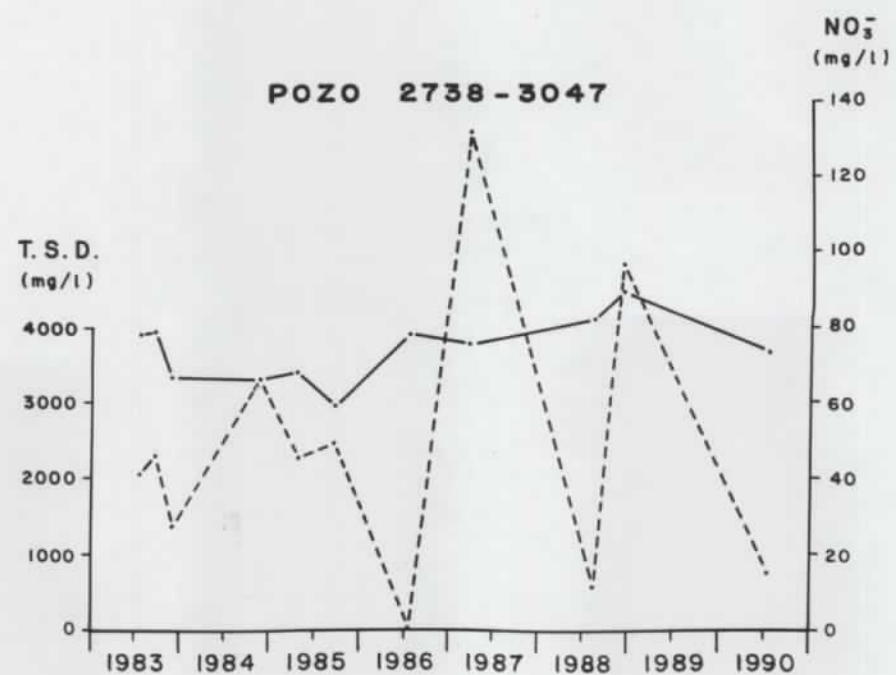
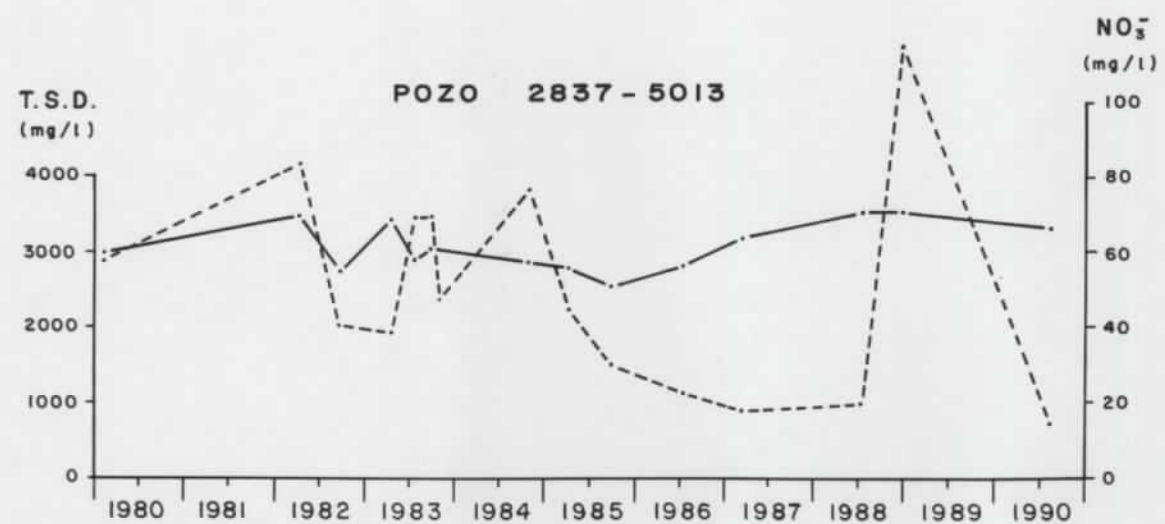
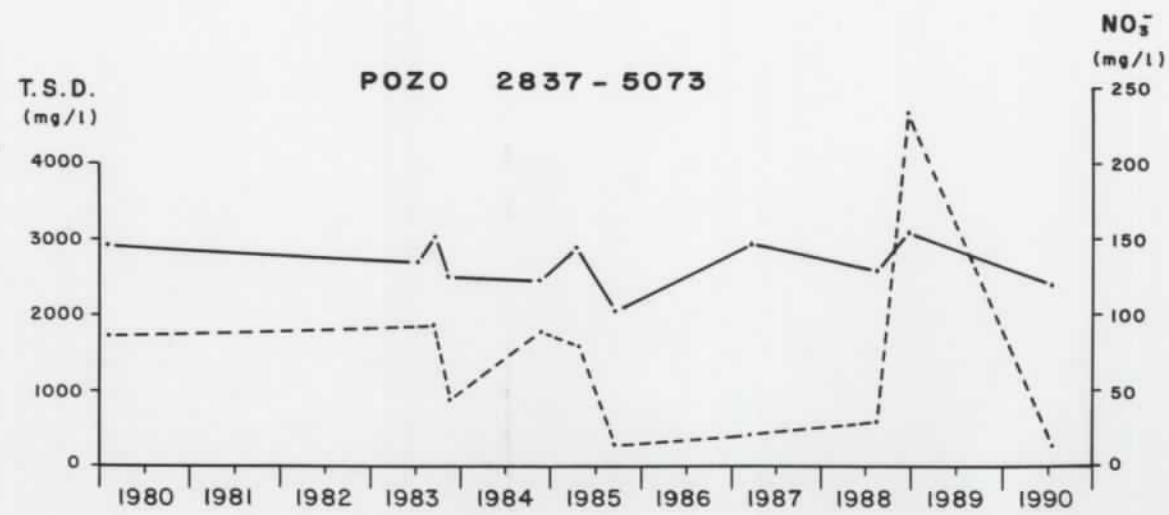
De los cuatro análisis con aguas cloruradas sódico-cálcicas tres de ellas corresponden a puntos próximos al mar (2837-50001, 2837-50013 y 2838-10010), mientras que el punto 2738-3047 se encuentra alejado de la costa (suroeste del Cabezo Gordo) por lo que no debe su facies a la posible influencia marina, sino a la presencia de los materiales evaporíticos del Bético siendo su concentración de cloruros de 1290 mg/l (61,41 % meq/l); mientras que para los tres puntos indicados cercanos a la costa las

concentraciones de cloruros son de 2575 mg/l (71,81 % meq/l), 1484 mg/l (75,07 % meq/l) y 1420 mg/l (68,99 % meq/l).

La temperatura del agua era de 20 a 23° C y la concentración de nitratos estaba comprendida entre 10 y 83 mg/l.

Las aguas del acuífero Cuaternario no son aptas para consumo humano y en general inadecuadas para regadío, clasificándose, según U.S.S.S.L., entre C4-S2 y C6-S4.

La figura 34 muestra las evoluciones hidroquímicas de tres puntos de la red de control, concretamente de la salinidad total (TSD) y del contenido en nitratos. No se observan cambios apreciables en la salinidad del agua, existiendo oscilaciones del orden de 1000 mg/l según la época del muestreo. En general tanto la salinidad como los nitratos poseen sus mayores valores en invierno (menor aporte de aguas del ATS para riego y mayores labores de abonado) y sus menores concentraciones en verano.



LEYENDA

- De 2000 a 4000 mg/l
- " 4000 a 6000 "
- > 6000 "
- Salinidad total (T.S.D.)
- Nitratos (NO_3^-)

Isosalinidad: Año 1990

O_2 28318 Punto acuífero y salinidad total (mg/l)

CAMPO DE CARTAGENA
Acuífero: CUATERNARIO

MAPA DE SALINIDAD Y EVOLUCIONES HIDROQUIMICAS

9.7. CONTAMINACION

La contaminación más importante se produce por los abonos nitrogenados empleados en los cultivos por lo que resulta un parámetro hidroquímico determinante el ión nitrato.

Los valores más elevados de dicho ión aparecen en los acuíferos Cuaternario y Plioceno, ya que la escasa profundidad del agua en el primero (entre 5 y 40 m) así como en la zona sur del Plioceno permite una fácil llegada de los nitratos a su superficie piezométrica. Por otro lado también se encuentran concentraciones elevadas en sondeos que captan al mismo tiempo los acuíferos Plioceno y Cuaternario.

En la mitad de las muestras del Plioceno la concentración de nitratos es inferior a 50 mg/l. El resto de análisis realizados indican valores entre 50 y 150 mg/l, encontrándose los puntos acuíferos de mayor de 100 mg/l en la zona sur del acuífero y en aquellos sondeos de la zona norte donde se captan al mismo tiempo Plioceno y Cuaternario.

Las muestras pertenecientes al acuífero Cuaternario indican concentración de nitratos entre 10 y 83 mg/l. Estas concentraciones son inferiores a los valores encontrados en los análisis del Plioceno ya que en este caso el muestreo se realizó en invierno, época de abundantes abonados, mientras que las muestras del Cuaternario fueron tomadas en verano donde el uso del abono es mucho menor y por tanto la concentración de nitratos en el acuíferos disminuye.

En la mayoría de muestras pertenecientes al acuífero Andaluciense los nitratos tienen una concentración inferior a 30 mg/l. El valor máximo encontrado fue de 49 mg/l.

Los acuíferos donde no se observa contaminación por nitratos son el Triásico de los Victorias (5 a 26 mg/l) y el Tortoniense (6 mg/l). En el primero está justificado por la gran profundidad a la que se encuentra el agua, próxima a 200 m, y en

el Tortoniense se justifica por tratarse de zona de sierra donde no existen labores de regadío.

10. HIDRODINAMICA. BOMBEO DE ENSAYO EN EL SONDEO 2737-70059

10.1. GENERALIDADES

El ensayo se ha realizado utilizando el sondeo 2737-70059 como punto de bombeo y el 2737-70060 como piezómetro, a pesar de que en este último han existido dificultades para medir los niveles piezométricos. Ambos puntos se encuentran distanciados 350 m y poseen una profundidad de 280 m. La columna litológica en el sondeo de bombeo es, según datos del propietario, la siguiente:

De 0 a 100 m. Conglomerados ?

De 100 a 280 m. Calizas

El corte del piezómetro es similar a éste y ambos puntos captan el acuífero Andaluciense del Campo de Cartagena.

El bombeo comenzó el día 16 de noviembre de 1990. Después de 3608 minutos (60 horas, 8 minutos) de bombeo (se controlaron 750 minutos) a caudal constante de 30 l/s (108 m³/hora) se procedió al estudio de la recuperación la cual se dio por finalizada el día 20 de noviembre de 1990.

10.2. TRABAJOS REALIZADOS

De los 3608 minutos de duración del bombeo (descenso) se han controlado 750 minutos en el sondeo de bombeo, realizándose una última medida en el momento de la parada.

En el piezómetro sólo se ha podido medir el nivel piezométrico inicial (antes del bombeo) y el correspondiente al minuto 788 del bombeo, no pudiéndose tomar el nivel al final de la parada. El piezómetro no pudo medirse adecuadamente, ya que se

encontraba tapado con chapa de hierro y el pequeño orificio existente provocó en dos ocasiones la rotura de la sonda.

Por otro lado, la recuperación del sondeo de bombeo se ha tomado durante los primeros 1600 minutos de parada hasta que t/t' era igual a 3,26.

No ha sido posible medir el piezómetro hasta el minuto 320 de parada, siguiéndose su evolución hasta el minuto 1700 ($t/t' = 3,12$).

Todas las medidas realizadas se muestran en los cuadros n^{os}. 6, 7 y 8. A ellas hay que añadir las siguientes:

- El nivel del agua en el piezómetro, antes de comenzar el bombeo (nivel piezométrico inicial), era de 196,44 m.
- El nivel del agua en el piezómetro, a los 788 minutos de bombeo, era de 196,56 m.

10.3. INTERPRETACION

Se ha aplicado la metodología de Theiss, en su aproximación logarítmica de Jacob. Han podido representarse las evoluciones del descenso y recuperación en el sondeo del bombeo 2737-70059 (figs. 35 y 36) y la recuperación en el piezómetro 2737-70060 (fig. 37).

La transmisividad calculada en el sondeo de bombeo coincide exactamente tanto en descenso como en recuperación, resultando ser de 40 m²/hora (960 m²/día)

En la recuperación del piezómetro se ha tomado como más representativa la recta definida por los dos últimos puntos obtenidos, recta que resulta ser paralela a la formada por todos los puntos anteriores a estos dos últimos referidos. La transmisividad en este caso es de 28 m²/hora (672 m²/día).

BOMBEO DE ENSAYO EN EL SONDEO 2737-70059

DESCENSO EN EL SONDEO 2737-70059

	t(min)	Log tb	PNP(m)	DEPR(m)	OBSERVACIONES
	0		204.440	0.00	
	2	0.000	214.790	10.35	
PNPi(m)	4	0.602	215.170	10.73	
204.44	6	0.778	215.530	11.09	
	8	0.903	216.040	11.60	
Q(l/s)	10	1.000	216.230	11.79	
30.00	12	1.079	216.470	12.03	
	14	1.146	216.590	12.15	
Q(m3/h)	16	1.204	216.680	12.24	
108.00	18	1.255	216.740	12.30	
	20	1.301	216.820	12.38	
	22	1.342	216.840	12.40	
	24	1.380	216.880	12.44	
	26	1.415	216.940	12.50	
	28	1.447	216.950	12.51	
	30	1.477	216.990	12.55	
	32	1.505	217.010	12.57	
	34	1.531	217.040	12.60	
	36	1.556	217.060	12.62	
	38	1.580	217.090	12.65	
	40	1.602	217.110	12.67	
	45	1.653	217.160	12.72	
	50	1.699	217.200	12.76	
	55	1.740	217.230	12.79	
	60	1.778	217.235	12.80	
	65	1.813	217.270	12.83	
	70	1.845	217.275	12.84	
	75	1.875	217.220	12.78	
	80	1.903	217.230	12.79	
	85	1.929	217.280	12.84	
	90	1.954	217.290	12.85	
	95	1.978	217.325	12.88	
	100	2.000	217.330	12.89	
	110	2.041	217.350	12.91	
	120	2.079	217.385	12.94	
	130	2.114	217.400	12.96	
	140	2.146	217.420	12.98	
	150	2.176	217.435	13.00	
	160	2.204	217.440	13.00	
	170	2.230	217.455	13.02	
	180	2.255	217.455	13.02	
	190	2.279	217.460	13.02	
	200	2.301	217.465	13.03	
	220	2.342	217.510	13.07	
	240	2.380	217.540	13.10	
	260	2.415	217.570	13.13	
	280	2.447	217.595	13.16	
	300	2.477	217.640	13.20	
	320	2.505	217.650	13.21	

Cuadro nº 6 (continuación)

2

BOMBEO DE ENSAYO EN EL SONDEO 2737-70059

DESCENSO EN EL SONDEO 2737-70059

t(min)	Log tb	PNP(m)	DEPR(m)	OBSERVACIONES
340	2.531	217.650	13.21	
360	2.556	217.650	13.21	
380	2.580	217.630	13.19	
400	2.602	217.650	13.21	
450	2.653	217.670	13.23	
500	2.699	217.670	13.23	
550	2.740	217.715	13.28	
600	2.778	217.710	13.27	
650	2.813	217.720	13.28	
700	2.845	217.670	13.23	
750	2.875	217.710	13.27	
3608	3.557	218.630	14.19	

BOMBEO DE ENSAYO EN EL SONDEO 2737-70059

RECUPERACION EN EL SONDEO 2737-70059

	tr(min)	t/tr	Log t/tr	PNP(m)	DEPR(m)
	0	INFINITO	INFINITO	218.630	14.190
tb(min)	4	903.00	2.96	205.000	0.560
3608	6	602.33	2.78	204.830	0.390
	12	301.67	2.48	205.460	1.020
PNPi(m)	14	258.71	2.41	205.510	1.070
204.440	16	226.50	2.36	205.510	1.070
	18	201.44	2.30	205.475	1.035
DEPR b(m)	20	181.40	2.26	205.450	1.010
14.190	22	165.00	2.22	205.425	0.985
	24	151.33	2.18	205.400	0.960
Q(l/s)	26	139.77	2.15	205.375	0.935
30.00	28	129.86	2.11	205.355	0.915
	30	121.27	2.08	205.355	0.915
Q(m3/h)	32	113.75	2.06	205.315	0.875
108.00	34	107.12	2.03	205.305	0.865
	36	101.22	2.01	205.285	0.845
	38	95.95	1.98	205.285	0.845
	40	91.20	1.96	205.275	0.835
	45	81.18	1.91	205.245	0.805
	50	73.16	1.86	205.220	0.780
	55	66.60	1.82	205.200	0.760
	60	61.13	1.79	205.185	0.745
	65	56.51	1.75	205.175	0.735
	70	52.54	1.72	205.150	0.710
	75	49.11	1.69	205.140	0.700
	80	46.10	1.66	205.130	0.690
	85	43.45	1.64	205.120	0.680
	90	41.09	1.61	205.110	0.670
	95	38.98	1.59	205.100	0.660
	100	37.08	1.57	205.095	0.655
	110	33.80	1.53	205.065	0.625
	140	26.77	1.43	205.020	0.580
	160	23.55	1.37	204.975	0.535
	170	22.22	1.35	204.965	0.525
	180	21.04	1.32	204.950	0.510
	190	19.99	1.30	204.940	0.500
	200	19.04	1.28	204.920	0.480
	220	17.40	1.24	204.895	0.455
	240	16.03	1.21	204.870	0.430
	260	14.88	1.17	204.845	0.405
	280	13.89	1.14	204.830	0.390
	300	13.03	1.11	204.805	0.365
	320	12.28	1.09	204.795	0.355
	340	11.61	1.06	204.770	0.330
	360	11.02	1.04	204.765	0.325
	380	10.49	1.02	204.745	0.305
	400	10.02	1.00	204.730	0.290
	450	9.02	0.96	204.705	0.265
	500	8.22	0.91	204.680	0.240

Cuadro nº 7 (continuación)

2

BOMBEO DE ENSAYO EN EL SONDEO 2737-70059

RECUPERACION EN EL SONDEO 2737-70059

tr(min)	t/tr	Log t/tr	PNP(m)	DEPR(m)
550	7.56	0.88	204.660	0.220
600	7.01	0.85	204.645	0.205
650	6.55	0.82	204.620	0.180
700	6.15	0.79	204.615	0.175
900	5.01	0.70	204.585	0.145
950	4.80	0.68	204.575	0.135
1000	4.61	0.66	204.575	0.135
1100	4.28	0.63	204.550	0.110
1200	4.01	0.60	204.535	0.095
1300	3.78	0.58	204.525	0.085
1400	3.58	0.55	204.515	0.075
1500	3.41	0.53	204.510	0.070
1600	3.26	0.51	204.505	0.065

Cuadro nº 8

BOMBEO DE ENSAYO EN EL SONDEO 2737-70059

RECUPERACION EN EL PIEZOMETRO 2737-70060

	tr(min)	t/tr	Log t/tr	PNP(m)	DEPR(m)
	320	12.28	1.09	197.025	0.585
tb(min)	340	11.61	1.06	197.010	0.570
3608	360	11.02	1.04	197.000	0.560
	380	10.49	1.02	196.995	0.555
PNPi(m)	400	10.02	1.00	196.960	0.520
196.440	450	9.02	0.96	196.910	0.470
	500	8.22	0.91	196.885	0.445
Q(l/s)	550	7.56	0.88	196.865	0.425
30.00	600	7.01	0.85	196.840	0.400
	950	4.80	0.68	196.620	0.180
Q(m3/h)	1700	3.12	0.49	196.490	0.050
108.00					

BOMBEO DE ENSAYO - SONDEO 2737 · 70059

Descenso en el sondeo 2737 · 70059

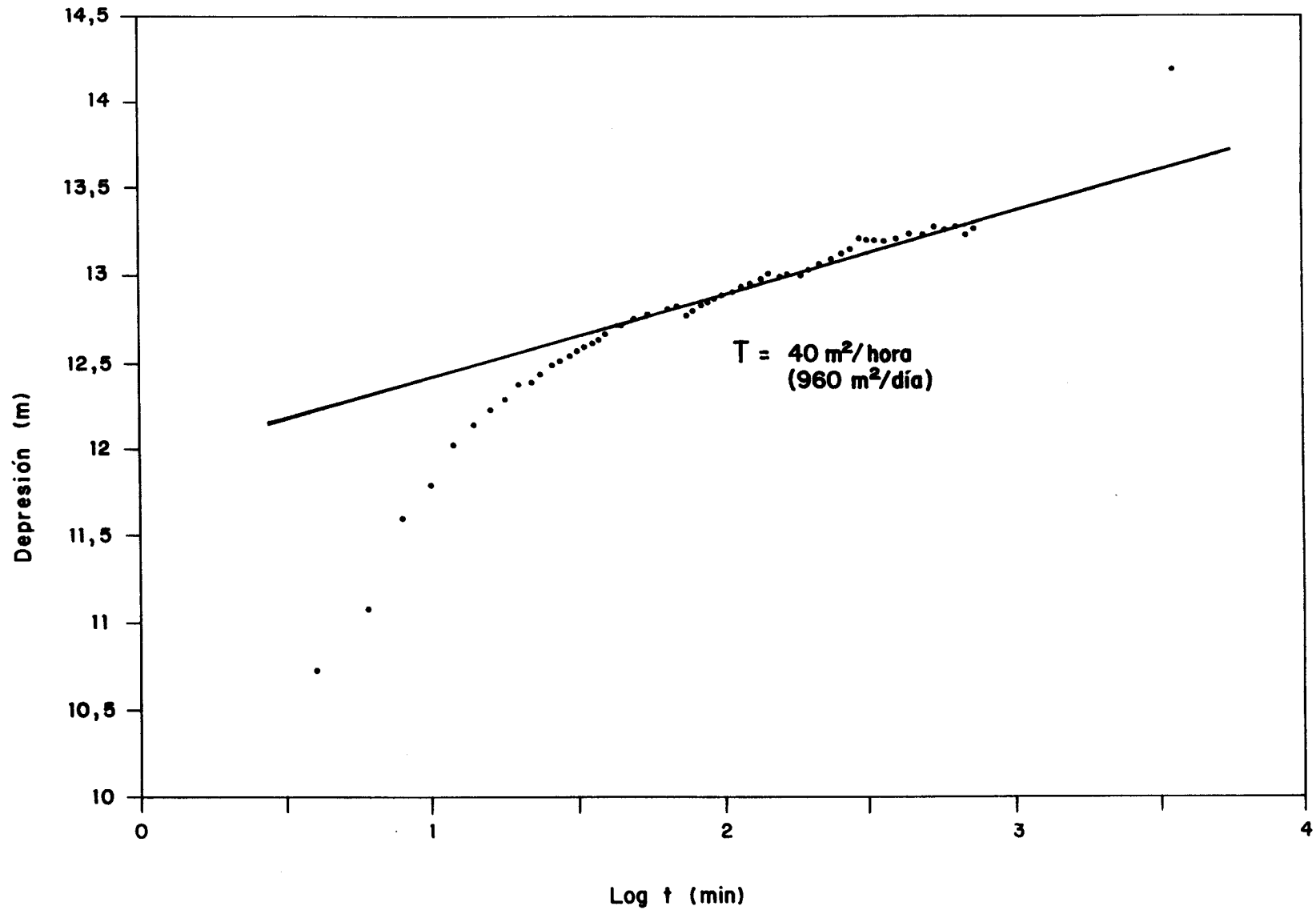


Fig. 35

BOMBEO DE ENSAYO - SONDEO 2737 · 70059

Recuperación en el sondeo 2737 · 70059

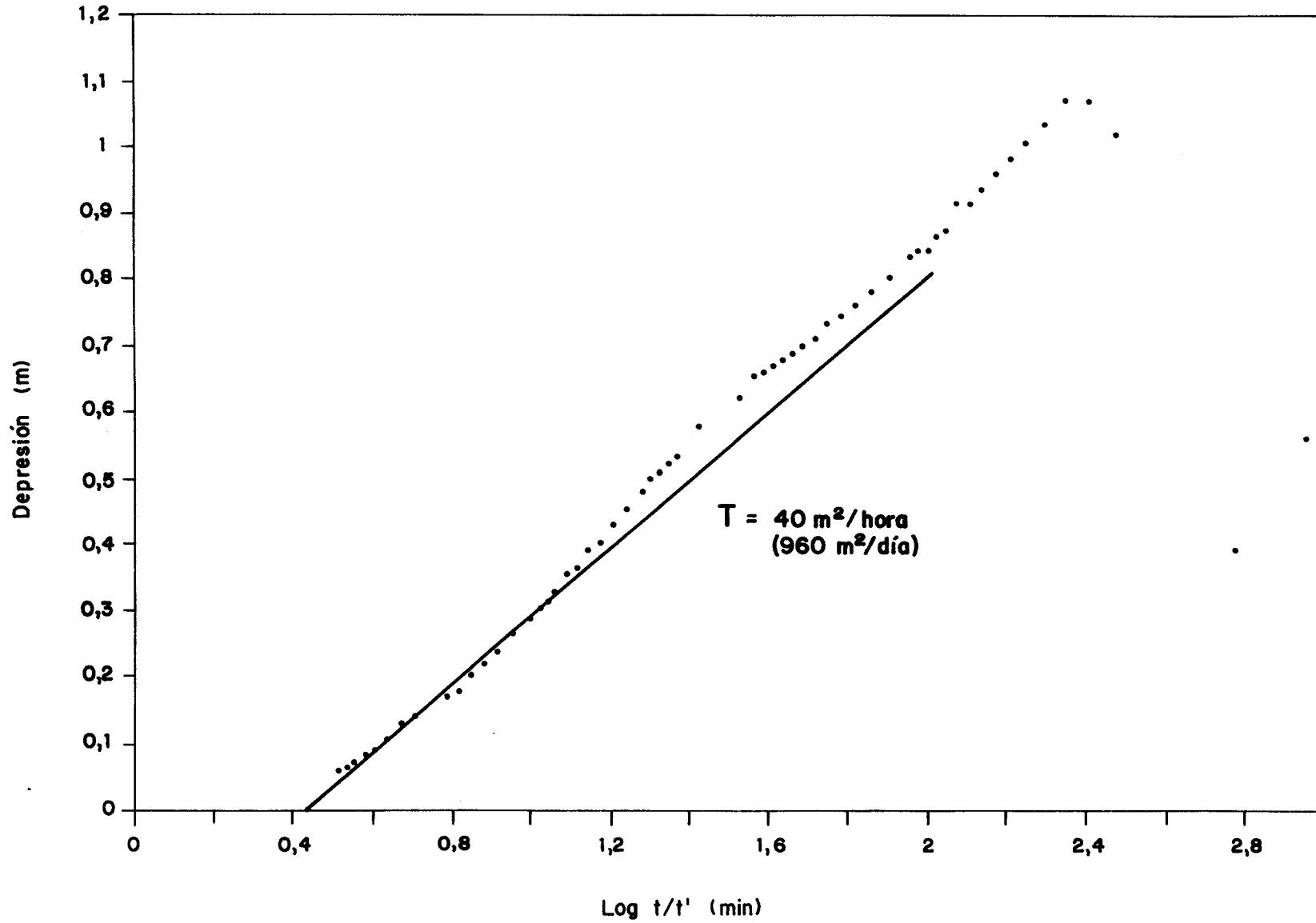


Fig. 36

BOMBEO DE ENSAYO - SONDEO 2737 · 70059

Recuperación en piezómetro 2737 · 70060

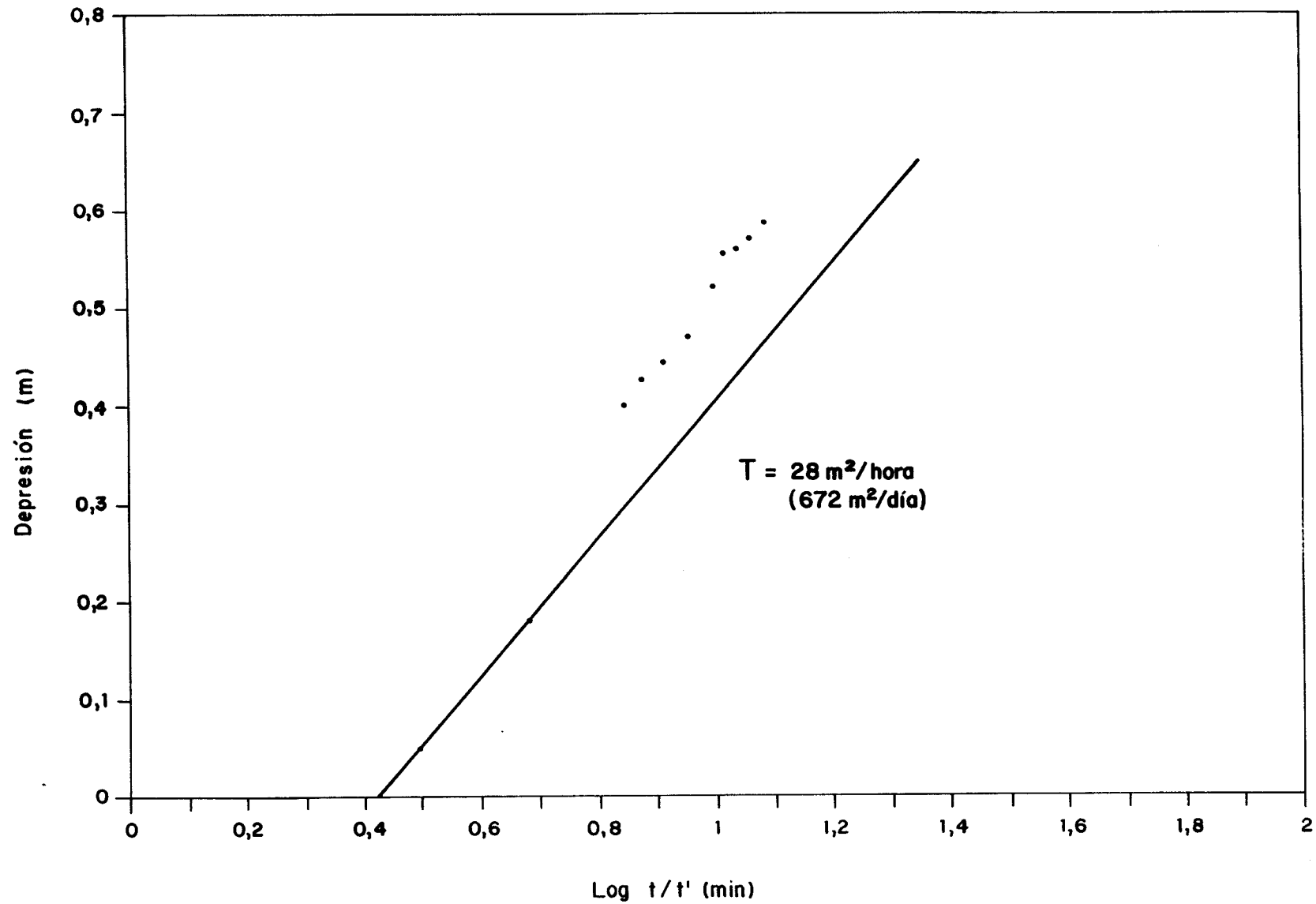


Fig. 37

Al no haberse podido medir el nivel del agua en el piezómetro al final del descenso, no puede calcularse exactamente el valor del coeficiente de almacenamiento. Ahora bien se sabe que en el minuto 788 (13,13 horas) de bombeo el nivel en el piezómetro había descendido 0,12 m. Por tanto el valor del coeficiente de almacenamiento máximo, por debajo del cual se encontrará su valor verdadero es de:

$$S = \frac{2,25 \cdot T \cdot t}{r^2} = \frac{2,25 \cdot 28 \cdot 13,13}{350^2} = 6,7 \cdot 10^{-3}$$

En resumen, los parámetros hidrodinámicos obtenidos son:

- Transmisividad en el sondeo 2737-70059 igual a 40 m²/hora (960 m²/día).
- Transmisividad en el piezómetro 2737-70060 igual a 28 m²/hora (672 m²/día).
- Coeficiente de almacenamiento en el piezómetro 2737-70060 inferior a 6,7 . 10⁻³ lo que indica un estado cuasi de cautividad del acuífero, por lo que probablemente exista un paquete de margas, intercaladas en las calizas, por debajo del nivel piezométrico.

11. REESTRUCTURACION DE LAS REDES DE CONTROL

Las redes de control del Campo de Cartagena fueron implantadas por el ITGE, en el año 1973 la red de piezometría y en 1978 la red de calidad, y han tenido funcionamiento por parte de este organismo hasta el año 1985. Durante los años 1986, 1987 y 1988, por acuerdo entre el ITGE y la Dirección General de Recursos Hidráulicos de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, el seguimiento lo realizó este último organismo. No ha habido continuación del control durante los años 1989, 1990 y 1991.

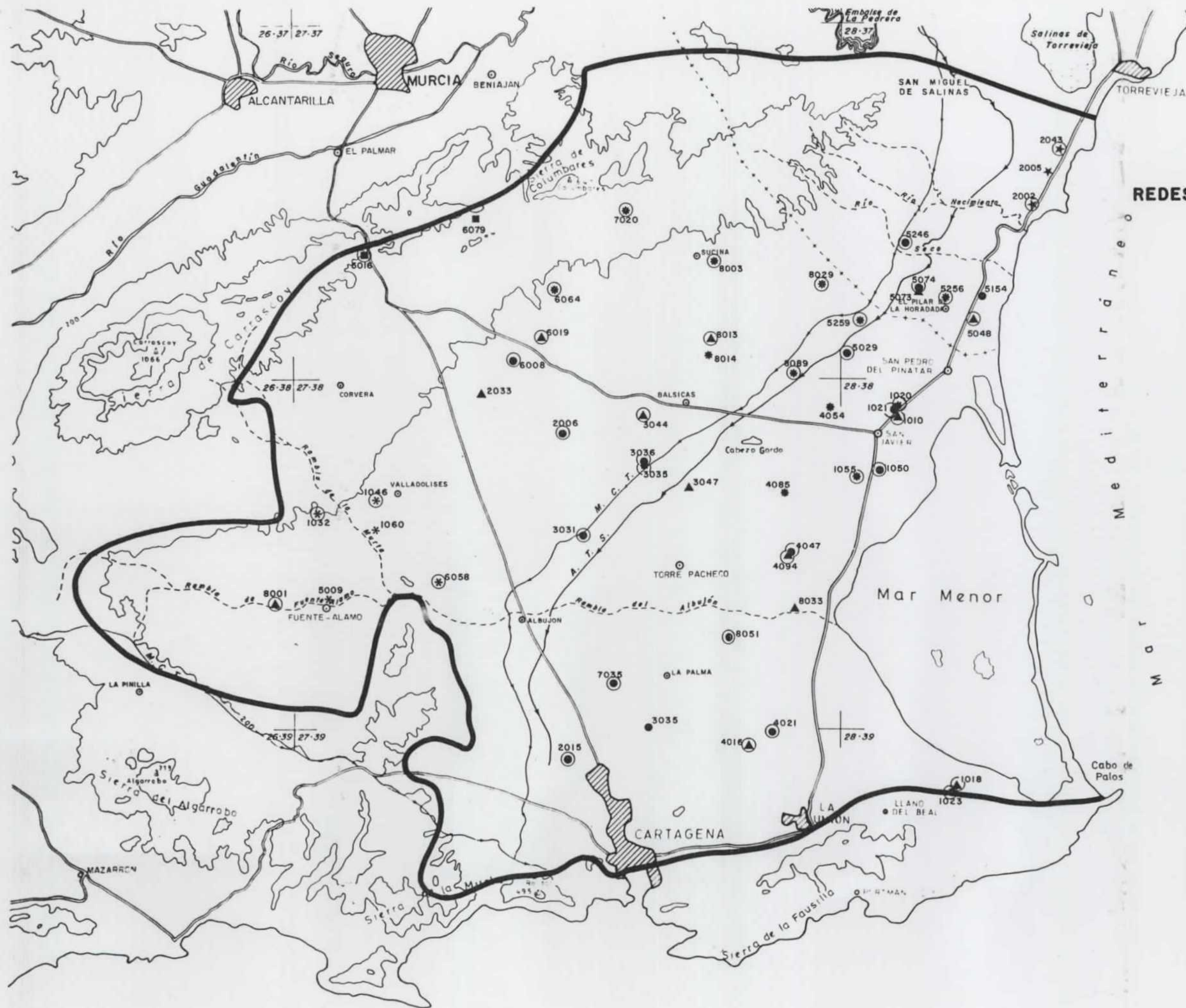
La última red utilizada en el año 1985 constaba de 50 puntos de observación piezométrica y 25 de control de calidad.

En el presente estudio se propone una red piezométrica temporal (4 a 6 medidas anuales) compuesta por 40 puntos de agua, completada por otros 13 puntos de agua complementarios que se incluirán cuando se vaya a realizar un flash piezométrico especial.

También se proponen 25 puntos de agua para la red de calidad temporal y otros 13 puntos de agua para la red de intrusión. Cuando convenga realizar un flash hidroquímico especial se utilizarán los 38 puntos de agua citados en ambas redes más 11 puntos de agua complementarios, lo que totaliza la cifra de 49 puntos de agua.

11.1. REDES DE CONTROL PIEZOMETRICO

Tal como se ha indicado en el apartado anterior se va a describir la composición de la red piezométrica temporal, formada por 40 puntos de agua, que podrá complementarse con otros 13 puntos de agua cuando convenga realizar un flash piezométrico especial.



CAMPO DE CARTAGENA
REDES PIEZOMETRICAS PROPUESTAS

LEYENDA

- * Punto perteneciente al Triásico de Los Victorios
- " " " Tortonense
- " " " Andaluciense
- " " " Plioceno
- ★ " " " Cabo Roig
- ▲ " " " Cuaternario

○ Red temporal
 (La totalidad de los puntos conforman la red espacial)



Fig. nº 38

Por acuíferos, la red piezométrica propuesta queda constituida así:

- Triásico de los Victorias

Red piezométrica temporal: 2738-10032, 2738-10046 y 2738-60058.

Complementarios red espacial: 2738-10060 y 2738-60058.

- Tortonense

Red piezométrica temporal: 2737-50016.

Complementario red espacial: 2737-60079.

- Andaluciense

Red piezométrica temporal:

Hoja 2737: nºs. 60064, 70020, 80003, 80029 y 80089.

Hoja 2738: nºs. 30035

Hoja 2837: nºs. 50256 y 50259.

Hoja 2838: nºs. 10020 y 10055.

Complementarios red espacial;

Hoja 2737: nºs. 80014

Hoja 2738: nºs. 40054 y 40085.

El punto 2737-60064 sustituyó en el año 1979 al 2737-70001. Por otro lado el punto 2837-50259 sustituye al 2837-50210 desde el año 1987.

- Plioceno

Red piezométrica temporal:

Hoja 2737: nº. 60008.

Hoja 2738: nºs. 20006, 30031, 30036, 40047, 70035 y
80051.

Hoja 2739: nºs. 20015 y 40021.

Hoja 2837: nºs. 50029 y 50074 y 50246.

Hoja 2838: nºs. 10021 y 10050.

Hoja 2839: nºs. 10023.

Complementarios red espacial: 2739-30035 y 2837-50154.

- Cabo Roig

Se incluye por primera vez dentro de la red piezométrica.

Red piezométrica temporal: 2837-20002 y 2837-20043.

Complementario red espacial: 2837-20005.

- Cuaternario

Red piezométrica temporal:

Hoja 2638: nº. 80001.

Hoja 2737: nºs. 60019 y 80013.

Hoja 2738: nºs. 30044 y 40094.

Hoja 2739: nº. 40016

Hoja 2837: nº. 50048.

Hoja 2838: nº. 10010.

Hoja 2839: nº. 10018.

Complementarios red espacial:

Hoja 2738: nºs. 20033, 30047 y 80033.

Hoja 2837: nº. 50073

11.2. REDES DE CONTROL DE CALIDAD E INTRUSION

La red de calidad general se propone con 25 puntos de agua. La red de intrusión dispondrá de 13 puntos de agua. Para un flash hidroquímico espacial se contará con los 38 puntos indicados más 11 puntos de agua complementarios.

En principio se realizarán análisis hidroquímicos normales en todos los casos. Además se harán análisis completos en las muestras pertenecientes al acuífero Cuaternario al ser más vulnerable a la contaminación.

Por acuíferos, las redes de calidad propuestas son las siguientes:

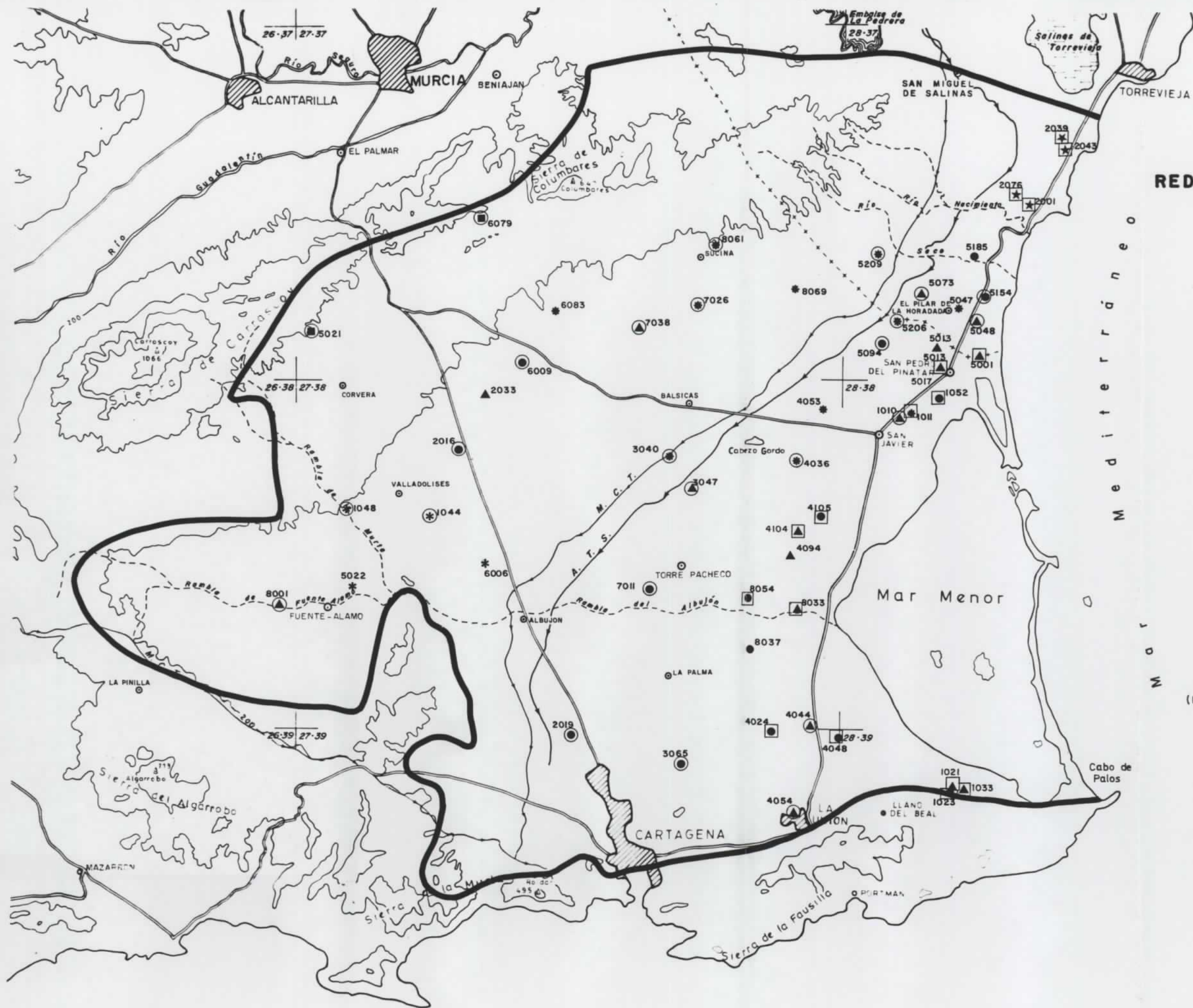
- Triásico de los Victorias

Red de calidad temporal:

Hoja 2738; nºs 10044 y 10048.

Complementarios red espacial:

Hoja 2738: nºs. 50022 y 60006



CAMPO DE CARTAGENA

REDES DE CALIDAD PROPUESTAS

LEYENDA

- * Punto perteneciente al Triásico de Las Victorias
- " " " Tortonense
- " " " Andaluciense
- " " " Plioceno
- ★ " " " Cabo Roig
- ▲ " " " Cuaternario

- Red temporal
- Red de intrusión

(La totalidad de los puntos conforman la red espacial)



Fig. nº 39

- Tortoniense

Red de calidad temporal:

Hoja 2737: nºs. 50021 y 60079.

El punto 2737-50021 está destinado al abastecimiento público de la pedanía de Corvera. El segundo 2737-60079 sustituye al 2737-50024.

- Andaluciense

Red de calidad temporal:

Hoja 2737: nºs. 70026 y 80061.

Hoja 2738: nºs. 30040 y 40036.

Hoja 2837: nºs. 50206 y 50209.

Red de intrusión:

Hoja 2838: nº. 10011.

Complementarios red espacial:

Hoja 2737: nºs. 60083 y 80069.

Hoja 2738: nº. 40053.

Hoja 2837: nº. 50047.

- Plioceno

Red de calidad temporal:

Hoja 2737: nº. 60009.

Hoja 2738: nºs. 20016 y 70011.

Hoja 2739: nºs. 20019 y 30065.

Hoja 2837: nºs. 50094 y 50154.

Red de intrusión:

Hoja 2738: nºs. 40105 y 80054.

Hoja 2739: nºs. 40024 y 40048.

Hoja 2838: nº. 10052.

Hoja 2839: nº. 10023.

Complementarios red espacial: 2738-80037 y 2837-50185.

- Cabo Roig

Red de intrusión:

Hoja 2837: nºs. 20001, 20039, 20043 y 20076.

- Cuaternario

Red de calidad temporal:

Hoja 2638: nº. 80001.

Hoja 2737: nº. 70038.

Hoja 2738: nº. 30047.

Hoja 2739: nºs. 40044 y 40054.

Hoja 2837: nºs. 50048 y 50073.

Hoja 2838: nº. 10010.

Red de intrusión:

Hoja 2738: nºs. 40104 y 80033.

Hoja 2837: nºs. 50001 y 50017.

Hoja 2839: nºs. 10021 y 10033.

Complementario red espacial:

Hoja 2738: nºs. 20033 y 40094.

Hoja 2837: nº. 50013.

12. DEMANDAS Y USOS DEL AGUA

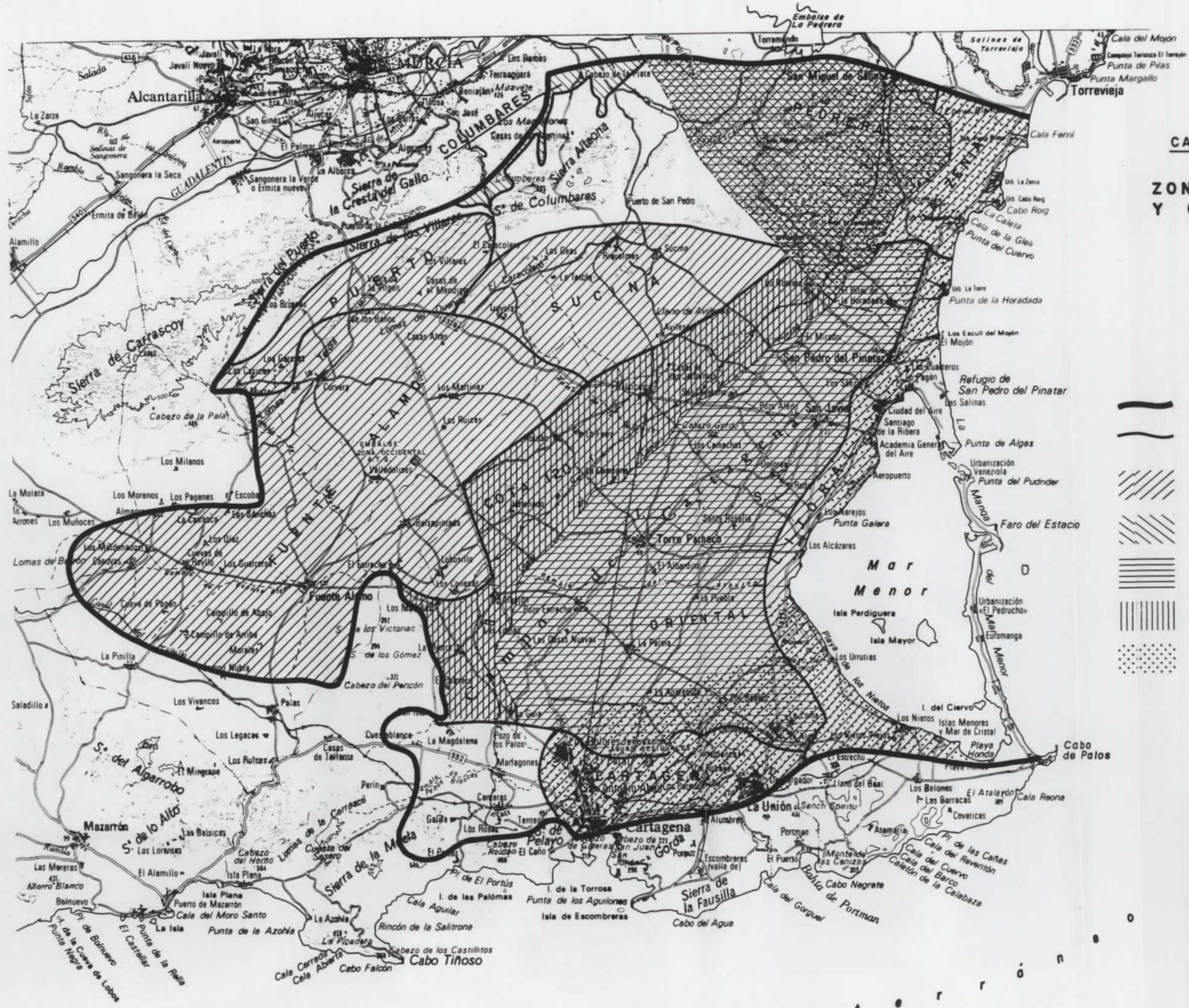
12.1. GENERALIDADES

En este apartado se estudian las demandas de agua para uso urbano, industrial y agrícola, siendo este último el más importante de todos ellos, aunque también el más difícil de cuantificar, pues en él interviene la casi totalidad de las aguas subterráneas extraídas en la unidad hidrogeológica.

Si se tiene en cuenta que el Campo de Cartagena presenta una extensión de 1.440 km², se comprenderá que para realizar un exhaustivo estudio de sus demandas hídricas agrícolas se requeriría un proyecto de mayor envergadura que el presente; a ello hay que añadir la enorme complejidad de los riegos de esta zona, que están sometidos a constantes innovaciones desde que comenzaron a llegar las aguas del Traspase Tajo-Segura (T.T.S.) en el año 1979, y el hecho de que existen numerosos propietarios de sondeos y pozos que condicionan un régimen de minifundio en la mayoría de las parcelas.

Con el fin de simplificar al máximo la evaluación de las demandas hídricas para regadío y conseguir así el mejor grado de fiabilidad posible, se ha dividido el área de estudio en 10 zonas de riego definidas en función de los entes administradores del agua y el origen de las misma; no se ha creído conveniente realizar el estudio por términos municipales, dada la heterogeneidad de los cultivos, origen del agua y entidades implicadas.

Las aguas utilizadas en el Campo de Cartagena tienen las siguientes procedencias: aguas subterráneas de los acuíferos de la unidad hidrogeológica del Campo de Cartagena; aguas subterráneas de otros acuíferos; Traspase Tajo-Segura (T.T.S.); recursos superficiales de la cuenca del Segura, aguas residuales de las poblaciones del Campo de Cartagena y Mancomunidad de los



CAMPO DE CARTAGENA
ZONAS DE RIEGO
Y ORIGEN DEL AGUA

LEYENDA

-  Límite de unidad hidrogeológica
-  Límite de zona de riego
-  Aguas subterráneas del Campo de Cartagena
-  Otras aguas subterráneas
-  Aguas superficiales del T. T. S.
-  Otras aguas superficiales
-  Aguas residuales

0 5 10 km

Fig. nº 40

M a r M e d i t e r r á n e o

Canales del Taibilla (M.C.T.). Este último organismo es el encargado de suministrar la casi totalidad del agua para abastecimiento público del Campo de Cartagena.

12.1. METODOLOGIA

Se han obtenido los datos de demandas y usos del agua para el año 1990, que por otro lado puede considerarse muy próximo a un año de precipitaciones medias normales en el Campo de Cartagena. En efecto si se observa, por ejemplo, la estación pluviométrica de Pozo Estrecho, se ve que registró una lluvia anual superior a la media de tan sólo 29 mm, sobre una media anual de 305 mm, existiendo cinco meses con precipitaciones mayores que la media, cuatro meses con valores inferiores y tres meses en que fueron iguales a la media, no habiéndose experimentado lluvias torrenciales en ningún mes del año. La pluviometría máxima alcanzada fue de 75 mm, en el mes de enero.

Las demandas urbana e industrial se puede decir que están muy bien afinadas, al encargarse de atender a la mayor parte de éstas un solo organismo (M.C.T.) cuyos datos nos han sido suministrados. Por el contrario determinar la demanda de los cultivos de regadío ha resultado más complejo e impreciso, ya que ha habido que definir y utilizar diversos métodos, según los datos disponibles en cada caso, y posteriormente contrastar ciertos resultados puntuales, allí donde ha sido posible, con la realidad, para verificar el grado de fiabilidad del método empleado.

En la mayoría de las zonas de riego tratadas no se han podido cuantificar las hectáreas reales de los distintos cultivos de regadío, por lo que se ha tenido que realizar un muestreo in situ, efectuando numerosas entrevistas con los agricultores, para obtener al menos el porcentaje de los distintos cultivos regados. Al mismo tiempo se iban obteniendo las dotaciones medias mensuales de los mismos. Para estimar la explotación del año 1990 se ha realizado un muestreo en puntos determinados contrastándolo con el valor obtenido en esos mismos puntos en trabajos de años

anteriores llevados a cabo por el ITGE; la relación resultante ha permitido extrapolar a todo el acuífero y con ello se ha conseguido dicha estimación. No se ha podido realizar una actualización exhaustiva de los pozos y sondeos para dicho año, ya que hubiese sido objeto por si mismo de otro proyecto.

Con todos los datos agronómicos obtenidos en el campo, se ha confeccionado un listado con los principales cultivos de regadío existentes en el Campo de Cartagena y las dotaciones medias anuales y mensuales encontradas para el año estudiado 1990.

Una vez conocido, por zonas, el porcentaje de cada uno de los cultivos de regadío existentes y su dotación anual, se procede a obtener el número de hectáreas de cada cultivo. Para ello es necesario conocer el volumen de agua aplicado, lo que se ha conseguido de muy distintas formas según la zona. Si se divide el volumen de agua aplicado entre la dotación media anual de cada zona, se puede llegar a obtener el número total de hectáreas regadas, como también sí se sabe el porcentaje que corresponde a cada uno de los cultivos, se puede incluso conocer las hectáreas existentes de éstos aproximadamente.

Téngase en cuenta que al tratarse de una metodología basada fundamentalmente en un muestreo poblacional reducido, los datos resultantes se aproximarán bastante a la realidad, pero están sujetos lógicamente, a los errores que lleva implícito este método.

12.3. DEMANDAS PARA REGADIO

Para determinar las demandas para riego es necesario conocer los siguientes parámetros: volumen de agua suministrada, volumen de agua aplicada, superficie cultivada, tipo de cultivos, modalidad de riego, dotaciones anuales y dotaciones mensuales.

La diferencia entre el volumen de agua suministrada y el de aplicada radica en las pérdidas. Con respecto a las aguas subterráneas se ha considerado que las pérdidas por evaporación en los embalses y filtraciones en las tuberías de conducción son del orden del 2%. En cuanto a las aguas residuales, las pérdidas son de mayor porcentaje, del 5%, ya que abundan conducciones a cielo abierto y el propio sistema de depuración por lagunaje propicia importantes evaporaciones. Por último para las aguas superficiales se consideran unas pérdidas del 0,05% como diferencia entre el agua facturada y el agua aplicada realmente a los cultivos, según información de la Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena.

Las cifras de superficies de cultivos se refieren a hectáreas cultivadas dentro del ciclo de cada cultivo, pudiendo destinarse una hectárea física a dos o más cosechas, por lo que hay que tener presente que el número de hectáreas físicas será algo inferior al de hectáreas cultivadas.

Los principales cultivos, con indicación de su modalidad de riego (manta, goteo e invernadero), se presenta en el cuadro nº 9 y en él aparecen 49 cultivos diferentes con sus dotaciones mensuales y anuales correspondientes.

El cuadro nº 10 muestra las diez zonas de riego en que se ha dividido el Campo de Cartagena, con indicación de los aportes de agua según sus distintas procedencias, hectáreas de cultivos regadas y dotaciones medias anuales resultantes en cada una de ellas.

Las zonas regables del T.T.S. implicadas en este estudio son dos: una la zona regable oriental del Campo de Cartagena y otra la denominada, a efectos de la gestión del T.T.S., como zona regable de La Pedrera. . La primera se extiende en su totalidad por el Campo de Cartagena, por lo que queda contemplada íntegramente en este estudio de demandas. En cambio la segunda se extiende sobre las unidades hidrogeológicas del Terciario de Torrevieja y parte de la del Campo de Cartagena, por lo que en este estudio sólo se contempla esta porción, que es

Cuadro nº 9

DOTACIONES (M³/ha) EN EL CAMPO DE CARTAGENA (AÑO 1990)

CULTIVO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ACELGA MANTA	600	1500	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3100
ALBARICOQUE GOTEO	80	120	240	360	600	780	740	610	500	320	100	80	4550
ALCACHOFA 1 MANTA	1100	1100	1100	1100	1100	0	0	1100	800	1100	1100	1100	10700
ALCACHOFA 2 GOTEO	1000	1100	1100	1100	0	0	0	1200	1000	1000	900	800	9200
ALGODON 1 MANTA	0	0	0	0	1700	850	1700	1700	850	0	0	0	6800
ALGODON 2 GOTEO	0	0	0	0	1400	1000	1300	1100	900	0	0	0	5700
ALMENDRO 1 GOTEO	50	80	170	350	430	500	550	520	330	220	90	60	3350
ALMENDRO 2 GOTEO	50	80	100	110	130	225	240	200	135	100	70	60	1500
ALMENDRO 3 MANTA	0	0	0	450	0	0	450	0	0	0	0	0	900
APIO 1 MANTA	1300	1300	0	0	0	0	0	0	0	1400	1300	1300	6600
APIO 2 MANTA	1400	1400	1500	1500	1400	0	0	0	0	0	0	0	7200
BERENJENA GOTEO	0	0	0	0	1000	1200	1400	1200	0	0	0	0	4800
BROCOLI 1 MANTA	0	0	0	0	0	0	0	1800	1800	1200	1200	600	6600
BROCOLI 2 MANTA	0	1200	1200	1200	1800	0	0	0	0	0	0	0	5400
CALABACIN INVERNADERO	0	0	0	700	1400	1400	2100	0	0	0	0	0	5600
CEBOLLA 1 MANTA	600	1200	600	600	0	0	0	0	0	1200	500	1200	6000
CEBOLLA 2 MANTA	0	0	0	1250	1000	1250	1000	0	0	0	0	0	4500
CEREAL MANTA	0	0	800	0	800	0	0	0	0	0	0	0	1600
CESPED ASPERSION	600	700	800	900	1100	1200	1600	1500	1400	900	700	600	12000
CITRICO 1 MANTA	900	900	900	0	1800	900	0	0	0	0	0	0	5400
CITRICO 2 GOTEO	160	180	300	500	500	700	800	900	530	400	100	100	5170
CITRICO 3 MANTA	0	0	585	0	0	585	1175	585	1170	0	0	0	4100
CITRICO 4 GOTEO	110	110	225	375	375	510	580	640	375	300	75	75	3750
CITRICO 5 GOTEO	60	70	130	220	220	300	340	380	220	170	50	50	2210
CLAVEL INVERNADERO	650	650	650	650	950	1300	1300	1300	950	950	950	650	10950
GUISANTE MANTA	800	800	800	800	0	0	0	0	0	0	0	800	4000
HABA INVERNADERO	900	900	450	0	0	0	0	0	450	450	450	450	4050
JUDIA VERDE INVERNADERO	0	0	0	500	1000	500	1000	500	0	0	0	0	3500
LECHUGA 1 MANTA	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	1500	1500	0	5000
LECHUGA 2 MANTA	1500	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	1500	5000
LECHUGA 3 MANTA	0	750	1000	1750	1500	0	0	0	0	0	0	0	5000
HELOCOTON GOTEO	50	100	250	360	700	850	970	920	610	360	180	50	5370
MELON 1 MANTA	0	0	0	700	1400	2100	2100	0	0	0	0	0	6300
MELON 2 GOTEO	0	0	700	700	800	900	1000	400	0	0	0	0	4500
MELON 2 INVERNADERO	0	0	700	700	800	900	1000	400	0	0	0	0	4500
NECTARINA 1 MANTA	450	0	500	0	500	800	1000	900	500	500	450	0	5600
NECTARINA 2 GOTEO	50	100	200	350	650	300	950	900	600	350	150	50	5150
PARRAL 1 MANTA	1250	0	1250	0	0	1250	1250	1250	1250	0	0	0	7500
PARRAL 2 GOTEO	300	300	400	500	600	600	800	700	600	400	300	200	5700
PATATA 1 MANTA	1600	800	1600	800	0	0	0	0	0	0	0	0	4800
PATATA 2 MANTA	800	0	0	0	0	0	0	0	1150	300	450	800	4000
PEPINO INVERNADERO	600	600	1200	1400	1600	600	0	0	0	0	0	400	6400
PIMIENTO 1 MANTA	500	500	1000	1000	1500	1500	2000	500	0	0	0	0	9500
PIMIENTO 2 INVERNADERO	500	500	1000	1000	1500	1500	1500	500	0	0	0	0	6000
PIMIENTO DE BOLA 1 MANTA	0	0	0	900	1800	900	1800	1800	0	0	0	0	7200
PIMIENTO DE BOLA 2 GOTEO	0	0	0	850	1750	850	1750	1750	0	0	0	0	6950
SANDIA GOTEO	0	0	700	800	800	1000	1100	0	0	0	0	0	4400
TOMATE INVERNADERO	530	350	530	350	1370	1300	1860	1860	0	0	0	350	8500
TOMATE INDUSTRIA MANTA	0	0	600	500	700	600	800	800	0	0	0	0	4000

Nota. Un mismo cultivo regado incluso por el mismo sistema puede tener varias dotaciones según las disponibilidades de agua, hábitos de los agricultores y época de la cosecha en cada área.

CAMPO DE CARTAGENA

Cuadro nº 10

DOTACIONES (m³/ha/Año), SUPERFICIES REGADAS (ha) Y APORTES DE AGUA PARA EL RIEGO
(m³) POR ZONAS (AÑO 1990)

ZONAS	DOTACIONES MEDIAS ANUALES	HECTAREAS DE CULTIVOS DE REGADIO	VOLUMEN AGUA T.T.S.	RECURSOS PROPIOS DE LA C.R. DEL C. DE CARTAGENA	VOLUMEN AGUA SUBTERRANEA	VOLUMEN AGUA RESIDUAL	VOLUMEN TOTAL AGUA SUMINISTRADA	VOLUMEN DE PERDIDAS	VOLUMEN TOTAL AGUA APLICADA
T.T.S. ORIENTAL	6.027	9.865	51.032.712	--	6.900.000	2.027.705	59.960.417	503.517	59.456.900
COTA 120	5.985	3.687	--	14.148.142	7.800.000	345.000	22.293.142	227.962	22.065.180
FUENTE ALAMO	5.642	3.371	--	--	19.409.750	--	19.409.750	391.100	19.018.650
SUCINA	4.629	2.084	--	--	9.819.860	--	9.819.860	173.360	9.646.500
EL PUERTO	3.629	330	--	--	1.222.752	--	1.222.752	25.252	1.197.500
COLUMBARES	2.101	300	--	--	(1) 643.163	--	643.163	12.823	630.340
LA PEDRERA	4.023	2.113	3.518.653	--	(2) 3.060.000	2.100.000	8.678.653	178.503	8.500.150
LA ZENIA	6.602	198	--	--	986.353	358.400	1.344.753	37.653	1.307.100
LITORAL	5.202	1.193	--	--	(3) 2.251.609	4.204.489	6.456.098	250.398	6.205.700
CARTAGENA	4.599	770	--	--	(4) 435.000	3.288.660	3.723.660	182.060	3.541.600
T O T A L E S		23.911	54.551.365	14.148.365	52.528.487	12.324.254	133.552.248	1.982.628	131.569.620

(1) Agua procedente del acuífero Cresta del Gallo.

(2) Agua procedente de acuíferos de la cuenca alta del Segura (1.000.000 m³)

(3) Agua procedente de la Unidad Hidrogeológica de la Sierra de Cartagena (220.000 m³)

(4) " " " " " " " " " (19.000 m³)

aproximadamente la mitad de toda la zona regable. Por otro lado hay que indicar que en la zona de Fuente Alamo, donde actualmente sólo se riega con aguas subterráneas, está previsto la llegada de aguas del T.T.S., en los próximos años, al área de riego que se denominará "zona regable occidental del Campo de Cartagena".

La zona denominada cota 120 recibe aguas superficiales de la Cuenca del Segura, utilizando para su transporte el canal del T.T.S.

En las diez zonas consideradas se utilizan aguas subterráneas.

De la observación del cuadro nº 10, se deduce que para los regadíos del Campo de Cartagena se utiliza un volumen de agua de 133,6 hm³, de los cuales se han considerado como pérdidas aproximadamente 2,0 hm³; por tanto resulta que 131,6 hm³ es el volumen de agua aplicada a las 23.911 has cultivadas, lo que supone una dotación media de 4.844 m³/ha/año.

El volumen del agua aplicada según orígenes, fue, en 1990, el siguiente: 54,5 hm³ del T.T.S., 52,5 hm³ de aguas subterráneas (50,6 hm³ corresponden a la unidad hidrogeológica del Campo de Cartagena), 14,1 hm³ de aguas superficiales de la Cuenca del Segura y 12,3 hm³ de aguas residuales.

Existe utilización de aguas residuales en las zonas T.T.S. oriental, Cota 120, La Pedrera, La Zenia, Litoral y Cartagena (ver cuadro nº 11).

12.3.1. Zona T.T.S. Oriental

Se trata de la zona definida exactamente como "zona regable oriental del Campo de Cartagena", dentro de los riegos establecidos para el Trasvase Tajo-Segura. Se extiende desde el Pilar de la Horadada por el Norte hasta las cercanías de las poblaciones de Cartagena y La Unión por el Sur, encontrándose en su interior poblaciones como San Javier, Torre Pacheco, La Palma y Pozo Estrecho.

DEPURADORAS	VOLUMEN DESTINADO A REGADIO 12.324.254 (m ³)	VOLUMEN DE ENTRADA A LA ZONA 12.324.254 (m ³)	ZONAS DESTINATARIAS
LA UNION	286.160	286.160	CARTAGENA
ROCHE			
EL GARBANZAL			
EL LLANO DEL BEAL	65.736	65.736	
ALUMBRES	52.200	52.200	
EL ALGAR	29.650	29.650	
CARTAGENA	5.859.403	2.854.914	LITORAL
		2.004.489	
		1.000.000	
LA PALMA-POZO ESTRECHO	200.755	200.755	T.T.S. (ZONA ORIENTAL)
LA PUEBLA	26.950	26.950	
TORRE PACHECO	365.000	365.000	
DOLORES DE PACHECO	90.000	90.000	
EL PILAR DE LA HORADADA	1.345.000	345.000	
		1.000.000	LITORAL
SAN JAVIER	1.200.000	1.200.000	COTA 120
BALSICAS	90.000	90.000	
ROLDAN	180.000	180.000	
LA ALJORRA	75.000	75.000	LA PEDRERA
VILLAMARTIN	2.158.400	2.100.000	
SAN MIGUEL DE SALINAS			
TORREVIEJA			
		58.400	LA ZENIA
PUNTA PRIMA	100.000	100.000	
LA ZENIA	160.000	160.000	
LAS MIL PALMERAS	40.000	40.000	

El agua suministrada a la zona en 1990 fue de 59.960.417 m³, correspondiendo 51.032.712 m³ a aguas del T.T.S., 6.900.000 m³ a aguas subterráneas bombeadas dentro de la zona y 2.027.705 m³ a aguas residuales procedentes de las poblaciones de Cartagena, La Palma, Pozo Estrecho, La Puebla, Torre Pacheco, Dolores, El Pilar de la Horadada y la Torre de la Horadada.

Existen aproximadamente 9.865 has a las que les llegó un volumen de agua aplicada de 59.456.900 m³, lo que representa una dotación media en torno a 6.027 m³/ha/año.

Las aguas del T.T.S. comenzaron a llegar el año 1979 a la parte norte de esta zona y progresivamente se fueron dotando con dichas aguas sectores situados más al sur, hasta que en el año 1985 se dominaba con las aguas del T.T.S. toda la zona.

En 1990 la superficie regada estimada fue de 9.865 ha; al parecer este área tiende a estabilizarse en los próximos años.

La zona T.T.S. oriental ha quedado dividida en 18 sectores por la Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena.

Por ser la que mayor superficie de riego presenta de todas, reclama una demanda real de agua de 59.456.900 m³ para atender 5.290 ha de cultivos en riego por gravedad, 3.003 ha de riego localizado y 1.572 ha de cultivos en invernadero.

Los principales cultivos son: el cítrico, que ocupa una superficie de 2.083 ha; la lechuga, cuyas tres cosechas anuales suman 1.392 ha y el invernadero, con 1.235 ha de pimiento, siendo éste, en función de su dotación y el número de ha que ocupa, el que más agua demanda con 9.880.000 m³/año.

La zona T.T.S. oriental es la más agrícola de todas, constituyendo el 45,2% de la superficie de regadío existente en el Campo de Cartagena; es, por tanto, donde se asientan las mayores empresas de explotación agrícola. Dentro de ella se puede distinguir un área norte, con mayor regadío y más invernaderos;

estos últimos en la actualidad se van gradualmente extendiendo de norte a sur, por otro lado, el histórico predominio del limón va decayendo en beneficio de la naranja por razones mercantilistas y por la viabilidad que para ello afrece el T.T.S.

12.3.2. Zona Cota 120

Ocupa una franja rectangular limitada al Noroeste por la Cota 120 aproximadamente y al Sureste por el canal del T.T.S.

El agua total suministrada a la zona fue de 22.293.142 m³; de ellos 14.148.142 m³ fueron bombeados desde el canal del T.T.S. en concepto de recursos propios de la Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena. Estos recursos proceden de dos fuentes: del Decreto de 25 de abril de 1953, por el que se concedieron al Campo de Cartagena un caudal anual de hasta 31 hm³ provinientes del río Segura y de volúmenes de agua del T.T.S. asignados a la Zona Regable Oriental que son canjeados por aguas residuales procedentes de la depuradora de Cartagena. Otros volúmenes suministrados a esta zona son 7.800.000 m³ de aguas subterráneas y 345.000 m³ de aguas residuales, procedentes éstas de las poblaciones de Balsicas, Roldán y La Aljorra. Las aguas subterráneas citadas proceden del interior de esta zona (3.700.000 m³) y del acuífero Triásico de los Victorias (4.100.000 m³).

Para la zona Cota 120 se han calculado 3.687 ha de riego (16,8% del total del Campo de Cartagena) a las que se le aplicaron 22.065.180 m³, lo que representa una dotación media de 5.985 m³/ha/año.

De las 3.687 ha, 1740 has son regadas por el sistema de goteo, 1.378 ha a manta y 569 ha pertenecen a invernaderos.

En esta zona predomina el cultivo del melón con 625 ha que es regado indistintamente a gravedad, manta, goteo o en invernadero. Le sigue en importancia el cultivo de la lechuga, que ocupa una superficie de 602 ha (correspondientes a tres

cosechas) y el pimiento de invernadero con 446 ha, siendo este último el que mayor agua demanda con 3.568.000 m³/año.

12.3.3. Zona Fuente Alamo

Se ubica en la parte más occidental del Campo de Cartagena, encontrándose en su interior las poblaciones de Cuevas de Reylo, Fuente Alamo, Valladolides, Balsa-Pintada, Lobosillo, Corvera y los Martínez.

Actualmente se riega en esta zona con las aguas subterráneas bombeadas dentro de la misma, que supuso un volumen de 19.409.750 m³ en el año 1990. La mayor parte de esta cifra proviene de los sondeos que captan el acuífero Triásico de los Victorias y una pequeñísima proporción tiene su origen en captaciones del Plioceno situadas en la parte más NE de la zona.

En un futuro inmediato esta zona recibirá aguas del T.T.S., cuyas obras de infraestructura están ya casi terminadas.

Se ha calculado que existen en la zona 3.371 ha sobre las que se ha aplicado un volumen de agua de 19.018.650 m³ lo que significa una dotación de 5.642 m³/ha/año.

Dentro de la zona aquí denominada como "Fuente Alamo", se constituirá en breve la "Zona regable occidental del Campo de Cartagena" con dotaciones provenientes del T.T.S., zona que se extenderá aproximadamente desde la parte occidental de la población de Fuente Alamo hasta la carretera nacional 301.

Los riegos cuya técnica es por aplicación localizada o goteo ocupan una superficie de 1986 ha; el invernadero se asienta en una extensión de 1.038 ha y el riego por gravedad se utiliza en 347 ha.

El melón, cultivado en calle y en menor medida en invernadero, constituye el principal cultivo de la zona, con 763 ha. En segundo lugar pueden citarse el haba de invernadero, con

684 ha y la alcachofa, con 525 ha; esta última presenta la mayor demanda de agua, con 4.820.800 m³/año.

En el área más occidental (Cuevas de Reylo), el parral, con unas 39 ha, posee una significación que no tiene en el resto del Campo de Cartagena, si bien la superficie dedicada a este cultivo va siendo cada vez menor, al demandar una alta dotación, y en un futuro próximo tal vez sea anecdótico, pues quedará localizada a un área que va a quedar al margen de la influencia del T.T.S. y por tanto los riegos serán como ahora, de aguas subterráneas captadas fuera de los dominios del área considerada en este párrafo.

12.3.4. Zona Sucina

Se sitúa en la parte Norte del Campo de Cartagena, encontrándose en ella las poblaciones de Sucina, Avilese y Gea y Truyols.

El agua suministrada para regadío es exclusivamente subterránea, con un volumen de 9.819.860 m³. La procedencia de estas aguas es la siguiente: 3.799.860 m³ son bombeados en el interior de la zona; 1.197.000 m³, pertenecen a sondeos situados en la zona Cota 120 y 4.823.000 m³ corresponden a sondeos ubicados en la zona Fuente Alamo (3.250.000 m³ del acuífero Triásico de los Victorias y 1.573.000 m³ del acuífero Plioceno).

Se han estimado 2.084 ha de regadío sobre las que se han aplicado 9.646.500 m³ de agua, lo que significa una dotación de 4.629 m³/ha/año.

La técnica de riego localizado es aplicada en la práctica totalidad de los cultivos de la zona, existiendo una superficie de 1.747 ha de plantaciones en calle y 337 ha de invernadero.

Los cultivos más extendidos son el almendro, con 625 ha y el cítrico, con 520 ha. En cuanto a cultivos herbáceos, el que mayor superficie ocupa es el melón, con 312 ha.

La mayor demanda de agua es requerida por la alcachofa que se extiende en una superficie de 290 ha y necesita un volumen anual de 2.688.000 m³.

La agricultura de la zona depende única y exclusivamente del agua de lluvia y de las aguas subterráneas, por lo que aquí el almendro adquiere mayor importancia que en el resto del Campo de Cartagena, ya que se trata de un cultivo de baja dotación de agua, siendo así que, mientras en zonas con mayores disponibilidades de agua el almendro puede considerarse de secano, en esta zona dicho cultivo se riega durante todo el año.

12.3.5. Zona El Puerto

Ocupa el extremo más noroccidental, estando dividida en dos sectores separados por la carretera nacional 301 Madrid-Cartagena, a la altura del Puerto de la Cadena.

El agua suministrada para el regadío proviene exclusivamente de bombeos de aguas subterráneas del Campo de Cartagena. El volumen total suministrado es de 1.222.752 m³, que proceden de los acuíferos Tortonense (822.752 m³) y Triásico de los Victorias (400.000 m³), siendo la demanda real de agua de 1.197.500 m³, para el año 1990.

En esta zona se encuentran básicamente dos cultivos: el cítrico, que posee unas 230 ha y el almendro, con 100 ha, regadas en su totalidad mediante la técnica de goteo.

12.3.6. Zona Columbares

Se sitúa al Norte de las Sierras de Columbares y Altaona. Su límite Norte coincide con el de la unidad hidrogeológica del Campo de Cartagena, en este sector.

Toda la zona se encuentra regada por las aguas de la unidad hidrogeológica Cresta del Gallo.

Las hectáreas regadas en esta zona, que caen dentro del Campo de Cartagena, son 300 a las que se suministran 643.163 m³ de agua. Considerando unas pérdidas aproximadas de 12.823 m³ se llega a un agua aplicada de 630.340 m³, lo que supone una dotación media de 2.101 m³. Se trata de la dotación más baja obtenida en el Campo de Cartagena, como consecuencia de la presencia de almendros de escasa dotación y sobre todo de limones, pues aunque requiere mayores dotaciones, son regados con poca agua, dado el costo que supone bombearla desde las captaciones de la Cresta del Gallo hasta las cumbres de la sierra, su mala calidad y el bajo precio que ha alcanzado el limón en el mercado en los últimos años.

Esta zona representa solamente el 0,5% de la superficie total de regadío del Campo de Cartagena, siendo el citado porcentaje, el menor de toda la unidad hidrogeológica.

12.3.7. Zona de La Pedrera

Está situada en el Norte del Campo de Cartagena y viene definida por el límite hidrogeológico del Campo de Cartagena, por el límite provincial entre Murcia y Alicante y por el canal del T.T.S. En la parte septentrional se encuentra la población de San Miguel de Salinas y en la meridional, la urbanización de Campo Verde.

La zona que aquí se contempla es una parte de lo que, a nivel de explotación del T.T.S., se conoce como "Zona Regable de La Pedrera", ya que el resto se halla al norte y fuera de los dominios del Campo de Cartagena. La superficie regable de toda la Pedrera se estima en unas 6.000 ha, de las que únicamente 2.113 ha se hallan situadas en el interior del Campo de Cartagena.

Estas 2.113 ha que forman parte del presente trabajo no pertenecen a la Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena, pues en la zona de La Pedrera hay constituidas sus propias comunidades o agrupaciones de regantes; las que se hallan dentro del Campo de Cartagena en parte o en toda su extensión son las

siguientes: Campo Salinas, S.A.T. San Miguel de Salinas, S.A.T. El Pilar de la Horadada, Campoamor y Villamartín.

El agua total suministrada a la zona de La Pedrera (Campo de Cartagena) fue, para el año 1990, de 8.678.653 m³. Este volumen es aportado por el T.T.S. con 3.518.653 m³, por sondeos de la zona con 2.060.000 m³, por otros sondeos situados en la cuenca alta del Segura con 1.000.000 m³ y por las depuradoras de Torrevieja, San Miguel de Salinas y Villamartín con 2.100.000 m³.

El agua aplicada resulta ser de 8.500.150 m³ que, utilizada en 2.113 ha resulta una dotación media de 4.023 m³/ha/año.

La modalidad de riego por goteo se aplica sobre 1.015 ha, de riego por gravedad o a manta en 887 ha y el invernadero ocupa una superficie de 211 ha.

El principal cultivo de la zona es de cítrico, el cual se extiende por 1.162 ha; a continuación viene el almendro, con 528 ha. Por lo que se refiere a cultivos herbáceos, el más desarrollado es la alcachofa que es cultivada en 170 ha, siendo el cítrico que más agua demanda con 3.168.750 m³, para el año 1990.

La superficie regable de esta zona representa el 6,5% de toda la superficie regable del Campo de Cartagena.

12.3.8. Zona La Zenia

Ocupa el área más nororiental del Campo de Cartagena, estando limitada por el Este por el Mar Mediterráneo y por el Oeste por parte del canal del T.T.S. En su interior se encuentra las urbanizaciones costeras de La Zenia, Punta Prima, Cabo Roig y Campoamor.

El volumen total de agua suminitrada es de 1.344.753 m³, éste procede de las aguas subterráneas del interior de la

zona, en concreto del acuífero de Cabo Roig que bombearon 986.353 m³ en el año 1990 y por otro lado de las aguas residuales de Torrevieja, Punta Prima, La Zenia y Urbanización Las Mil Palmeras.

Las hectáreas regadas son de 198, que se les aplicaron 1.307.100 m³ de agua, lo que resulta una dotación media de 6.602 m³/ha/año.

En el año 1990, el sistema de riego más utilizado fue el de goteo, que se aplicó en 127 ha. El riego a manta o por gravedad fue utilizado en 44 ha y el invernadero ocupó una superficie de 27 ha.

El cítrico es el cultivo que más superficie ocupa con 87 ha, seguido de la alcachofa con 60 ha, que demanda 552.000 m³/año; este último cultivo es el que hace que la dotación media de la zona sea la más elevada de todo el Campo de Cartagena, con 6.602 m³/ha/año.

Esta zona turística y agrícola (cada vez más lo primero que lo segundo), situada fuera del área de influencia del T.T.S. y con numerosos sondeos la mayor parte de ellos salinizados, tiene la peculiaridad de atender con aguas subterráneas las demandas públicas de las urbanizaciones costeras, si bien está previsto que en un futuro próximo sean atendidas con aguas del la M.C.T.

12.3.9. Zona Litoral

Se trata de una estrecha franja de unos 2 km de anchura, situada en la costa litoral, que va desde el Río Seco al Norte hasta la urbanización de Playa Honda en el Mar Menor.

El agua suministrada a la zona fue de 6.456.098 m³. De ellos 4.204.489 m³ corresponden a aguas residuales procedentes de las poblaciones de Cartagena, San Javier, El Pilar de la Horadada y la Torre de la Horadada. Los 2.251.609 m³ restantes pertenecen a aguas subterráneas bombeadas en el interior de la zona

(1.331.609 m³), aguas subterráneas procedentes de la zona adyacente "T.T.S. oriental" (700.000 m³) y también aguas subterráneas de la unidad hidrogeológica de Sierra de Cartagena (220.000 m³).

Existen en la zona 1.193 ha de regadío a las que se le aplicaron 6.205.700 m³, resultando una dotación media de 5.202 m³/ha/año.

La superficie regada a manta o por gravedad fue de 792 ha, la regada por goteo de 229 ha, y 172 ha fue la extensión ocupada por el invernadero.

El cítrico es el cultivo más extendido, con 220 ha, el cereal ocupa 206 ha y el algodón se cultiva en 140 ha, siendo este último el que más agua demandó en 1990, concretamente 952.000 m³.

Las hectáreas de regadío de esta zona suponen el 4,7% del total de la superficie de regadío del Campo de Cartagena.

12.3.10 Zona Cartagena

Es la zona situada más al Sur y se extiende desde la ciudad de Cartagena hasta las proximidades de la población de El Algar.

El agua suministrada fue de 3.723.660 m³ en el año 1990, correspondiendo en su mayor parte a aguas residuales (3.288.660 m³) de las poblaciones de Cartagena, La Unión, Roche, El Garbanzal, El Llano del Beal, Alumbres y El Algar. Por otro lado son administradas 416.000 m³ de aguas subterráneas pertenecientes al Campo de Cartagena y 19.000 m³ de aguas subterráneas procedentes de la Sierra de Cartagena.

La zona cuenta con 770 ha de riego a las que se aplicaron 3.541.600 m³, lo que supone una dotación media de 4.599 m³/ha/año.

El sistema de riego por gravedad o manta es el más utilizado con 690 ha, aplicándose el riego por goteo solamente en 80 ha y no existiendo, prácticamente, invernaderos en esta zona.

Los principales cultivos son el cereal con 254 ha, el algodón con 150 ha y el pimiento de bola con 126 ha. El algodón es el cultivo que más agua demanda con 1.020.000 m³ en 1990.

Las aguas residuales adquieren, en esta zona, gran importancia al constituirse en la principal fuente de aportación a los regadíos y cuya administración se realiza a través de la S.A.T. nº 557 "Isidoro García Ruez" de Cartagena. Por tanto, debido a que aquí la mayor parte del agua de riego procede, sobre todo, de la depuradora de Cartagena es por lo que el sistema de riego localizado es muy poco utilizado.

12.4. DEMANDAS URBANA E INDUSTRIAL

La casi totalidad del abastecimiento público e industrial del Campo de Cartagena se realiza mediante las aguas de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla (M.C.T.); únicamente resaltan, como excepción, las urbanizaciones litorales del término municipal de Orihuela que se abastecen con las aguas subterráneas del acuífero Cabo Roig, y la población de Corvera (término municipal de Murcia) que complementa su abastecimiento con aguas del acuífero Tortoniense.

12.4.1. Demanda urbana

El abastecimiento público a las poblaciones del Campo de Cartagena, durante el año 1990, supuso un volumen de agua de 39.103.135 m³, de los que 31.413.560 m³ corresponden a la provincia de Murcia y 7.689.575 m³ a la de Alicante (cuadro nº 12).

El Ayuntamiento de Cartagena recibió de la M.C.T., en 1990, un volumen de agua de 24.324.901 m³ de los cuales alrededor de unos 6.000.000 m³ fueron destinados a industrias del término

TERMINO MUNICIPAL	PROVINCIA	VOLUMEN DE AGUA PARA ABASTECIMIENTO (m ³)	ORIGEN DEL AGUA
CARTAGENA	MURCIA	18.324.901	M.C.T.
FUENTE ALAMO	"	1.546.723	M.C.T.
MURCIA **	"	515.213	M.C.T. y acuífero TORTONIENSE
SAN JAVIER	"	4.137.650	M.C.T.
SAN PEDRO DEL PINATAR	"	2.101.208	M.C.T.
TORRE PACHECO	"	2.116.288	M.C.T.
LA UNION	"	1.576.964	M.C.T.
LOS ALCAZARES	"	1.094.613	M.C.T.
TOTAL PROVINCIA DE MURCIA		31.413.560	
ORIHUELA *	ALICANTE	6.416.000	Acuífero Cabo Roig
SAN MIGUEL DE SALINAS *	"	180.675	M.C.T.
EL PILAR DE LA HORADADA	"	1.092.900	M.C.T.
TOTAL PROVINCIA DE ALICANTE		7.689.575	
TOTAL CAMPO DE CARTAGENA		39.103.135	

* Sólo una parte del T.M. está incluido en el Campo de Cartagena.

** La pedanía de Corvera se abastece con aguas de la M.C.T. y 64.000 m³ son aportados por el acuífero Tortoniense.

municipal de Cartagena y el resto se utilizaron para abastecimiento público.

La población de derecho en 1990 para toda la zona estudiada fue de 253.664 habitantes, correspondiendo 238.900 a la provincia de Murcia y los restantes 14.768 a la de Alicante.

Existe población flotante exclusivamente en la costa y fundamentalmente en los tres meses de verano comprendidos entre el 15 de junio al 15 de septiembre. Los datos de dicha población no se conocen con exactitud pero se estima que en la provincia de Murcia fueron de 735.000 habitantes durante el verano. En la provincia de Alicante se conoce la población aproximada en verano para el término municipal de Pilar de la Horadada, estimada en 50.000 habitantes; sin embargo no ha resultado posible conocer la población flotante en las urbanizaciones del término municipal de Orihuela, donde para muchos habitantes la estancia se prolonga incluso fuera de la época estival.

Sí puede hablarse, en términos aproximados, de la población total equivalente, obtenida en muchos casos de forma indirecta al conocerse el consumo de agua. La población total equivalente se estima, para 1990, en 374.720 habitantes, correspondiendo 300.150 a la provincia de Murcia y 74.750 a la de Alicante.

12.4.2. Demanda industrial

La industria se encuentra asentada fundamentalmente en el término municipal de Cartagena, destacando importantes empresas de los sectores naviero, militar, metalúrgico, de fertilizantes y petroquímico, estando ubicado este último en el valle de Escombreras, fuera de los límites hidrogeológicos del Campo de Cartagena, pero que se incluyen en este apartado por su importancia e interconexión con la ciudad de Cartagena.

La entidad suministradora de agua para abastecimiento industrial es la M.C.T. que destinó en 1990 directamente a las

industrias y organismos que a continuación se relacionan, la cantidad de 12.532.180 m3:

- Base aérea de Los Alcázares	90.866
- Empresa Nacional Bazán de Cartagena	482.343
- Empresa Nacional de Fertilizantes de Escombreras (ENFERSA)	1.256.370
- Refinería de Petróleos de Escombreras (REP-SOL PETROLEO)	3.955.720
- Junta del Puerto de Cartagena	160.985
- Servicios de Intendencia del Tercio de Levante de Infantería de Marina de Cartagena.	573.830
- Planta de Enagás de Cartagena	12.066
- El Ayuntamiento de Cartagena destina a otras industrias	6.000.000
TOTAL	12.532.180 m3

13. SITUACION HIDROGEOLOGICA ACTUAL DEL CAMPO DE CARTAGENA

El control piezométrico de los acuíferos del Campo de Cartagena se inició, por parte del ITGE, en el año 1973. Desde esa fecha y hasta 1980, se observó un descenso continuado de niveles, motivado por la sobreexplotación, de 5 m/año de media.

A partir del año 1980, coincidiendo con la llegada de las aguas del Trasvase Tajo-Segura a la zona, se aprecia en los acuíferos del Campo de Cartagena (con la excepción del Triásico de los Victorias y Cabo Roig que al no estar bajo el dominio del Trasvase siguen descendiendo sus niveles), primero una estabilización que duró en general hasta el año 1985 y luego un ascenso progresivo, que en los últimos 5 años ha sido próximo a 1 m/año en el acuífero Cuaternario, de 3 a 7,5 m/año en el Plioceno y de 2 a 4 m/año en el acuífero Andaluciense (existen diferencias según acuíferos y sectores, lógicamente). Este fenómeno ha ocasionado que los acuíferos tengan ya, en la actualidad, un nivel por encima del que presentaba en 1973 (inicio del control piezométrico) y que, salvo el Andaluciense, que todavía presenta cotas negativas de nivel, los demás hayan conseguido obtener cotas positivas. En el caso del acuífero Cuaternario el nivel se ha situado próximo a la superficie, y en las zonas deprimidas topográficamente se han creado problemas de drenaje en la agricultura y en las edificaciones (Ej. S. Javier), a la vez que han surgido nuevos manantiales (Ej. S. Pedro del Pinatar) y pequeñas lagunas (Ej. Los Alcázares).

En el balance de alimentación-descarga (para 1990), que se ha realizado en este proyecto, se obtiene una cifra estimativa con valor positivo, que está en concordancia con el ascenso generalizado de niveles; si bien hay que tener en cuenta que un volumen importante de los recursos tienen procedencia externa a la unidad (infiltración de excedentes de regadío con aguas del Trasvase).

Ante esta situación hidrodinámica se recomiendan las siguientes actuaciones:

- Efectuar una reordenación de las extracciones de aguas subterráneas, de acuerdo con los recursos y reservas de cada uno de los acuíferos de la unidad, con el fin de poder resolver los desequilibrios que aún persisten.

- Mantener un control periódico de caudales bombeados y niveles piezométricos. A la vista del análisis de las evoluciones y si, como es previsible continúa la situación excedentaria actual, se programaría un incremento de las extracciones de aguas subterráneas que contribuiría a paliar situaciones de déficit hídrico en otras regiones de la cuenca. Se aconseja comenzar con bombes en el acuífero Cuaternario y a continuación en el Plioceno (el Andaluciense será el último en alcanzar su recuperación total), si bien no es necesario esperar a que los acuíferos terciarios consigan su estado natural, para poder ser explotados de una forma controlada.