



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

APLICACION DE LAS TECNICAS ISOTO-  
PICAS AL ESTUDIO DE PROBLEMAS  
HIDROGEOLOGICOS (1ª Fase).

---

2.- PLANTEAMIENTO DE CASOS DIVERSOS

---



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

37040

## I N D I C E

	<u>Pág.</u>
1.- <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2.- <u>RECARGA ARTIFICIAL DEL ACUÍFERO DE GUADIX MEDIANTE EL AGUA PROCEDENTE DE LAS MINAS DEL MARQUESADO (GRANADA)</u> .....	3
2.1.- <u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u> .....	4
2.2.- <u>PROPUESTA DE ACTUACIÓN</u> .....	30
3.- <u>ORIGEN DE LA RECARGA DEL HACHO DE LOJA (GRANADA)</u> .....	31
3.1.- <u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u> .....	32
3.2.- <u>PROPUESTA DE ACTUACIÓN</u> .....	54
4.- <u>DETERMINACIÓN DE LA INTERCONEXIÓN VERTICAL DE LOS DIFERENTES ACUÍFEROS DEL CAMPO DE CARTAGENA</u> .....	56
4.1.- <u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u> .....	57
4.2.- <u>PROPUESTA DE ACTUACIÓN</u> .....	62
5.- <u>ESTUDIO DE LA RELACIÓN RIO-ACUÍFERO Y DE LA DINÁMICA DE FLUJO SUBTERRÁNEO EN EL SISTEMA ACUÍFERO DEL MOLAR (MURCIA)</u> .....	64
5.1.- <u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u> .....	65
5.2.- <u>PROPUESTA DE ACTUACIÓN</u> .....	76
6.- <u>DETERMINACIÓN DEL ORIGEN Y ÁREA DE RECARGA EN TAIBILLA Y EN CALAR DEL MUNDO (MURCIA)</u> .....	79
7.- <u>DETERMINACIÓN DEL ORIGEN DE LA SALINIDAD EN LA DEPRESIÓN DE BENISA (ALICANTE)</u> .....	81
7.1.- <u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u> .....	82
7.2.- <u>PROPUESTA DE ACTUACIÓN</u> .....	90

	<u>Pág.</u>
8.- <u>RECARGA DEL ACUIFERO MIOCENO DE BASE POR AGUAS DEL RIO</u>	
<u>TINTO EN NIEBLA (HUELVA)</u> .....	92
8.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	93
8.2.- PROPUESTA DE ACTUACIÓN.....	113
9.- <u>ESTUDIO ISOTOPICO DEL MESOZOICO DE LA SERRANIA DE RONDA</u>	
<u>COMO DIVISORIA DE LOS RIOS GUADIARO Y GUADALETE (MALAGA)</u> .....	116
9.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	117
9.2.- PROPUESTA DE ACTUACIÓN.....	130
10.- <u>ORIGEN DE LA ALIMENTACIÓN DE LAS DESCARGAS DEL BORDE DE LA</u>	
<u>C. IBERICA CON LA DEPRESIÓN DEL EBRO ENTRE LOS MERIDIANOS</u>	
<u>DE ZARAGOZA Y ALCAÑIZ (TERUEL)</u> .....	132
10.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	133
10.2.- PROPUESTA DE ACTUACIÓN.....	170
11.- <u>RESUMEN GENERAL DEL MUESTREO</u> .....	172

## **1.- INTRODUCCI6N**



Como se ha referido en el Vol. 1 de este Proyecto, el empleo de isótopos constituye una técnica de trabajo de gran utilidad en la resolución de determinados problemas hidrogeológicos concretos. En algunos casos, su empleo constituye la única manera de cuantificar ciertos procesos; en otros, sin embargo, son simplemente una herramienta más de trabajo y precisan del concurso de técnicas adicionales para poder llegar a conclusiones válidas.

Dentro de este contexto, y antes de que la importante infraestructura de muestreo isotópico a nivel nacional planificada en el primer volumen de este Proyecto sea operativa, el ITGE pretende abordar la resolución de ciertos problemas hidrogeológicos planteados por diversas oficinas regionales del Instituto.

En todos los casos, el planteamiento de actuación ha sido discutido con cada una de las oficinas regionales, las cuales han aportado la documentación previa necesaria para la redacción de esta memoria y, en algunos casos, han modificado sus criterios originales eliminando o modificando la situación de determinados estudios.

En esta parte del trabajo se plantea la problemática general de cada caso y se evalúa la validez de las técnicas isotópicas en su resolución. En caso afirmativo, se planifican los trabajos a realizar, que serán objeto de un Proyecto posterior por parte del ITGE, y se llevarán a cabo en estrecha colaboración con las referidas oficinas regionales.

En cualquier caso, no deben contemplarse las técnicas isotópicas como elementos de solución de casos complejos. Se trata, simplemente, de otras herramientas de trabajo que, unidas a la hidroquímica, hidráulica, etc. permiten avanzar más en el conocimiento de los mecanismos hidrogeológicos que rigen el sistema en cuestión. En algunos casos, no obstante, constituyen excelentes técnicas de apoyo; en otros, simplemente aportan datos complementarios o incluso se muestran ineficaces.

**2.- RECARGA ARTIFICIAL DEL ACUÍFERO DE GUADIX**  
-----  
**MEDIANTE EL AGUA PROCEDENTE DE LAS**  
-----  
**MINAS DEL MARQUESADO (GRANADA)**  
-----

## 2.1.- PLANTEAMIENTO

Objetivo a cubrir: Determinación de los parámetros de flujo en la zona del acuífero de Guadix actualmente sometido a recarga artificial de aguas procedentes del bombeo en las minas del Marquesado.

Los antecedentes y el planteamiento del caso quedan perfectamente recopilados en la reciente nota escrita por la Oficina del ITGE en Granada, que se adjunta íntegra y que se complementa con mapas y esquemas procedentes de otros trabajos del Instituto.

JUAN CARLOS RUBIO. OFICINA DE PROYECTOS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO  
DE ESPAÑA EN GRANADA. C/RECOGIDAS, 61.

Octubre, 1.989.

### RECARGA ARTIFICIAL Y MEJORA DE RIEGOS EN LA VEGA DE GUADIX

#### INTRODUCCION

La Vega del río Verde, comprendida entre la población de Guadix y El Berral, con una superficie de unas 1.350 ha, padece desde hace tiempo un acusado déficit de agua (evaluado en unos 500-600 l/s) durante la época de riego. Problema que se ha agudizado en los últimos años a causa de la prolongada sequía.

En las proximidades de la zona regable y enclavado en el sistema acuífero de la Depresión de Guadix, se localiza la explotación minera de El Marquesado que requiere la realización de un importante bombeo en el acuífero, para el drenaje del yacimiento de hierro.

El caudal de bombeo excedente (descontando las necesidades de la explotación y del poblado minero) es vertido directamente al río Verde, aguas arriba de la zona regable. Actualmente se vierten unos 220 l/s continuos (7 hm<sup>3</sup>/año), estando previsto que en el futuro dicho caudal sea del orden de 275 l/s.

Sólo se utiliza el agua durante la época de riego, por lo que se aprovecha, en el mejor de los casos, el 50% ya que al circular por el cauce del río y la red de acequias (en gran parte sin revestir), las pérdidas son cuantiosas. Durante el resto del año, el agua se pierde al no existir un sistema de regulación.

Hidrogeológicamente, en esa zona existen dos acuíferos (Aluvial y Formación Guadix) de la misma naturaleza litológica (arenas, gravas y limos), marcando la diferencia entre ambos el mayor contenido en limos de la Formación Guadix.

El sistema acuífero de Guadix abarca la altiplanicie del Marquesado y el valle del río Verde, hasta la confluencia con el Fardes. La litología de este sistema está formada por la denominada formación Guadix y los depósitos aluviales de ramblas, relacionados con el río Verde.

Es de señalar, con especial interés, la existencia de los mármoles Nevado-filábrides, de espesor superior a los 200 m, donde se ubican los yacimientos de Alquife. Dichos mármoles constituyen un acuífero conectado con la Formación Guadix que se prolonga hacia el Norte, bajo la misma.

Tomando como base la información recogida por el IGME y datos aportados por la Compañía Andaluza de Minas, S.A., se puede afirmar que la mayor parte del acuífero posee valores de transmisividad entre  $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s} > T > 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  y valores del coeficiente de almacenamiento comprendidos entre 0,05 y 0,1.

La descarga del acuífero se produce hacia el cauce del río Verde, caudal que junto al de bombeo constituye las salidas del sistema. Dichas salidas se cuantifican en unos 48-50 hm<sup>3</sup>/año. De otra parte, las entradas al sistema se producen por infiltración directa del agua de lluvia, por percolación de la escorrentía de Sierra Nevada y Sierra Baza en los cauces, y por percolación de los regadíos del Llano del Marquesado y Vega de Guadix.

La variación de la reserva en el acuífero desde el año 1970/71 se estima en un volumen de acuífero vaciado a un ritmo anual de 3-6 hm<sup>3</sup>/año, lo que totaliza unos 750 hm<sup>3</sup>.

#### EL DRENAJE DE LA MINA DE ALQUIFE

Entre 1972/73 se realizan los primeros sondeos en los mármoles con extracciones de hasta 400 l/s y se descubre la presencia de un nivel colgado (el de la Formación Guadix). Así pues se diferencian dos niveles piezométricos distintos en ambas formaciones, ejecutándose sondeos que las ponen en contacto (sondeos denominados perdidos).

En la actualidad el desagüe se lleva a cabo mediante tres tipos de sondeos; unos ubicados en los mármoles; otros en los detríticos, y otros que drenan el nivel colgado hacia los mármoles.

El control de la piezometría y las surgencias se viene haciendo desde 1968. Destaca un período deficitario hidráulicamente desde 1973 que se continua en la actualidad y que ha provocado un descenso generalizado de niveles. Lo más destacado de la evolución piezométrica es que los descensos en el llano, entre 1968 y 1984, no sobrepasan los 3-4 m. Como excepción, la evolución general de la piezometría para Enero-Febrero 1984, refleja que ha habido un cambio notable en las proximidades de la corta de explotación. Este cambio, frente a la disposición primitiva estriba en una inversión de los gradientes y la localización de un sumidero que no se ubica en el área de las bombas sino al Norte de ésta. (fig. 2.1.).

#### INVESTIGACIONES Y OBRAS SEGUIDAS EN LA EXPERIENCIA DE RECARGA

- . Selección de un sector que no requiera inversiones fuertes, situado fuera de la influencia de la mina. Dicho sector se ubica sobre un aluvial poco potente 20-25 m, con anchura de 250 m y espesor saturado de unos 10 m, que se dispone sobre la Formación Guadix.
- . Ejecución de sondeos con carácter experimental, cuyos resultados han sido óptimos. De los ensayos de bombeo se deduce una transmisividad entre 4,4 y 5,1  $\cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . Para cubrir los déficits en un futuro ha sido necesario la creación de 4 sondeos.
- . Limpieza y acondicionamiento en general de las balsas utilizadas años atrás por la Compañía Andaluza de Minas para la decantación de los finos. La superficie útil del fondo de las balsas es de 5.805 m<sup>2</sup>, repartida entre tres balsas con capacidad total variable hasta 18.400 m<sup>3</sup>.
- . Construcción de cinco piezómetros. Estos junto con el piezómetro de la Compañía Andaluza de Minas, sondeo FAO y el denominado sondeo piloto IGME han constituido los puntos de control de la prueba. A estos puntos habría que añadir las galerías y surgencias aforadas en el cauce del río Verde. Cabe señalar que tres de los puntos de control tienen limnigrafos (los nºs 3, 5 y el de FAO) y otros tres son dobles, pues presentan dos tuberías piezométricas con ranurado a distintas profundidades para medir potenciales (nºs 2, 4 y 5). (figs. 2.2., 2.3. y 2.4.).

## I N D I C E

	<u>Pág.</u>
1.- <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2.- <u>RECARGA ARTIFICIAL DEL ACUÍFERO DE GUADIX MEDIANTE EL AGUA PROCEDENTE DE LAS MINAS DEL MARQUESADO (GRANADA)</u> .....	3
2.1.- <u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u> .....	4
2.2.- <u>PROPUESTA DE ACTUACIÓN</u> .....	30
3.- <u>ORIGEN DE LA RECARGA DEL HACHO DE LOJA (GRANADA)</u> .....	31
3.1.- <u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u> .....	32
3.2.- <u>PROPUESTA DE ACTUACIÓN</u> .....	54
4.- <u>DETERMINACIÓN DE LA INTERCONEXIÓN VERTICAL DE LOS DIFERENTES ACUÍFEROS DEL CAMPO DE CARTAGENA</u> .....	56
4.1.- <u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u> .....	57
4.2.- <u>PROPUESTA DE ACTUACIÓN</u> .....	62
5.- <u>ESTUDIO DE LA RELACIÓN RIO-ACUÍFERO Y DE LA DINÁMICA DE FLUJO SUBTERRÁNEO EN EL SISTEMA ACUÍFERO DEL MOLAR (MURCIA)</u> .....	64
5.1.- <u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u> .....	65
5.2.- <u>PROPUESTA DE ACTUACIÓN</u> .....	76
6.- <u>DETERMINACIÓN DEL ORIGEN Y ÁREA DE RECARGA EN TAIBILLA Y EN CALAR DEL MUNDO (MURCIA)</u> .....	79
7.- <u>DETERMINACIÓN DEL ORIGEN DE LA SALINIDAD EN LA DEPRESIÓN DE BENISA (ALICANTE)</u> .....	81
7.1.- <u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u> .....	82
7.2.- <u>PROPUESTA DE ACTUACIÓN</u> .....	90

	<u>Pág.</u>
8.- <u>RECARGA DEL ACUIFERO MIOCENO DE BASE POR AGUAS DEL RIO</u>	
<u>TINTO EN NIEBLA (HUELVA)</u> .....	92
8.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	93
8.2.- PROPUESTA DE ACTUACIÓN.....	113
9.- <u>ESTUDIO ISOTOPICO DEL MESOZOICO DE LA SERRANIA DE RONDA</u>	
<u>COMO DIVISORIA DE LOS RIOS GUADIARO Y GUADALETE (MALAGA)</u> .....	116
9.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	117
9.2.- PROPUESTA DE ACTUACIÓN.....	130
10.- <u>ORIGEN DE LA ALIMENTACIÓN DE LAS DESCARGAS DEL BORDE DE LA</u>	
<u>C. IBERICA CON LA DEPRESIÓN DEL EBRO ENTRE LOS MERIDIANOS</u>	
<u>DE ZARAGOZA Y ALCAÑIZ (TERUEL)</u> .....	132
10.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	133
10.2.- PROPUESTA DE ACTUACIÓN.....	170
11.- <u>RESUMEN GENERAL DEL MUESTREO</u> .....	172

## **1.- INTRODUCCI6N**

Como se ha referido en el Vol. 1 de este Proyecto, el empleo de isótopos constituye una técnica de trabajo de gran utilidad en la resolución de determinados problemas hidrogeológicos concretos. En algunos casos, su empleo constituye la única manera de cuantificar ciertos procesos; en otros, sin embargo, son simplemente una herramienta más de trabajo y precisan del concurso de técnicas adicionales para poder llegar a conclusiones válidas.

Dentro de este contexto, y antes de que la importante infraestructura de muestreo isotópico a nivel nacional planificada en el primer volumen de este Proyecto sea operativa, el ITGE pretende abordar la resolución de ciertos problemas hidrogeológicos planteados por diversas oficinas regionales del Instituto.

En todos los casos, el planteamiento de actuación ha sido discutido con cada una de las oficinas regionales, las cuales han aportado la documentación previa necesaria para la redacción de esta memoria y, en algunos casos, han modificado sus criterios originales eliminando o modificando la situación de determinados estudios.

En esta parte del trabajo se plantea la problemática general de cada caso y se evalúa la validez de las técnicas isotópicas en su resolución. En caso afirmativo, se planifican los trabajos a realizar, que serán objeto de un Proyecto posterior por parte del ITGE, y se llevarán a cabo en estrecha colaboración con las referidas oficinas regionales.

En cualquier caso, no deben contemplarse las técnicas isotópicas como elementos de solución de casos complejos. Se trata, simplemente, de otras herramientas de trabajo que, unidas a la hidroquímica, hidráulica, etc. permiten avanzar más en el conocimiento de los mecanismos hidrogeológicos que rigen el sistema en cuestión. En algunos casos, no obstante, constituyen excelentes técnicas de apoyo; en otros, simplemente aportan datos complementarios o incluso se muestran ineficaces.



**2.- RECARGA ARTIFICIAL DEL ACUÍFERO DE GUADIX**  
-----  
**MEDIANTE EL AGUA PROCEDENTE DE LAS**  
-----  
**MINAS DEL MARQUESADO (GRANADA)**  
-----

## 2.1.- PLANTEAMIENTO

Objetivo a cubrir: Determinación de los parámetros de flujo en la zona del acuífero de Guadix actualmente sometido a recarga artificial de aguas procedentes del bombeo en las minas del Marquesado.

Los antecedentes y el planteamiento del caso quedan perfectamente recopilados en la reciente nota escrita por la Oficina del ITGE en Granada, que se adjunta íntegra y que se complementa con mapas y esquemas procedentes de otros trabajos del Instituto.

JUAN CARLOS RUBIO. OFICINA DE PROYECTOS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA EN GRANADA. C/RECOGIDAS, 61.

Octubre, 1.989.

### RECARGA ARTIFICIAL Y MEJORA DE RIEGOS EN LA VEGA DE GUADIX

#### INTRODUCCION

La Vega del río Verde, comprendida entre la población de Guadix y El Berral, con una superficie de unas 1.350 ha, padece desde hace tiempo un acusado déficit de agua (evaluado en unos 500-600 l/s) durante la época de riego. Problema que se ha agudizado en los últimos años a causa de la prolongada sequía.

En las proximidades de la zona regable y enclavado en el sistema acuífero de la Depresión de Guadix, se localiza la explotación minera de El Marquesado que requiere la realización de un importante bombeo en el acuífero, para el drenaje del yacimiento de hierro.

El caudal de bombeo excedente (descontando las necesidades de la explotación y del poblado minero) es vertido directamente al río Verde, aguas arriba de la zona regable. Actualmente se vierten unos 220 l/s continuos (7 hm<sup>3</sup>/año), estando previsto que en el futuro dicho caudal sea del orden de 275 l/s.

Sólo se utiliza el agua durante la época de riego, por lo que se aprovecha, en el mejor de los casos, el 50% ya que al circular por el cauce del río y la red de acequias (en gran parte sin revestir), las pérdidas son cuantiosas. Durante el resto del año, el agua se pierde al no existir un sistema de regulación.

Hidrogeológicamente, en esa zona existen dos acuíferos (Aluvial y Formación Guadix) de la misma naturaleza litológica (arenas, gravas y limos), marcando la diferencia entre ambos el mayor contenido en limos de la Formación Guadix.

El sistema acuífero de Guadix abarca la altiplanicie del Marquesado y el valle del río Verde, hasta la confluencia con el Fardes. La litología de este sistema está formada por la denominada formación Guadix y los depósitos aluviales de ramblas, relacionados con el río Verde.

Es de señalar, con especial interés, la existencia de los mármoles Nevado-filábrides, de espesor superior a los 200 m, donde se ubican los yacimientos de Alquife. Dichos mármoles constituyen un acuífero conectado con la Formación Guadix que se prolonga hacia el Norte, bajo la misma.

Tomando como base la información recogida por el IGME y datos aportados por la Compañía Andaluza de Minas, S.A., se puede afirmar que la mayor parte del acuífero posee valores de transmisividad entre  $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s} > T > 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  y valores del coeficiente de almacenamiento comprendidos entre 0,05 y 0,1.

La descarga del acuífero se produce hacia el cauce del río Verde, caudal que junto al de bombeo constituye las salidas del sistema. Dichas salidas se cuantifican en unos 48-50 hm<sup>3</sup>/año. De otra parte, las entradas al sistema se producen por infiltración directa del agua de lluvia, por percolación de la escorrentía de Sierra Nevada y Sierra Baza en los cauces, y por percolación de los regadíos del Llano del Marquesado y Vega de Guadix.

La variación de la reserva en el acuífero desde el año 1970/71 se estima en un volumen de acuífero vaciado a un ritmo anual de 3-6 hm<sup>3</sup>/año, lo que totaliza unos 750 hm<sup>3</sup>.

#### EL DRENAJE DE LA MINA DE ALQUIFE

Entre 1972/73 se realizan los primeros sondeos en los mármoles con extracciones de hasta 400 l/s y se descubre la presencia de un nivel colgado (el de la Formación Guadix). Así pues se diferencian dos niveles piezométricos distintos en ambas formaciones, ejecutándose sondeos que las ponen en contacto (sondeos denominados perdidos).

En la actualidad el desagüe se lleva a cabo mediante tres tipos de sondeos; unos ubicados en los mármoles; otros en los detríticos, y otros que drenan el nivel colgado hacia los mármoles.

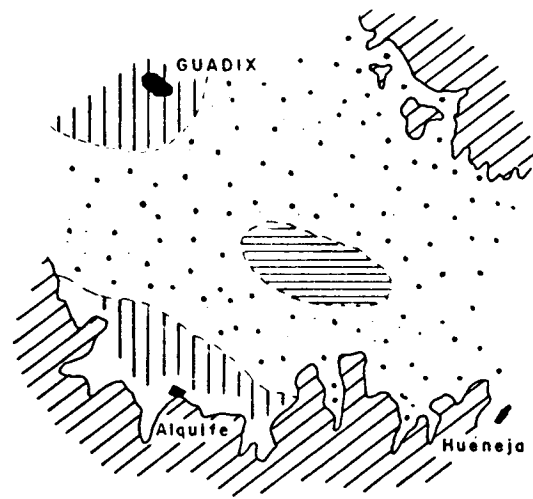
El control de la piezometría y las surgencias se viene haciendo desde 1968. Destaca un período deficitario hidráulicamente desde 1973 que se continua en la actualidad y que ha provocado un descenso generalizado de niveles. Lo más destacado de la evolución piezométrica es que los descensos en el llano, entre 1968 y 1984, no sobrepasan los 3-4 m. Como excepción, la evolución general de la piezometría para Enero-Febrero 1984, refleja que ha habido un cambio notable en las proximidades de la corta de explotación. Este cambio, frente a la disposición primitiva estriba en una inversión de los gradientes y la localización de un sumidero que no se ubica en el área de las bombas sino al Norte de ésta. (fig. 2.1.).

#### INVESTIGACIONES Y OBRAS SEGUIDAS EN LA EXPERIENCIA DE RECARGA

- . Selección de un sector que no requiera inversiones fuertes, situado fuera de la influencia de la mina. Dicho sector se ubica sobre un aluvial poco potente 20-25 m, con anchura de 250 m y espesor saturado de unos 10 m, que se dispone sobre la Formación Guadix.
- . Ejecución de sondeos con carácter experimental, cuyos resultados han sido óptimos. De los ensayos de bombeo se deduce una transmisividad entre 4,4 y 5,1  $\cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . Para cubrir los déficits en un futuro ha sido necesario la creación de 4 sondeos.
- . Limpieza y acondicionamiento en general de las balsas utilizadas años atrás por la Compañía Andaluza de Minas para la decantación de los finos. La superficie útil del fondo de las balsas es de 5.805 m<sup>2</sup>, repartida entre tres balsas con capacidad total variable hasta 18.400 m<sup>3</sup>.
- . Construcción de cinco piezómetros. Estos junto con el piezómetro de la Compañía Andaluza de Minas, sondeo FAO y el denominado sondeo piloto IGME han constituido los puntos de control de la prueba. A estos puntos habría que añadir las galerías y surgencias aforadas en el cauce del río Verde. Cabe señalar que tres de los puntos de control tienen limnigrafos (los nºs 3, 5 y el de FAO) y otros tres son dobles, pues presentan dos tuberías piezométricas con ranurado a distintas profundidades para medir potenciales (nºs 2, 4 y 5). (figs. 2.2., 2.3. y 2.4.).

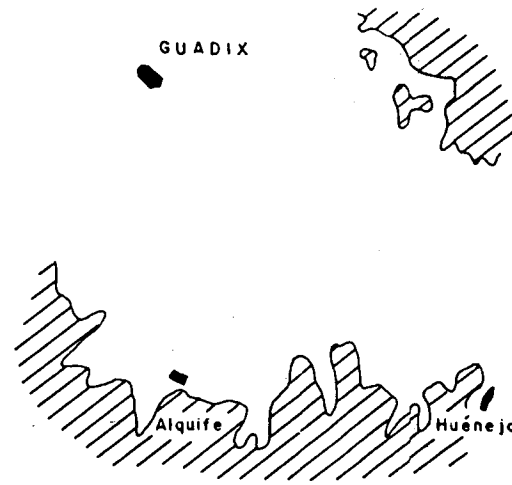
# ACUIFERO DE GUADIX

CROQUIS DE TRANSMISIVIDADES

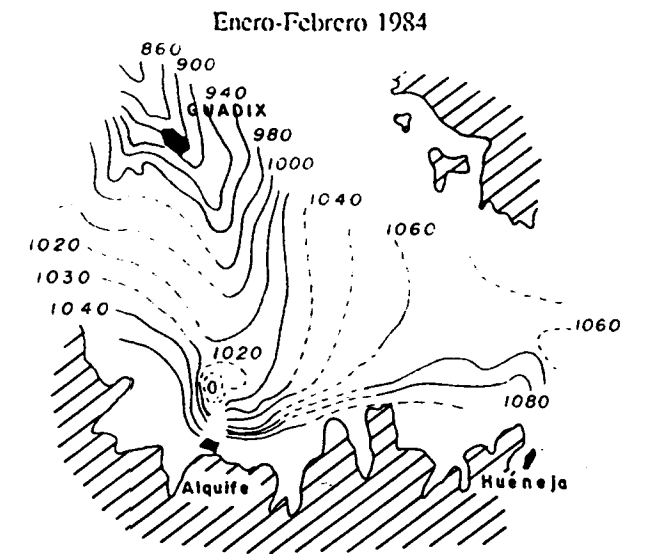
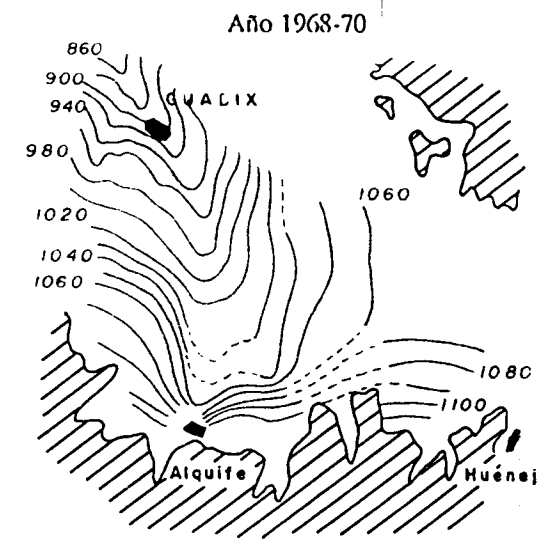


800 < T < 8000 m<sup>2</sup>/día  
 1 < T < 800 m<sup>2</sup>/día  
 T < 80 m<sup>2</sup>/día

CROQUIS DE ISOHIPSAS



CROQUIS DE ISOPIEZAS



## LEYENDA

### LITOLOGIA

- Gravas, arenas, limos y arcillas.
- Gravas, arcillas, margas, calizas, conglomerados y arenas.
- Margas, calcarenitas y limos.
- Margas y margocalizas.
- Filitas, cuarcitas y micasquistos.

### EDAD

- CUATERNARIO
- PLIO-CUATERNARIO
- TERCIARIO
- CRETACICO
- PALEOZ.-TRIAS INF.

### COMPORTAMIENTO HIDROGEOLOGICO

- ACUIFERO
- ACUIFERO
- ACUITARDO/ACUICLUDO
- ACUICLUDO
- ACUICLUDO/ACUIFUGO

### MATERIALES PERTENECIENTES A OTROS ACUIFEROS

- Calizas y dolomías subbéticas. JURASICO ACUIFERO
- Dolomías y mármoles alpujarrídes y nevado-filábrides. TRIAS MEDIO-SUP. ACUIFERO

### SIMBOLOGIA

- Manantiales, galerías: 1. Acequia de la Sobrina 2. Acequia de la Ciudad
- Sondco o pozo: 1. Rambla de Baza 2. Calahorra I 3. Esfiliana I
- Curva isopiezométrica y su cota en metros (Fuente: IGME, 1984)
- Dirección de flujo subterráneo

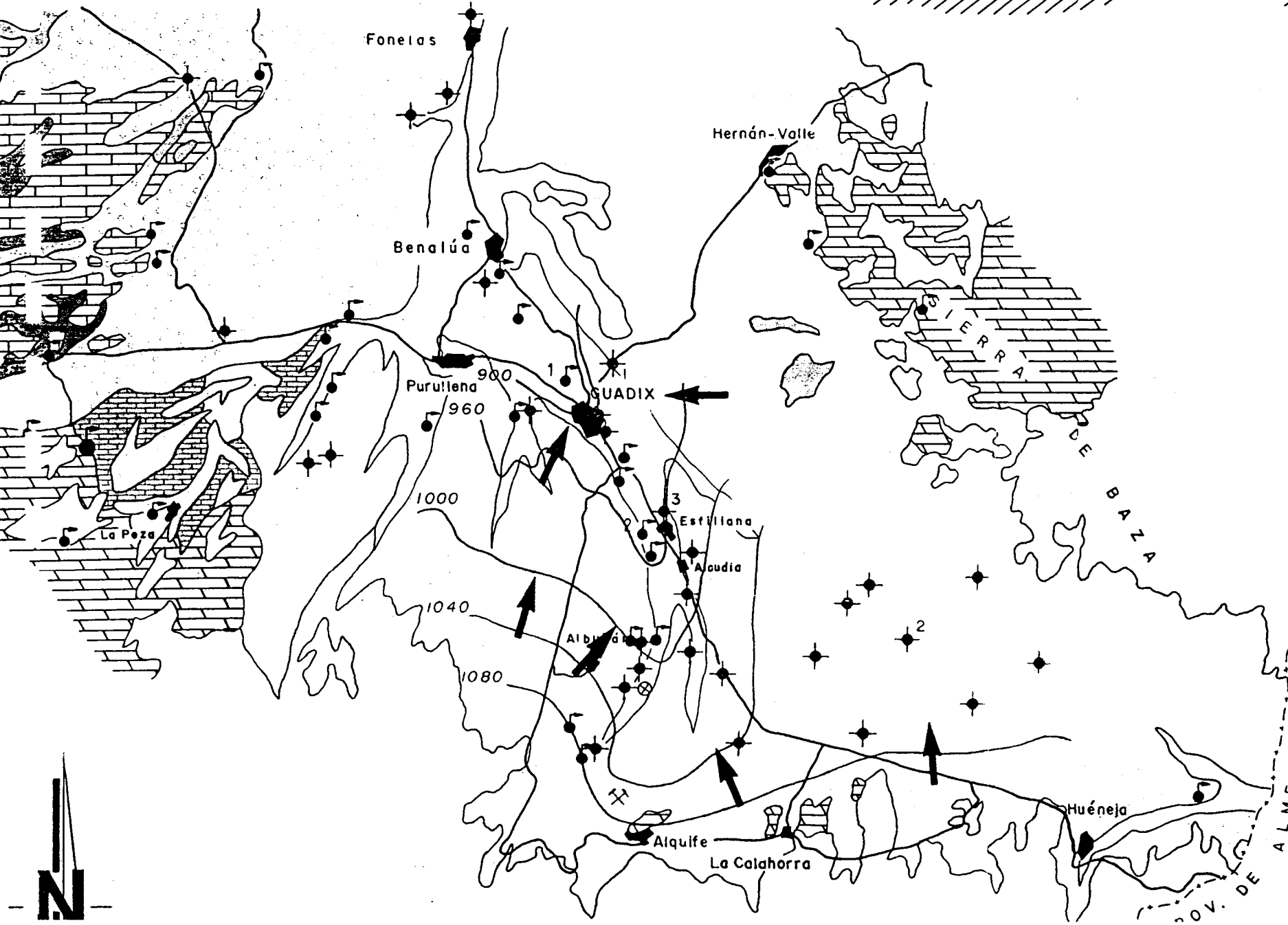


Fig. 2.1.

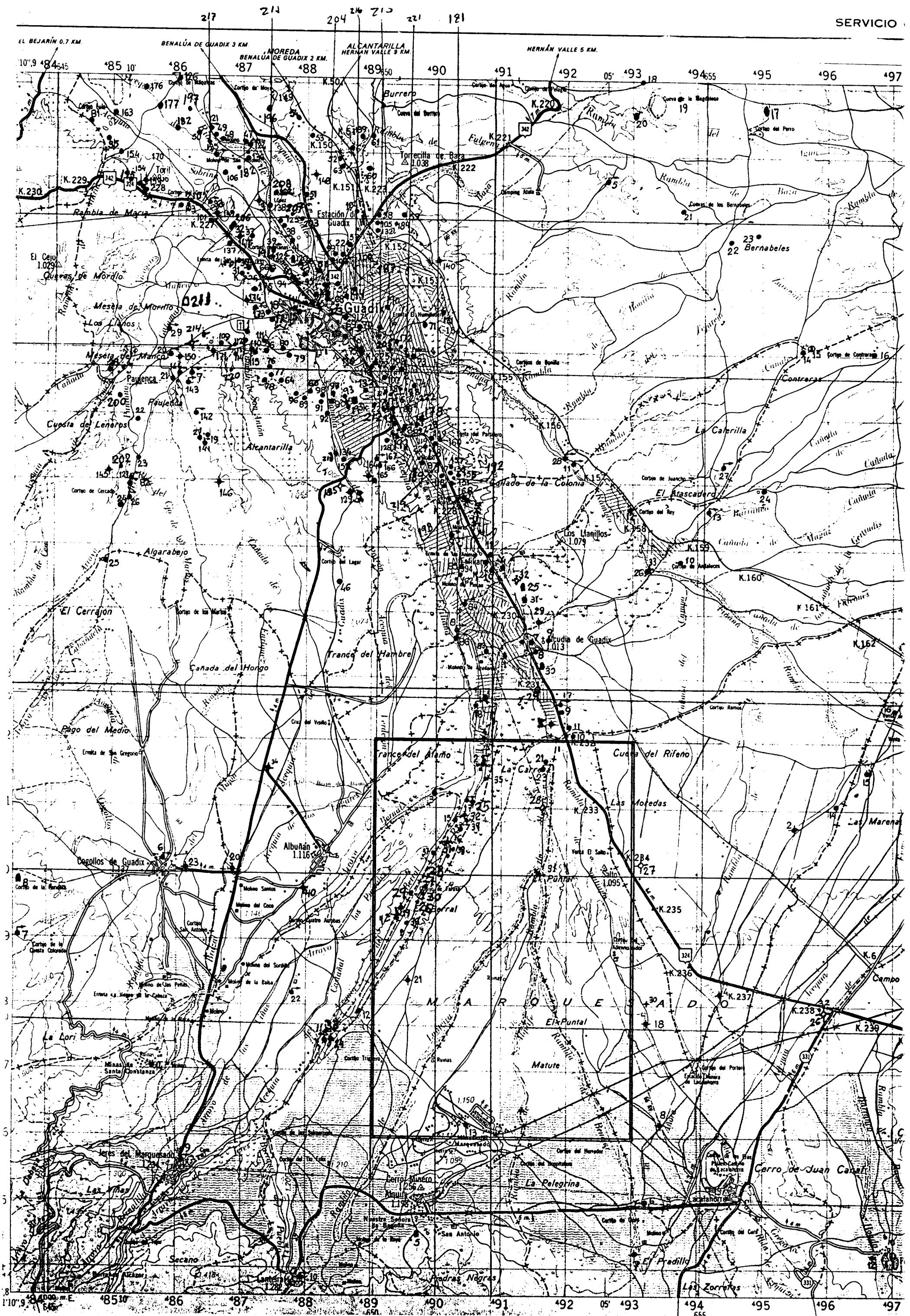


Fig. 2.2.



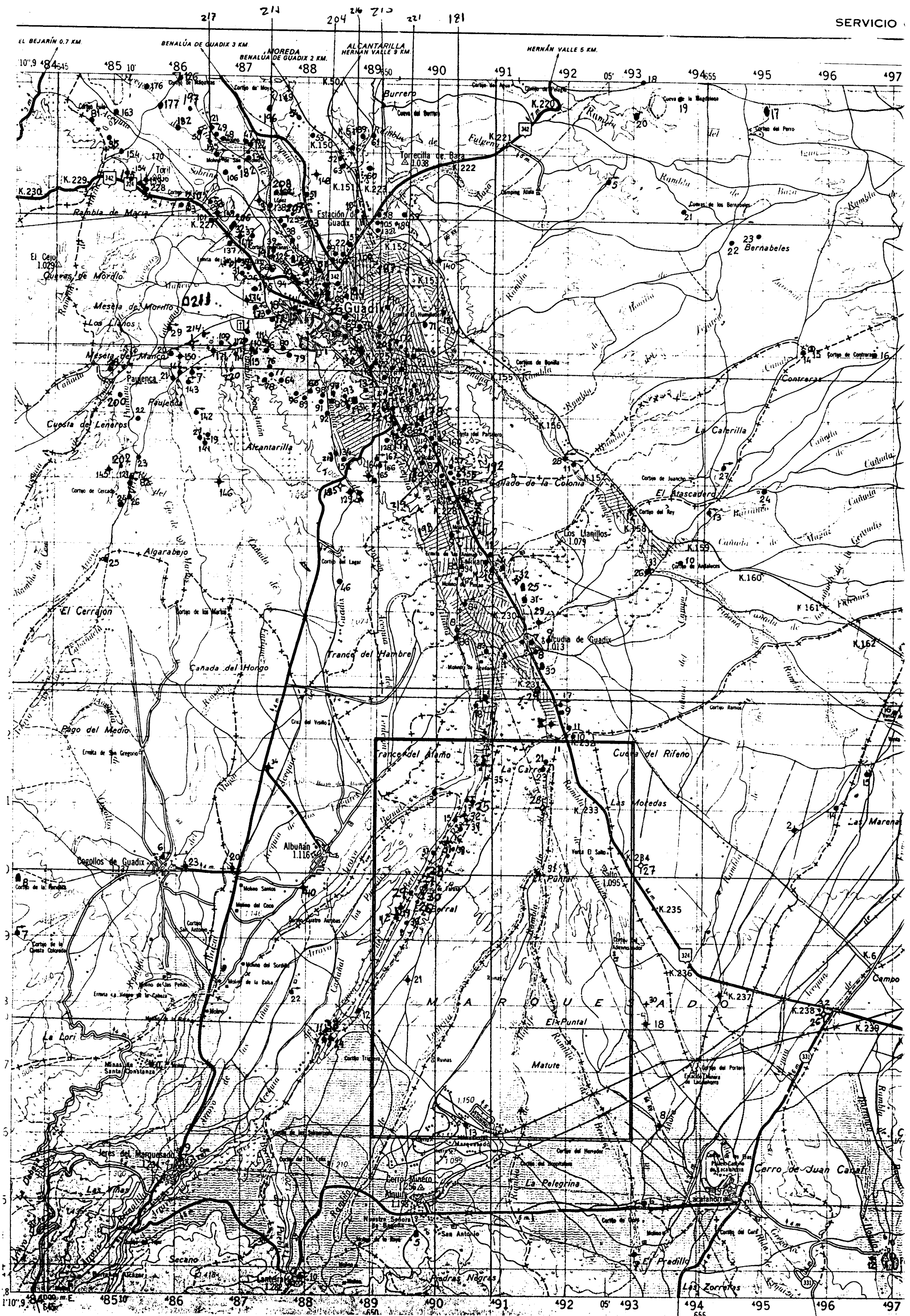


Fig. 2.2.

PLANO CON LA SITUACION DE LOS PIEZOMETROS  
Y SONDEOS DE LA RECARGA DE GUADIX

Escala 1/25.000

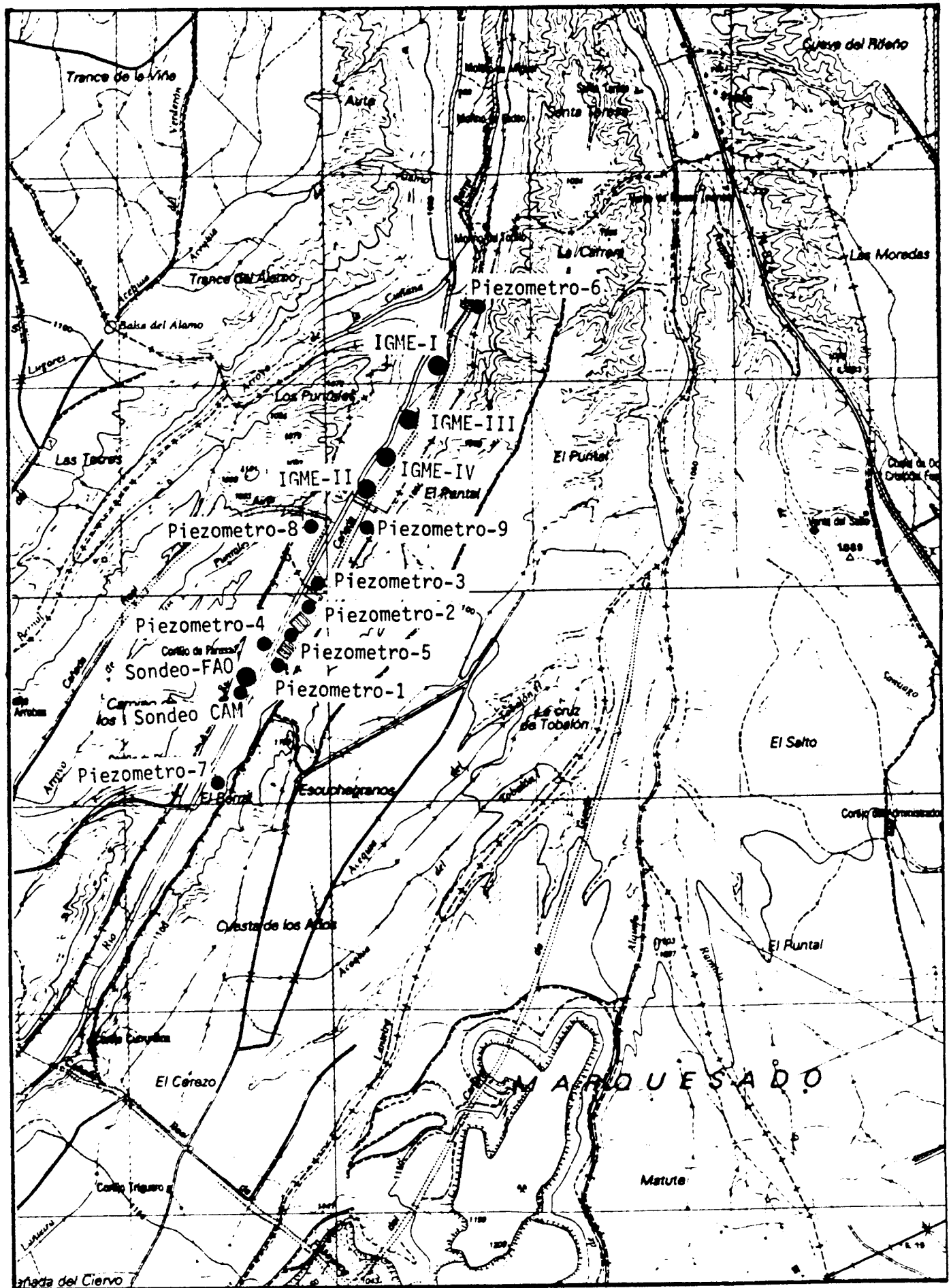


Fig. 2.3.

PLANO CON LA SITUACION DE LOS PIEZOMETROS  
Y SONDEOS DE LA RECARGA DE GUADIX

Escala 1/25.000

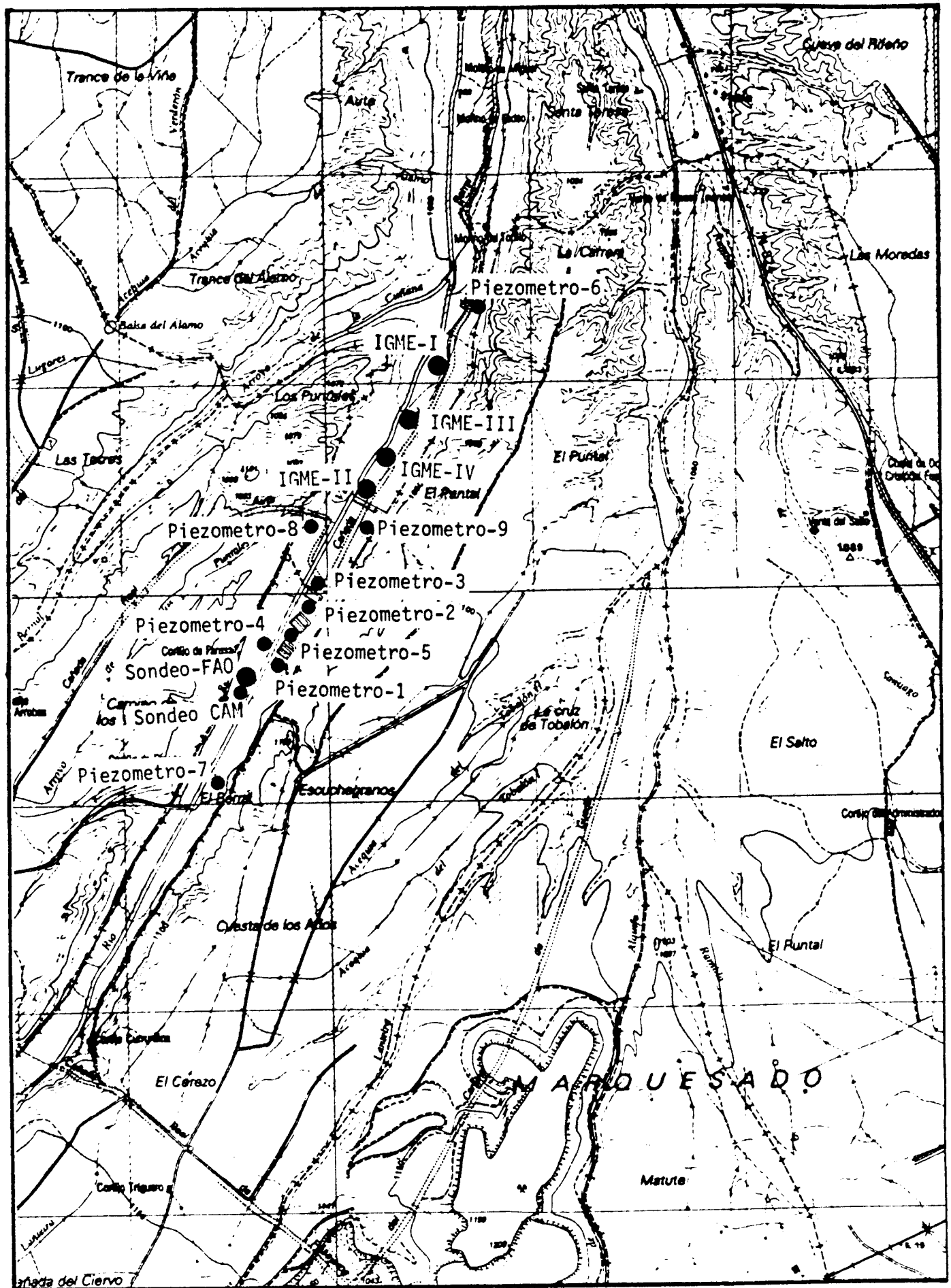


Fig. 2.3.



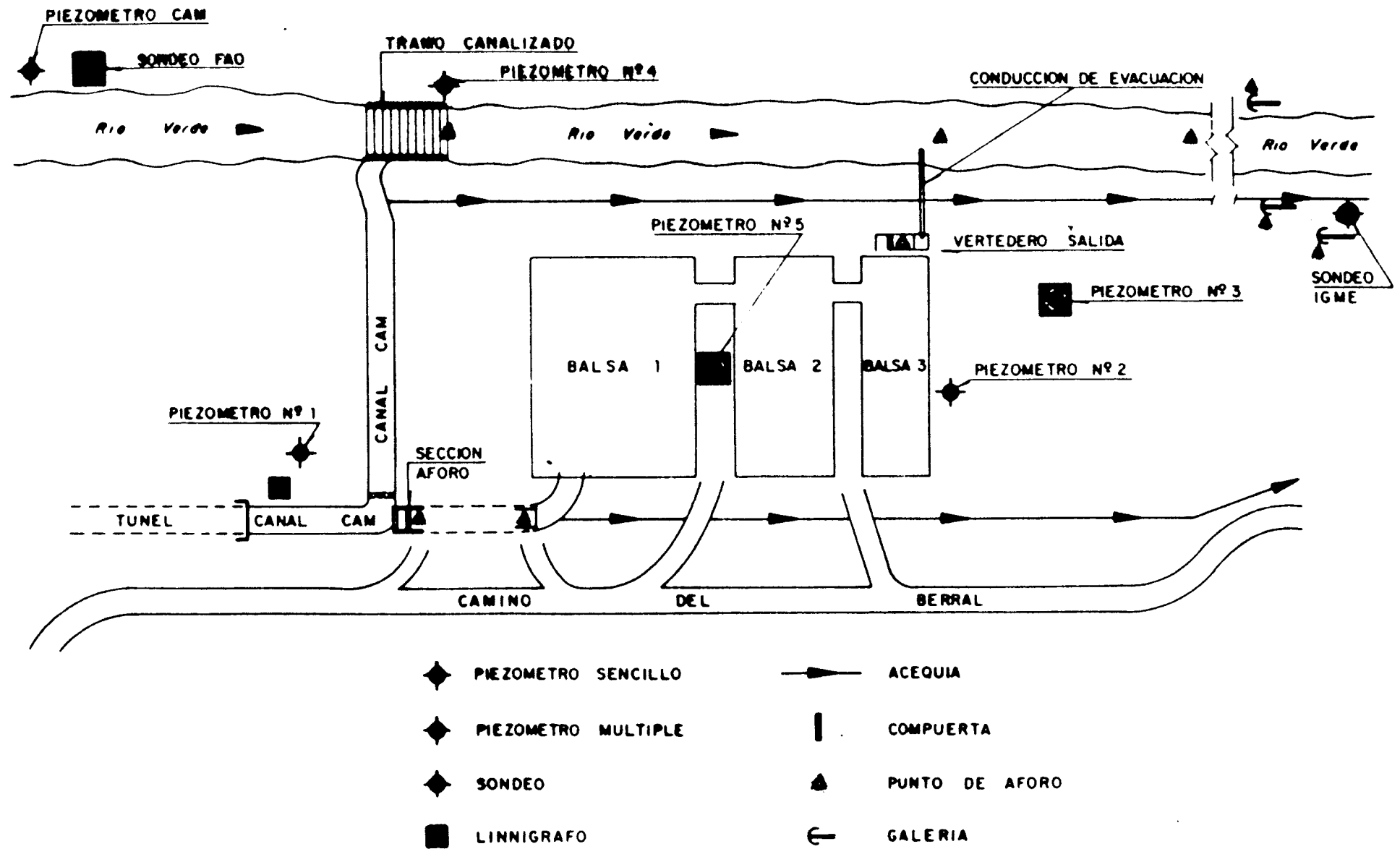


Fig. 2.4.- ESQUEMA DEL DISPOSITIVO DE RECARGA Y CONTROL

## MEDIDAS

### Recarga

Para conocer el agua recargada en el acuífero, además de los valores de la precipitación y evaporación, se ha medido diariamente el caudal de agua que entra a las balsas, tiempo durante el que ha entrado dicho caudal, y la variación del volumen de agua embalsada.

La diferencia entre el volumen que ha entrado a las balsas y el embalsado, más el volumen de agua de lluvia (cuando se ha producido) caído sobre la superficie de las balsas, menos la evaporación, resulta el volumen diario recargado.

La determinación del volumen de agua embalsado se hace midiendo la altura de agua en las balsas, en una escala graduada instalada en cada una de ellas. Mediante un detallado levantamiento topográfico, se conoce con precisión la relación entre la altura de agua y la capacidad de cada balsa independientemente y de todas las balsas en conjunto, de tal modo que con una sola medida de altura de agua es posible conocer el volumen total embalsado.

Durante el periodo de recarga (Diciembre a Febrero) la incidencia de la precipitación y evaporación ha sido prácticamente despreciable en comparación con la infiltración.

El volumen medio diario, sobre las balsas, de cada uno de estos parámetros se expresa en el siguiente cuadro resumen:

	<u>NOV.</u>	<u>DIC.</u>	<u>ENE.</u>	<u>FEB.</u>	<u>MAR.</u>
Precipitación (m <sup>3</sup> /día)	21,1	0,0	0,0	19,6	7,0
Evaporación (m <sup>3</sup> /día)	8,8	5,0	6,3	9,8	14,2
Infiltración (m <sup>3</sup> /día)	-	16.378,6	17.765,5	17.111,3	-

### Niveles

El control de la evolución de los niveles se realizó para determinar la posición de la campana de recarga y su expansión vertical y horizontal, los gradientes hidráulicos, la saturación de la zona no saturada, y mediante la interpretación de los resultados obtener los valores de transmisividad y coeficiente de almacenamiento.

La determinación de la red de flujo bajo las balsas de recarga se hace en base a las medidas en piezómetros puntuales instalados a diferente profundidad. Uno de estos piezómetros se encuentra localizado, aproximadamente, en el centro de las balsas. (fig. 2.5.).

Cuando el nivel bajo las balsas alcanzó el fondo de éstas, no se produjo una disminución de la capacidad de infiltración ya que la expansión del agua recargada, favorecida por la buena permeabilidad horizontal, tiene lugar preferentemente en sentido horizontal.

Por otra parte, las medidas de los piezómetros más alejados de las balsas, indican que después de tres meses de recarga ininterrumpida, no se había alcanzado los controles laterales impuestos por los puntos de drenaje. En algunas galerías que estaban secas desde 1979 se detectó un pequeño drenaje (en conjunto no representa más que el 0,4% del agua recargada).

Las medidas de niveles se tomaron tres veces al día, si bien, en tres puntos (aguas arriba, en las balsas y aguas abajo), el registro se realizó continuamente en la banda de los limnigrafos.

La interpretación de las medidas piezométricas indica que durante los diez primeros días, el agua infiltrada humedece y expulsa el aire de la zona no saturada bajo las balsas y se produce el relleno del almacenamiento en esa zona.

A los doce días siguientes, el crecimiento del domo se interrumpe al llegar los niveles hasta el fondo de las balsas, produciéndose a partir de entonces la expansión del domo, en sentido horizontal con gradientes del 0,9% hacia aguas abajo y del 2,56% hacia aguas arriba.

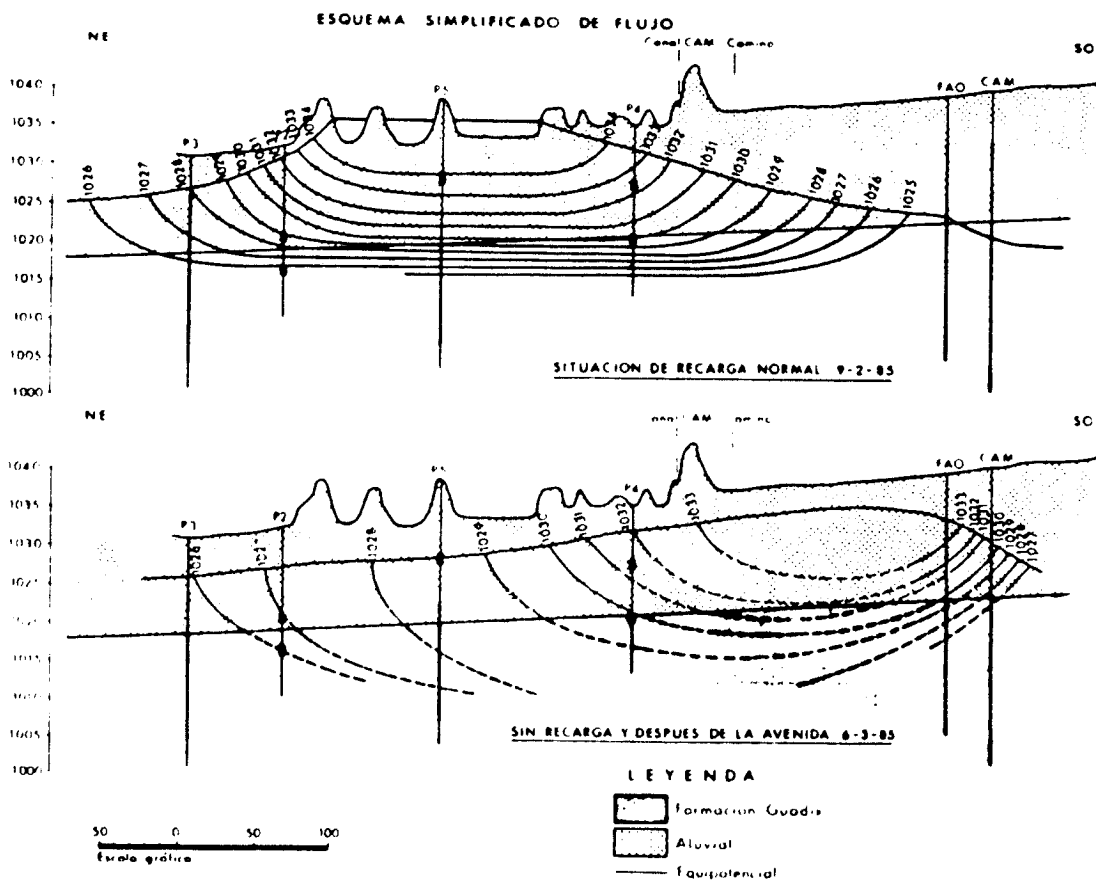
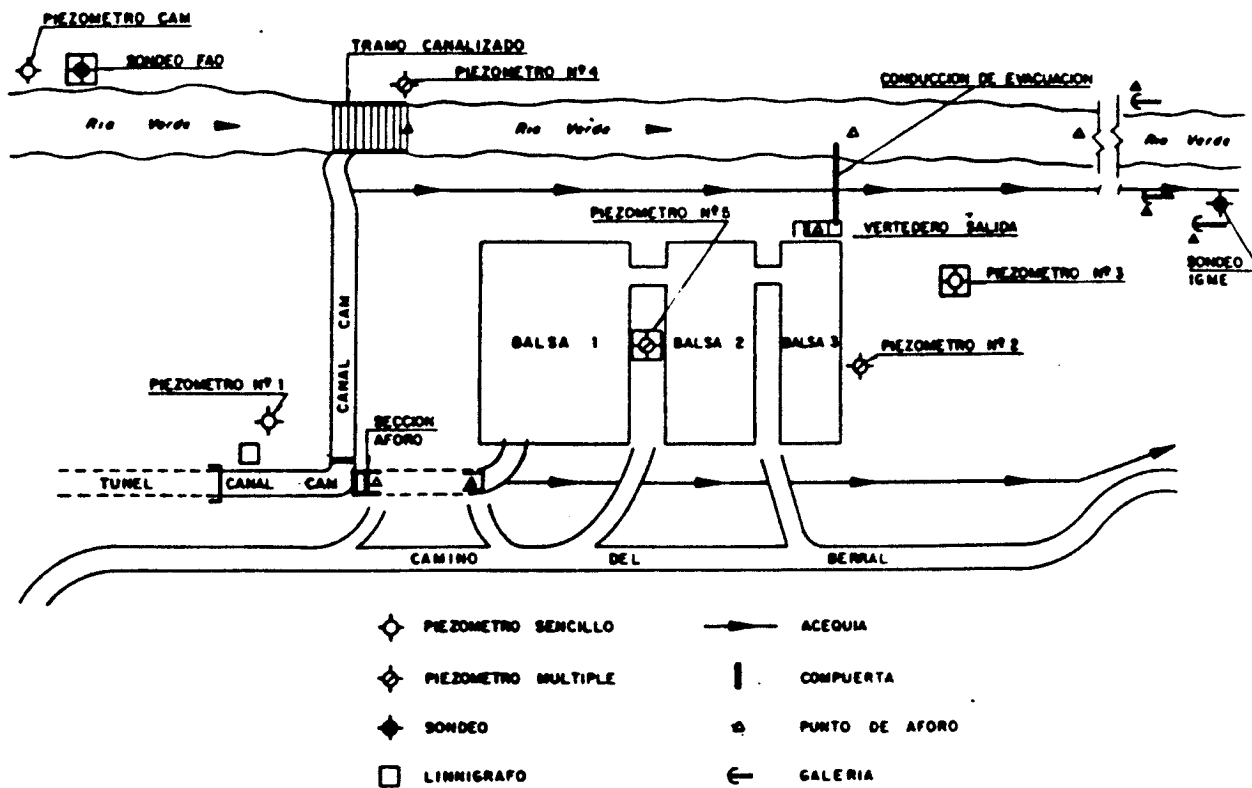


Fig. 2.5.

INFILTRACIONCapacidad de infiltración

Teniendo en cuenta el volumen medio diario infiltrado (17.400 m<sup>3</sup>) y la superficie del fondo de las balsas (5.805 m<sup>2</sup>), la capacidad de infiltración media resulta ser de 3,00 m/día.

Volumen infiltrado

Durante los tres meses que se ha recargado el acuífero, el volumen total infiltrado ha sido de 1.103.330 m<sup>3</sup>. La distribución mensual de este volumen, es la siguiente:

	<u>Diciembre (84)</u>	<u>Enero (85)</u>	<u>Febrero (85)</u>
Volumen infiltrado (m <sup>3</sup> /mes)	343.951	550.731	208.654 (*)

(\*) Incluyendo el volumen residual embalsado.

EXPLOTACION DE LA RECARGA ARTIFICIAL

Una vez constatada la viabilidad de la recarga artificial, se ha propuesto su explotación, basada en los siguientes principios:

- . Recarga en balsas de infiltración, de manera continua durante los meses de Noviembre a Marzo y discontinuamente -en las horas nocturnas- durante el resto del año.
- . El volumen de agua disponible, operando de esta manera, asciende a 5,2 hm<sup>3</sup>/año.
- . Para recargar este volumen de agua se necesita una superficie útil de balsas de unos 8.000 m<sup>2</sup>.
- . Bombeo en los pozos que el IGME está ejecutando durante unos cuatro meses, para extraer un caudal punta de unos 300 l/s.
- . Por la configuración geométrica y características hidrogeológicas del acuífero, se estima que puede recuperarse un 80% del volumen recargado.

### CARACTERÍSTICAS DE LOS PIEZÓMETROS

Se adjuntan a continuación las fichas de los piezómetros y los esquemas constructivos de los sondeos realizados (figs. 2.6. - 2.19). A modo de resumen sus características constructivas son, ordenados por su situación aguas abajo (fig. 2.3.):

<u>SONDEO</u>	<u>AÑO</u>	<u>PROF. SONDEO</u>	<u>PROF. TUB.</u>	<u>RANURADO</u>	<u>ACUÍFEROS</u>	<u>Ø INT. (mm)</u>
El Berral	1970	50	-	-	22-36/41-45	-
Piezómetro-7	1986	50	42	12-18/28-40	0-20/30-38	150
Sondeo CAM	-	-	-	-	-	-
Sondeo FAO	-	-	-	-	-	-
Piezómetro-1	1984	35	35	5-25	15-21/28-35	50,8
Piezómetro-4	1984	25	19	10-11/17-18	3-25	50,8(*)
Piezómetro-5	1984	35	33,5	9-11/16-32	-	50,8(*)
Piezómetro-2	1984	22	16,5	11-12/15-16	7-14/15-22	50,8(*)
Piezómetro-3	1984	30	26	5-22	13-30	50,8
Piezómetro-8	1986	50	42	18-36	0-50	150
Piezómetro-9	1986	50	42	12-24/30-36	0-4/6-30	150
IGME-II	1985	180	180	múltiple	0-180	400
IGME-IV	1987	200	200	múltiple	0-200	400
IGME-III	1986	180	175	múltiple	0-200	400
IGME-I	1984	160	160	múltiple	1-160	400
Piezómetro-6	1986	50	42	18-36	0-23/24-32	150

(\*) Piezómetro múltiple con 2 puntos de medida

### ANÁLISIS QUÍMICOS

Se adjuntan también los análisis químicos de los air-lift realizados al finalizar los pozos IGME-II e IGME-III. Como puede advertirse, se trata de aguas bicarbonatadas cálcicas de muy baja mineralización ( $\approx 200$  ppm de TDS) con unas características excelentes para utilizar trazadores químicos por su bajo contenido en  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Mg}^{++}$ .

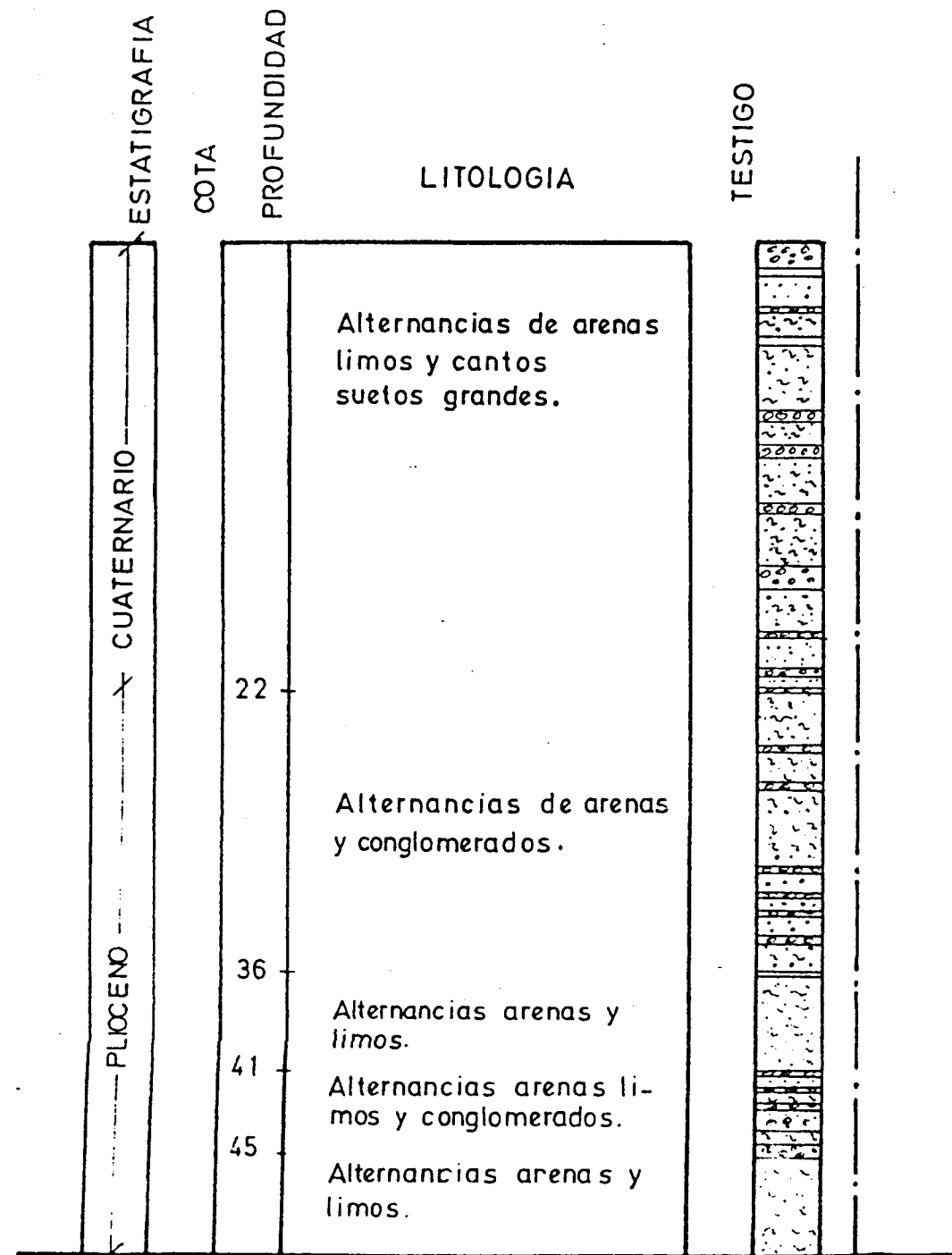
SONDEO EL BERRAL

Nº 223/1011

Ejecutado del 27-10-70 al 21-12-70

FAILIG CFDI DEL IGME

LONGITUD 0° 34' 00" E.  
 LATITUD 37° 13' 12" N.  
 COTA 1040 SEGUN 1/50000  
 1040,75 Nw.



**OBJETIVO** Investigacion del Cuaternario aluvial y Plioceno del sector alto de la Vega de Guadix.

**EJECUCION** Perforacion con tricono de 8 1/2" de 0 m. a 50 m durante la perforacion se producen perdidas de lodos.

Profund.	Perdid.	Densidad.
0-20	3 m <sup>3</sup>	110
20-40	2 m <sup>3</sup>	140
40-50	3 m <sup>3</sup>	110

Ensanche a 12 1/4" hasta 50 m.  
 Ensanche a 15" hasta 22 m.  
 Ensanche a 16" hasta

2141-5-19 *Sondeo El Berral*

I. G. M. E. - F. A. O.  
 PROYECTO DEL GUADALQUIVIR Clase - Fosa para galeria - sondeo mensual sondos N.º 223/1011 Hoja

Provincia: <i>Granada</i>	Croquis de situación	Cuenca hidrográfica: <i>Guadix</i>
Término municipal: <i>Guiliana</i>		Hoja de: <i>Guadix</i>
Paraje: <i>Berral</i>		Longitud: 0° 34' 00" E
Propietario: <i>Proyecto del Guadalquivir</i>		Latitud: 37° 13' 12" N
Situación, acceso: <i>En la Rambla del Berral, próximo al cruce del camino de Alarife</i>		Altura del suelo: 1040 según 1/50.000 1040,751 Nw

Naturaleza y altura del punto de referencia sobre el suelo *Altura P.R. 1040,75*

Profundidad hasta el agua (desde el punto de referen.)					
Cota del agua s. n. m					
Prct. total de la labor (desde el punto de ref.)					
Caudal (l. p. s.)					
Depresión (m)					
Método de medida					
Temperatura del aire					
Temperatura del agua					
Fecha de la observación					
Nombre del observador					

Clase de roca  estéril  acuífera

Nivel donde se corta el agua: \_\_\_\_\_

Variación estacional: \_\_\_\_\_

Acondicionamiento y equipo: \_\_\_\_\_

Empleo del agua: \_\_\_\_\_

Puntos acuíferos cercanos: \_\_\_\_\_



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

ARCHIVO DE PUNTOS ACUIFEROS

ESTADISTICA

Nº de registro 2141536

Nº de puntos descritos 1

Hoja topografica 1/50.000 GUADIX

Numero 2141 (1011)

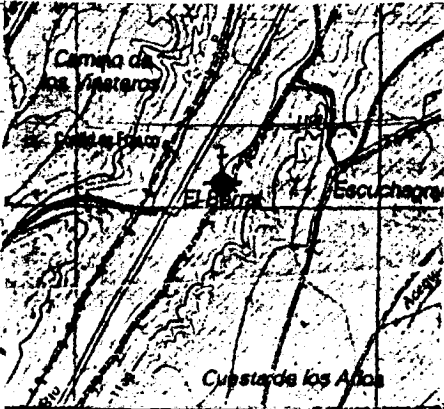
Coordenadas geograficas X Y

Coordenadas lambert X Y

650400

291450

Croquis acotado o mapa detallado



Cuenca hidrografica

GUADALQUIVIR 5

Sistema acifero LEGA DE GRANADA - GUADIX Y BAZA

Provincia GRANADA

Termino municipal

Toponimia Piezometro n.º 7

Objeto Prospeccion de Aguas

Cota según 1/25.000 105000

Referencia topografica

Naturaleza Piezometro 2

Profundidad de la obra 5000

Nº de horizontes acuíferos atravesados

Tipo de perforación Rotación 1

Trabajos aconsejados por Manuel del Valle

Año de ejecución 86 Profundidad 50.00

Reprofundizado el año Profundidad final 50.00

MOTOR Naturaleza Tipo equipo de extracción 58 Potencia 59 61

BOMBA Naturaleza Capacidad Marca y tipo

Utilización del agua

No se utiliza 0

Cantidad extraida (Dm³)

Durante 68 70 dias

¿Tiene perimetro de protección? NO 2 71

Bibliografía del punto acuífero 72

Documentos intercalados 73

Entidad que contrata y/o ejecuta la obra I.G.M.E. 74

Escala de representación 1/25.000 2 75

Redes a las que pertenece el punto PCIGH X 76 80

Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuífero 81

Año en que se efectuó la modificación 82 83

DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS ATRAVESADOS

Numero de orden 84 85

Edad Geologica 86 87

Litología 88 93

Profundidad de techo 94 98

Profundidad de muro 99 103

Esta interconectado 104

Numero de orden 105 106

Edad Geologica 107 108

Litología 109 114

Profundidad de techo 115 119

Profundidad de muro 120 124

Esta interconectado 125

Nombre y dirección del propietario I.G.M.E. Nombre y dirección del contratista I.G.M.E.

PIEZOMETRO - 7

MEDIDAS DE NIVEL Y/O CAUDAL

CORTE GEOLOGICO

Fecha	Surgencia	Altura del agua respecto a la referencia	Caudal m <sup>3</sup> /h	Cota absoluta del agua	Metodo de medida
18/1/86 26 131	0 132	3020 133 137			Sonda
143 148	149	150 154	138 142		
160 165	166	167 171	155 159		
			172 176		

De 0 a 20 m. GRAVAS  
 De 20 a 30 m. Limas arcillosas  
 De 30 a 34 m. GRAVAS  
 De 34 a 37 m. GRAVAS y arcillas  
 De 37 a 50 m.

ENSAYOS DE BOMBEO

Fecha		177 182
Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)		183 187
Duración del bombeo	horas	188 190 minu. 51 52
Depresión en m.		193 197
Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)		198 202
Coefficiente de almacenamiento		203 207

Rapada del metro 12 a 18 y del 37 al 40  
 Entubados 42 m.

Fecha		208 213
Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)		214 218
Duración del bombeo	horas	219 221 minu. 222 223
Depresión en m.		224 228
Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)		229 233
Coefficiente de almacenamiento		234 238

DATOS COMPLEMENTARIOS DE SONDEOS DEL P.A.N.U.

Fecha de cesión del sondeo	239 243	Resultado del sondeo	243
Coste de la obra en millones de pts.	245 247	Caudal cedido (m <sup>3</sup> /h)	249 253

CARACTERISTICAS TECNICAS

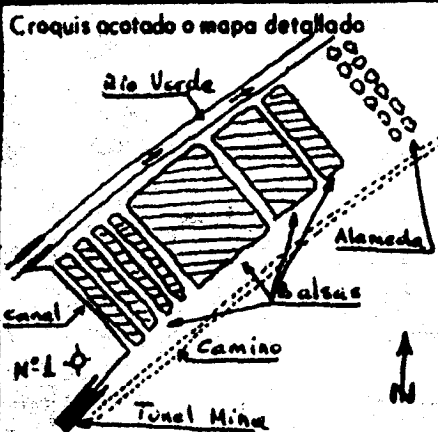
PERFORACION			REVESTIMIENTO						
DE	A	Ø en m.m.	OBSERVACIONES	DE	A	Ø interior en m.m.	espesor en m.m.	Naturaleza	OBSERVACIONES
		8" 1/2		0 a 42		6"			Entubado de 0 a 42 m a 6" y engravillado con grava de cantera
		9" 7/8							

OBSERVACIONES PIEZOMETRO N° 7  
 El sondeo se hace al diámetro de 8" 1/2 y 9" 7/8. Piezometro hecho con la máquina "FAIRING" del 16ME.  
 Se limpia el sondeo con el compresor echándole agua por el exterior de la tubería de 6"  
 Instruido por G. Perandres  
 Fecha 1/1/86



Nº de registro 214151026  
 Nº de puntos descritos 1  
 Hoja topografica 1/50.000 GUADIX  
 Numero 21-41 (1011)

Coordenadas Lambert  
 X 650.760 Y 291.900



Cuenca hidrografica GUADALQUIVIR  
 Sistema acuifero VEGA DE GUADIX  
 Provincia GRANADA  
 Termino municipal ALCUBIA DE GUADIX  
 Toponimia BALSA-1

Objeto Prospección de agua  
 Cota 40 45  
 Referencia topografica Tubo piezometro  
 Naturaleza Piezometro  
 Profundidad de la obra 3500  
 Nº de horizontes acuíferos atravesados 1

Tipo de perforación PerCUSión  
 Trabajos aconsejados por INTECSA  
 Año de ejecución 34 Profundidad 35 m  
 Reprofundizado el año 34 Profundidad final 35 m

MOTOR  
 Naturaleza 38  
 Tipo equipo de extracción 38  
 Potencia 39 61

BOMBA  
 Naturaleza 38  
 Capacidad 38  
 Marca y tipo 38

Utilización del agua Ninguna  
 Cantidad extraída (Dm³) 63 67  
 Durante 68 70 días

¿Tiene perimetro de protección? 71  
 Bibliografía del punto acuifero 72  
 Documentos intercalados 73  
 Entidad que contrata y/o ejecuta la obra IGME 74  
 Escala de representación 1:1000 75  
 Redes a las que pertenece el punto PCIGH 76 80

Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuifero 81  
 Año en que se efectuó la modificación 82 83

**DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS ATRAVESADOS**

Numero de orden: 84 01 85  
 Edad Geologica 86 31 87  
 Litología ALUVIO 88 93  
 Profundidad de techo 94 00 98  
 Profundidad de muro 99 103  
 Esta interconectado 104

Numero de orden: 105 106  
 Edad Geologica 107 108  
 Litología 109 114  
 Profundidad de techo 115 119  
 Profundidad de muro 120 124  
 Esta interconectado 125

Nombre y dirección del propietario IGME  
 Nombre y dirección del contratista INTECSA  
PIEZOMETRO-1

MEDIDAS DE NIVEL Y/O CAUDAL

CORTE GEOLOGICO

Fecha	Surgencia	Altura del agua respecto a la referencia	Caudal m <sup>3</sup> /h	Cota absoluta del agua	Metodo de medida
190984		2073			D
128 131	132	133 137	138 142		
143 148	149	150 154	155 159		
160 165	166	167 171	172 176		

0  
 15  
 21  
 28  
 35

limos con gravas, cantos de marcieta y alquibros, y arenas

ENSAYOS DE BOMBEO

Fecha	Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)	Duración del bombeo horas	Depresión en m.	Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	Coficiente de almacenamiento

15  
 21  
 28  
 35

Gravas y arenas con algo de limos

limos con gravas, cantos de marcieta y alquibros, y arenas

Gravas y arenas con algo de limos

Fecha	Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)	Duración del bombeo horas	Depresión en m.	Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	Coficiente de almacenamiento

208 213

214 218

219 221

222 226

227 231

232 236

DATOS COMPLEMENTARIOS DE SONDEOS DEL P.A.N.U.

Fecha de cesión del sondeo	239 243	Resultado del sondeo	243
Coste de la obra en millones de pts.	245 247	Caudal cedido (m <sup>3</sup> /h)	249 253

CARACTERISTICAS TECNICAS

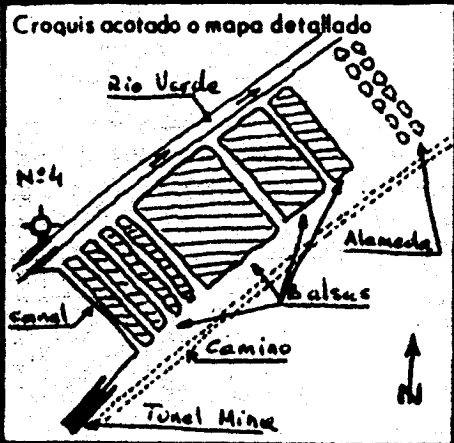
PERFORACION				REVESTIMIENTO					
DE	A	Ø en m.m.	OBSERVACIONES	DE	A	Ø interior en m.m.	espesor en m.m.	Naturaleza	OBSERVACIONES
0	35	250		0	35	50,9		Metálica	Ranurada de 5 a 25m.

OBSERVACIONES Este piezómetro forma parte de una red constituida por 5 piezómetros, realizados para controlar un ensayo de recarga artificial mediante balsas de infiltración.

Instruido por Sebastian Delgado Moya (I.N.T.E.R.S.A) Fecha 27/11/84

Nº de registro..... **21415029**  
 Nº de puntos descritos..... **A**  
 Hoja topografica 1/50.000  
**GUADIX**  
 Numero 21-41. (1011)

Coordenadas geograficas  
 X Y  
 Coordenadas lambert  
 X Y  
**650.600** **292.100**  
 10 16 17 24



Cuenca hidrografica..... **5**  
**GUADALQUIVIR**  
 Sistema acuífero.....  
**UEGA DE GUADIX**  
**32**  
 Provincia.....  
**GRANADA**  
**45**  
 Termin municipal.....  
**ALCUBIA DE GUADIX**  
**9**  
 Toponimia **BALSA - 4**

Objeto Prospección de agua.....  
 Cota.....  
 Referencia topografica Tubo piezometro.....  
 Naturaleza Piezometro..... **2**  
 Profundidad de la obra..... **2500**  
 Nº de horizontes acuíferos atravesados..... **1**

Tipo de perforación **Percusión**..... **2**  
 Trabajos aconsejados por **INTECSA**  
 Año de ejecución..... **84** Profundidad **25 M.**  
 Reprofundizado el año..... Profundidad final **25 M.**

**MOTOR**  
 Naturaleza.....  
 Tipo equipo de extracción.....  
 Potencia.....

**BOMBA**  
 Naturaleza.....  
 Capacidad.....  
 Marca y tipo.....

Utilización del agua.....  
**Ninguna**  
 Cantidad extraida (Dm³).....  
 Durante..... días

¿Tiene perimetro de protección?.....  
 Bibliografía del punto acuífero.....  
 Documentos intercalados.....  
 Entidad que contrata y/o ejecuta la obra..... **IGME**  
 Escala de representación..... **1:1000**  
 Redes a las que pertenece el punto..... **PCIGH**

Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuífero.....  
 Año en que se efectuó la modificación.....

**DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS ATRAVESADOS**

Numero de orden:..... **01**  
 Edad Geologica..... **31**  
 Litología..... **ALUVIO**  
 Profundidad de techo..... **30**  
 Profundidad de muro.....  
 Esta interconectado.....

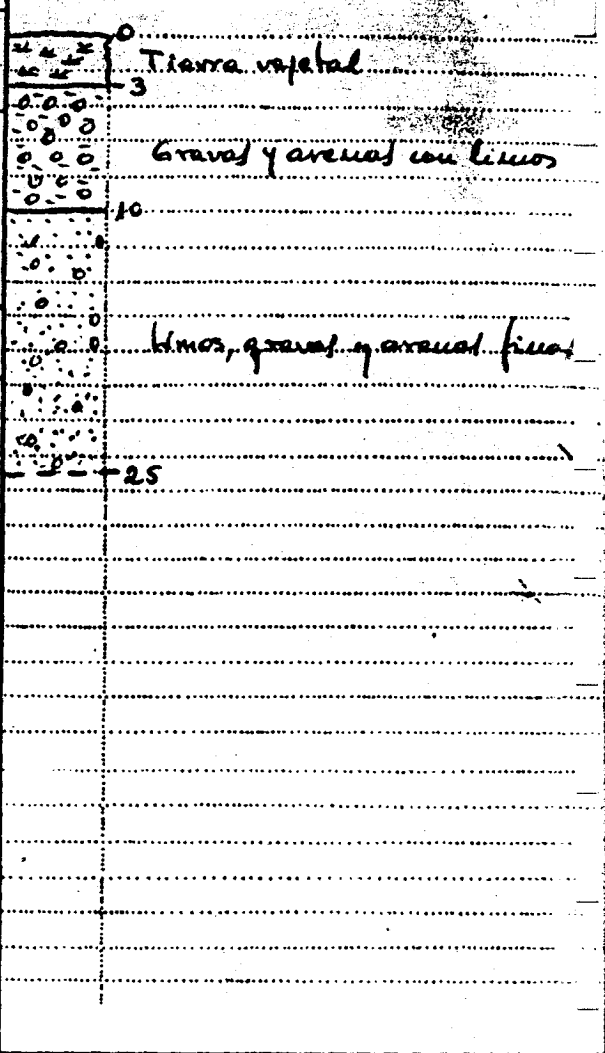
Numero de orden:.....  
 Edad Geologica.....  
 Litología.....  
 Profundidad de techo.....  
 Profundidad de muro.....  
 Esta interconectado.....

Nombre y dirección del propietario..... **IGME**  
**PIEZOMETRO - 4**  
 Nombre y dirección del contratista..... **INTECSA**  
 FIG. 2.9

MEDIDAS DE NIVEL Y/O CAUDAL

CORTE GEOLOGICO

Fecha	Surgencia	Altura del agua respecto a la referencia	Caudal m <sup>3</sup> /h	Cota absoluta del agua	Metodo de medida
28 131	132	133 137	138 142		
143 148	149	150 154	155 159		
160 165	166	167 171	172 176		



ENSAYOS DE BOMBEO

Fecha	177 182
Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)	183 187
Duración del bombeo	horas: 188 190 minu.: 191 192
Depresión en m.	193 197
Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	198 202
Coficiente de almacenamiento	203 207

Fecha	208 213
Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)	214 218
Duración del bombeo	horas: 219 221 minu.: 222 223
Depresión en m.	224 228
Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	229 233
Coficiente de almacenamiento	234 238

DATOS COMPLEMENTARIOS DE SONDEOS DEL P.A.N.U.

Fecha de cesión del sondeo	239 244	Resultado del sondeo	245
Coste de la obra en millones de pts.	245 247	Caudal cedido (m <sup>3</sup> /h)	249 253

CARACTERISTICAS TECNICAS

PERFORACION			REVESTIMIENTO						
DE	A	Ø en m.m.	OBSERVACIONES	DE	A	Ø interior en m.m.	espesor en mm.	Naturaleza	OBSERVACIONES
0	25	250		0	12	50,8		Metálica	Ranurada de 10-11
				0	19	50,8		Metálica	Ranurada de 17-18
									Se trata de un piezómetro múltiple con dos puntos de medida.

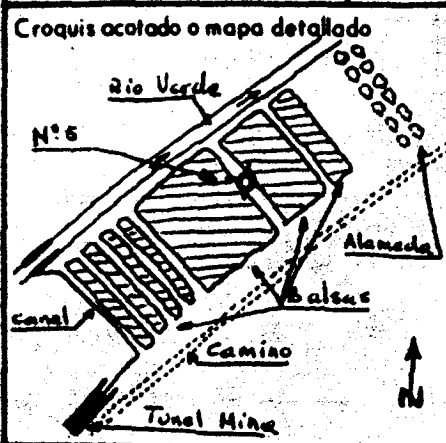
OBSERVACIONES Este piezómetro forma parte de una red constituida por 5 piezómetros, realizados para controlar un susup. de recarga artificial mediante balsas de infiltración.

Instruido por Sebastian Delgado Noya (I.N.T.E.R.S.A.)

Fecha 27/11/84

Nº de registro **21415030**  
 Nº de puntos descritos **1**  
 Hoja topografica 1/50.000 **GUADIX**  
 Numero 21-41 (1011)

Coordenadas geograficas X Y  
 Coordenadas Lambert X Y  
**650.800** **292.000**  
 10 16 17 24



Cuenca hidrografica **GUADALQUIVIR**  
 Sistema acuifero **VEGA DE GUADIX**  
 Provincia **GRANADA**  
 Termino municipal **ALCUBIA DE GUADIX**  
 Toponimo **BALSA-5**

Objeto **Prospección de agua**  
 Cota  
 Referencia topografica **Tubo piezometro**  
 Naturaleza **Piezometro**  
 Profundidad de la obra **3500**  
 Nº de horizontes acuíferos atravesados **1**

Tipo de perforación **Percusión**  
 Trabajos aconsejados por **INTECSA**  
 Año de ejecución **84** Profundidad **35 m**  
 Reprofundizado el año Profundidad final **35 m**

**MOTOR**  
 Naturaleza  
 Tipo equipo de extracción  
 Potencia

**BOMBA**  
 Naturaleza  
 Capacidad  
 Marca y tipo

Utilización del agua **Ninguna**  
 Cantidad extraida (Dm³)  
 Durante **68** días

¿Tiene perimetro de protección?  
 Bibliografía del punto acuifero  
 Documentos intercalados  
 Entidad que contrata y/o ejecuta la obra **IGME**  
 Escala de representación **1:1000**  
 Redes a las que pertenece el punto **P.C I G H**

Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuifero  
 Año en que se efectuó la modificación

**DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS ATRAVESADOS**

Numero de orden **8401**  
 Edad Geologica **31**  
 Litología **ALUVIO**  
 Profundidad de techo **50**  
 Profundidad de muro  
 Esta interconectado

Numero de orden  
 Edad Geologica  
 Litología  
 Profundidad de techo  
 Profundidad de muro  
 Esta interconectado

Nombre y dirección del propietario **IGME**  
**PIEZOMETRO - 5**  
 Nombre y dirección del contratista **INTECSA**

## MEDIDAS DE NIVEL Y/O CAUDAL

## CORTE GEOLOGICO

Fecha	Surgenca	Altura del agua respecto a la referencia	Caudal m <sup>3</sup> /h	Cota absoluta del agua	Metodo de medida
26	131	132	138	142	
43	148	149	150	154	
160	165	166	167	171	
			172	176	

## ENSAYOS DE BOMBEO

Fecha		177	182
Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)		183	187
Duración del bombeo	horas	188	190
	minu.	191	192
Depresión en m.		193	197
Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)		198	202
Coficiente de almacenamiento		203	207

Fecha		208	213
Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)		214	218
Duración del bombeo	horas	219	221
	minu.	222	223
Depresión en m.		224	228
Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)		229	233
Coficiente de almacenamiento		234	238

## DATOS COMPLEMENTARIOS DE SONDEOS DEL P.A.N.U.

Fecha de cesión del sondeo	239	244
Coste de la obra en millones de pts.	245	247

Resultado del sondeo	248
Caudal cedido (m <sup>3</sup> /h)	249
	253

## CARACTERISTICAS TECNICAS

PERFORACION			REVESTIMIENTO						
DE	A	Ø en m.m.	OBSERVACIONES	DE	A	Ø interior en m.m.	espesor en m.m.	Naturaleza	OBSERVACIONES
0	35	350		0	12	50,8		Natúlica	Ranurada de 9,5 a 11,5
				0	33,5	150,0		Natúlica	Ranurada de 16 a 32 m
									Se trata de un piezómetro múltiple con dos puntos de medida

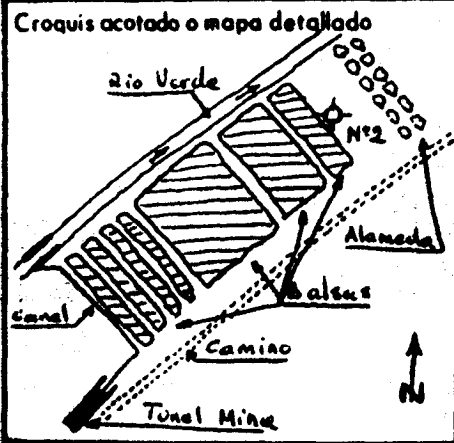
OBSERVACIONES Esta piezómetro forma parte de una red constituida por 5 piezómetros, realizados para controlar un ensayo de recarga artificial mediante balsas de infiltración.

Instruido por Sebastián Delgado Moya (I.N.T.E.R.S.A.)

Fecha 27/11/84

Nº de registro 214151027  
 Nº de puntos descritos 1  
 Hoja topografica 1/50.000 GUADIX  
 Numero 21-h1 (1011)

Coordenadas geográficas  
 X Y  
 Coordenadas Lambert  
 X Y  
650.850 192.400  
 10 16 17 24



Cuenca hidrografica GUADALQUIVIR  
 Sistema acuifero UEGA DE GUADIX  
 Provincia GRANADA  
 Termino municipal ALCUBIA DE GUADIX  
 Toponimia BALSA-2

Objeto Prospección de agua  
 Cota 40 45  
 Referencia topografica Tubo piezometro  
 Naturaleza Piezometro  
 Profundidad de la obra 2200  
 Nº de horizontes acuíferos atravesados 1

Tipo de perforación Percusión  
 Trabajos aconsejados por INTECSA  
 Año de ejecución 84 Profundidad 22,00  
 Reprofundizado el año Profundidad final 22,00

MOTOR	BOMBA
Naturaleza	Naturaleza
Tipo equipo de extracción	Capacidad
Potencia	Marca y tipo

Utilización del agua ninguna  
 Cantidad extraida (Dm³)  
 Durante 68 70 días

¿Tiene perimetro de protección?   
 Bibliografía del punto acuifero   
 Documentos intercalados   
 Entidad que contrata y/o ejecuta la obra IGME  
 Escala de representación 1:1000  
 Redes a las que pertenece el punto PCIGH

Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuifero   
 Año en que se efectuó la modificación

**DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS ATRAVESADOS**

Numero de orden: 8401  
 Edad Geologica 8631  
 Litología ALUVIO  
 Profundidad de techo 9400  
 Profundidad de muro 99  
 Esta interconectado

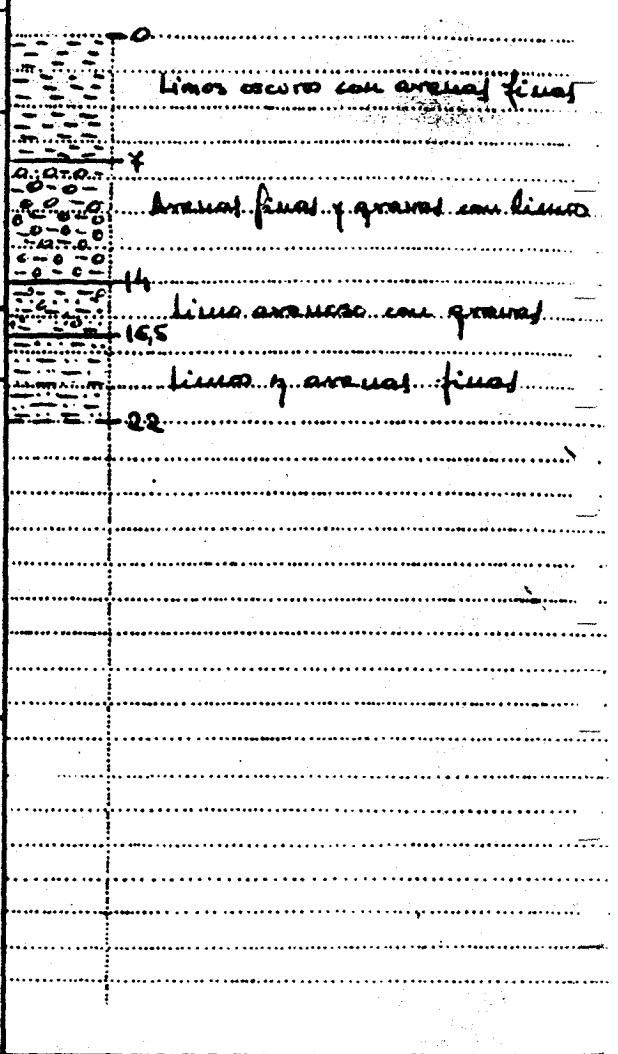
Numero de orden: 105  
 Edad Geologica 107  
 Litología   
 Profundidad de techo 115  
 Profundidad de muro 120  
 Esta interconectado

Nombre y dirección del propietario IGME  
 Nombre y dirección del contratista INTECSA  
PIEZOMETRO - 2

MEDIDAS DE NIVEL Y/O CAUDAL

CORTE GEOLOGICO

Fecha	Surgencia	Altura del agua respecto a la referencia	Caudal m <sup>3</sup> /h	Cota absoluta del agua	Metodo de medida
250994		1007			D
26 131	132	133 137	138 142		
143 148	149	150 154	155 159		
160 165	166	167 171	172 176		



ENSAYOS DE BOMBEO

Fecha					
Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)					
Duración del bombeo	horas		minu.		
Depresión en m.					
Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)					
Coefficiente de almacenamiento					

Fecha					
Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)					
Duración del bombeo	horas		minu.		
Depresión en m.					
Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)					
Coefficiente de almacenamiento					

DATOS COMPLEMENTARIOS DE SONDEOS DEL P.A.N.U.

Fecha de cesión del sondeo	239 244	Resultado del sondeo	241
Coste de la obra en millones de pts.	243 247	Caudal cedido (m <sup>3</sup> /h)	249 253

CARACTERISTICAS TECNICAS

PERFORACION				REVESTIMIENTO					
DE	A	Ø en m.m.	OBSERVACIONES	DE	A	Ø interior en m.m.	espesor en m.m.	Naturaleza	OBSERVACIONES
0	22	250		a	12,5	50,8		Natalica	Ranurada de 11 a 12.
				c	16,5	50,8		Natalica	Ranurada de 15 a 16
									Se trata de un perimetro multiple en dos puntos de medida.

OBSERVACIONES Este perimetro forma parte de una red constituida por 5 piezómetros, realizados para controlar un ensayo de recarga artificial mediante balsas de infiltración.

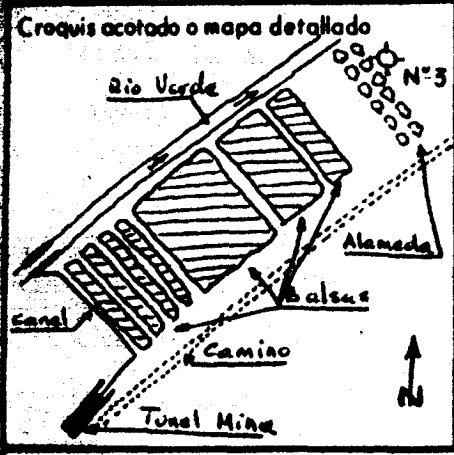
Instruido por Sebastian Delgado Hoya (I.N.T.E.C.S.A.)

Fecha 27/11/85



Nº de registro 21415028  
 Nº de puntos descritos 1  
 Hoja topografica 1/50.000 GUADIX  
 Numero 21-h1 (1011)

Coordenadas Lambert  
 X 650.880 Y 292.150  
10 16 17 24



Cuenca hidrografica GUADALQUIVIR  
 Sistema acuífero VEGA DE GUADIX  
 Provincia GRANADA  
 Termino municipal ALCUBIA DE GUADIX  
 Toponimia BALSA - 3

Objeto Prospección de agua  
 Cota 40  
 Referencia topografica Tubo piezometro  
 Naturaleza Piezometro 2  
 Profundidad de la obra 3000  
 Nº de horizontes acuíferos atravesados 1

Tipo de perforación Perceusión  
 Trabajos aconsejados por INTECSA  
 Año de ejecucion 84 Profundidad 30,00  
 Reprofundizado el año Profundidad final 30,00

**MOTOR**  
 Naturaleza  
 Tipo equipo de extraccion  
 Potencia

**BOMBA**  
 Naturaleza  
 Capacidad  
 Marca y tipo

Utilización del agua Ninguna  
 Cantidad extraida (Dm³)  
 Durante      días

¿Tiene perimetro de protección?  
 Bibliografía del punto acuífero  
 Documentos intercalados  
 Entidad que contrata y/o ejecuta la obra IGME  
 Escala de representación 1:1000  
 Redes a las que pertenece el punto PCIGH

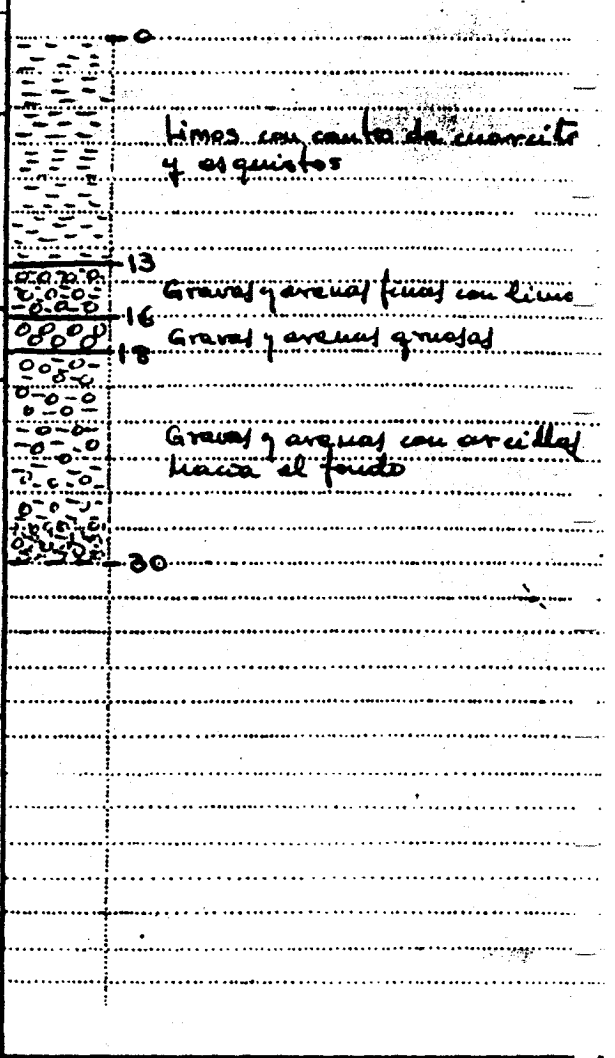
Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuífero  
 Año en que se efectuó la modificación

**DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS ATRAVESADOS**

Numero de orden: <u>01</u>	Numero de orden: <u>    </u>
Edad Geologica <u>81</u>	Edad Geologica <u>    </u>
Litología <u>ALUVIO</u>	Litología <u>    </u>
Profundidad de techo <u>00</u>	Profundidad de techo <u>    </u>
Profundidad de muro <u>    </u>	Profundidad de muro <u>    </u>
Esta interconectado <u>    </u>	Esta interconectado <u>    </u>

Nombre y dirección del propietario IGME  
 Nombre y dirección del contratista INTECSA  
**PIEZOMETRO - 3**

Fecha	Surgencia	Altura del agua respecto a la referencia	Caudal m <sup>3</sup> /h	Cota absoluta del agua	Metodo de medida
50/11/84		785			L
131	132	133	134	135	136
137	138	139	140	141	142
143	144	145	146	147	148
149	150	151	152	153	154
155	156	157	158	159	160
161	162	163	164	165	166
167	168	169	170	171	172
173	174	175	176	177	178



ENSAYOS DE BOMBEO

Fecha	Caudal extraído (m <sup>3</sup> /h)	Duración del bombeo horas	Depresión en m.	Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	Coficiente de almacenamiento
	177				
	183				
	188	190	192		
		191	192		

Fecha	Caudal extraído (m <sup>3</sup> /h)	Duración del bombeo horas	Depresión en m.	Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	Coficiente de almacenamiento
	204				
	214				
	219	221	222		
		221	222		

DATOS COMPLEMENTARIOS DE SONDEOS DEL P.A.N.U.

Fecha de cesión del sondeo	239	244	Resultado del sondeo	249
Coste de la obra en millones de pts.	245	247	Caudal cedido (m <sup>3</sup> /h)	249

CARACTERISTICAS TECNICAS

PERFORACION				REVESTIMIENTO					
DE	A	Ø en m.m.	OBSERVACIONES	DE	A	Ø interior en m.m.	espesor en m.m.	Materializa	OBSERVACIONES
0	30	250		0	26	50,8		Metálica	Ranurada de 5 a 22

OBSERVACIONES Este piezómetro forma parte de una red constituida por 5 piezómetros, realizados para controlar un ensayo de recarga artificial mediante balsas de infiltración.

Instruido por Sebastián Dolgado Noya (I.N.T.E.C.S.A.)

Fecha 27/11/84



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

ARCHIVO DE PUNTOS ACUIFEROS

ESTADISTICA

Nº de registro 2141537

Nº de puntos descritos 1

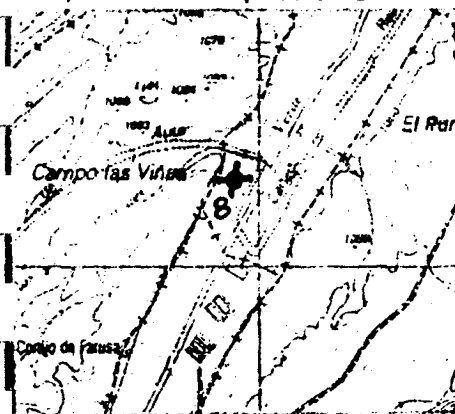
Hoja topografica 1/50.000 Guadix Numero 2141 (1011)

Coordenadas geograficas X Y

Coordenadas Lambert X Y

650880 292660

Croquis acotado o mapa detallado



Cuenca hidrografica Guadalquivir

Sistema acuífero Vega de Granada - Guadix y Baza

Provincia Granada

Termino municipal

Toponimia Píscornito n.º 8

Objeto Prospección de aguas

Cota según 1/50.000 1027

Referencia topografica

Naturaleza Piezometeo

Profundidad de la obra 5000

Nº de horizontes acuíferos atravesados

Tipo de perforación Rotación

Trabajos aconsejados por Manuel del Valle

Año de ejecución 86 Profundidad 50.00

Reprofundizado el año Profundidad final 50.00

MOTOR

BOMBA

Naturaleza

Tipo equipo de extracción

Potencia

Utilización del agua

No se utiliza

Cantidad extraída (Dm³)

Durante 68 70 días

¿Tiene perímetro de protección? No

Bibliografía del punto acuífero

Documentos intercalados

Entidad que contrata y/o ejecuta la obra IGME

Escala de representación 1/25.000

Redes a las que pertenece el punto

Red Piezométrica

Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuífero

Año en que se efectuó la modificación

DESCRIPCIÓN DE LOS ACUIFEROS ATRAVESADOS

Numero de orden: 84 85

Edad Geologica 86 87

Litología 88 93

Profundidad de techo 94 98

Profundidad de muro 99 103

Esta interconectado 104

Numero de orden: 105 106

Edad Geologica 107 108

Litología 109 114

Profundidad de techo 115 119

Profundidad de muro 120 124

Esta interconectado 125

Nombre y dirección del propietario IGME

Nombre y dirección del contratista IGME

PIEZOMETRO - 8

MEDIDAS DE NIVEL Y/O CAUDAL

CORTE GEOLOGICO

Fecha	Surgencia	Altura del agua respecto a la referencia	Caudal m <sup>3</sup> /h	Cota absoluta del agua	Metodo de medida
126 131	0	1130			Sonda
143 148					
160 165					

De 0 a 30 metros; Gravas con cantos rodados

de 30 a 50 metros; Arcillas con gravas

ENSAYOS DE BOMBEO

Tuberia rajada del metro 18 al 36 y engravada con grava de cantera.

Fecha	177 182
Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)	183 187
Duración del bombeo horas	188 190 min. 81 192
Depresión en m.	193 197
Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	198 202
Coefficiente de almacenamiento	203 207

Fecha	208 213
Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)	214 218
Duración del bombeo horas	219 221 min. 222 224
Depresión en m.	224 228
Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	229 233
Coefficiente de almacenamiento	234 238

(ver ficha del corte del sondeo)

DATOS COMPLEMENTARIOS DE SONDEOS DEL P.A.N.U.

Fecha de cesión del sondeo	239 244	Resultado del sondeo	248
Coste de la obra en millones de pts.	245 247	Caudal cedido (m <sup>3</sup> /h)	249 253

CARACTERISTICAS TECNICAS

PERFORACION			REVESTIMIENTO						
DE	A	Ø en m.m.	OBSERVACIONES	DE	A	Ø interior en m.m.	espesor en mm.	Naturaleza	OBSERVACIONES
0	50	9" 7/8		0	42	6"			

OBSERVACIONES PIEZOMETRO N.º 8  
 El sondeo se hace al diámetro de 9" 7/8. Piezometro hecho con la maquina "FAILING" del 1976.  
 Se limpia el sondeo con el compresor echándole agua por el exterior de la tubería de 6". Esta entubada hasta los 42 m.  
 Instruido por S. Perumal  
 Fecha 1/21/80



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

ARCHIVO DE PUNTOS ACUIFEROS

ESTADISTICA

Nº de registro ..... 2141538

Nº de puntos descritos ..... 1

Hoja topografica 1/50.000

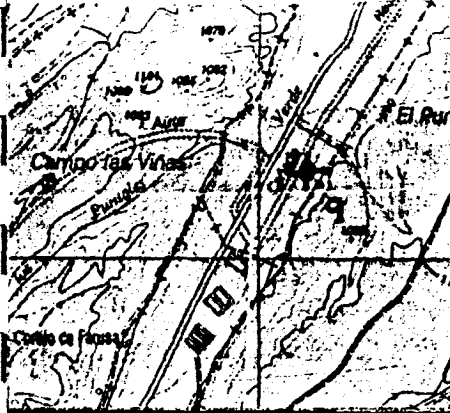
Guadix  
Numero 2141(1011)

Coordenadas geograficas  
X Y

Coordenadas lambert  
X Y

651110 292610

Croquis acotado o mapa detallado



Cuenca hidrografica

Guadalquivir 5

Sistema acuífero Vega de Granada - Guadix y Baza 32

Provincia

Granada 45

Termino municipal

Toponimia Piezometra n.º 9

Objeto Proyección de aguas

Cota según 1/25.000 1028

Referencia topografica

Naturaleza Piezometro 2

Profundidad de la obra 6000

Nº de horizontes acuíferos atravesados

Tipo de perforación Rotación 1

Trabajos aconsejados por Manuel del Valle

Año de ejecución 86 Profundidad 50.00

Reprofundizado el año Profundidad final 50.00

MOTOR

Naturaleza

Tipo equipo de extracción

Potencia

BOMBA

Naturaleza

Capacidad

Marca y tipo

Utilización del agua

No se utiliza 0

Cantidad extraída (Dm³)

Durante 68 70 días

¿ Tiene perímetro de protección? No 2

Bibliografía del punto acuífero

Documentos intercalados

Entidad que contrata y/o ejecuta la obra IEME 74

Escala de representación 1/25.000 2

Redes a las que pertenece el punto Red Piezométrica PCIGH 76 80

Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuífero

Año en que se efectuó la modificación

DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS ATRAVESADOS

Numero de orden: 84 85

Edad Geologica 86 87

Litología 88 93

Profundidad de techo 94 98

Profundidad de muro 99 103

Esta interconectado 104

Numero de orden: 105 106

Edad Geologica 107 108

Litología 109 114

Profundidad de techo 115 119

Profundidad de muro 120 124

Esta interconectado 125

Nombre y dirección del propietario IEME

Nombre y dirección del contratista IEME

PIEZOMETRO-9

MEDIDAS DE NIVEL Y/O CAUDAL

CORTE GEOLOGICO

Fecha	Surgencia	Altura del agua respecto a la referencia	Caudal m <sup>3</sup> /h	Cota absoluta del agua	Metodo de medida																								
<table border="1"> <tr><td>126</td><td>131</td></tr> <tr><td>143</td><td>148</td></tr> <tr><td>160</td><td>165</td></tr> </table>	126	131	143	148	160	165	<table border="1"> <tr><td>132</td><td>137</td></tr> <tr><td>149</td><td>154</td></tr> <tr><td>166</td><td>171</td></tr> </table>	132	137	149	154	166	171	<table border="1"> <tr><td>133</td><td>137</td></tr> <tr><td>150</td><td>154</td></tr> <tr><td>167</td><td>171</td></tr> </table>	133	137	150	154	167	171	<table border="1"> <tr><td>138</td><td>142</td></tr> <tr><td>155</td><td>159</td></tr> <tr><td>172</td><td>176</td></tr> </table>	138	142	155	159	172	176		Sonda
126	131																												
143	148																												
160	165																												
132	137																												
149	154																												
166	171																												
133	137																												
150	154																												
167	171																												
138	142																												
155	159																												
172	176																												

De 0 a 4 metros; Gravas  
 De 4 a 6 metros; Arcillas  
 De 6 a 22 metros; Gravas  
 De 22 a 30 metros; Arcillas y gravas  
 De 30 a 50 metros; Arcillas

ENSAYOS DE BOMBEO

Fecha	Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)	Duración del bombeo horas	Depresión en m.	Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	Coefficiente de almacenamiento														
	<table border="1"> <tr><td>177</td><td>182</td></tr> <tr><td>183</td><td>187</td></tr> </table>	177	182	183	187	<table border="1"> <tr><td>188</td><td>190</td></tr> <tr><td>191</td><td>192</td></tr> </table>	188	190	191	192	<table border="1"> <tr><td>193</td><td>197</td></tr> <tr><td>198</td><td>202</td></tr> <tr><td>203</td><td>207</td></tr> </table>	193	197	198	202	203	207		
177	182																		
183	187																		
188	190																		
191	192																		
193	197																		
198	202																		
203	207																		

Tubería bajada del metro 12 al 24 y del 30 a 36.  
 Sonda engrasada en grava de castaña

Fecha	Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)	Duración del bombeo horas	Depresión en m.	Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	Coefficiente de almacenamiento														
	<table border="1"> <tr><td>208</td><td>213</td></tr> <tr><td>214</td><td>218</td></tr> </table>	208	213	214	218	<table border="1"> <tr><td>219</td><td>221</td></tr> <tr><td>222</td><td>223</td></tr> </table>	219	221	222	223	<table border="1"> <tr><td>224</td><td>228</td></tr> <tr><td>229</td><td>233</td></tr> <tr><td>234</td><td>238</td></tr> </table>	224	228	229	233	234	238		
208	213																		
214	218																		
219	221																		
222	223																		
224	228																		
229	233																		
234	238																		

DATOS COMPLEMENTARIOS DE SONDEOS DEL P.A.N.U.

Fecha de cesión del sondeo	<table border="1"> <tr><td>239</td><td>244</td></tr> </table>	239	244	Resultado del sondeo	<table border="1"> <tr><td>248</td></tr> </table>	248	
239	244						
248							
Coste de la obra en millones de pts.	<table border="1"> <tr><td>245</td><td>247</td></tr> </table>	245	247	Caudal cedido (m <sup>3</sup> /h)	<table border="1"> <tr><td>249</td><td>253</td></tr> </table>	249	253
245	247						
249	253						

CARACTERISTICAS TECNICAS

PERFORACION			REVESTIMIENTO						
DE	A	Ø en m.m.	OBSERVACIONES	DE	A	Ø interior en m.m.	espesor en m.m.	Naturaleza	OBSERVACIONES
0	50	9" 7/8		0	42	6"			

OBSERVACIONES PIEZOMETRO N° 9  
 El sondeo se hace al diámetro de 9" 7/8. Piezómetro hecho con la máquina "FAJINA" del I.C.T.E.  
 Se limpia el sondeo con compresor echándole agua por el exterior de la tubería de 6". Esta entubado hasta los 42 m.  
 Instruido por S. Perandis

Fecha 1/21/76



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

ARCHIVO DE PUNTOS ACUIFEROS

ESTADISTICA

Nº de registro 21415031

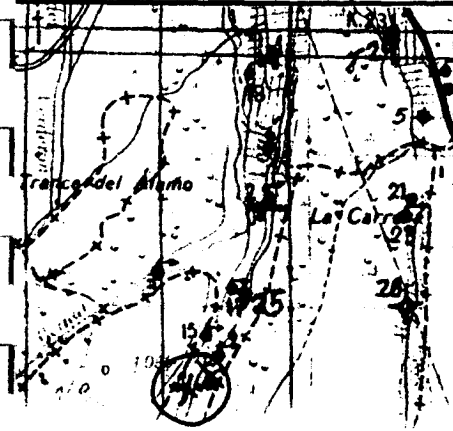
Nº de puntos descritos 01

Hoja topografica 1/50.000  
Guadix  
Numero 2141(1011)

Coordenadas geograficas X Y

Coordenadas lambert X Y

651100 292850



Cuenca hidrografica Guadaluquivir

Sistema acuífero

Provincia Guada

Termino municipal Guadix

Toponimia

Objeto Proyecto Optimización

Cota 1020+

Referencia topografica 1/50.000

Naturaleza Srudeo

Profundidad de la obra 180+

Nº de horizontes acuíferos atravesados

Tipo de perforación Rotación

Trabajos aconsejados por 16 ME

Año de ejecución 85 Profundidad 180 m.

Reprofundizado el año Profundidad final

MOTOR

Naturaleza

Tipo equipo de extracción

Potencia

BOMBA

Naturaleza

Capacidad

Marca y tipo

Utilización del agua

Agrícola

Cantidad extraída (Dm³)

Durante días

¿ Tiene perímetro de protección? 2

Bibliografía del punto acuífero Informe hidrogeológico y control del Srudeo

Documentos intercalados 6

Entidad que contrata y/o ejecuta la obra 1

Escala de representación 3

Redes a las que pertenece el punto PCIGH

Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuífero

Año en que se efectuó la modificación

DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS ATRAVESADOS

Numero de orden 84 85

Edad Geologica 86 87

Litología 88 93

Profundidad de techo 94 98

Profundidad de muro 99 103

Esta interconectado 104

Numero de orden 105 106

Edad Geologica 107 108

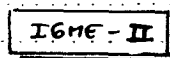
Litología 109 114

Profundidad de techo 115 119

Profundidad de muro 120 124

Esta interconectado 125

Nombre y dirección del propietario 16 ME.-



Nombre y dirección del contratista MINAGUA.- MURCIA.-

MEDIDAS DE NIVEL Y/O CAUDAL

CORTE GEOLOGICO

Fecha	Surgencia	Altura del agua respecto a la referencia	Caudal m <sup>3</sup> /h	Cota absoluta del agua	Metodo de medida
20.05.85		320			
126 131	132	133 137	138 142		
143 148	149	150 154	155 159		
160 165	166	167 171	172 176		

0-19 Limas con arenas y gravas  
 19-27 Cantos generalmente con un nivel de arena en el metro 24  
 27-61 Gravas generalmente, cantos y algun nivel de arena en los metros 32, 37, 40 y 57  
 61-66 Gravas, arenas y limas  
 66-100 Gravas generalmente, arenas, cantos y algun nivel de arena en los metros 67, 74, 85-90, 92-95, 97, 101-105, 116, 121, 125-130, 132, 141-143, 145-154

ENSAYOS DE BOMBEO

Fecha	25.06.85
Caudal extraido <del>1000</del> m <sup>3</sup> /h	0.05 <del>1000</del>
Duración del bombeo horas	2
Depresión en m.	44.50
Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	
Coefficiente de almacenamiento	

Fecha	25.06.85
Caudal extraido <del>1000</del> m <sup>3</sup> /h	0.05 <del>1000</del>
Duración del bombeo horas	14
Depresión en m.	53.43
Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	12
Coefficiente de almacenamiento	

Niveles de limo en los metros 99-101, 105-109, 109-115, 116-118, 132-134, 134-141, 145-154, 158, 164, 167-173, 175-177

DATOS COMPLEMENTARIOS DE SONDEOS DEL P.A.N.U.

Fecha de cesión del sondeo	239 244	Resultado del sondeo	248
Coste de la obra en millones de pts.	245 247	Caudal cedido (m <sup>3</sup> /h)	249 251

CARACTERISTICAS TECNICAS

PERFORACION			REVESTIMIENTO						
DE	A	Ø en m.m.	OBSERVACIONES	DE	A	Ø interior en m.m.	espesor en m.m.	Naturaleza	OBSERVACIONES
0	20	750		0	180	400	6	Practicillo	
20	180	630							

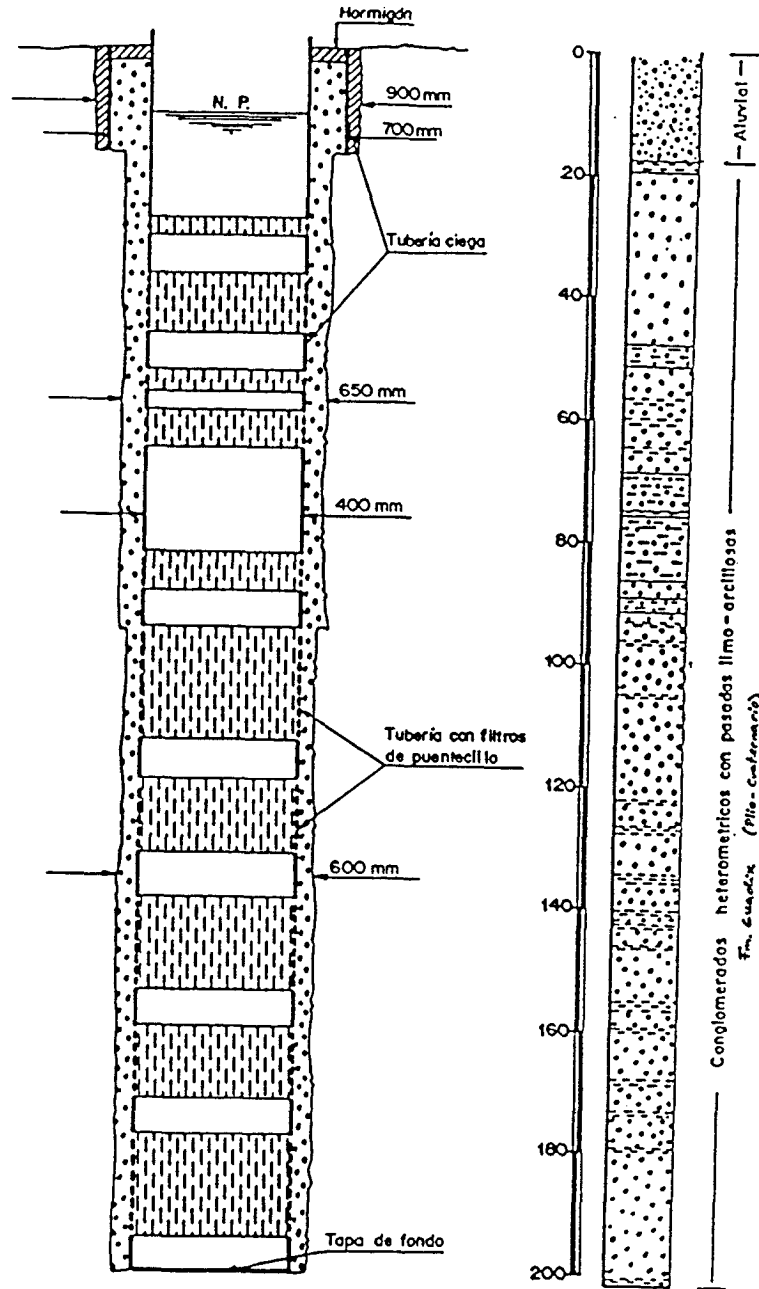
OBSERVACIONES

Instruido por J. L. R. Padilla

Fecha 30.5.85



IGME - IV



- 0- 17 m.- Aluvial; gravas y arenas con pasadas limosas de poco espesor.
- 18- 19 m.- Lías arcillosos con cantos.
- 20- 40 m.- Conglomerados de matriz arenosa, con niveles de gravas gruesas a los 20, 23, 25 y 35 metros de profundidad.
- 40- 42 m.- Gravas gruesas de matriz arenosa.
- 43- 45 m.- Conglomerados de matriz arenosa.
- 46 m.- Gravas gruesas de matriz arenosa.
- 47- 50 m.- Conglomerados de matriz lisa y niveles de lios.
- 51- 54 m.- Conglomerados de matriz arenosa con niveles de gravas gruesas a los 51 y 54 metros de profundidad
- 55 m.- Lías rojos.
- 56- 57 m.- Conglomerados de matriz arenosa.
- 58- 59 m.- Conglomerados de matriz lisa
- 60- 63 m.- Conglomerados de matriz arenosa.
- 64 m.- Conglomerados de matriz lisa.
- 65- 66 m.- Conglomerados de matriz arenosa
- 67- 72 m.- Conglomerados de matriz lisa.
- 73- 74 m.- Arcillas y lios rosados con cantos.
- 75- 83 m.- Conglomerados de matriz lisa.
- 84- 85 m.- Conglomerados de matriz arenosa.
- 86 m.- Conglomerados de matriz lisa.
- 87- 90 m.- Conglomerados de matriz arenosa.
- 91 m.- Conglomerados de matriz lisa.
- 92- 94 m.- Conglomerados de matriz arenosa.
- 95 m.- Conglomerados de matriz lisa.
- 96- 98 m.- Conglomerados y gravas gruesas, de matriz arenosa.
- 99-102 m.- Conglomerados de matriz arenosa.
- 103-112 m.- Conglomerados y gravas gruesas, de matriz arenosa.
- 113 m.- Conglomerados de matriz arenosa.
- 114 m.- Conglomerados con lios rojizos.
- 115-119 m.- Conglomerados de matriz arenosa.
- 120 m.- Conglomerados con lios rojizos.
- 121-124 m.- Conglomerados de matriz arenosa.
- 125-126 m.- Conglomerados de matriz lisa.
- 127-129 m.- Conglomerados de matriz arenosa.
- 130-132 m.- Conglomerados y gravas gruesas de matriz arenosa.
- 133-134 m.- Arcillas y lios rojos con cantos.
- 135-144 m.- Conglomerados de matriz arenosa, con niveles lisos a 138, 140 y 144
- 145-146 m.- Conglomerados de matriz arenosa.
- 147-152 m.- Conglomerados de matriz arenosa, con gravas gruesas.
- 153-155 m.- Arcillas y lios rojizos con cantos.
- 156 m.- Conglomerados de matriz arenosa, con gravas gruesas.
- 157 m.- Conglomerados de matriz lisa.
- 158-160 m.- Conglomerados de matriz arenosa.
- 161-162 m.- Conglomerados de matriz arenosa, con gravas gruesas.
- 163-165 m.- Conglomerados de matriz arenosa.
- 166 m.- Lías con cantos.
- 167 m.- Conglomerados de matriz arenosa, con gravas gruesas.
- 168-170 m.- Conglomerados de matriz arenosa.
- 171 m.- Lías con cantos.
- 172-176 m.- Conglomerados de matriz arenosa. Niveles de gravas a 174 metros.
- 177 m.- Lías rojizos con cantos.
- 178-180 m.- Conglomerados de matriz arenosa, con niveles de gravas.
- 181-199 m.- Conglomerados de matriz arenosa. Niveles de grava a 190 y 197 metros de profundidad.
- 200 m.- Arcillas y lios rojizos.

FIG. 2.16



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

ARCHIVO DE PUNTOS ACUIFEROS

ESTADISTICA

Nº de registro

Nº de puntos descritos

Hoja topografica 1/50.000 *Guadix*

Numero *1011*

Coordenadas geograficas  
X  Y

Coordenadas lambert  
X  Y



Cuenca hidrografica *Guadix-Guadix*

Sistema acuifero *Formacion Guadix*

Provincia *Granada*

Termino municipal *Guadix-III*

Toponimio *El Torillo*

Objeto *Prospeccion de agua*

Cota *No nivelada*

Referencia topografica *1/50000*

Naturaleza *Sondeo*

Profundidad de la obra

Nº de horizontes acuiferos atravesados

Tipo de perforación *Rotación*

Trabajos aconsejados por *IGME*

Año de ejecución  Profundidad *110*

Reprofundizado el año  Profundidad final

MOTOR	BOMBA
Naturaleza <input type="text"/>	Naturaleza <input type="text"/>
Tipo equipo de extraccion <input type="text"/>	Capacidad <input type="text"/>
Potencia <input type="text"/>	Marca y tipo <input type="text"/>

Utilización del agua *Riego y Abastecimiento*

Cantidad extraida (Dm³)

Durante  días

¿Tiene perimetro de protección? *No lo tiene*

Bibliografia del punto acuifero *Inf. hidrogeologica y control del sondeo*

Documentos intercalados *Bombas de ensayo y geoginica*

Entidad que contrata y/o ejecuta la obra *IGME*

Escala de representacion *1/50000*

Redes a las que pertenece el punto

Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuifero

Año en que se efectuó la modificación

DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS ATRAVESADOS

DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS ATRAVESADOS	
Numero de orden <input type="text" value="84"/>	Numero de orden <input type="text" value="105"/>
Edad Geologica <i>Pliocenoceno</i> <input type="text" value="86"/>	Edad Geologica <input type="text" value="107"/>
Litologia <i>Limos, arenas y gravas</i> <input type="text" value="88"/>	Litologia <input type="text" value="109"/>
Profundidad de techo <input type="text" value="94"/>	Profundidad de techo <input type="text" value="115"/>
Profundidad de muro <input type="text" value="99"/>	Profundidad de muro <input type="text" value="120"/>
Esta interconectado <input type="text"/>	Esta interconectado <input type="text"/>

Nombre y dirección del propietario *IGME*

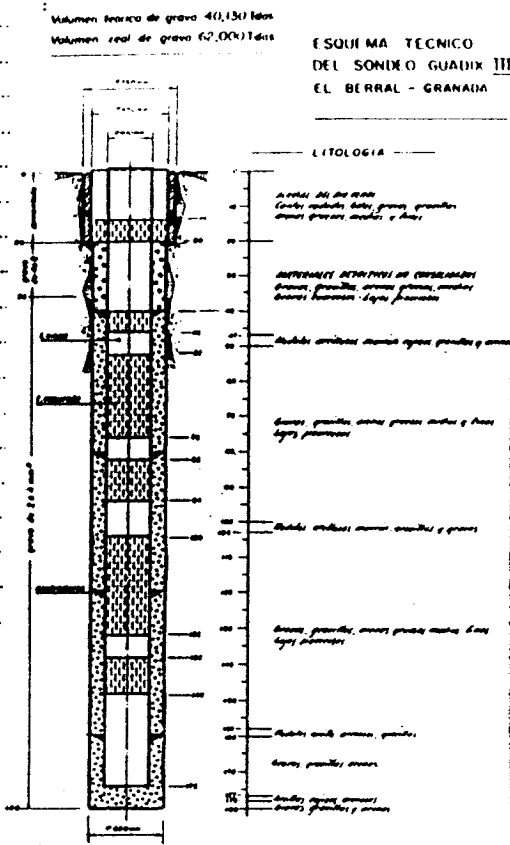
Nombre y dirección del contratista *MINAGUA - MURCIA*

- TIN III  
 ENTIDA P.D.

### MEDIDAS DE NIVEL Y/O CAUDAL

Fecha	Surgencia	Altura del agua respecto a la referencia	Caudal m <sup>3</sup> /h	Cota absoluta del agua	Metodo de medida
21/12/86		586			
126 131	132	133 137	138 142		
143 148	149	150 154	155 159		
160 165	166	167 171	172 176		

### CORTE GEOLOGICO



### ENSAYOS DE BOMBEO

Fecha	Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)	Duración del bombeo horas	Depresión en m.	Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	Coefficiente de almacenamiento

Fecha	Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)	Duración del bombeo horas	Depresión en m.	Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	Coefficiente de almacenamiento

### DATOS COMPLEMENTARIOS DE SONDEOS DEL P.A.N.U.

Fecha de cesión del sondeo	239 244	Resultado del sondeo	248
Coste de la obra en millones de pts.	245 247	Caudal cedido (m <sup>3</sup> /h)	249 253

### CARACTERISTICAS TECNICAS

PERFORACION			REVESTIMIENTO						
DE	A	Ø en m.m.	OBSERVACIONES	DE	A	Ø interior en m.m.	espesor en m.m.	Naturaleza	OBSERVACIONES
0	20	750		0	20	650			ceментados
20	180	630		0	40	400	6		agua
				40	46	400	"	filtra	
				46	52	400	"	agua	138-149 filtra
				52	76	400	"	agua	149-175 agua
				76	82	400	"	agua	
				82	94	400	"	agua	
				94	105	400	"	agua	
				105	122	400	"	agua	
				122	138	400	"	agua	

OBSERVACIONES: Hay en total 3 m de filtro puentecillo. El espacio interanular entre la pared del sondeo y la entubación se ha rellenado con grava silicea calibrada.

Instruido por RUBIO CAMPOS, J. C. Fecha 10.12.1987

**INSTITUTO GEOLOGICO  
Y  
MINERO DE ESPAÑA**

ARCHIVO DE PUNTOS ACUIFEROS  
ESTADISTICA

Nº de registro **21415025**

Nº de puntos descritos **1**

Hoja topografica 1/50.000  
**GUADIX**

Número **1011**

Coordenadas geograficas

X

Y

Coordenadas lambert

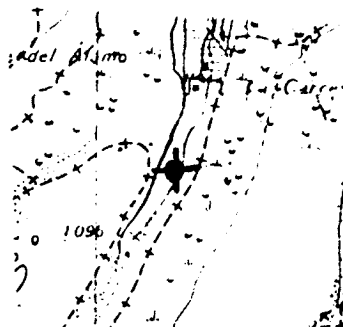
X

Y

**651500**

**293450**

Croquis acotado o mapa detallado



Cuenca hidrográfica

**Guadquivir** **5**

Sistema acuifero

**Formacion Guadix** **32**

Término municipal

**Valle del Zalabi**

Toponimia

**Zalabi**

**GUADIX-I**

Objeto **Captacion de agua**

Naturaleza **Sondeo** **1**

Nº de horizontes acuiferos atravesados **1**

Profundidad de la obra **160**

Referencia topografica

Cota

**1000**

Fecha	Surgencia	Altura del agua respecto a la referencia/caudal	Cota absoluta del agua	Método de medida	Caudal m <sup>3</sup> / hora	Duración		Depresión	Fecha
						Horas	Minutos		
<b>6/3/84</b>	<b>0</b>	<b>370</b>	<b>1006</b>	<b>Sonda</b>	<b>2862</b>	<b>39</b>	<b>45</b>	<b>3110</b>	<b>284</b>

Transmisividad  $\approx 50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{seg}$  **50**

Se hacen medidas periódicas de nivel? **0**

Coef. de almacenamiento **0**

Utilización del agua <b>Previto agricultura</b> <b>0</b>	I Edad Geológica: <b>Pliocenarrio</b> <b>31</b> <b>42</b>	II Edad geológica: <b>0</b>	Dureza <b>0</b>
Cantidad extraida (Dm <sup>3</sup> ) <b>0</b>	Número de orden: <b>0</b>	Número de orden: <b>0</b>	Indice S.A.R. <b>0</b>
Durante <b>0</b> días	Litología <b>CGMGLO</b>	Litología <b>0</b>	Residuo seco <b>0</b>
	Profundidad techo <b>1</b>	Profundidad techo <b>0</b>	Temperatura °C <b>0</b>
	Profundidad muro <b>160</b>	Profundidad muro <b>0</b>	¿Aislado? <b>0</b>

MOTOR	BOMBA	Año de ejecución <b>84</b>	Profundidad <b>160</b>
Naturaleza	Naturaleza	Reprofundizado el año	Profundidad final
Potencia <b>0</b>	Capacidad	Modo de perforación <b>Rotación a circulación inversa</b> <b>7</b>	
Tipo equipo de extracción <b>0</b>	Marca y tipo	Trabajos aconsejados por <b>IGME</b>	

Nombre y dirección del contratista **AGUAS Y SUELO S.L. Equipo Salgite S.P.-400 B-36**

OBSERVACIONES **Sondeo efectuado dentro del Proyecto de optimización de los recursos de la Vega de Guadix mediante bombeo y recarga artificial (IGME 1983-1984)**

**IGME-I**

# CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

PERFORACION			REVESTIMIENTO						
DE	A	Ø en m.m.	OBSERVACIONES	DE	A	Ø interior en m.m.	espesor en m.m.	Naturaleza	OBSERVACIONES
0-19.5		750		0-19.5		650	6	metálica	Tramo cementado Tiene un total de 46'5m de filtros de preteñido
19.5-146		620		19.5-160		400	6	" "	
146-160		480							

Bibliografía de documentos originales: Informe final del  
Sondas Piloto Guadix-1   
Marzo-84 Caja 20-7

Intercalados: ..... el. / /

Organismo instructor: IGME  Provincia: Granada   Escuela de representación:

Instruido por: INGEMISA el 10 / 3 / 1984

Controlado por: ..... el. / /

CORTE GEOLOGICO		ANALISIS QUIMICO					
0-1	Suelo	ión	meq/l	mg/l	ión	meq/l	mg/l
1-9	Conglomerados de matriz arena-limosa	Ca <sup>++</sup>	0.5	10	Cl <sup>-</sup>	0.55	19.58
9-11	limosa rica en materia orgánica - Turba	Mg <sup>++</sup>	0.65	7.87	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	0.08	3.91
11-25	Conglomerados de matriz arena-limosa	Na <sup>+</sup>	0.3	6.9	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	1.16	70.6
25-26	arcillosa	K <sup>+</sup>	0.05	1.95	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	-	-
26-160	Conglomerados de matriz arena-limosa con niveles de arcilla en los metros 31, 71, 103, y 140	SAR.....		R.S a 150°C <u>121.68</u>			
		Dureza.....		Nº de analisis de fecha: / / <u>4 / 84</u>			
Referencia al archivo de origen: <u>Proyecto de optimización en el uso de las recursos hidráulicos de la Vega de Guadix mediante bombas y irrigación artificial del acuífero (IGME, 1983-1984)</u>							
OBSERVACIONES Empaque de gravas de 4-8mm desde el fondo a 36m. De 36 a 16 de 2-5mm y hasta la superficie gravas sin clasificar.							



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

ARCHIVO DE PUNTOS ACUIFEROS

ESTADISTICA

Nº de registro 2141535

Nº de puntos descritos 1

Hoja topografica 1/50.000 GUADIX Numero 2141 (1011)

Coordenadas geograficas X Y

Coordenadas lambert X Y

650670 293820

Croquis acotado o mapa detallado

Cuenca hidrografica GUADALQUIVIR

Sistema acuífero I.E.S.A. DE GRANADA - GUDIX Y BAZA

Provincia GRANADA

Termino municipal

Toponimia Piezometro nº 6

Objeto Prospección de Aguas

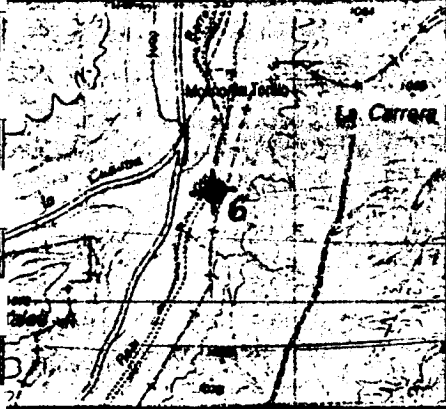
Cota según 1/25.000 1020

Referencia topografica

Naturaleza Piezometro

Profundidad de la obra 5000

Nº de horizontes acuíferos atravesados



Tipo de perforación Rotación

Trabajos aconsejados por Manuel del Valle

Año de ejecución 86 Profundidad 50.00

Reprofundizado el año Profundidad final

MOTOR BOMBA Naturaleza Tipo equipo de extracción Capacidad Potencia Marca y tipo

Utilización del agua No se utiliza

Cantidad extraída (Dm³)

Durante 68 70 días

¿Tiene perimetro de protección? NO Bibliografía del punto acuífero Documentos intercalados Entidad que contrata y/o ejecuta la obra I.G.M.E. Escala de representación 1/25.000 Redes a las que pertenece el punto PCIGH Red Piezométrica

Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuífero Año en que se efectuó la modificación

DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS ATRAVESADOS

Numero de orden: 84 85 Edad Geologica 86 87 Litología 88 93 Profundidad de techo 94 98 Profundidad de muro 99 103 Esta interconectado 104

Numero de orden: 105 106 Edad Geologica 107 108 Litología 109 114 Profundidad de techo 115 119 Profundidad de muro 120 124 Esta interconectado 125

Nombre y dirección del propietario I.G.M.E.

Nombre y dirección del contratista I.G.M.E.

PIEZOMETRO - 6

MEDIDAS DE NIVEL Y/O CAUDAL					CORTE GEOLOGICO
Fecha	Surgencia	Altura del agua respecto a la referencia	Caudal m <sup>3</sup> /h	Cota absoluta del agua	Metodo de medida
12/86	0	1460			Sonda
126 131	132	133 137	138 142		
143 148	149	150 154	155 159		
160 165	166	167 171	172 176		

**ENSAYOS DE BOMBEO**

Fecha	177 182
Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)	183 187
Duración del bombeo horas	188 190 minu. 191 192
Depresión en m.	193 197
Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	198 202
Coefficiente de almacenamiento	203 207

Fecha	208 213
Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)	214 218
Duración del bombeo horas	219 221 minu. 222 223
Depresión en m.	224 228
Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	229 233
Coefficiente de almacenamiento	234 238

De 0 a 23 m. Gravas con cantos rodados  
 de 23 a 24 m. Arcillas  
 de 24 a 32 m. Gravas  
 de 32 a 50 m. Arcillas

Profunda del metro 18 al 36  
 ver ficha del corte del sondeo

**DATOS COMPLEMENTARIOS DE SONDEOS DEL P.A.N.U.**

Fecha de cesión del sondeo	239 243	Resultado del sondeo	248
Coste de la obra en millones de pts.	245 247	Caudal cedido (m <sup>3</sup> /h)	249 253

**CARACTERISTICAS TECNICAS**

PERFORACION			REVESTIMIENTO						
DE	A	Ø en m.m.	OBSERVACIONES	DE	A	Ø inferior en m.m.	espesor en m.m.	Naturaleza	OBSERVACIONES
0	50	9" 7/8		0	42	6"			Entubado de 0 a 42 m. a 6" y engravillado con grava de cantera.

**OBSERVACIONES PIEZOMETRO N° 6**  
 El sondeo se ha hecho al diametro de 9" 7/8. Piezometro hecho con la maquina "FAILING CFD" del 16ME (FAILING 1000).  
 Se limpia el sondeo con el compresor echándole agua por el exterior de la tubería de 6".  
 Instruido por G. PERANURES  
 Fecha 11/2/86



INSTITUTO GEOLOGICO  
Y MINERO DE ESPAÑA

ARCHIVO DE PUNTOS  
ACUIFEROS

ESTADISTICA

Nº de registro

Nº de puntos descritos

Hoja topografica 1/50.000  
*Guadix*

Numero *1011*

Coordenadas geograficas

X

Y

Coordenadas lambert

X

Y



Cuenca hidrografica *Guadix-Guadix*

Sistema acuífero *Formación Guadix*

Provincia *Granada*

Termino municipal *Guadix-III*

Toponimio *El Torillo*

Objeto *Prospección de agua*

Cota *No nivelada*

Referencia topografica *1/50000*

Naturaleza *Sondeo*

Profundidad de la obra

Nº de horizontes acuíferos atravesados

Tipo de perforación *Rotación*

Trabajos aconsejados por *IGME*

Año de ejecución  Profundidad *110*

Reprofundizado el año ..... Profundidad final .....

MOTOR

Naturaleza .....

Tipo equipo de extracción

Potencia

BOMBA

Naturaleza .....

Capacidad .....

Marca y tipo .....

Utilización del agua *Riego y Abastecimiento*

Cantidad extraída (Dm³)

Durante   dias

¿Tiene perimetro de protección? *No lo tiene*

Bibliografía del punto acuífero *Inf. hidrogeológica y control del sondeo*

Documentos intercalados *Bombas de ensayo y geogénesis*

Entidad que contrata y/o ejecuta la obra *IGME*

Escala de representación *1/50000*

Redes a las que pertenece el punto

Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuífero

Año en que se efectuó la modificación

DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS ATRAVESADOS

Numero de orden

Edad Geologica *Pliocenocénico*

Litología *Limos, arenas y gravas*

Profundidad de techo

Profundidad de muro

Esta interconectado

Numero de orden

Edad Geologica

Litología

Profundidad de techo

Profundidad de muro

Esta interconectado

Nombre y dirección del propietario *IGME*

Nombre y dirección del contratista *MINAGUA - MURCIA*



ENTRADA PL. 5

### MEDIDAS DE NIVEL Y/O CAUDAL

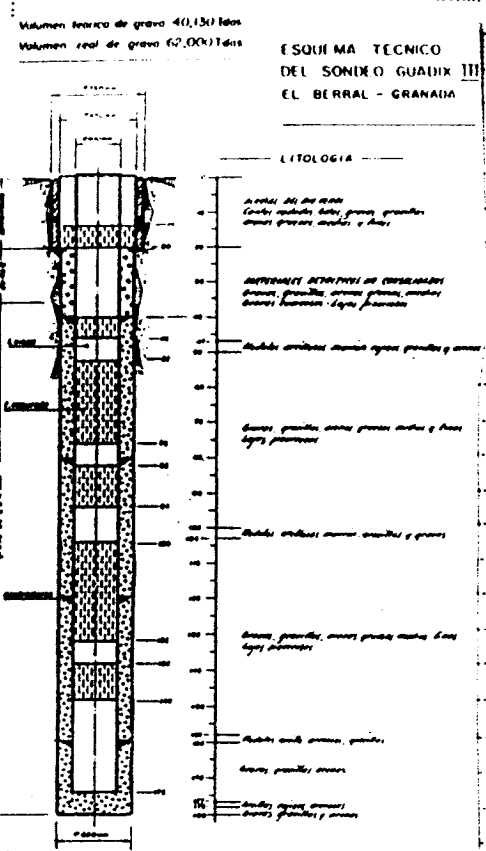
Fecha	Surgencia	Altura del agua respecto a la referencia	Caudal m <sup>3</sup> /h	Cota absoluta del agua	Metodo de medida
2 12 86 126 131	132	586 133 137			
143 148	149	150 154	138 142		
160 165	166	167 171	156 159		
			172 176		

### ENSAYOS DE BOMBEO

Fecha	Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)	Duración del bombeo horas	Depresión en m.	Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	Coefficiente de almacenamiento
177					
183					
188 190		minu. 191 192			
195					
198					
203					
207					

Fecha	Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)	Duración del bombeo horas	Depresión en m.	Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	Coefficiente de almacenamiento
208					
214					
219 221		minu. 222 223			
224					
229					
233					
238					

### CORTE GEOLOGICO



### DATOS COMPLEMENTARIOS DE SONDEOS DEL P.A.N.U.

Fecha de cesión del sondeo	239 244	Resultado del sondeo	248
Coste de la obra en millones de pts.	245 247	Caudal cedido (m <sup>3</sup> /h)	249 253

### CARACTERISTICAS TECNICAS

PERFORACION			REVESTIMIENTO						
DE	A	Ø en m.m.	OBSERVACIONES	DE	A	Ø interior en m.m.	espesor en m.m.	Naturaleza	OBSERVACIONES
0	20	750		0	20	650			cementados
20	180	630		0	40	400	6		llega
				40	46	400	"	fileno	
				46	52	400	"	llega	138-149 fileno
				52	76	400	"	fileno	149-175 llega
				76	82	400	"	llega	
				82	94	400	"	fileno	
				94	105	400	"	llega	
				105	132	400	"	fileno	
				132	138	400	"	llega	

**OBSERVACIONES:** Hay en total 8m de filtro puentecillo. El espacio interanular entre la pared del sondeo y la entubación se le rellena con grava silicea calibrada.

INSTITUTO GEOLOGICO  
Y  
MINERO DE ESPAÑA

ARCHIVO DE PUNTOS ACUIFEROS  
ESTADISTICA

Nº de registro: 21415025

Nº de puntos descritos: 1

Hoja topografica 1/50.000  
GUADIX

Número 1011

Coordenadas geograficas

X

Y

Coordenadas lambert

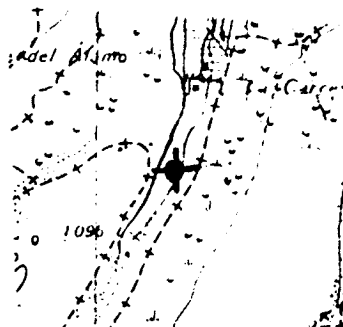
X

Y

651500

293450

Croquis acotado o mapa detallado



Cuenca hidrográfica

Guadquivir 5

Sistema acuifero

Formacion Guadix 32

Término municipal

Valle del Zalabi

Toponimia

Zalabi

GUADIX-I

Objeto Captacion de agua

Naturaleza Sonda 1

Nº de horizontes acuiferos atravesados 1

Profundidad de la obra 160

Referencia topografica

Cota

1000

Fecha	Surgencia	Altura del agua respecto a la referencia/caudal	Cota absoluta del agua	Método de medida	Caudal m <sup>3</sup> / hora	Duración		Depresión	Fecha
						Horas	Minutos		
6/3/84	0	370	1006	Sonda	2862	39	45	3110	284

Transmisividad  $\approx 50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{seg}$  50

Se hacen medidas periódicas de nivel? 0

Coef. de almacenamiento

Utilización del agua	I Edad Geológica:	II Edad geológica:	Dureza
Preirrigación 0	Edad Geológica: Pliocenarrio 31 42	Número de orden: 67	19 21
Cantidad extraída (Dm <sup>3</sup> )	Número de orden: 48	Número de orden: 69	Indice S.A.R. 22
	Litología: C O M G L O 30 59	Litología: 71 76 80	Residuo seco: 23 23
Durante 43 45 días	Profundidad techo: 56 1 60	Profundidad techo: 9 13	Temperatura °C: 26
	Profundidad muro: 61 160 65	Profundidad muro: 14 18	¿Aislado? 66

MOTOR	BOMBA	Año de ejecución	Profundidad
Naturaleza	Naturaleza	84	160
Potencia: 29 31	Capacidad	Reprofundizado el año	Profundidad final
Tipo equipo de extracción: 20	Marca y tipo	Modo de perforación: Rotación a circulación inversa 7	Trabajos aconsejados por: IGME

Nombre y dirección del contratista: AGUAS Y SUELO S.L. Equipo Salgite S.P.-400 B-36

OBSERVACIONES: Sondas efectuadas dentro del Proyecto de optimización de los recursos de la Vega de Guadix mediante bombeo y recarga artificial (IGME 1983-1984)

IGME-I

# CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

PERFORACION			REVESTIMIENTO						
DE	A	Ø en m.m.	OBSERVACIONES	DE	A	Ø interior en m.m.	espesor en m.m.	Naturaleza	OBSERVACIONES
0-19.5		750		0-19.5		650	6	metálica	Tramo cementado Tiene un total de 46'5m de filtros de preteñido
19.5-146		620		19.5-160		400	6	" "	
146-160		480							

Bibliografía de documentos originales: Informe final del  
Sondas Piloto Guadix-1  el / /   
Marzo-84 Caja 20-7

Organismo instructor: IGME  Provincia: Granada  45 Escuela de representación:  30

Instruido por: INGEMISA el 10 / 3 / 1984  
 Controlado por: el / /

CORTE GEOLOGICO		ANALISIS QUIMICO					
0-1	Suelo	ión	meq/l	mg/l	ión	meq/l	mg/l
1-9	Conglomerados de matriz arena-limosa	Ca <sup>++</sup>	0.5	10	Cl <sup>-</sup>	0.55	19.58
9-11	limosa rica en materia orgánica - Turba	Mg <sup>++</sup>	0.65	7.87	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	0.08	3.91
11-25	Conglomerados de matriz arena-limosa	Na <sup>+</sup>	0.3	6.9	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	1.16	70.6
25-26	arcillosa	K <sup>+</sup>	0.05	1.95	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	-	-
26-160	Conglomerados de matriz arena-limosa con niveles de arcilla en los metros 31, 71, 103 y 140	SAR.....		R.S a 150°C <u>121.68</u>			
		Dureza.....		Nº de analisis de fecha: / / <u>4 / 84</u>			
Referencia al archivo de origen: <u>Proyecto de optimización en el uso de las recursos hídricos de la Vega de Guadix mediante bombas y irrigación artificial del acuífero (IGME, 1983-1984)</u>							
OBSERVACIONES Empaque de gravas de 4-8mm desde el fondo a 36m. De 36 a 16 de 2-5mm y hasta la superficie gravas sin clasificar.							



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

ARCHIVO DE PUNTOS ACUIFEROS

ESTADISTICA

Nº de registro 2141535

Nº de puntos descritos 1

Hoja topografica 1/50.000 GUADIX Numero 2141 (1011)

Coordenadas geograficas X Y

Coordenadas lambert X Y

650670 293820

Croquis acotado o mapa detallado

Cuenca hidrografica GUADALQUIVIR

Sistema acuífero V.E.S.A. DE GRANADA - GUDIX Y BAZA

Provincia GRANADA

Termino municipal

Toponimia Piezometro nº 6

Objeto Prospección de Aguas

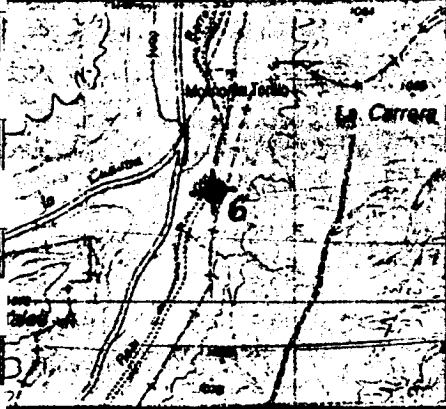
Cota según 1/25.000 1020

Referencia topografica

Naturaleza Piezometro

Profundidad de la obra 5000

Nº de horizontes acuíferos atravesados



Tipo de perforación Rotación

Trabajos aconsejados por Manuel del Valle

Año de ejecución 86 Profundidad 50.00

Reprofundizado el año Profundidad final

MOTOR BOMBA Naturaleza Tipo equipo de extracción Capacidad Potencia Marca y tipo

Utilización del agua No se utiliza

Cantidad extraida (Dm³)

Durante 68 70 días

¿Tiene perimetro de protección? NO Bibliografía del punto acuífero Documentos intercalados Entidad que contrata y/o ejecuta la obra IGME Escala de representación 1/25.000 Redes a las que pertenece el punto PCIGH Red Piezométrica

Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuífero Año en que se efectuó la modificación

DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS ATRAVESADOS

Numero de orden: 84 85 Edad Geologica 86 87 Litología 88 93 Profundidad de techo 94 98 Profundidad de muro 99 103 Esta interconectado 104

Numero de orden: 105 106 Edad Geologica 107 108 Litología 109 114 Profundidad de techo 115 119 Profundidad de muro 120 124 Esta interconectado 125

Nombre y dirección del propietario IGME

Nombre y dirección del contratista IGME

PIEZOMETRO - 6

MEDIDAS DE NIVEL Y/O CAUDAL					CORTE GEOLOGICO
Fecha	Surgencia	Altura del agua respecto a la referencia	Caudal m <sup>3</sup> /h	Cota absoluta del agua	Metodo de medida
12/86	0	1460			Sonda
126 131	132	133 137	138 142		
143 148	149	150 154	155 159		
160 165	166	167 171	172 176		

**ENSAYOS DE BOMBEO**

Fecha	177 182
Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)	183 187
Duración del bombeo horas	188 190 minu. 191 192
Depresión en m.	193 197
Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	198 202
Coefficiente de almacenamiento	203 207

Fecha	208 213
Caudal extraido (m <sup>3</sup> /h)	214 218
Duración del bombeo horas	219 221 minu. 222 223
Depresión en m.	224 228
Transmisividad (m <sup>2</sup> /seg)	229 233
Coefficiente de almacenamiento	234 238

De 0 a 23 m. Gravas con cantos rodados  
 de 23 a 24 m. Arcillas  
 de 24 a 32 m. Gravas  
 de 32 a 50 m. Arcillas

Profunda del metro 18 al 36  
 ver ficha del corte del sondeo

**DATOS COMPLEMENTARIOS DE SONDEOS DEL P.A.N.U.**

Fecha de cesión del sondeo	239 244	Resultado del sondeo	245
Coste de la obra en millones de pts.	245 247	Caudal cedido (m <sup>3</sup> /h)	249 253

**CARACTERISTICAS TECNICAS**

PERFORACION			REVESTIMIENTO						
DE	A	Ø en m.m.	OBSERVACIONES	DE	A	Ø inferior en m.m.	espesor en m.m.	Naturaleza	OBSERVACIONES
0	50	9" 7/8		0	42	6"			Entubado de 0 a 42 m. a 6" y engravillado con grava de cantera.

**OBSERVACIONES PIEZOMETRO N° 6**  
 El sondeo se ha hecho al diametro de 9" 7/8. Piezometro hecho con la maquina "FAILING CFD" del 16ME (FAILING 1000).  
 Se limpia el sondeo con el compresor echándole agua por el exterior de la tuberia de 6".  
 Instruido por G. PERANURES  
 Fecha 11/2/86

# INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Laboratorio

División de Aguas Subterráneas

## INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Referencia

Referencia de envío (Ident.)

Fecha de entrega a Laboratorio

N° REGISTRO		S. A.		RVC	Nat.	Fecha de toma		Fecha de análisis		M.T.	U.A.	D.Q.O.		Cl					
2	1	4	1	5	0	0	3	1	3	2					7				
41	45	46	49	50	52	53	56	57	61	62	65	66	70	71	74	75	77		
SO <sub>4</sub>		HCO <sub>3</sub>		CO <sub>3</sub>		NO <sub>3</sub>		Na		Mg		Ca		K		pH			
Conductividad 20°C (1)		RS. 110°C		NO <sub>2</sub>		NH <sub>4</sub>		B		F		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		Li		Br			
Fe		Mn		Cu		Zn		Pb		Cr		Ni		Cd		As		Sb	
Se		Al		CN		SiO <sub>2</sub>		Detergentes		Hg		Fenoles		H. A. P.		Plaguicidas total			
R α (2)		R β (2)		Temp en campo		Ensayo Bombeo		N° Muestras		Min inicio prueba									

El Jefe de Laboratorio :	RECIBIDO D. A. S	V° B°	Recibido Gabinete Informática
	/ /		/ /

### INDICACIONES

- Cualquier modificación en los datos de base, comunicarlo en ficha de punto de agua
- Se indicará :
 

RVC	RVC
<input checked="" type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> I
Si el punto pertenece a la Red de Calidad	Si el punto pertenece a la Red de Intrusión
- El punto decimal es representado por (▲) Las demás determinaciones serán redondeadas a número entero, ajustándolas a la última casilla de la derecha de cada campo
- Las determinaciones son expresadas en mg/l, excepto (1) en μS/cm ; (2) en pCi/l
- Eventualmente, el contenido específico de cada plaguicida será expresado en OBSERVACIONES
- H.A.P. = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
- R = Radiactividad

### OBSERVACIONES :

Sondeo IGNE - II

COLECCIÓN Y SERVICIO  
 DEL SERVIDOR PÚBLICO  
 DE LA REPÚBLICA DE CHILE

	mg/l	mg/l	Zmg/l
8 RESULTADOS			
9 Cloruros	0.75	33.02	28.99
10 Sulfatos	1.35	16.70	19.67
11 Bicarbonatos	1.87	114.87	57.87
12 Carbonatos	0.00	0.00	0.00
13 Nitratos	0.11	1.66	3.28
14 Nitritos		1.00	
15 SILICA			
16 ANIONES TOTALES	3.28		
17 Sodio	0.45	10.75	13.64
18 Potasio	0.05	1.75	1.52
19 Calcio	1.00	16.00	51.55
20 Magnesio	1.00	12.00	10.30
21 AMPLIO			
22 CATIONES TOTALES	2.50		
23 C.E. 25°C / cm = 0.330		pH = 7.72	
24 C.E. especifica = 0.978	Solidos / C.E. = 742.20		Media-Catrol = 3.21
25			
26 Residuo a 110°C, mg/l = 0.00	Res. Calculado = 131.70		mg/l
27 Demanda Quimica de O2 mg/l de O2 = 0.00			
28			
29 S.A.R. = 0.38			
30 COEFICIENTES DE ACTIVIDADES IONICAS			
31			
32 Fuerza Ionica = 0.00	Act. Monovalen. = 0.73	Act. Dival. = 0.74	
33			
34 SOLUBILIDADES			
35			
36 $[CO_3^{2-}]$ (moles/l) = $1.10E-04$	mg/l de $CO_2$ = 4.94		
37			
38 $\mu$ s de la Calcita = 8.84	$\mu$ ks de la anhidrita = 7.07		
39 CLASIFICACION FRENTE A RESADIO			
40			
41			
42 Clasificación C-S: C2-S2			
43			
44 Clasificación SKOTT; indice de SKOTT = 60.49			
45 OBSERVACIONES SEGUN SKOTT :	Agua buena; no presenta problemas		
46 RELACION Cl-/Na+ = 2.11			
47 DIAGRAMA DE POTABILIDAD SEGUN NORMAS D.B.E. 29-VI-62			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			

SONDEO IGME-III

Firmado: Jose Carrido Blasco

## 2.2.- PROPUESTA DE ACTUACIÓN

En la actualidad la recarga no se lleva a cabo dado que la actividad minera está detenida. En cualquier caso, el cálculo de los parámetros de flujo del acuífero sometido a recarga, siempre referido a la zona comprendida entre las balsas y los piezómetros de observación, conviene hacerlo mediante trazadores químicos más que por isótopos.

El desconocimiento de los órdenes de magnitud del problema, el volumen de agua implicado y la distancia de los respectivos puntos de observación desaconsejan el uso de trazadores radiactivos artificiales. Podría utilizarse agua tritiada o los propios isótopos estables del agua de recarga si éstos presentaran suficiente contraste con los del acuífero en el que se mezclan. No obstante, ante el desconocimiento de los órdenes de magnitud temporal del caso y la posibilidad de poder utilizar numerosos puntos de observación, conviene emplear un trazador directamente medible en campo, y en este sentido, mucho mejor un trazador químico.

El trazador en cuestión se definirá en su momento, cuando se disponga del análisis químico del agua de recarga, dado que a lo mejor puede utilizarse algún ión específico de la propia mineralización. De no ser así, podría emplearse cualquier ión cómodo, tanto por su facilidad de incorporación al medio como por su posibilidad de análisis directo en campo por colorimetría específica.

La selección de los puntos de observación se llevará a cabo necesariamente sobre el terreno, una vez iniciada la experiencia y conocidos los órdenes de magnitud temporal del proceso de recarga.

Se propone un total de 24 análisis químicos correspondientes a 8 muestras situadas en el piezómetros más cercano, intermedio y más lejano respectivamente, con el fin de integrar valores hidrodinámicos cada vez de mayor extensión.



**3.- ORIGEN DE LA RECARGA DEL HACHO DE LOJA (GRANADA)**

---

### 3.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Objetivo a cubrir: Estudio de la existencia o no de conexión hidráulica entre las unidades calcáreas de Sierra Gorda y el Hacho de Loja (Granada). Determinar el origen de la recarga del Hacho de Loja.

El acuífero de Sierra Gorda (unidad subbética del sector occidental granadino) comprende, además del macizo carbonatado del mismo nombre, otro pequeño macizo situado al N de éste, denominado Hacho de Loja y un área deprimida endorréica que se localiza al S de aquél, conocida como el polje de Zafarraya (fig. 3.1.).

Una pequeña porción del área, en su extremo suroeste, pertenece a la provincia de Málaga y corresponde también a la vertiente mediterránea. El resto de la zona, sin embargo, no vierte superficialmente a la cuenca del Guadalquivir en su totalidad, sino que una parte importante lo hace a la cuenca endorreica de Zafarraya.

El Hacho de Loja es un afloramiento bien individualizado que alcanza la altitud máxima de 1.025 m., situado al norte del río Genil y de la ciudad de Loja. El acuífero está constituido por calizas y dolomías jurásicas de unos 600 m de potencia y una superficie de afloramiento de 9 Km<sup>2</sup>. El substrato impermeable corresponde a materiales del Triás (Keuper). El acuífero está cubierto localmente por formaciones margosas cretácicas.

El macizo de Sierra Gorda propiamente dicho tiene una superficie aproximada de 260 Km<sup>2</sup>. Los flancos del macizo suelen ser abruptos, mientras que la topografía de la parte superior es más suave, con alturas comprendidas normalmente entre 1.400 y 1.600 m., donde existe un espectacular desarrollo de formas kársticas de absorción.

Este macizo lo integran dos unidades diferentes: la de Sierra Gorda al norte y la de Zafarraya al sur. En la primera, el acuífero se desarrolla en calizas jurásicas de potencia desconocida, pero que debe alcanzar varios centenares de metros. El substrato, verosímilmente

triásico, no llega a aflorar. Al este del macizo, el acuífero aparece cubierto por formaciones cretácicas impermeables. La unidad de Zafarraya presenta una secuencia esencialmente carbonatada; en relación con ella existe una potente formación de litología diversa y edad mayoritariamente paleógena, que aflora al sur y al oeste del macizo (Complejo de Colmenar-Periana), de carácter impermeable en su conjunto.

En el poljé de Zafarraya existe un relleno fundamentalmente detrítico, del orden del centenar de metros, compuesto por materiales margoarenosos terciarios de permeabilidad variable y aluviones cuaternarios permeables, que se dispone sobre los materiales carbonatados del macizo. Se evidencia una comunicación hidráulica entre ambos acuíferos, carbonatado y detrítico.

El poljé está recorrido longitudinalmente por el arroyo de la Madre, procedente de Sierra Tejeda, que, además de ceder parte de su caudal al acuífero cuaternario a lo largo de su cauce, se infiltra totalmente a través de unos sumideros, los cuales ocasionalmente pueden, en función de la pluviometría, actuar también como puntos de emisión. Estas características, junto a otras de tipo geomorfológico, unidas a su considerable extensión, del orden de 40 Km<sup>2</sup>, hacen de este poljé una de las formas kársticas más espectaculares en su género de todo el ámbito mediterráneo occidental.

Desde el punto de vista tectónico, se admite que la unidad de Zafarraya cabalga sobre la de Sierra Gorda, contacto que se halla afectado a su vez por fallas normales posteriores y sobre el cual se localiza el poljé. El macizo principal, correspondiente a la unidad de Sierra Gorda, tiene una estructura a manera de gran domo alargado, afectado también por varios sistemas de fallas; se sospecha que esta unidad cabalga sobre la del Hacho de Loja, aspecto que, sin embargo, no puede observarse con claridad debido a los recubrimientos que enmascaran el contacto.

Los materiales discordantes que afloran en el borde oriental del acuífero están integrados por depósitos permeables de conglomerados y calcarenitas, sobre los que se dispone una formación de margas y limos, a

veces con yesos, de carácter impermeable. La potencia de esta serie neógena es de unos 250 m. Los materiales carbonatados jurásicos de las unidades de Sierra Gorda y Zafarraya forman un único conjunto hidrogeológico. La conexión también se sospecha en relación con la unidad del Hacho de Loja, ya que en ésta existe un drenaje visible cuya magnitud supera ampliamente los recursos propios de la misma, mientras que su eventual relación hidráulica con otros acuíferos en situación más septentrional parece difícil de mantener.

De manera general, el acuífero presenta los siguientes límites, todos ellos impermeables: metapelitas de la unidad Sierra Tejeda por el sureste; materiales del Complejo de Colmenar-Periana por el suroeste y oeste; depósitos del Triás (Keuper) por el noroeste y norte y cretácicos y neógenos por el este. Con estos condicionantes, no deben ser importantes las salidas subterráneas hacia acuíferos adyacentes.

La pluviometría del área se estima en unos 860 mm/año, con un período de estiaje entre Junio y Septiembre. Dadas las características morfológicas de la sierra puede concluirse que la escorrentía superficial reviste escasa importancia pasando la mayor parte de las precipitaciones no evapotranspiradas a infiltrarse en el acuífero (40% de la pluviometría).

En el macizo de Sierra Gorda se han determinado valores de transmisividad entre 100 y 900 m<sup>2</sup>/día. Registros piezométricos en relación con los acuíferos del poljé de Zafarraya ponen de manifiesto, para el acuífero kárstico profundo, un flujo subterráneo de componente norte en aguas altas y una divisoria de direcciones hacia el norte y el sur en estiaje, todo ello en el sector occidental del poljé. La profundidad del nivel varía, según los sectores, entre 25 y 100 m, con fluctuaciones importantes (se han citado de hasta 100 m). Un sondeo efectuado en las inmediaciones del manantial de Guaro ha registrado variaciones de nivel de 40 m, siempre en estrecha relación con la distribución pluviométrica.

El acuífero relacionado con los materiales cuaternarios del poljé presenta el nivel piezométrico muy próximo a la superficie, con

fluctuaciones escasas. Existen casi 400 captaciones de pequeña profundidad y gran diámetro que en su mayoría proporcionan caudales reducidos (unos 10 l/s) a costa de grandes descensos (varios metros) y tiempos de recuperación largos (más de dos horas). La superficie piezométrica del acuífero pone de manifiesto un drenaje hacia los sectores donde se localizan los sumideros así como la existencia de recarga procedente del arroyo de la Madre.

En condiciones de pluviometría normal, debido al potencial hidráulico de ambos acuíferos, el superficial alimenta al profundo. Los acuíferos intermedios entre ambos, correspondientes a tramos permeables dentro de la serie neógena de relleno, presentan un comportamiento desigual, según se hallen o no, conectados con el acuífero kárstico.

Los recursos totalizan 115 hm<sup>3</sup>/año, de los que 112 hm<sup>3</sup>/año pueden considerarse como aportes propios. De dicha cifra, aproximadamente 12 hm<sup>3</sup>/año corresponden al drenaje visible en relación aparente con el Hacho de Loja y 3 hm<sup>3</sup>/año son imputables a percolación de aguas superficiales en el polje de Zafarraya. Los bombeos se han evaluado en 3,5 hm<sup>3</sup>/año. El resto de los recursos, casi 111 hm<sup>3</sup>/año, se drenan por manantiales, que presentan una oscilación de entre 72 y 157 hm<sup>3</sup>/año.

Existen indicios de que toda el área de Sierra Gorda funciona hidráulicamente como un único acuífero, que en el área del polje de Zafarraya presenta una divisoria de aguas subterráneas.

Esta divisoria condiciona que, aproximadamente, el 90% de la descarga tenga lugar por una serie de manantiales concentrados en el extremo septentrional del macizo de Sierra Gorda (tabla 3.1. y fig. 3.1.). Las cotas de surgencia oscilan entre 445 y 530 m, lo que supone un gradiente aproximado del 1,6% respecto a la cota del borde oeste del polje.

El 10% de la descarga restante se realiza en el borde meridional, a través del manantial de Guaro (703 m de cota), con un gradiente aproximado doble el anterior (tabla 3.1.).

TABLA 3. I.- PRINCIPALES MANANTIALES DE DESCARGA DE LA  
UNIDAD DE SIERRA GORDA (S.A. n° 40)

ZONA NORTE (90% DESCARGA)

<u>Nº</u> <u>MAPA</u>	<u>Nº ITGE</u>	<u>DENOMINACIÓN</u>	<u>CAUDAL MEDIO</u> <u>(l/s)</u>	<u>COTA (m)</u>
1	1842-10012	Manzanil	128	530
2	1842-10011	La Cadena	192	520
3	1842-10001	Terciado	99	520
4	1841-50036	Borbollote	142	445
5	1841-50003	Frontil	493	498
6	1841-50007	Plines	200	502
7	1841-50038	Genasal	352	490
8	1841-60026	Agicampe	captado	640
9	1742-40001/2/3	Río Frío	1.415	514
10	1742-40004	La Tajea	613	526
11	1842-20004/5	Bañuelo y Membrillo	100	560
TOTAL....			3.734	

ZONA SUR (10% DESCARGA)

<u>Nº</u> <u>MAPA</u>	<u>Nº ITGE</u>	<u>DENOMINACIÓN</u>	<u>CAUDAL MEDIO</u> <u>(l/s)</u>	<u>COTA (m)</u>
	1743-40005	Guaro	0-2000 (captado)	703

Los manantiales de Río Frío y Plines son los más caudalosos; entre los dos suponen una aportación de casi 50 hm<sup>3</sup>/año. El manantial de Guaro registra las mayores oscilaciones de caudal, entre cero y casi 2000 l/s, lo que indica que la parte que drena hacia el sur, a mayor cota, corresponde a un karst más desarrollado; no obstante este manantial está regulado mediante un sondeo (1743-4018). Le siguen en irregularidad los manantiales de La Tajea y El Manzanil, los de mayor cota del sector septentrional. La menor variabilidad corresponde al manantial del Frontil, en el borde sur del Hacho de Loja.

La extracción por bombeo en el sistema acuífero de Sierra Gorda se estima solo en 1-3,5 hm<sup>3</sup>/año, concentrada en el área del poljé de Zafarraya. No se conocen descargas directas al río Genil, ni hipotéticas salidas hacia el Este.

Por lo que respecta concretamente al Hacho de Loja, tan solo existe un sondeo que afecte al acuífero carbonatado de la unidad (abastecimiento de Huetor-Tajar nº 6032). Su nivel es, pues, el representativo de la superficie piezométrica en el sector NE.

Ante la inexistencia de otras captaciones, en otros sectores los niveles piezométricos vendrán marcados por los manantiales de descarga más importantes. A este respecto, el manantial del Frontil (1841-5003), situado a unos 500 m s.n.m., constituye muy probablemente, la principal descarga de todo el sector central y meridional de la Unidad.

El segundo punto de drenaje en importancia es el manantial de Ajicampe (1841-6026), que actualmente se encuentra captado por un sondeo realizado en 1980 con objeto de regular sus recursos (1841-6032). Ambos puntos de agua determinan también el nivel piezométrico del sector nororiental de la Unidad.

La dirección principal de circulación del agua dentro del Hacho de Loja se supone de norte a sur, y no parece existir ningún tipo de conexiones entre esta Unidad y otros sistemas próximos, dado que el borde NW está prácticamente individualizado por los materiales de baja

permeabilidad del Trias, y el SW se encuentra también limitado por los impermeables del complejo Moraleda de Zafallona. Según el conocimiento actual de la zona, parece, además, realmente difícil pensar en una conexión con la Unidad de Sierra Gorda debido al nivel de base impuesto por el río Genil.

Las aguas del conjunto del acuífero carbonatado presentan salinidad inferior a 600 mg/l. Se aprecia una buena correlación inversa entre la conductividad eléctrica del agua y la cota de surgencia del manantial del que proceden, siendo aquella máxima en el caso del Frontil. Predomina la facies hidroquímica bicarbonatada cálcica y cálcico-magnésica.

En las aguas del acuífero cuaternario del poljé domina la facies bicarbonatada magnésica, mientras que su sector central presenta facies sulfatadas cálcico-magnésicas. El efecto de las actividades agrícolas sobre este acuífero se pone de manifiesto también en contenidos de nitratos generalmente superiores a 50 mg/l y que llegan a rebasar localmente los 100 mg/l.

En Alhama de Granada existe un importante manantial termal (Los Baños) de salinidad cercana a 850 mg/l y facies sulfatada magnésico-cálcica. Junto a Salar también existe una descarga supuestamente de carácter termal (manantiales de El Bañuelo y El Membrillo) de aguas con salinidad semejante a los Baños de Alhama, aunque con temperatura de surgencia inferior. La alineación de estas manifestaciones hidrotermales parece coincidir con la traza de una de las fracturas, de dirección aproximada N30°W, que delimitan por el este al macizo de Sierra Gorda.

Se adjuntan las fichas de los principales manantiales reseñados en la tabla 3.1 y en la figura 3.1. con el fin de disponer de mayor información complementaria.





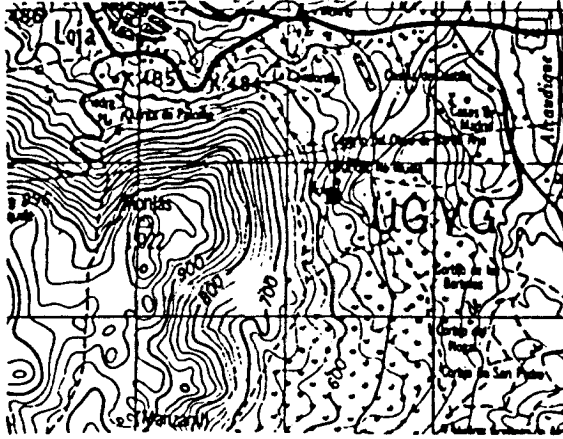
**IGME**

MANANTIAL: LA CADENA

Nº Registro: 184210011 Hoja 1: 50.000: LOJA nº 1025

Otras referencias: 14 y 15 I de Adaro

**MAPA DE SITUACION:**



ESCALA: 1/50.000

COORDENADAS LAMBERT X: 560250

Y: 284500

COORDENADAS U.T.M. X: 399300

Y: 4112800

COTA: 520

Referencia topografica: \_\_\_\_\_

Metodo de medida: Altimetro

SISTEMA ACUIFERO: Mesozoico calizo-dolomítico de las Sierras del Torcal y Gorda

UNIDAD HIDROGEOLOGICA: Sierra Gorda de Loja CODIGO 4021

CUENCA HIDROGRAFICA: Guadalquivir 05 Subcuenca: Genil

PROVINCIA: Granada Termino municipal: Loja

TOPONIMIA: \_\_\_\_\_

ACCESO: Por el camino del cementerio hasta una fábrica de mármol y desde aquí 50 metros de vereda.

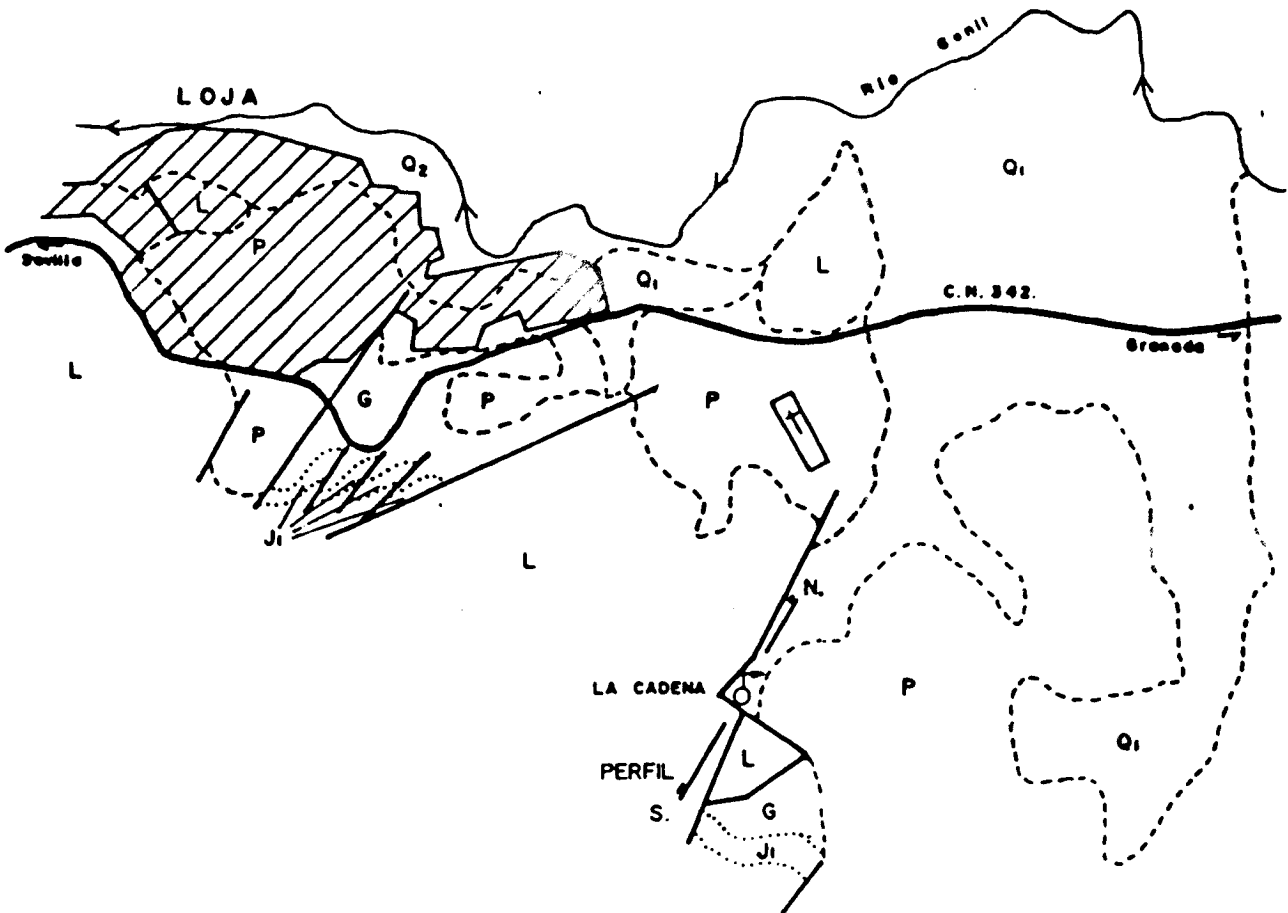
ACONDICIONAMIENTO: Se ha hecho una especie de represa para elevar el nivel del agua. Escala limnimétrica de 1 metro. AÑO DE EJECUCION 75

TRABAJOS ACONSEJADOS POR: Regantes, IGME

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

SIGNIFICADO HIDROGEOLOGICO DE LA DESCARGA: Se localiza en el borde del afloramiento carbonatado junto al cruce de dos fracturas casi perpendiculares. A unos 50 m. al Norte las calizas se localizan de 5 a 10 metros por debajo de la cota de la surgencia.

# MAPA HIDROGEOLOGICO



## LITOLOGIA

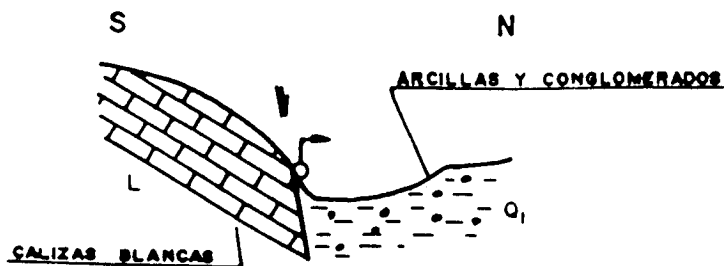
- Q<sub>2</sub> Arenas y gravas. terraza Aluvial.
- Q<sub>1</sub> Arcillas, gravas y arenas.
- P Arcillas, arenas, conglomerados y travertinos.
- G Marqas, margocalizas y calizas.
- J<sub>1</sub> Calizas nodulosas.
- L Calizas blancas.

## EDAD

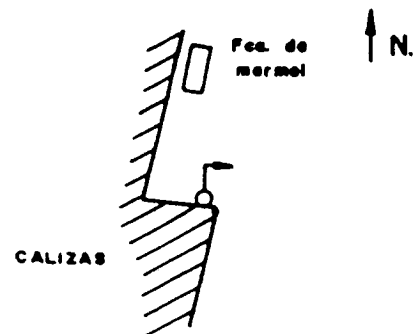
- Cuaternario.
- Cuaternario.
- Plioceno-Cuaternario
- Cretácico inferior.
- Malm.
- Lias inferior.

Escala aproximada 1/22.000

## PERFIL (ES) HIDROGEOLOGICO (S)



## DETALLE CARTOGRAFICO DE LA SURGENCIA



**UTILIZACION DEL AGUA:** Utilización conjunta con el manantial El Manzanil  
(ver su ficha)

**USO URBANO**

Poblacion (es) abastecida (s): \_\_\_\_\_

Volumen (es) utilizado (s): \_\_\_\_\_

**USO AGRICOLA**

Superficie de regadío: \_\_\_\_\_

Comunidades de regantes: \_\_\_\_\_

Volumen utilizado \_\_\_\_\_ Hm /año      Periodo de riego: \_\_\_\_\_

Posibilidades de incrementar el regadío: \_\_\_\_\_

**OTROS USOS:** \_\_\_\_\_

**POSIBILIDADES DE REGULACION:** En las proximidades del manantial es difícil acometer un sondeo por la topografía existente. Si se podría emplazar unos 100 metros al Sur.

Es factible realizar un pozo con taladros dado que el arroyo ha excavado en el impermeable por debajo de la cota del manantial.

**OBSERVACIONES / DOCUMENTACION EXISTENTE** (MAN. LA CADENA)

Es un manantial colgado. A unos 300 metros al Norte, hay otro manantial asociado al mismo juego de fracturas.

- ANGUITA, F y FERNANDEZ-MONTERO, A (1969).- "Estudio Hidrogeológico de Zafarraya". III Curso de Hidrogeología Subterránea, 82 p. Barcelona.
- DELGADO, S. (1973).- "Estudio Hidrogeológico del Karst de Sierra Gorda". Tesis de Licenciatura. Universidad de Granada.
- IGME (1976).- "Manantiales de Sierra Gorda".
- IGME (1983).- "Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Sur de España. Sector Occidental".

**DOCUMENTOS INTERCALADOS:** Situación de la superficie regada (ver en ficha del Manzanil)

**INSTRUIDA POR:** INGEMISA (Eduardo Lupiani)

**Fecha:** Abril- 1988



INSTITUTO GEOLOGICO  
Y  
MINERO DE ESPAÑA

ARCHIVO DE PUNTOS ACUIFEROS  
ESTADISTICA

Nº de registro. 18413036  
Nº de puntos descritos. 1  
Hoja topografica 1/50.000.  
Montefrío  
Número 18-41

Coordenadas geograficas

X 00° 27' 58" Y 37° 10' 05"

Coordenadas lambert

X Y

26  
L



Cuenca hidrográfica. Guadalquivir [05]  
Sistema acuífero. Mesozoico  
Caliza de S. Gorda [40]  
Término municipal. Loja  
Toponimia. M. de Burbolite  
Labadero Publico de LOJA

Objeto. preparación de agua  
Naturaleza. manantial [3]  
Nº de horizontes acuíferos atravesados. [ ]  
Profundidad de la obra. [ ]

Referencia topografica. Cota. [ ]

Fecha	Surgencia	Altura del agua respecto a la referencia/caudal	Cota absoluta del agua	Método de medida	Caudal m³/hora	Duración		Depresión	Fecha
						Horas	Minutos		
21/10/74	1	360							

Transmisividad. [ ]  
Coef. de almacenamiento. [ ]

Se hacen medidas periódicas de nivel? [ ]

Utilización del agua. Labadero Publico de LOJA [ ]  
Cantidad extraída (Dm³). [ ]  
Durante [ ] días

I Edad Geológica: Superior [27]  
Número de orden: [ ]  
Litología: CALIZA [ ]  
Profundidad techo: [ ]  
Profundidad muro: [ ]

II Edad geológica: [ ]  
Número de orden: [ ]  
Litología: [ ]  
Profundidad techo: [ ]  
Profundidad muro: [ ]  
¿Aislado? [ ]

Dureza: [ ]  
Índice S.A.R.: [ ]  
Residuo seco: [ ]  
Temperatura °C: [ ]

MOTOR	BOMBA	Año de ejecución	Profundidad
Naturaleza	Naturaleza	Reprofundizado el año	Profundidad final
Potencia [ ]	Capacidad	Modo de perforación	[ ]
Tipo equipo de extracción [ ]	Marca y tipo	Trabajos aconsejados por	

Nombre y dirección del contratista

OBSERVACIONES Q = 100 l/s

# CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

PERFORACION			REVESTIMIENTO						
DE	A	Ø en m.m.	OBSERVACIONES	DE	A	Ø interior en m.m.	espesor en m.m.	Naturaleza	OBSERVACIONES

Bibliografía de documentos originales: \_\_\_\_\_ Intercalados: \_\_\_\_\_  
 el. / /

Organismo instructor: ICMF Provincia: Granada Escala de representación: \_\_\_\_\_

Instruido por: L. T. Madrid Controlado por: \_\_\_\_\_  
 el. 21, 10, 74 el. / /

**CORTE GEOLOGICO**  
contacto salino  
línea principal con Pl-B  
Nidrogénica  
Muestra realizada en Septiembre 88  
ANQP/Extra  
 Cl = 28  
 SO<sub>4</sub> = 62  
 CO<sub>3</sub>H = 196  
 NO<sub>3</sub> = 8  
 Na = 14  
 Mg = 20  
 Ca = 63  
 K = 1  
 pH = 7.9  
 Residuo = 392  
 Conductividad 497  
 Temperatura 16°5

ANALISIS QUIMICO		
ión	meq/l	mg/l
Ca <sup>++</sup>	3'58	71'8
Mg <sup>++</sup>	1'53	18'6
Na <sup>+</sup>	0'56	12'9
K <sup>+</sup>	0'04	1'4
Cl <sup>-</sup>	0'57	20'24
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	1'90	91'00
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	3'55	216'55
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>		

Conductividad a 20°C  
 SAR 450'0 µΩ·cm<sup>-1</sup>  
 PH 8'0  
 Dureza \_\_\_\_\_  
 Referencia al archivo de origen \_\_\_\_\_

110°C  
 RSo ~~200~~ 333'35 mg/l.  
 Nº de analisis de fecha / /  
 N° 26 C de ENAD/MSA

**OBSERVACIONES**



IGME

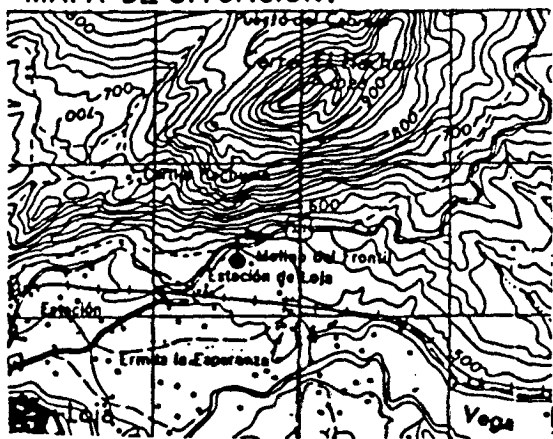
MANANTIAL: FRONTIL

Nº Registro: 184150003

Hoja 1: 50.000: Montefrío nº 1008

Otras referencias: 17-L de Adaro

MAPA DE SITUACION:



ESCALA: 1/50.000

COORDENADAS LAMBERT

X: 560450

Y: 286975

COORDENADAS U.T.M.

X: 399550

Y: 4115350

COTA: 498

Referencia topografica: \_\_\_\_\_

Metodo de medida: Altimetro

SISTEMA ACUIFERO: Mesozóico calizo-dolomítico de las sierras del Torcal y Gorda

UNIDAD HIDROGEOLOGICA: Hacho de Loja

CODIGO

4023

CUENCA HIDROGRAFICA: Guadalquivir

05

Subcuenca: Genil

PROVINCIA: Granada

Termino municipal: Loja

TOPONIMIA: El Frontil

ACCESO: Por el camino que sale de la carretera a Algarinejo

ACONDICIONAMIENTO: Hay una balsa donde sale el agua por varios puntos y un canal de evacuación para los molinos antiguos

AÑO DE EJECUCION

TRABAJOS ACONSEJADOS POR: Regantes

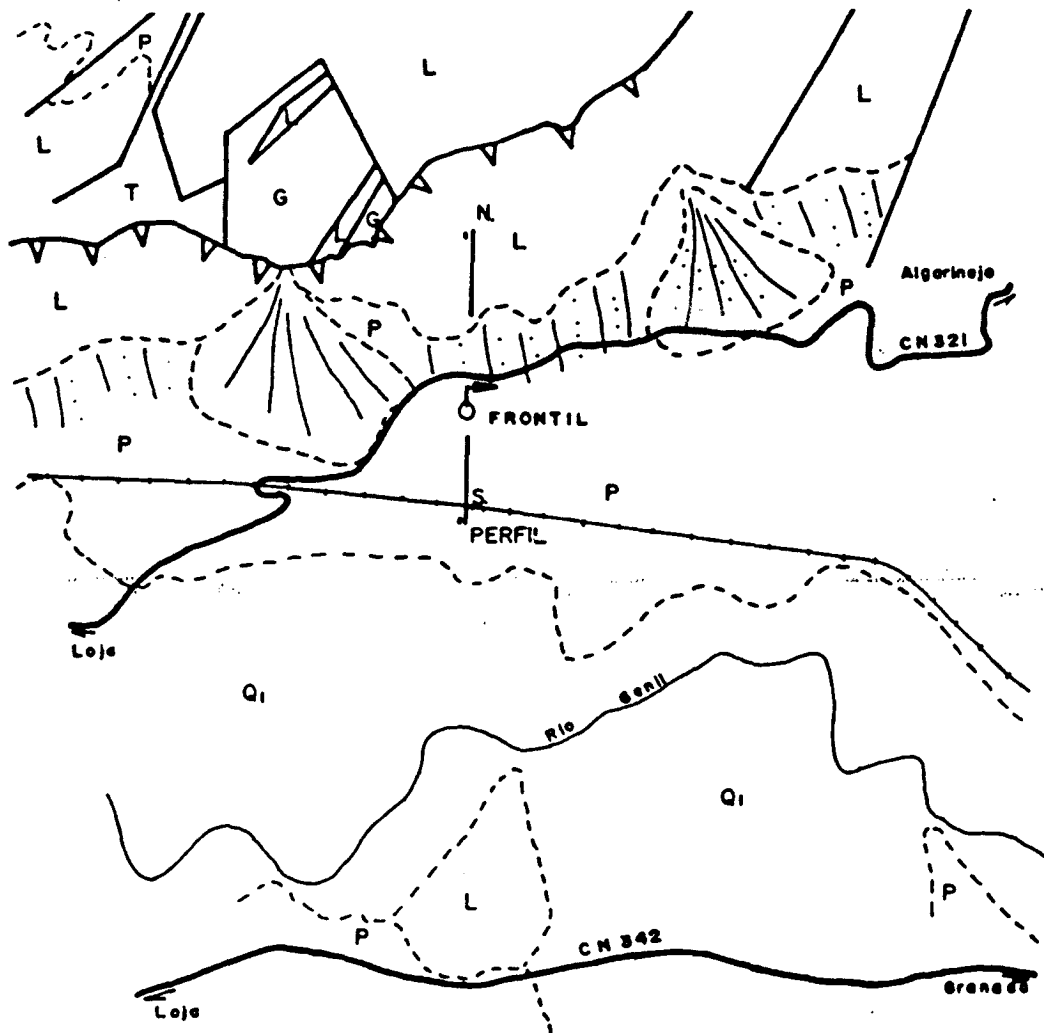
OBSERVACIONES: El canal ya no se utiliza

SIGNIFICADO HIDROGEOLOGICO DE LA DESCARGA: Se sitúa en el Pliocuaternario que bordea el Hacho de Loja. La extensión superficial de este último no justifica la entidad de los caudales drenados, por lo que, en parte, puede corresponder a una salida de Sierra Gorda. Al Oeste hay sectores de la Unidad hidrogeológica situados a menor cota que la del manantial.

# MAPA HIDROGEOLOGICO

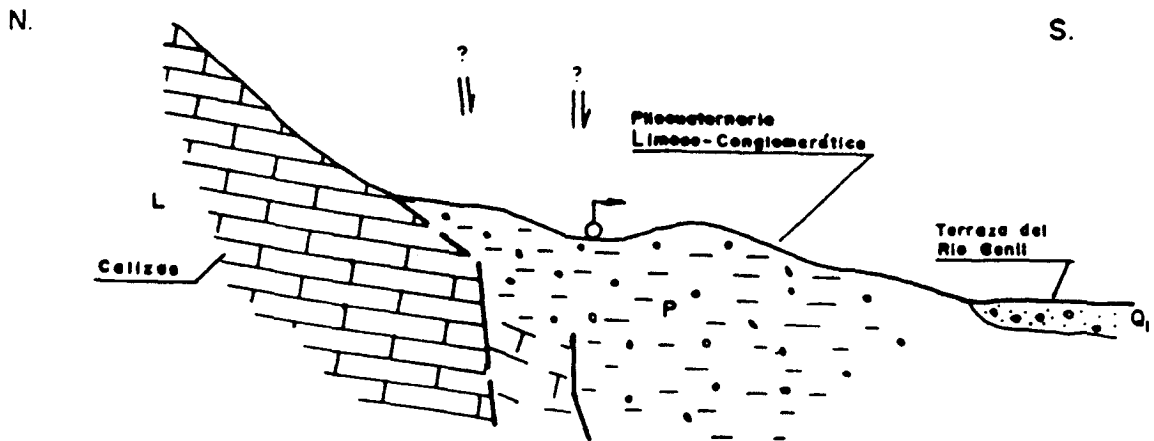
- LITOLOGIA**
- Qi Gravas y arenas. Terrazas.
  - P Arcilla, conglomerados y travertinos.
  - G Margas.
  - L Calizas y dolomias.
  - T Arcillas rojas, yesos y carniclas.
  - Cono de deyección.

- EDAD**
- Cuaternario.
  - Plioceno y cuaternario.
  - Cretácico.
  - Lias inferior.
  - Trias.



Escala aproximada 1/22.000

## PERFIL (ES) HIDROGEOLOGICO (S)





**UTILIZACION DEL AGUA:**

USO URBANO Poblacion (es) abastecida (s): \_\_\_\_\_  
Volumen (es) utilizado (s): \_\_\_\_\_

USO AGRICOLA Superficie de regadio: 243 Has. de las que 33'5 se riegan con sobrante  
Comunidades de regantes: Partido de vega de D. Antonio de Luna y Partido de Huertas Bajas y Hoya del Higueral. Están en proceso de constitución de una sola comunidad.

Volumen utilizado (1) Hm /año Período de riego: Marzo a Octubre

Posibilidades de incrementar el regadio: Desde la cota del manantial se domina más terreno que el regado, pero el agua ha de alimentar la piscifactoria que se situa a menor cota.

OTROS USOS: Piscifactoria y molino de aceite (refrigeración).

**POSIBILIDADES DE REGULACION:** En las inmediaciones se podría realizar un sondeo sin dificultad especial, pero es posible que solo se regularan los cursos provenientes directamente del Hacho de Loja y no los de Sierra Gorda, que deben ser los más cuantiosos.

( MAN. FRONTIL )

**OBSERVACIONES / DOCUMENTACION EXISTENTE** (1) En los meses de verano practicamente no hay excedentes. En los riegos de primavera y otoño se utiliza del 50 al 60% de caudal.

- ✓ CASARES, J (1978).- "Investigaciones Hidrogeológicas en los Macizos Karsticos de Parapanda y Hacho de Loja". Tesis licenciatura. Universidad de Granada.
- IGME (1983).- "Proyecto de Investigación Hidrogeológica Infraestructural de los Sistemas Acuíferos 30 y 31. Cuenca Alta del Guadalquivir".
- IGME .- "Control Hidrométrico de Manantiales"

**DOCUMENTOS INTERCALADOS:** Situación del área regada

**INSTRUIDA POR:** INGEMISA (Eduardo Lupiani)

**Fecha:** Abril-1988





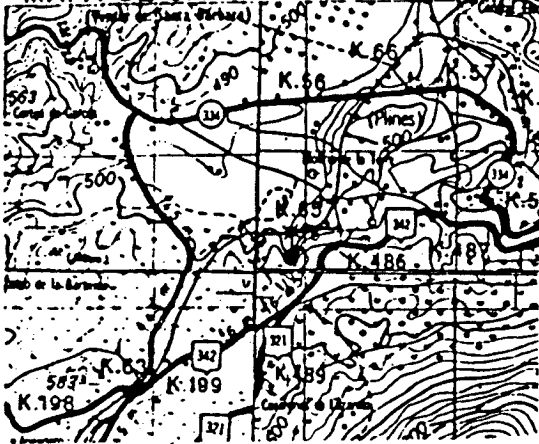
IGME

MANANTIAL: PLINES

Nº Registro: 184150007 Hoja 1: 50.000: Montefrío Nº 1025

Otras referencias: 8-L de Adaro

MAPA DE SITUACION:



ESCALA: 1/50.000

COORDENADAS LAMBERT

X: 555825

Y: 285975

COORDENADAS U.T.M.

X: 394925

Y: 4114300

COTA: 502

Referencia topografica: \_\_\_\_\_

Metodo de medida: Altimetro

SISTEMA ACUIFERO: Mesozoico calizo-dolomítico de las Sierras del Torcal y Sierra Gorda

UNIDAD HIDROGEOLOGICA: Sierra Gorda CODIGO 4021

CUENCA HIDROGRAFICA: Guadalquivir 05 Subcuenca: Genil

PROVINCIA: Granada Termino municipal: Loja

TOPONIMIA: Plines

ACCESO: Hay un camino hasta unos 100 metros al Norte del manantial y desde este punto mediante vereda.

ACONDICIONAMIENTO: Acequia sin revestir

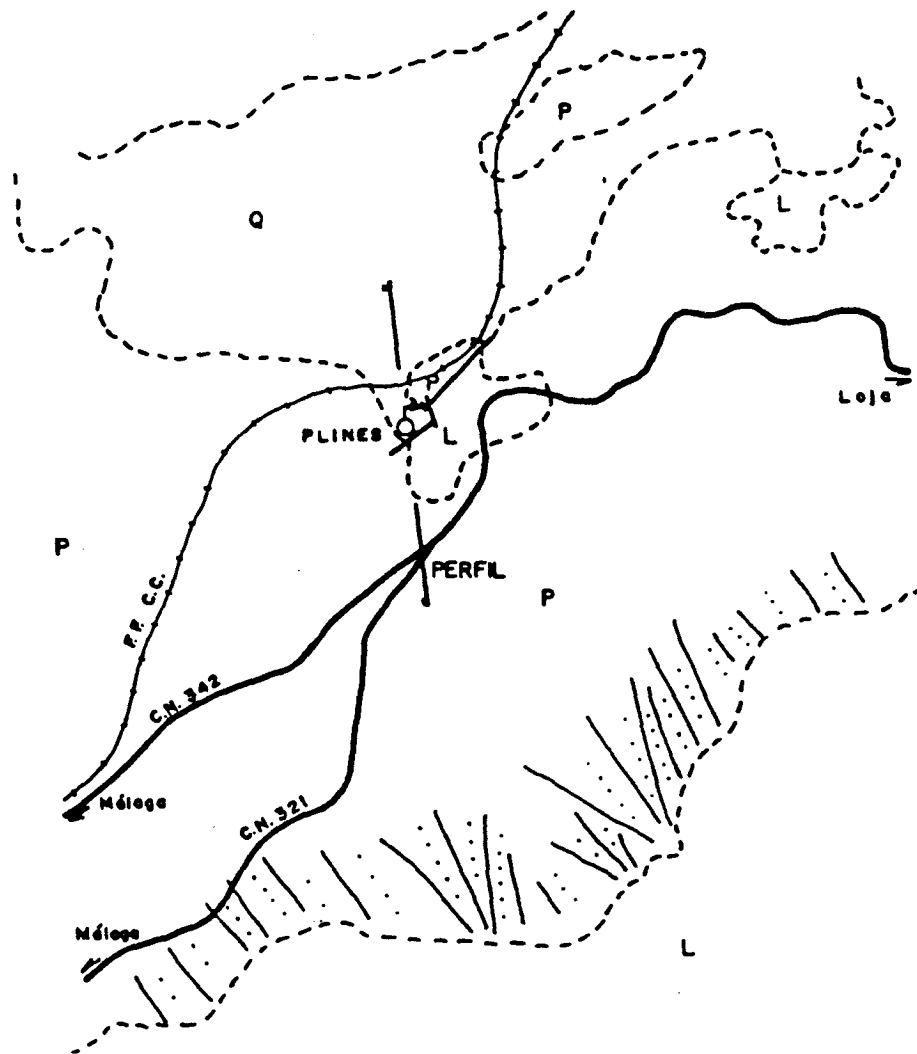
AÑO DE EJECUCION   

TRABAJOS ACONSEJADOS POR: Regantes


OBSERVACIONES: En un pequeño tramo con obra de mamposteria se instalo una escala, hoy desaparecida.

SIGNIFICADO HIDROGEOLOGICO DE LA DESCARGA: La surgencia se localiza en el punto más bajo de un afloramiento aislado del resto del la unidad, en su contacto con un pliocuaternario. Tal contacto corresponde a una fractura de dirección N 40 E y que debe corresponder a una subsidiaria del accidente Cadiz-Alicante. La unidad de Sierra Gorda no continuaría en profundidad hacia el Norte.

# MAPA HIDROGEOLOGICO



## LITOLOGIA

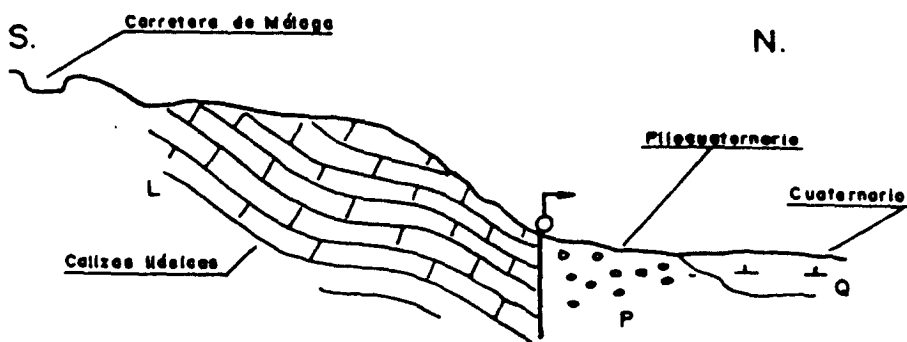
- Q Arcillas y arenas.
- P Limos, arenas y conglomerados.
- L Calizas y dolomias.
-  Derrubios de ladera/cono de deyección.

## EDAD

- Cuaternario.
- Plioceno y cuaternario.
- Lias inferior.

Escala aproximada 1/22.000

# PERFIL (ES) HIDROGEOLOGICO (S)



## UTILIZACION DEL AGUA:

USO URBANO Poblacion (es) abastecida (s): Plines y Venta de Sta. Barbara  
Volumen (es) utilizado (s): 0'1 Hm<sup>3</sup>/año

USO AGRICOLA Superficie de regadío: 125 Has de las que 24 se riegan con sobrantes.  
Comunidades de regantes: Partido de Plines y partido de Jardín de Narvaez (riego sobrante)

Volumen utilizado (1) Hm /año Período de riego: Abril-Septiembre

Posibilidades de incrementar el regadío: Se dominan unas 50 Has más, que no se riegan por falta de agua (importantes pérdidas de caudal en acequia)

OTROS USOS: \_\_\_\_\_

**POSIBILIDADES DE REGULACION:** Mediante sondeo al Sureste del manantial. Con ello también se conseguiría la regulación del manantial Genasal.

## OBSERVACIONES / DOCUMENTACION EXISTENTE (MAN. PLINES)

- (1).- En Abril, Mayo y Septiembre y utiliza un 40 % de los caudales disponibles. En verano prácticamente se utiliza la totalidad.
- ANGUITA, F. y FERNANDEZ-MONTERO, A. (1969).- "Estudio Hidrogeológico de Zafarraya". III Curso de Hidrogeología Subterránea. 82 p. Barcelona.
- ✓ - DELGADO, S. (1973).- "Estudio Hidrogeológico del Karst de Sierra Gorda". Tesis de Licenciatura. Universidad de Granada.
- IGME (1976).- "Manantiales de Sierra Gorda".
- IGME (1983).- "Investigación Hidrogeológica de las Cuencas del Sur de España. Sector Occidental".
- IGME .- Control Hidrométrico de Manantiales.

**DOCUMENTOS INTERCALADOS:** Mapa de situación de riegos.

**INSTRUIDA POR:** INGEMISA (Eduardo Lupiani)

**Fecha:** Abril-1988





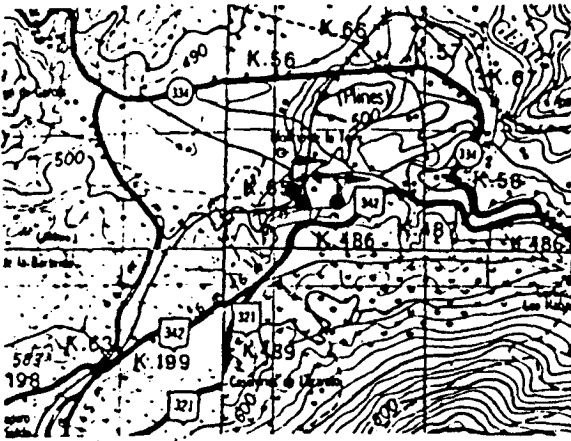
IGME

MANANTIAL: Genasal

Nº Registro: 184150038 Hoja I: 50.000: Montefrío Nº 1008

Otras referencias: y 50006

MAPA DE SITUACION:



ESCALA: 1/50.000

COORDENADAS LAMBERT

X: 555950

Y: 286250

COORDENADAS U.T.M.

X: 305100

Y: 4114550

COTA: 490

Referencia topografica: \_\_\_\_\_

Metodo de medida: Mapa 1/50.000

SISTEMA ACUIFERO: Mesozoico calizo dolomítico de las Sierras del Torcal y Sierra Gorda

UNIDAD HIDROGEOLOGICA: Sierra Gorda

CODIGO

4021

CUENCA HIDROGRAFICA: Guadalquivir

05

Subcuenca: Genil

PROVINCIA: Granada

Termino municipal: Loja

TOPONIMIA: Plines

ACCESO: Por el carril hasta el Molino de Plines, y desde aquí 150 m. de vereda hacia el Este.

ACONDICIONAMIENTO: Acequias en las salidas más altas (surgencia 50006).

AÑO DE EJECUCION

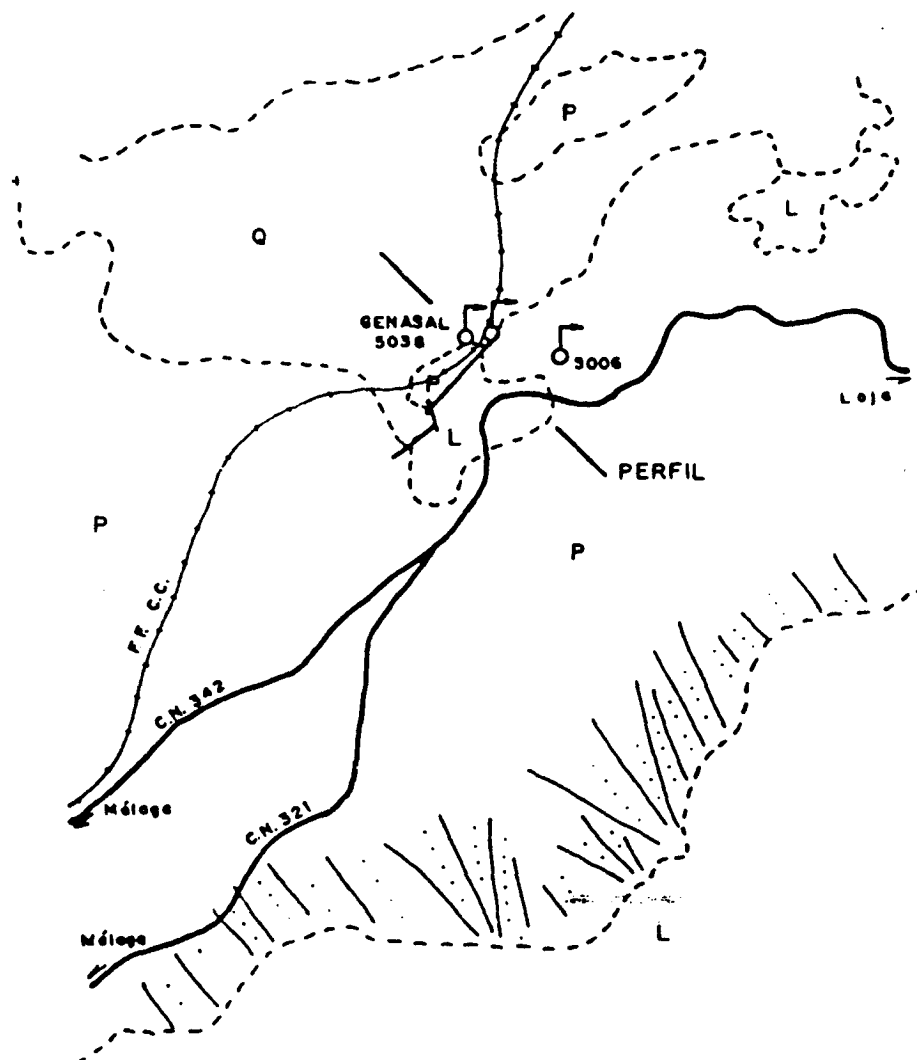
  

TRABAJOS ACONSEJADOS POR: Regantes


OBSERVACIONES: No está revestida.

SIGNIFICADO HIDROGEOLOGICO DE LA DESCARGA: Se sitúa en el mismo afloramiento que el manantial de Plines y en relación con la misma fractura de borde del acuífero. Hay seis surgencias y varias zonas de salida difusa en un radio de 25 m. . Las más caudalosas se sitúan al pie del terraplen de la via, que muy posiblemente tapa los puntos de salida originales. Cerca hay otro manantial (fte. Cardena nº 50006) situada unos 20 m. por encima de cota.

# MAPA HIDROGEOLOGICO



## LITOLOGIA

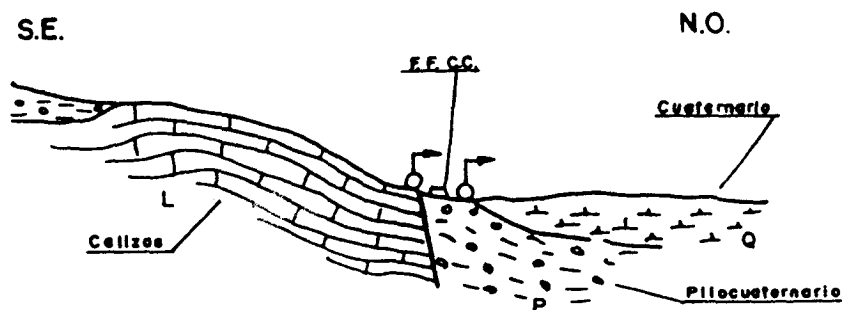
- Q Arcillas y arenas.
- P Limos, arenas y conglomerados.
- L Calizas y dolomias.
-  Derrubios de ladera/cono de deyección.

## EDAD

- Cuaternario.
- Plioceno y cuaternario.
- Lias inferior.

Escala aproximada 1/22.000

## PERFIL (ES) HIDROGEOLOGICO (S)





**UTILIZACION DEL AGUA:**

USO URBANO Poblacion (es) abastecida (s): Plines  
Volumen (es) utilizado (s): >0,1 Hm<sup>3</sup>/año

USO AGRICOLA Superficie de regadio: 31 Has.  
Comunidades de regantes: Partido del Niño Daza (Plines) y Rivera del Genil

Volumen utilizado (1) Hm /año Periodo de riego: Abril-Septiembre

Posibilidades de incrementar el regadio: No sin elevaciones

OTROS USOS: Piscifactoría de Plines

**POSIBILIDADES DE REGULACION:** Con sondeos al S.O. del manantial se regularía junto con el de Plines. Hacia el Norte no debe continuar la Unidad bajo los materiales pliocenos y cuaternarios.

(MAN. GENASAL)

**OBSERVACIONES / DOCUMENTACION EXISTENTE** (1) La mayor parte de la superficie se riega con la surgencia mas alta (fte. Cardena nº 50006) que a su vez es la de menor caudal, existiendo un importante déficit en verano.

- IGME.- Control Hidrométrico de Manantiales.

**DOCUMENTOS INTERCALADOS:** Mapa de situación de riegos.

**INSTRUIDA POR:** INGEMISA (Eduardo Lupiani).

**Fecha:** Abril 1988





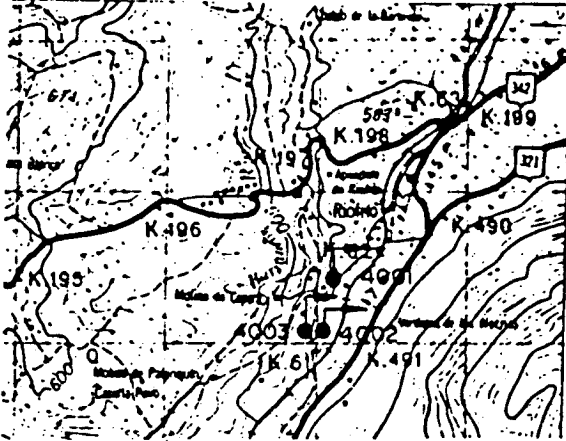
IGME

MANANTIAL: RIO FRIO

Nº Registro: 174240001 Hoja 1: 50.000: Archidona Nº 1024

Otras referencias: 1-L, 2-L y 3-L de Adaro

MAPA DE SITUACION:



ESCALA: 1/50.000

COORDENADAS LAMBERT(\*) X: 553950

Y: 283725

COORDENADAS U.T.M.

X: 393000

Y: 4112100

COTA: 514 (\*)

Referencia topografica:

Metodo de medida: Altimetro

(\*) Manantiales 4002 y 4003

SISTEMA ACUIFERO: Mesozoico calizo - dolomítico de las Sierras del Torcal y Sierra Gorda

UNIDAD HIDROGEOLOGICA: Sierra Gorda CODIGO 4021

CUENCA HIDROGRAFICA: Guadalquivir 05 Subcuenca: Genil

PROVINCIA: Granada Termino municipal: Loja

TOPONIMIA: Rio Frio

ACCESO: En el extremo Sur del núcleo de Rio Frio

ACONDICIONAMIENTO: Escala limnimétrica en el canal de la piscifactoría

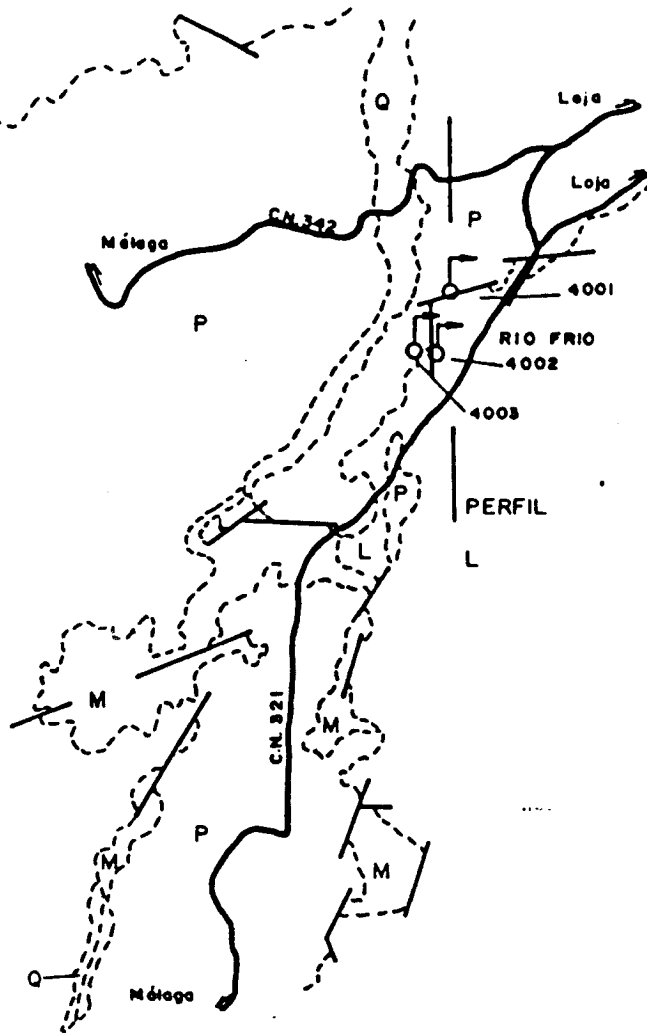
AÑO DE EJECUCION 75

TRABAJOS ACONSEJADOS POR: IGME

OBSERVACIONES: En este canal no se toma todo el agua de las surgencias. Aguas abajo hay otra escala, de CHG, para controlar Rio Frio, la lajea y aguas superficiales del cauce.

SIGNIFICADO HIDROGEOLOGICO DE LA DESCARGA: Se produce a lo largo del contacto de las calizas con los limos y conglomerados pliocuaternarios, en seis puntos concretos, y una zona de descarga difusa desde el manantial mas alto hasta el puente de la piscifactoría. Los manantiales mas altos estan claramente ligados a fracturas N150 y N60.

# MAPA HIDROGEOLOGICO



## LITOLOGIA

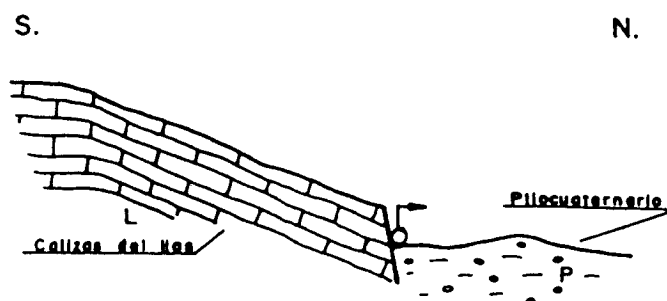
- Q Gravas, arenas y arcillas. Aluvial.
- P Arcillas, conglomerados y arenas.
- M Brechas calcáreas.
- L Calizas blancas.

## EDAD

- Cuaternario.
- Pliocuaternalio.
- Pliocuaternalio.
- Lias.

Escala 1/50.000

## PERFIL (ES) HIDROGEOLOGICO (S)



**UTILIZACION DEL AGUA:**

USO URBANO Poblacion (es) abastecida (s): Rio Frio  
Volumen (es) utilizado (s): 0,1 Hm<sup>3</sup>/año

USO AGRICOLA Superficie de regadio: 10 Has. conjuntamente con la Tajea.  
Comunidades' de regantes: Acequia la Campana

Volumen utilizado \_\_\_\_\_ Hm /año Periodo de riego: Abril - Septiembre

Posibilidades de incrementar el regadio: El terreno existente aguas abajo es de muy mala calidad

OTROS USOS: Alimenta a dos piscifactorías.

**POSIBILIDADES DE REGULACION:** Sondeo al este de los manantiales.

**OBSERVACIONES / DOCUMENTACION EXISTENTE (MAN. RIO FRIO)**

- ANGUITA, F. Y FERNANDEZ-MONTERO, A. (1969).- "Estudio Hidrogeológico de Zafarraya". III Curso de Hidrogeología Subterránea. 82 p. Barcelona.
- DELGADO, S. (1973).- "Estudio Hidrogeológico del Karst de Sierra Gorda". Tesis de Licenciatura. Universidad de Granada.
- IGME (1976).- "Manantiales de Sierra Gorda".
- IGME (1983).- "Investigación Hidrogeológica de las Cuencas Sur de España. Sector Occidental".
- IGME.- Control Hidrométrico de Manantiales.

**DOCUMENTOS INTERCALADOS:** Mapa de situación de riegos (ver ficha de riegos de La Tajea).

INSTRUIDA POR: INGEMISA (Eduardo Lupiani)

Fecha: Abril 1988





IGME

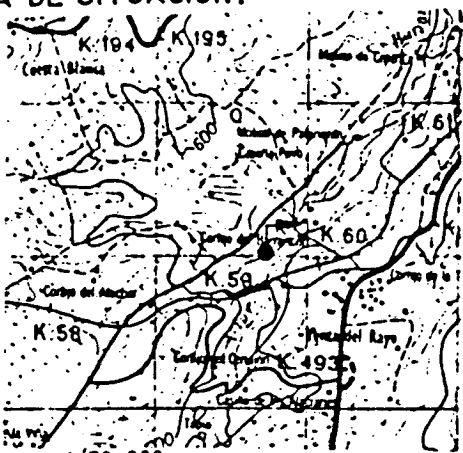
MANANTIAL: LA TAJEA

Nº Registro: 174240004

Hoja 1: 50.000: Archidona Nº 1024

Otras referencias: 4-L de Adaro

MAPA DE SITUACION:



ESCALA: 1/50.000

COORDENADAS LAMBERT

X: 552725

Y: 282600

COORDENADAS U.T.M.

X: 391750

Y: 4111000

COTA: 526

Referencia topografica: \_\_\_\_\_

Metodo de medida: Altimetro

SISTEMA ACUIFERO: Mesozoico calizo-dolomítico de las Sierras del Torcal y Sierra Gorda

UNIDAD HIDROGEOLOGICA: Sierra Gorda

CODIGO

4021

CUENCA HIDROGRAFICA: Guadalquivir

05

Subcuenca: Genil

PROVINCIA: Granada

Termino municipal: Loja

TOPONIMIA: El Barrancón

ACCESO: Siguiendo el cauce del Arroyo del Barrancón, a 150 m. al Sur del poblado de la Tajea.

ACONDICIONAMIENTO: En su día se instalaron escalas en tres acequias, hoy no están.

AÑO DE EJECUCION

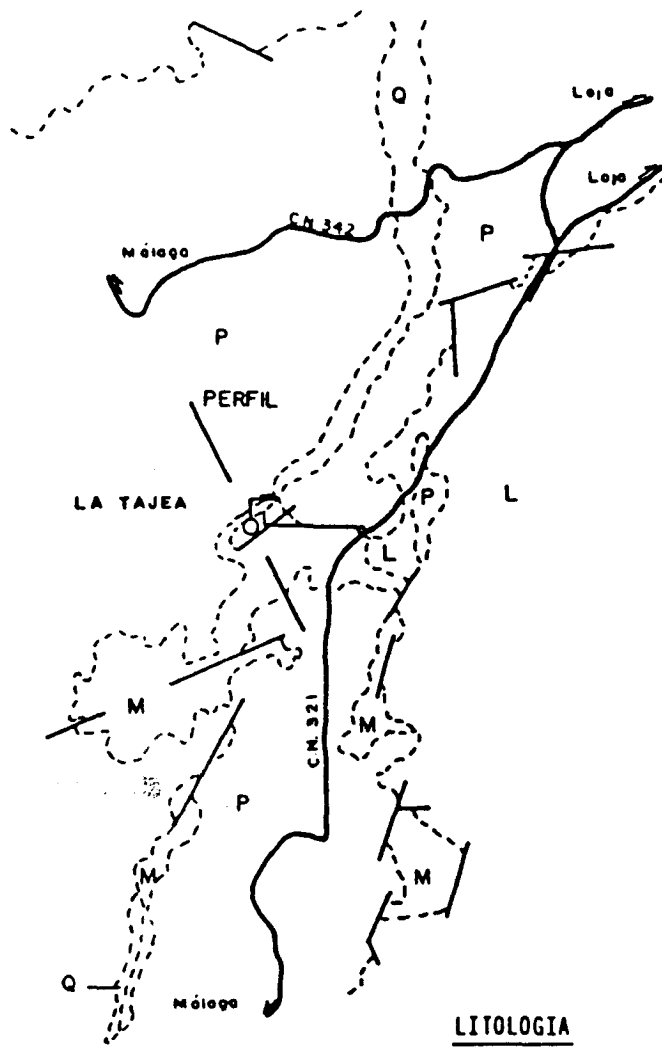
75

TRABAJOS ACONSEJADOS POR: IGME.

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

SIGNIFICADO HIDROGEOLOGICO DE LA DESCARGA: Se sitúa en otro de los puntos mas bajos de Sierra Gorda. Aquí el afloramiento es seccionado por una fractura, (N60) en la que se encaja el río. Hay otro sistema de fracturación N90-100E, y en la intersección se sitúan los manantiales. En el mismo afloramiento hay sectores de calizas a cota inferior a la de los manantiales.

# MAPA HIDROGEOLOGICO



## LITOLOGIA

- Q Gravas, arenas y arcillas. Aluvial.
- P Arcillas, conglomerados y arenas.
- M Brechas calcáreas.
- L Calizas blancas.

## EDAD

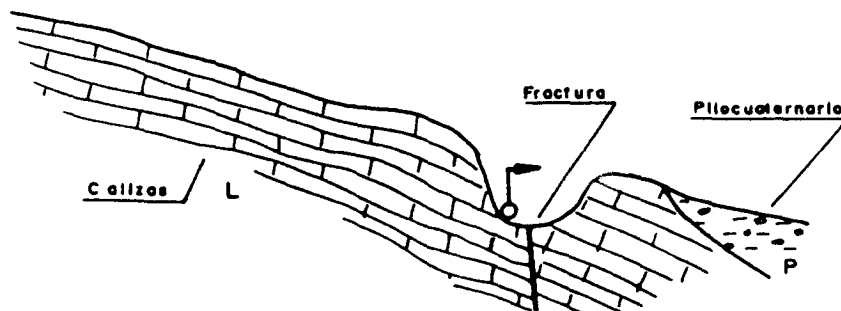
- Cuaternario.
- Pliocuaternalio.
- Pliocuaternalio.
- Lias.

Escala 1/50.000

## PERFIL (ES) HIDROGEOLOGICO (S)

S. E.

N. O.





## UTILIZACION DEL AGUA:

USO URBANO Poblacion (es) abastecida (s): Venta del Rayo y La Tajea  
Volumen (es) utilizado (s): < 0,1 Hm<sup>3</sup>/año

USO AGRICOLA Superficie de riego: 70 Has.

Comunidades de regantes: Acequia salada, Barrancón, Casería Nueva y la Campanera (esta toma del río después de su confluencia con Río Frio).

Volumen utilizado (1) Hm /año Periodo de riego: Abril a Septiembre

Posibilidades de incrementar el riego: El manantial domina unas 15 Has. más pero con tierras de muy mala calidad, por lo que no se siembran.

OTROS USOS: \_\_\_\_\_

**POSIBILIDADES DE REGULACION:** Sondeo mecánico al Suroeste de la surgencia o taladros desde el Norte.

## OBSERVACIONES / DOCUMENTACION EXISTENTE (MAN. LA TAJEA)

(1).- En primavera utilizan sobre un 15-20 % del caudal (20 jornadas de riego en horas diurnas), y en verano no llegan al 50% (se riega sobre unas 10 horas al día).

- ANGUITA, F. Y FERNANDEZ-MONTERO, A. (1969).- "Estudio Hidrogeológico de Zafarraya". III Curso de Hidrogeología Subterránea. 82 p. Barcelona.
- DELGADO, S. (1973).- "Estudio Hidrogeológico del Karst de Sierra Gorda". Tesis de Licenciatura. Universidad de Granada.
- IGME (1976).- "Manantiales de Sierra Gorda".
- IGME (1983).- "Investigación Hidrogeológica de las Cuencas Sur de España. Sector Occidental".
- IGME.- Control Hidrométrico de Manantiales.

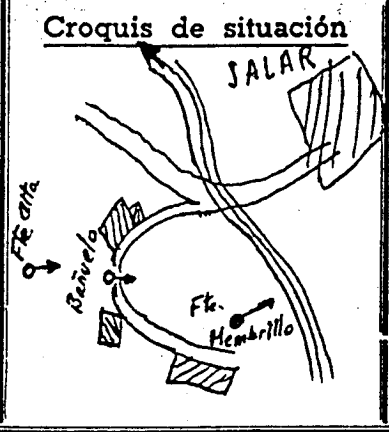
**DOCUMENTOS INTERCALADOS:** Mapa de situación de riegos

**INSTRUIDA POR:** INGEMISA (Eduardo Lupiani)

**Fecha:** Abril 1988



Provincia: Granada  
 Término municipal: Salas  
 Paraje: El Baiuelo (Fk. Baiuelo)  
 Propietario: \_\_\_\_\_  
 Situación, acceso: \_\_\_\_\_



Cuenca hidrográfica: Genil  
 Hoja de: Loja  
 Longitud: 0° 23' 03" O.  
 Latitud: 37° 08' 34" N.  
 Altura del suelo: 560 según 1/50.000

Naturaleza y altura del punto de referencia sobre el suelo \_\_\_\_\_

Profundidad hasta el agua (desde el punto de referen.)						
Cota del agua s. n. m.						
Prof. total de la labor (desde el punto de ref.)						
Caudal (l p. s.)	<u>29,25</u>					
Depresión (m)						
Método de medida	<u>Aforo</u>					
Temperatura del aire						
Temperatura del agua	<u>20°</u>					
Fecha de la observación	<u>29-9-81</u>					
Nombre del observador	<u>G. Becerra</u>					

Clase de roca  esteril  acuífera

Nivel donde se corta el agua: \_\_\_\_\_

Variación estacional: Mayor es cuando arroja unos caudal

Condicionamiento y equipo: Acequia

Empleo del agua: Riego

Yantos acuíferos cercanos: Fk. del Membrillo

Observaciones diversas: Agua buena  
Hidroquímica

Análisis realizado en Septiembre de 1988  
 Cl = 133  
 SO<sub>4</sub> = 141  
 CO<sub>3</sub>H = 233      Temperatura = 21°  
 NO<sub>3</sub> = 5  
 Na = 75  
 Mg = 33  
 Ca = 83  
 K = 3  
 Cl = 7.9  
 Residuo TOC  
 Conductividad = 986

Provincia: Granada  
 Término municipal: Salas  
 Paraje: Fte. del Muebrillo  
 Propietario: \_\_\_\_\_  
 Situación, acceso: \_\_\_\_\_

Croquis de situación

Cuenca hidrográfica: ceuil  
 Hoja de: Loja  
 Longitud: 0° 22' 51" - 0  
 Latitud: 0° 23' 05" 0  
 Altura del suelo: 560 según 1/50.000

Naturaleza y altura del punto de referencia sobre el suelo \_\_\_\_\_

Profundidad hasta el agua (desde el punto de referen.)							
Cota del agua s. n. m.							
Prof. total de la labor (desde el punto de ref.)							
Caudal (l p. s.)	<u>40</u>						
Depresión (m.)	<u>aforo</u>						
Método de medida							
Temperatura del aire							
Temperatura del agua							
Fecha de la observación	<u>29-9-88</u>						
Nombre del observador	<u>J. Bermejo</u>						

Clase de roca  esteril  acuifera

Nivel donde se corta el agua: \_\_\_\_\_

Variación estacional: \_\_\_\_\_

Acondicionamiento y equipo: \_\_\_\_\_

Empleo del agua: \_\_\_\_\_

Puntos acuíferos cercanos: \_\_\_\_\_

Observaciones diversas: Punto de control

hidroquímica

Muestras realizadas en Septiembre de 1988

Cl = 91

SO<sub>4</sub> = 132

CO<sub>3</sub> = 193

NO<sub>3</sub> = 6

Na = 49

Mg = 31

Ca = 70

R = 2

pH = 7.9

Residuo = 574

conductividad = 774

temperatura = 19°



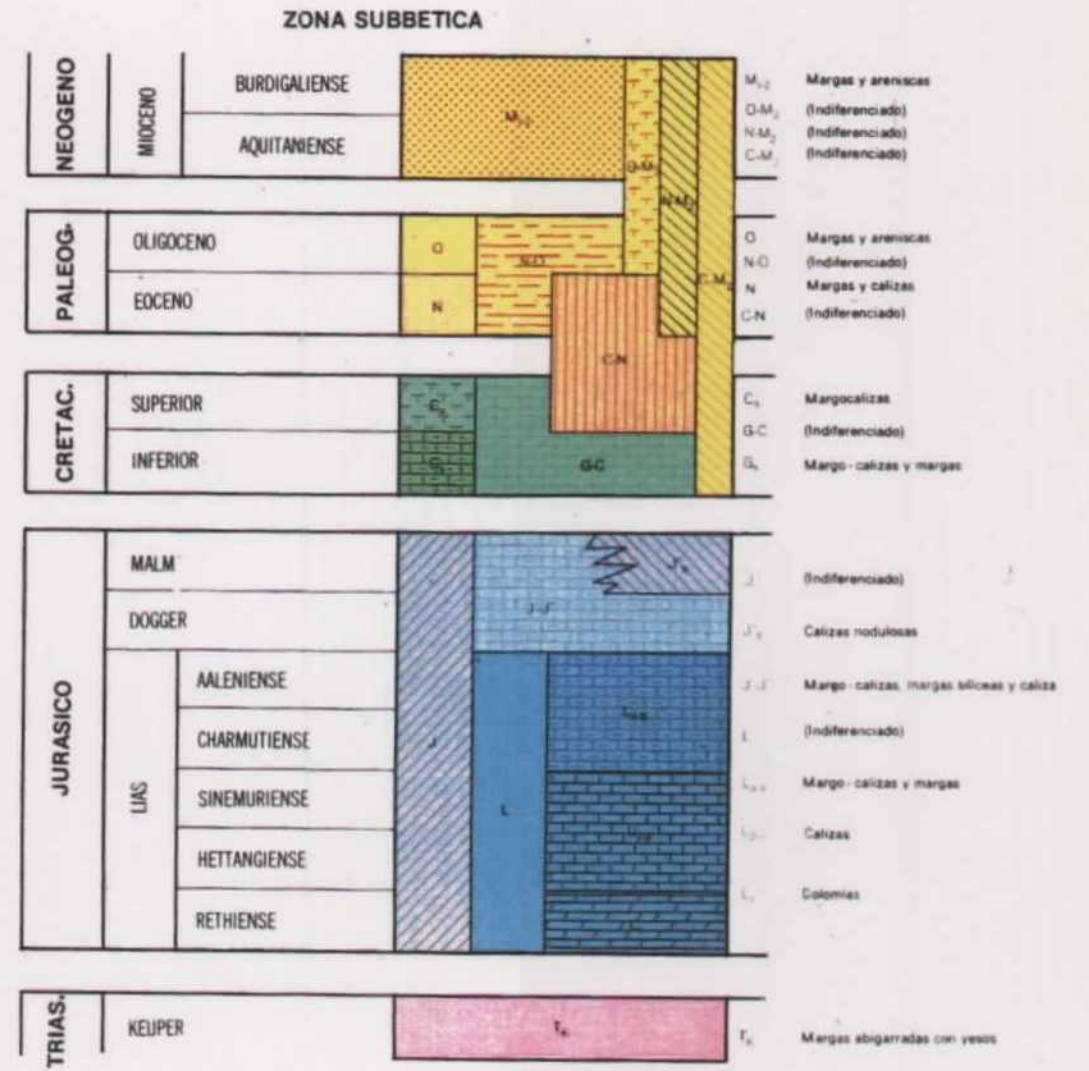
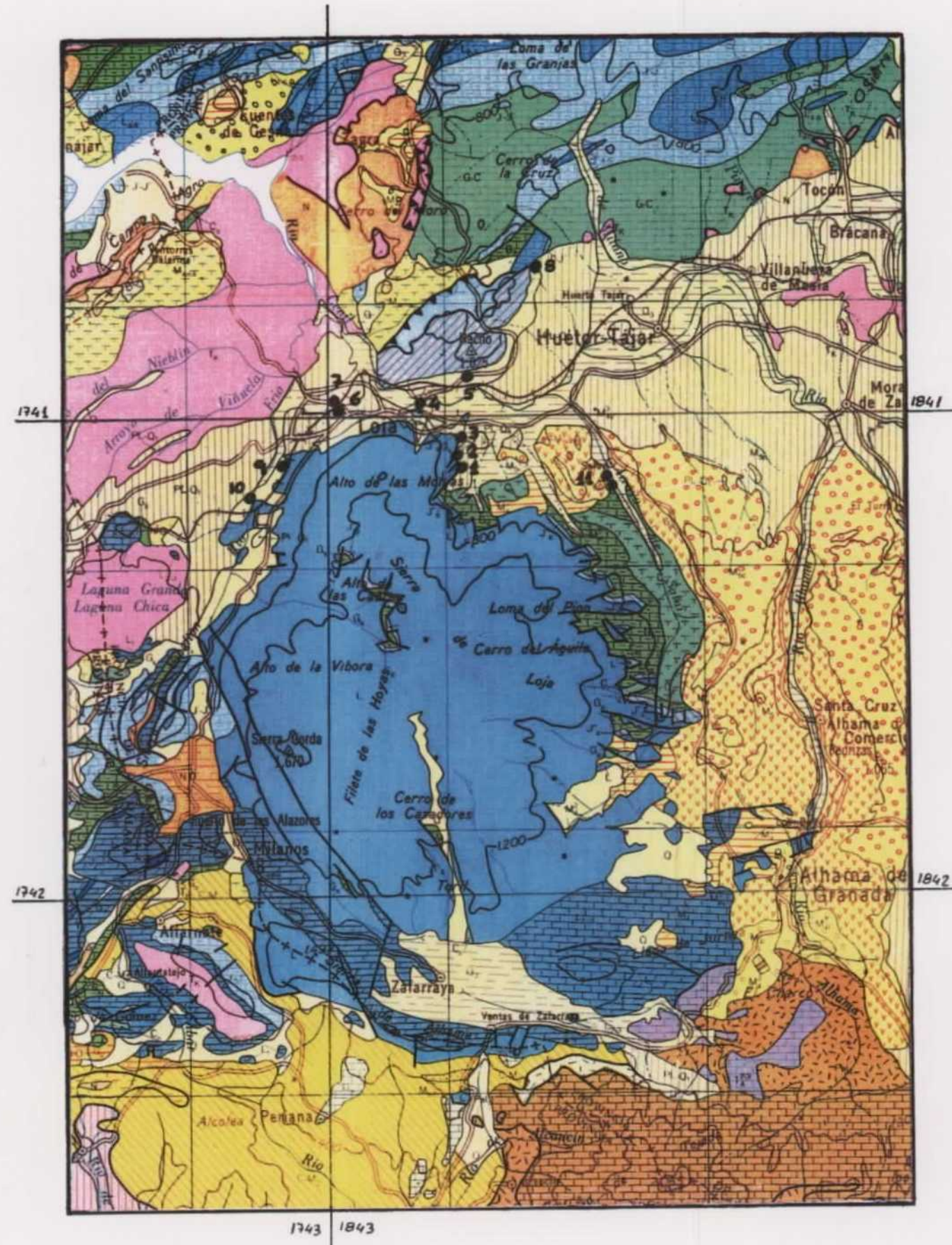


Fig. 3.1.- SITUACION DE LAS PRINCIPALES DESCARGAS DE SIERRA GORDA



### 3.2.- PROPUESTA DE ACTUACIÓN

El problema de la interconexión entre el drenaje del Hacho de Loja y las descargas de Sierra Gorda puede intentar resolverse mediante isótopos estables dado el efecto combinado entre latitud y altura de ambos sistemas hidráulicos.

Por criterios hidrogeológicos se conoce que la descarga principal del sistema de Sierra Gorda tiene lugar por su vertiente septentrional, mientras que la de Hacho de Loja ocurre por la meridional. Su posible interconexión queda cuestionada por el nivel de base del río Genil.

Se propone el estudio isotópico de ambas descargas: las del Hacho de Loja por su vertiente meridional (manantial Frontil) y septentrional (Man. Agicampe) y las de Sierra Gorda por su drenaje principal por la vertiente N, analizando los principales manantiales de esta zona, tanto bajo el punto de vista químico como isotópico.

De manera paralela, y con el fin de controlar la variabilidad isotópica espacial de la zona de trabajo que, eventualmente, pueda contribuir a interpretar la analítica de las descargas referidas, se propone la implantación de una serie de pluviómetros convenientemente distribuidos, tanto en Sierra Gorda como en el Hacho de Loja y en la sierra carbonatada situada al norte de éste (Cerro de la Cruz).

La propuesta de actuación se basa, por consiguiente, en el siguiente plan de muestreo:

- Análisis de las descargas de:
  - Hacho de Loja: Manantial Frontil (S) y Man. Agicampe (N)
  - Sierra Gorda: Río Frío y La Tajea (NW); Plines o Genasal; Barbollote; La Cadena (N); Bafuelo o Membrillo (NE).
- Instalar 2 pluviómetros en Sierra Gorda:
  - Zona de Víboras (cota 1300-1500)
  - Zona de Manzanil-Tajo Vaquero (cota 800)

- Instalar 1 pluviómetro en el Hacho:
  - Puerto del Cabrero (cota 800)
  
- Muestrear agua subterránea en la zona del Cortijo de La Cañada Baja o, en su defecto, instalar un pluviómetro en la zona del Cerro de la Cruz.

MUESTREO A REALIZAR

	<u>1ºO</u>	<u>2ºH</u>	<u>3ºH</u>	<u>Químicos</u>
Manantiales	9	9	4 <sup>**</sup>	9
Lluvia	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>1</u>	<u>-</u>
TOTAL	12	12	5	9

<sup>\*\*</sup> Frontil, Agicampe, Río Frío, La Cadena.

**4.- DETERMINACIÓN DE LA INTERCONEXIÓN VERTICAL DE  
-----  
LOS DIFERENTES ACUÍFEROS DEL CAMPO DE CARTAGENA  
-----**



#### 4.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Objetivo a cubrir: Determinación de la interconexión en la vertical de los diferentes acuíferos del Campo de Cartagena.

La comarca del Campo de Cartagena (Sistema Acuífero nº 48) está delimitada por las Sierras de Unión, Cartagena, La Muela, Algarrobo, Columbares, Escalona y su prolongación hasta llegar a Punta Prima. Comprende las cuencas costeras de las ramblas de Benipila del Albujón y de los ríos Seco y Nacimiento, con una extensión de 1.580 Km<sup>2</sup>.

El Campo de Cartagena corresponde a una gran cuenca subsidente, cuya disposición es la de un gran sinclinatorio neógeno de dirección NW-SE que buza hacia el SE.

Apoiado al NW y N sobre materiales béticos de las Sierras de Carrascoy y Cresta del Gallo y al S en las Sierras costeras de la Muela y Cartagena-La Unión, presenta sedimentos desde el Helveciense hasta el Cuaternario más o menos reciente.

Por el W queda probablemente independizado del Valle del Guadalentín, debido al posible elevamiento del relieve bético entre las Sierras de Carrascoy y de Almenara.

Dentro del Campo de Cartagena se distinguen de base a techo los siguientes acuíferos:

- Rocas carbonatadas del Trias bético: Se localizan en la prolongación hacia el N de la Sierra de las Victorias. Su potencia es inferior a 200 m y está constituido por dolomías que pueden captarse a poca profundidad en determinados puntos.
- Conglomerados del Helveciense: No se explota dada su gran profundidad.
- Conglomerados y areniscas del Tortoniense inferior-medio: En la parte N del Campo está representado por más de 500 m de conglomerados

poligénicos que hacia el E pasan a areniscas. En el sector meridional, al norte de la ciudad de Cartagena, está integrado por 15 m de calizas que a veces pasan a areniscas.

- Calcarenitas bioclásticas del Andaluciense: Formación de 50-150 m de potencia situado en el parte central y oriental del Campo.
- Areniscas del Plioceno: Unos 10-60 m de areniscas que ocupan la misma área que el Andaluciense, situándose a techo.
- Cuaternario: Conglomerados, arenas y arcillas presentes en la casi totalidad del campo.

En realidad, los tres únicos acuíferos interesantes los constituyen el basamento bético y el llamado Grupo V (Andaluciense-Plioceno) en sus dos tramos: el inferior de calcarenitas bioclásticas y el superior de areniscas separadas por un tramo margoso que los independiza.

El acuífero constituido por el basamento bético se intersecta, fundamentalmente, en los alrededores del Cabezo Gordo (zona de Torre Pacheco-S. Javier) y en el borde meridional del Campo y se caracteriza por producir, frecuentemente, agua termal de hasta 50°C con abundante CO<sub>2</sub> libre de procedencia endógena. El acuífero se encuentra sobreexplotado. La profundidad media del agua es de unos 150 m.

Las calcarenitas bioclásticas del Andaluciense abarcan una superficie de unos 635 Km<sup>2</sup>, de los cuales afloran 25 Km<sup>2</sup>. Presenta límites definidos en el N y S. En la zona central se produce un cambio de facies de las calizas, que pasan lateralmente a margas. Por el NE, el acuífero se prolonga hasta Torrevieja y las calcarenitas pasan lateralmente a molasas muy permeables con espesores de hasta 200 m. Al W el límite es más impreciso, si bien no parece haber continuidad hacia la cuenca de Fuente Alamo al existir bajo el Pliocuaternario un umbral de materiales béticos.

El acuífero se estructura como un amplio y suave sinclinorio. La profundidad del techo del acuífero, en cota absoluta respecto al nivel del

mar, oscila entre +150 m en la zona más septentrional y -300 m en S. Pedro del Pinatar, poniéndose de manifiesto el hundimiento progresivo del acuífero en dirección SE.

El acuífero superior, constituido por las areniscas del Plioceno, posee una superficie de 700 Km<sup>2</sup> de los que afloran 75 Km<sup>2</sup>. Su disposición es la de un amplio sinclínorio de eje E-W, cuya topografía se adapta a la del acuífero inferior siendo sus límites similares.

Se encuentra separado de éste por un paquete de margas cuyo espesor no excede los 120 m. Por la parte meridional, ambos acuíferos están conectados por lo que se consideran como acuífero único. Además, gran cantidad de sondeos captan agua de los dos acuíferos, originándose así un drenaje artificial desde el acuífero superior al inferior. La profundidad del techo del acuífero plioceno oscila entre +200 m en la zona septentrional y -150 m en S. Pedro del Pinatar (30-170 m respecto al suelo).

Parece ser importante, por otra parte, la influencia que el acuífero basal triásico pueda ejercer en la recarga del Andaluciense, mediante el aporte de aguas profundas calientes y de CO<sub>2</sub> endógeno.

La alimentación de todo el conjunto procede de la infiltración de la lluvia útil, estimándose en 30-40 hm<sup>3</sup>/año. Las extracciones por bombeo suponían, en el momento de entrar en funcionamiento el trasvase Tajo-Segura, un total de 116 hm<sup>3</sup>/año, de los que 70 hm<sup>3</sup>/año correspondían al extremo NE del Campo. La explotación de recursos era, por tanto, de unos 80 hm<sup>3</sup>/año como mínimo, con el consiguiente descenso continuado de los niveles piezométricos (hasta 8 m/año entre S. Javier y Torrevieja).

Las reservas útiles existentes en el acuífero Plioceno inferior (hasta los 250 m en la profundidad del N.P.) son del orden de 600 a 1.200 hm<sup>3</sup>, mientras que para el acuífero Plioceno superior, las reservas útiles y totales (el muro del acuífero se encuentra a menos de 250 m de profundidad) se estiman entre 400 y 800 hm<sup>3</sup>. Por tanto las reservas útiles de los acuíferos del Plioceno se encuentran entre 1.000 y 2.000 hm<sup>3</sup>.

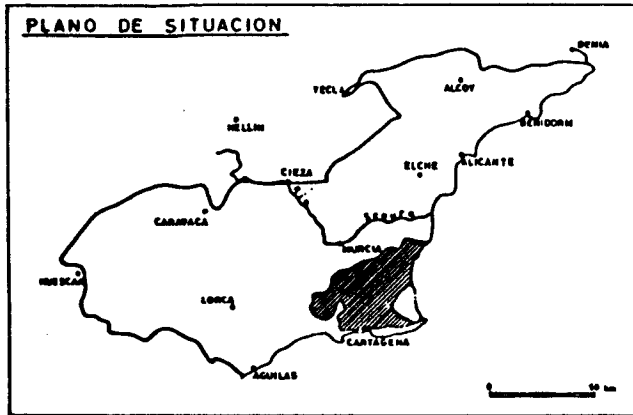
Por lo que a la calidad de las aguas se refiere, resulta difícil asignar los análisis a un nivel permeable concreto ya que los sondeos no poseen, en la mayoría de los casos, cementaciones que aislen los niveles impermeables o poco permeables.

De manera general y orientativa la calidad del agua en los acuíferos es la siguiente (fig. 4.1.):

- Andaluciense: salinidades comprendidas entre 1.000 y 2.000 mg/l, siendo su facies del tipo cloro-sulfatada-mixta, aunque no se descarta la posibilidad de salinidades superiores en zonas próximas al mar.
- Plioceno Superior: la salinidad oscila entre 2.000 y 4.000 mg/l, aunque en este caso parece estar muy influenciada por las arcillas y margas con yeso del techo del acuífero, que no están cementadas en ningún caso. Su facies es cloro-sulfatada-mixta.
- Tortoniense de la Sierra del Puerto: 500-800 mg/l con facies bicarbonatada-clorurada-magnésica-sódica.
- Tortoniense meridional: presenta salinidades entre 2.000 y 4.000 mg/l. Es muy probable que también en este acuífero la salinidad sea más elevada, por la influencia de las capas arcillosas superiores no cementadas que presentan yesos. Facies clorurada-sódica a clorurada-sulfatada-mixta.
- Triásico de la Sierra de las Victorias: salinidades entre 1.500 y 3.000 mg/l, con facies sulfatada-mixta.

En definitiva, se ha comprobado que en el Campo de Cartagena la calidad del agua se ve principalmente afectada por el mal acabado de los numerosos sondeos existentes, ya que en su gran mayoría no disponen de cementaciones que pudieran impedir el drenaje de las aguas del Cuaternario hacia los acuíferos explotados.

El ITGE y ENADIMSA acaban de finalizar el estudio de la geometría



## CAMPO DE CARTAGENA

### MAPA DE SALINIDAD TOTAL

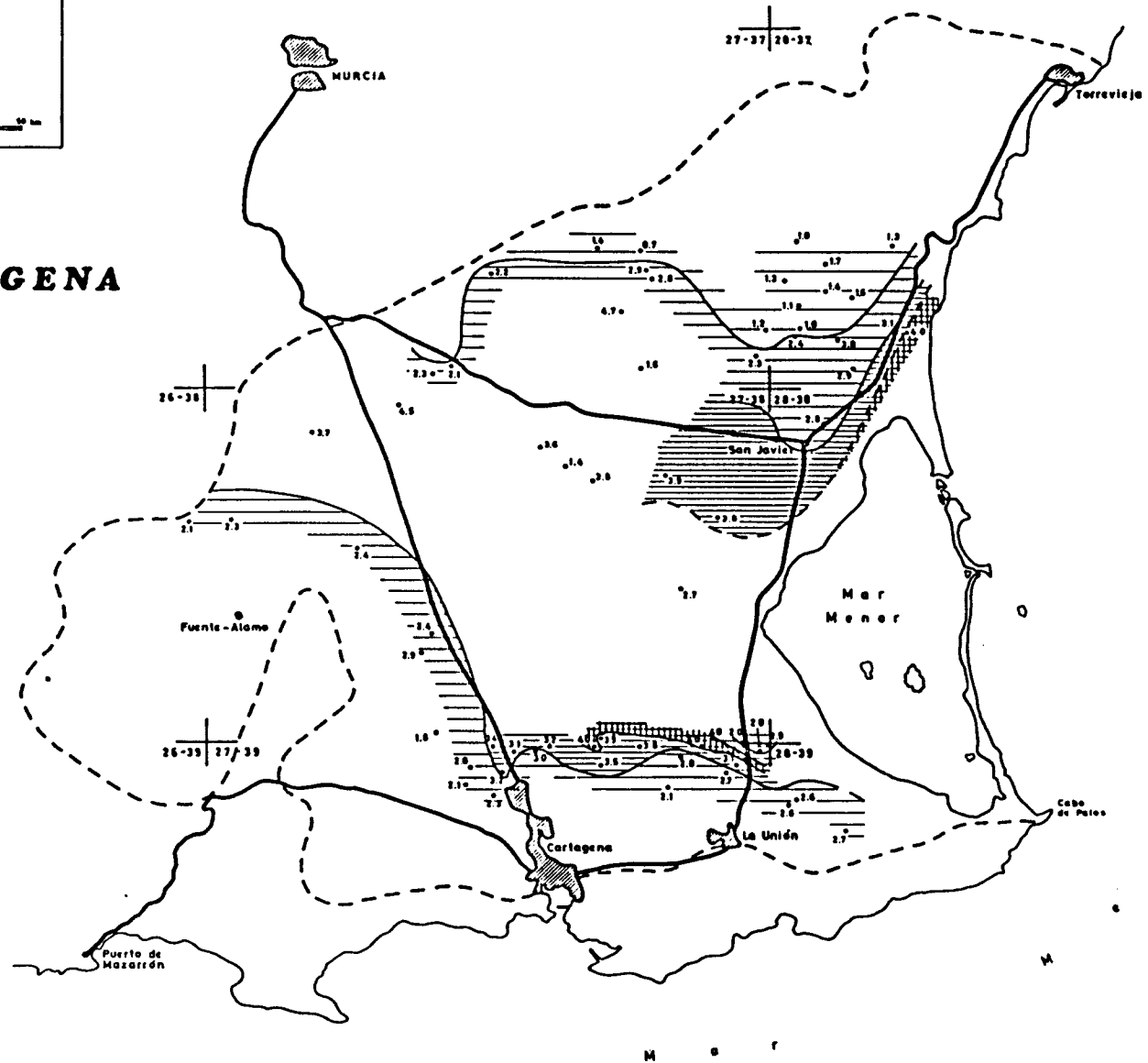
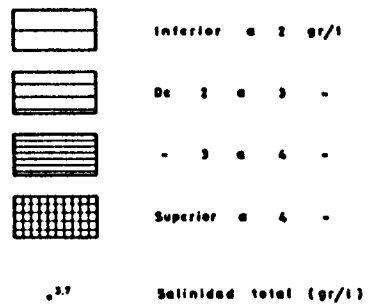


Fig. 4.1.

de los acuíferos del Campo de Cartagena para abordar, a partir de este año 1990, el estudio hidrogeológico detallado de los mismos. El presente estudio isotópico constituirá un apoyo cualitativo al nuevo plan de trabajos que va a iniciarse.

#### 4.2.- PROPUESTA DE ACTUACIÓN

Resulta evidente que el estudio de la interconexión en la vertical de los diferentes acuíferos del Campo de Cartagena pasa, ante todo, por el intento de caracterización isotópica, si resulta posible, de cada uno de ellos.

Por consiguiente, resulta necesario analizar el contenido isotópico de  $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$  y  $^3\text{H}$  del acuífero superior Plioceno, del inferior Andaluciense y del basamento Triásico. Para ello se seleccionarán pozos que tengan la zona filtrante exclusivamente en estos acuíferos, estando cementados los niveles productivos superiores, en caso de la explotación del acuífero andaluciense o del Trias basal. En cualquier caso hay que admitir, de entrada, la influencia que los aportes del acuífero basal tienen en la recarga del Andaluciense.

El empleo del  $^{14}\text{C}$  resulta problemático, dado el activo flujo de  $\text{CO}_2$  endógeno existente en la zona, que puede falsear los resultados. Este tipo de  $\text{CO}_2$ , por su origen, no contiene  $^{14}\text{C}$ , por lo que la actividad original del  $^{14}\text{C}$  del agua puede resultar notablemente afectada al adicionarse este gas.

Dada la especial configuración de los acuíferos pliocenos y su solapamiento en planta como consecuencia del relleno de la cuenca, las áreas de recarga pueden resultar muy semejantes y, en consecuencia, no existir contraste entre sus correspondientes contenidos en isótopos estables.

Se ha convenido con las oficinas del ITGE y de ENADINSA de Murcia,

que la selección de puntos será llevado a cabo por ellos como mejores conocedores de la zona. Se propone el siguiente plan de muestreo:

- Instalar pluviómetros en las Sierras que limitan el Campo por el norte (S. de Carrascoy y S. de Escalona), sur (S. del Algarrobo y S. de La Muela).
- Instalar pluviómetros en el Campo de Cartagena: zona N (Pinar de la Horadada y Los Martínez), centro (Los Maldonados, Albuñón y Cabezo Gordo) y sur (Cuesta Blanca, La Aparecida, S. Ginés de la Jara).
- Analizar 10 sondeos representativos de cada uno de los tres acuíferos, llevando a cabo además dos determinaciones de  $^{14}\text{C} + ^{13}\text{C}$  en cada uno de ellos.

#### MUESTREO A REALIZAR

	<u><math>^{18}\text{O}</math></u>	<u><math>^2\text{H}</math></u>	<u><math>^3\text{H}</math></u>	<u><math>^{14}\text{C} + ^{13}\text{C}</math></u>	<u>Químicos</u>
Lluvia	12	12	4	-	-
Sondeos					
-Acuífero Plioceno	10	10	10	2	10
-Acuífero Andaluciense	10	10	10	2	10
-Trias basal	<u>10</u>	<u>10</u>	<u>10</u>	<u>2</u>	<u>10</u>
TOTAL	42	42	34	6	30

**5.- ESTUDIO DE LA RELACIÓN RÍO-ACUÍFERO Y DE LA**  
-----  
**DINAMICA DE FLUJO SUBTERRANEO EN EL SISTEMA**  
-----  
**ACUÍFERO DEL MOLAR (MURCIA-ALBACETE)**  
-----



## 5.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Objetivo a cubrir: El agua del río Tajo se trasvasa al río Mundo fundamentalmente de febrero a septiembre. Se pretende averiguar si, en época de aguas bajas el acuífero del Molar, cuando se trasvasa agua del Tajo al cauce del río Mundo, éstas recargan al acuífero. El estudio de la relación río-acuífero conviene que se efectue a la entrada del sistema (cola embalse de Camrillas) y a su salida.

Los antecedentes y el planteamiento del caso quedan perfectamente recopilados en la nota presentada por los técnicos del IGME-ENADIMSA al IV Simposio de Hidrogeología, la cual se adjunta íntegra y se complementa con otros mapas y esquemas procedentes de otros trabajos del ITGE.

### IV SIMPOSIO DE HIDROGEOLOGÍA

EL MOLAR: NUEVO SISTEMA ACUIFERO A INCORPORAR EN LA GESTION  
COORDINADA DE AGUAS SUPERFICIALES-AGUAS SUBTERRANEAS DE LA  
CUENCA DEL SEGURA.

L. Solís García-Barbón. Ldo. en C. Geológicas. IGME  
T. Rodríguez Estrella. Dr. C. Geológicas. ENADIMSA  
J. Almoquera Lucena. Ldo. en C. Geológicas. IGME  
J. G. de las Heras Gandullo. I. de Minas. IGME

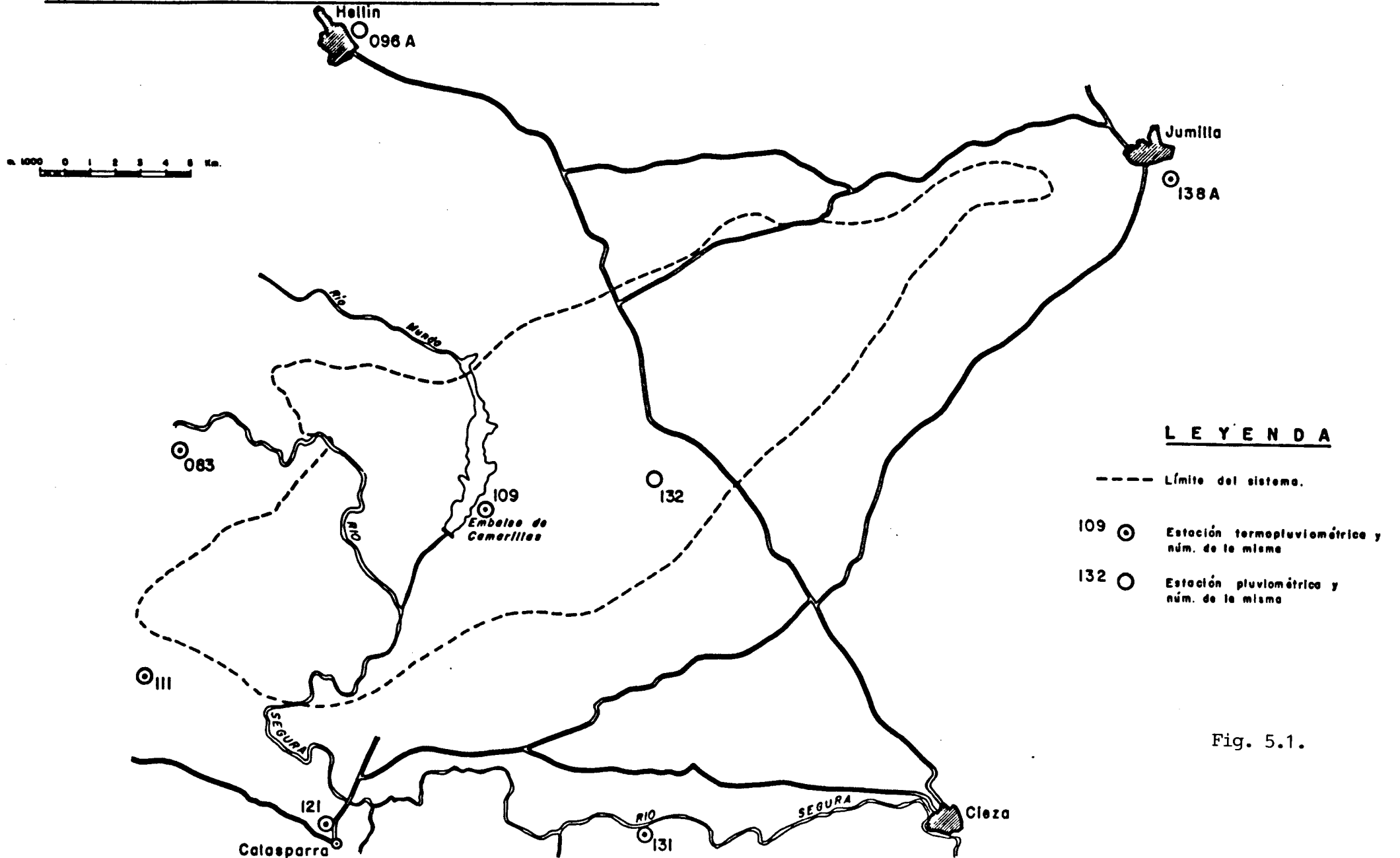
### RESUMEN

Se exponen los principales resultados alcanzados en la investigación del sistema acuífero del Molar, que el IGME viene realizando desde 1985. Fruto de este trabajo, ha sido la definición de las principales características de un sistema acuífero de 260 Km<sup>2</sup>, conectado hidráulicamente con los ríos Segura y Mundo y en el que existe una explotación de aguas subterráneas que hasta ahora no ha detruido recursos de las aguas superficiales reguladas que circulan sobre el sistema.

### 1. INTRODUCCION

La región en que se asienta el sistema acuífero del Molar se localiza en gran parte sobre una zona meridional de la provincia de Albacete (término municipal de Hellín) y en menor proporción en los términos municipales de Jumilla, Calasparra, y Moratalla, en la provincia de Murcia. (fig. 5.1.).

**SISTEMA ACUIFERO "EL MOLAR"**  
**SITUACION DE LAS ESTACIONES CLIMATOLOGICAS**



**LEYENDA**

- Límite del sistema.
- 109 Ⓞ Estación termopluviométrica y núm. de la misma
- 132 ○ Estación pluviométrica y núm. de la misma

Fig. 5.1.

Es una región de topografía suave, bordeada de montañas cuyo clima es mediterráneo, semiárido (valores medios de pluvio-metría comprendidos entre 300 y 400 mm. en el período 1956-1975 mesotérmico (temperatura media anual 16°C para el mismo período y con muy escasa variación estacional de humedad).

Por su situación (enmarcado entre el sistema acuífero del Sinclinal de Calasparra, al Sur y los de Candil, Cenajo y Cabras, al Norte) (IGME, 1985) y su peculiaridad geomorfológica de formar una amplia depresión ocupada por materiales preferentemente arcillosos y por tanto impermeables del Mioceno, con escasas posibilidades de captación de aguas subterráneas, no se abordó un estudio hidrogeológico sistemático hasta tiempos recientes. Sin embargo, surgió un serio problema que hizo aconsejable el inicio de una investigación en profundidad; este fue el de la gran proliferación de sondeos próximos al río por lo que se hacía necesario establecer la relación río-acuífero-embalses superficiales.

Este trabajo recoge las principales conclusiones alcanzadas hasta la fecha en la investigación iniciada en 1985 (IGME, 1986 y 1987).

## 2. GEOLOGIA

Desde el punto de vista geológico, la región estudiada está enclavada en el dominio del Prebético Externo de las Cordilleras Béticas.

### 2.1. ESTRATIGRAFIA

La serie estratigráfica del Mesozoico resulta de la síntesis de diversos autores: FOURCADE, 1970; JEREZ, 1973; AZEMA, 1977; IGME, 1974, 1981 y 1984; RODRIGUEZ ESTRELLA, 1979. Sobre el Triás en facies "Keuper" se tiene:

- Unos 150 m. de dolomías atribuibles al Lías inferior.
- 50 m. de margas verdes y dolomías atribuibles al Lías medio-superior.
- 200 m. como máximo de dolomías atribuibles al Dogger, que disminuye de potencia hacia el Sur.
- Entre 0 y 25 m. de calizas nodulosas del Oxfordiense.
- Entre 45 (Srra. de Los Donceles) y 175 m. (Pico Tienda) de calizas y margas del Kimmeridgiense inferior.
- 20 a 30 m. de dolomías o calizas del Kimmeridgiense medio.
- 20 a 60 m. de calizas, margas y areniscas del Kimmeridgiense superior - Portlandiense.
- Entre 150 a 400 m. de arenas, arcillas y conglomerados, (facies "Utrillas"), atribuibles al Cretácico inferior.
- Entre 175 y 275 m. de dolomías y dolomías arcillosas atribuibles al Cenomaniense-Turonense.
- Entre 200 a 335 m. de calizas, ocasionalmente arenosas y con niveles dolomíticos, del Senoniense.

La potencia del Cretácico superior disminuye hacia el Norte.

68.

A continuación se localiza una importante laguna estratigráfica que alcanza hasta la base del Mioceno.

Entre el Aquitaniense y el Langhiense se deposita una serie constituida por conglomerados, areniscas, calizas y margas. A partir del Mioceno medio, se inicia un proceso transgresivo que origina depósitos de conglomerados, calizas arenosas y areniscas durante el Serravaliense-Tortonense. Desde aquí y hasta el final del Mioceno superior, están representadas margas y calizas de carácter fundamentalmente lagunar (facies "Pontiense"). Entre el final del Mioceno superior y el inicio del Plioceno, se instaura en la región un depósito fundamentalmente detrítico. La potencia máxima de este conjunto no debe superar los 600 m. En este tiempo parece ser que tienen lugar las erupciones volcánicas del tipo lamproítico, en morfología intrusiva y derramada.

Durante el Plio-Cuaternario se desarrolla una formación de conglomerados continentales. Los materiales recientes del Cuaternario son de origen aluvial, eluvial y coluvial.

## 2.2. TECTONICA

La estructura tectónica general de la región estudiada es la de un sinclinorio con un eje mayor de dirección NE-SO, que casi alcanza los 40 Km. de longitud, con una anchura máxima de 11 Km. Destaca en el centro de esta macro-estructura, un levantamiento motivado por un horst tectónico. Pueden distinguirse los fases tectónicas mayores y sucesivas.

Una fase compresiva de edad Mioceno medio, tránsito al Mioceno superior, en la que se inicia la estructuración fundamental de la zona mediante el desarrollo de las grandes fallas del río Mundo, Agramón - La Celia - Jumilla, Ontur - Jumilla, Chopillo - Sierra del Puerto, Sierras del Puerto - Picarcho y la falla Norte del sector Las Minas - La Dehesilla.

Una fase distensiva que se desarrolla durante el Mioceno superior, en la que se originan 3 tipos de fenómenos: generación de fallas directas (bien removilización de fallas anteriores, bien completamente originales a esta fase), ascenso diapírico de rocas plásticas del Triás y ascenso de rocas volcánicas lamproíticas, generadas en la fase compresiva en una placa litosférica subducente, (LOPEZ RUIZ et al., 1980).

## 3. HIDROGEOLOGIA

### 3.1. ROCAS ACUIFERAS E IMPERMEABLES

Las rocas acuíferas principales del sistema del Molar son las dolomías del Dogger y las dolomías y calizas del Cretácico superior; de buenas características hidráulicas, pero reducida potencia, son las dolomías del Kimmeridgiense medio y por último, pero con desarrollo local, las calizas del Mioceno (sobre todo del superior).

Las dolomías del Lías inferior son microcristalinas y se encuentran generalmente a gran profundidad, sin llegar nunca a aflorar, muy aisladas del ciclo hidrológico por su impermeable de techo. En consecuencia, esta formación presenta escaso interés hidrogeológico.

En cuanto a las rocas impermeables, destacan por su importancia en la fijación de los límites hidrogeológicos del sistema, las arcillas del Triás, las margas del Lías medio-superior y las arenas y arcillas del Cretácico inferior. Según las zonas, el Mioceno margoso puede actuar como impermeable de techo.

Tramos poco permeables y de características hidráulicas mediocres, se localizan en el Kimmeridgiense inferior y en el Portlandiense.

### 3.2. LIMITES HIDROGEOLOGICOS. ESTRUCTURA DEL SISTEMA

Los límites estancos del sistema vienen fijados por importantes accidentes tectónicos. (fig. 5.2.).

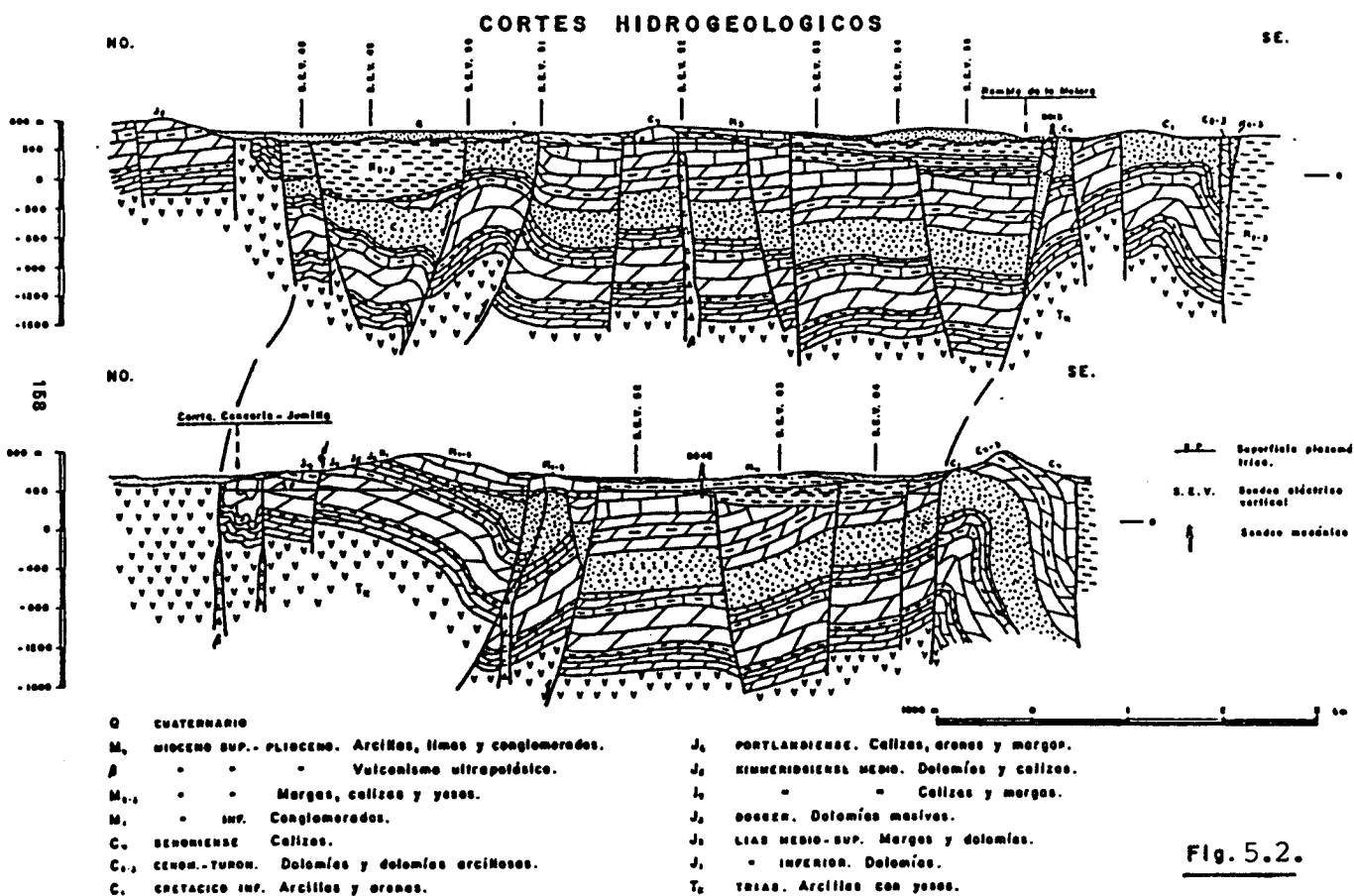


Fig. 5.2.

El límite Norte queda fijado por el sinclinal de Sierra Seca, falla del Río Mundo y Falla Agramón - La Celia - Jumilla.

70.

El límite Sur, por las fallas que bordean la línea Sierra del Puerto - Cabezo del Asno - Sierra del Picarcho.

El límite Este, por la falla Ontur - Jumilla.

El límite Oeste, por la línea Chopillo - Sierra de Pajares.

En cada uno de estos límites se ponen en contacto las rocas acuíferas del sistema con el Triás, el Lías medio-superior, o el Cretácico inferior.

El sistema acuífero del Molar se ha dividido en tres zonas, cada una de las cuales posee un conjunto de características hidrogeológicas comunes, las cuales condicionan o pueden llegar a condicionar el flujo subterráneo. A estas zonas se les ha dado el rango de subsistema acuífero y son:

- Los Donceles - Tienda, en el que las rocas acuíferas principales son del Jurásico.

- Horst Las Minas - La Dehesilla, donde las rocas acuíferas principales son del Cretácico superior y en una pequeña proporción del Mioceno superior.

- Cañada del Venado - Molar, con rocas acuíferas pertenecientes al Mioceno superior y Cretácico superior.

En los dos últimos subsistemas, el Jurásico se encuentra a profundidades muy considerables, superiores a 1.000 m., y tiene un interés preferente, más como roca almacén que como roca a través de la cual se pueda producir un flujo subterráneo significativo.

### 3.3. INTERPRETACION PIEZOMETRICA

Los sondeos disponibles como piezómetros están irregularmente distribuidos dentro del sistema acuífero, concentrándose en cuatro sectores: Sierra de Los Donceles, Pico Tienda, La Dehesilla y Peralejo-Cañada Berosa. Para suplir esta dificultad, el IGME ha realizado tres sondeos de investigación, durante el año 1986 y otros 3 en 1987, proyectándose algunos más para un futuro próximo.

#### 3.3.1. Variaciones de los niveles piezométricos

La evolución de los niveles piezométricos a lo largo del año hidrológico sigue ritmos diferentes y tendencias incluso contrapuestas, según las zonas del sistema.

Entre febrero y el 2 de octubre de 1986, ésta ha sido la siguiente:

a) Descenso general de la cota de la superficie piezométrica:

- Sobre 0,5 m. en el Pico Tienda, como consecuencia del régimen hidrológico natural y la explotación de la zona.
- Entre 0,2 y 1,7 m. en la Sierra de Los Donceles, a consecuencia fundamentalmente de la disminución estacional de infiltración de lluvia útil.
- Entre 2,4 y 24 m. en La Dehesilla, a consecuencia fundamentalmente de la fuerte explotación de aguas subterráneas en el período.

b) Ascenso general de la cota de la superficie piezométrica, debido al incremento de la infiltración de las aguas superficiales del río Segura al sistema acuífero en el sector Peralejo - Cortijo de Las Hoyas. Ello es debido a que las aguas superficiales circulantes por la zona de contacto río-acuífero están reguladas por los embalses del Cenajo y de Camarillas, coincidiendo por tanto los mayores desembalses con los períodos de mayor demanda agrícola. El ascenso de nivel piezométrico medido en los sondeos osciló entre 0,97 y 3,38 m.

La evolución de niveles entre el 2 y el 21 de octubre de 1986 ha sido la siguiente:

a) Ascenso general de la cota de la superficie piezométrica:

- Sobre 1 m. en la zona representativa de la Sierra de Los Donceles, debido a la infiltración de lluvia útil que se produce en la región a consecuencia de las fuertes lluvias de la primera quincena del mes.
- Sobre 1 m. en La Dehesilla (y en áreas concretas probablemente más), donde al fenómeno anterior se agrega el correspondiente al cese de los bombeos.

b) Descenso general de la cota de la superficie piezométrica, debido a la disminución de la infiltración de las aguas superficiales al sistema, en el sector Peralejo - Cortijo de las Hoyas. La reducción de la aportación regulada del río tiene su origen en la disminución estacional de la demanda de aguas superficiales para riego, magnificada ese año por el efecto de las lluvias caídas en las zonas de riego en dicho período.

Las medidas obtenidas en febrero de 1987 son significativamente las mismas que las de igual mes de 1986, salvo en dos áreas concretas:

- En el sector oriental de la Sierra de Los Donceles, donde de la medida del nivel piezométrico en 1987 en el sondeo 2534-7015 fue 1,79 m. mayor que el año anterior. Aunque no parece en modo alguno aconsejable hacer afirmaciones rotundas en base a tan escasos datos de evducción de confirmarse en el futuro esta tendencia, a falta de explotación es esta zona, este comportamiento sólo puede explicarse por el efecto de la disminución de la infiltración de aguas superficiales, a consecuencia del -vaciado del embalse de Camarillas.
- En el sector de La Dehesilla, puede apreciarse un aumento generalizado de la profundidad del nivel piezométrico, que llega a alcanzar los 19 m. en el sondeo 2534-8011, aunque hacia los bordes de esta importante zona de explotación, se observa el equilibrio.

### 3.3.2. Flujo subterráneo. Relaciones río-acuífero

El sentido general del flujo del sistema, en su sector centro-oriental, es NE-SO, desde las áreas de infiltración del Pico Tienda y Sierra del Molar hacia Cañada Berosa que constituye la salida natural del sistema acuífero en el mismo cauce del río Segura. En la Sierra de Los Donceles, el flujo es NO-SE, haciéndose progresivamente N-S en dirección igualmente hacia Cañada Berosa.

En la fig.53.se presentan los mapas de isopiezas de los meses de febrero de 1986 y 1987, y octubre de 1986. Como rasgos más característicos pueden destacarse:

a) El cono de explotación localizado en el sector de La Dehesilla ha originado un umbral hidrogeológico, que se ha desplazado unos 2 Km. hacia el SO entre los meses de febrero de 1986 y 1987.

b) La infiltración de aguas superficiales al sistema, que se produce especialmente entre el embalse de Camarillas y Cañada Berosa, origina un notable apuntamiento en la morfología de las isopiezas en esa zona.

La relación entre aguas superficiales y aguas subterráneas, tiene distinto carácter e intensidad a lo largo de los sucesivos tramos de los ríos Segura y Mundo en el sistema del Molar.

En el río Segura, hasta su confluencia con el río Mundo, se localizan 2 zonas con aportaciones pequeñas del sistema acuífero al río (al Sur de las casas del Prado Piñero y en la zona Las Minas - El Maeso).

En el río Mundo, desde su entrada en el sistema hasta el embalse de Camarillas, puede existir una infiltración de aguas superficiales provenientes de las aguas estancadas a través de los materiales poco permeables del Mioceno. De todos modos, tal como se mencionó en el apartado de piezometría, esta relación no está todavía probada siendo además un área en que las rocas acuíferas principales aparecen bastante selladas por recubrimientos arcillosos.



Entre la cerrada del embalse de Camarillas y Cañada Berosa se produce una infiltración generalizada de las aguas superficiales de los ríos Mundo y Segura en el sistema acuífero, que origina variaciones sustanciales en la cota de la superficie piezométrica, dependiendo de la altura de lámina de agua en el río. Por una parte, la misma cerrada se sitúa sobre un afloramiento de calizas del Senoniense, con lo que la lámina de agua está permanentemente en contacto con la roca acuífera. Por otra, el río desarrolla en esta zona depósitos aluviales y a partir de la Casa del Peralejo un régimen meandriforme; ambos fenómenos favorecen la infiltración.

Por último, el conjunto de aguas superficiales infiltradas sale del sistema acuífero al río en su mismo cauce, en el sector indicado como manantial de Cañada Berosa.

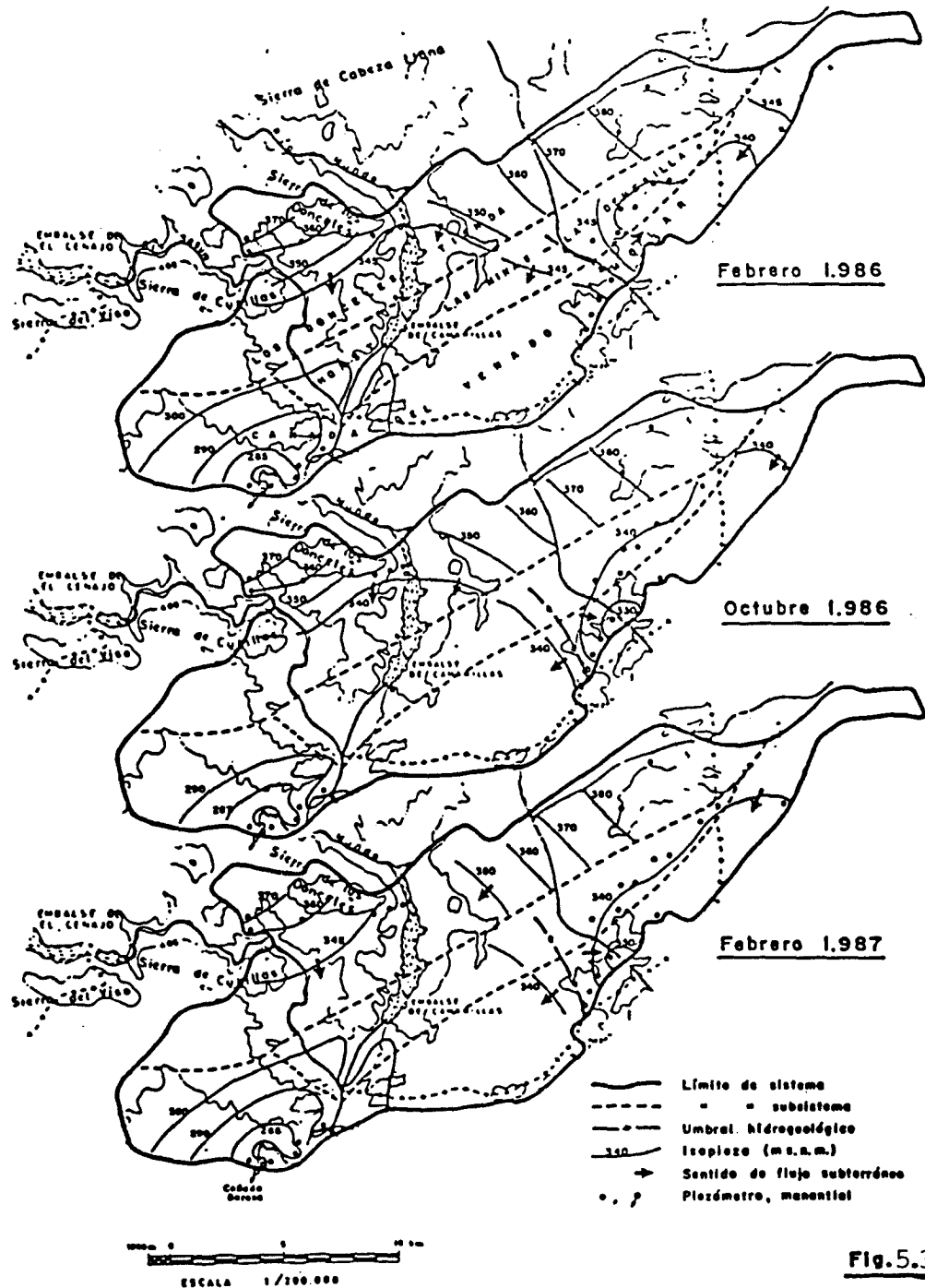


Fig.5.3.

MAPAS DE ISOPIEZAS

#### 3.4. ALIMENTACION: RECURSOS

74.

Los recursos totales del sistema puede desglosarse en tres apartados:

a) La infiltración de lluvia útil, que está comprendida entre 2 y 3,6 Hm<sup>3</sup>/año.

b) Las entradas laterales subterráneas, que están comprendidas entre una magnitud inapreciable y unos 0,3 Hm<sup>3</sup>/año.

c) La infiltración de aguas superficiales, cuya cuantificación resulta imposible precisar, pero que por comparación con el vecino sistema acuífero del Sinclinal de Calasparra, puede llegar a alcanzar una magnitud importante.

#### 3.5. SALIDAS

En estos momentos, las salidas del sistema tienen dos orígenes: la salida natural del manantial de Cañada Berosa y la explotación por bombeo.

El volumen de agua bombeada en 1986 alcanzó la cifra de unos 6,85 Hm<sup>3</sup>, lo que representa un importante aumento con respecto a la explotación de 1981, que era tan solo de 2,5 Hm<sup>3</sup>.

La aportación en el mismo cauce del río Segura del manantial de Cañada Berosa puede descomponerse en dos apartados.

a) Un componente resultante de la proporción de lluvia útil infiltrada que no puede ser regulada con la distribución actual de la explotación. Alcanza un valor comprendido entre 1,3 - 2,3 Hm<sup>3</sup>/año.

b) Un componente resultante de la infiltración de una parte de las aguas superficiales del río Mundo y Segura en el sistema, de magnitud desconocida en el presente estadio de la investigación.

#### 3.6. CONSIDERACIONES SOBRE LA EXPLOTACION DEL SISTEMA ACUIFERO

Resulta muy importante señalar que la explotación durante el año 1986 (a pesar de exceder a la infiltración de lluvia útil en un valor comprendido entre 3 y casi 5 Hm<sup>3</sup>/año) no ha destruido más agua de los recursos totales del sistema que una parte de la que se infiltra procedente de la lluvia en los sectores a las zonas de bombeo. Ello es debido a dos razones:

- Lejanía de las explotaciones con respecto a las zonas de infiltración de aguas superficiales.
- Estructura hidrogeológica del sistema, que posibilita la formación de un umbral hidrogeológico y aísla la zona de mayor explotación (sector de la Dehesilla) del resto del sistema. El sector de Pico Tienda puede considerarse en equilibrio entre explotación e infiltración.

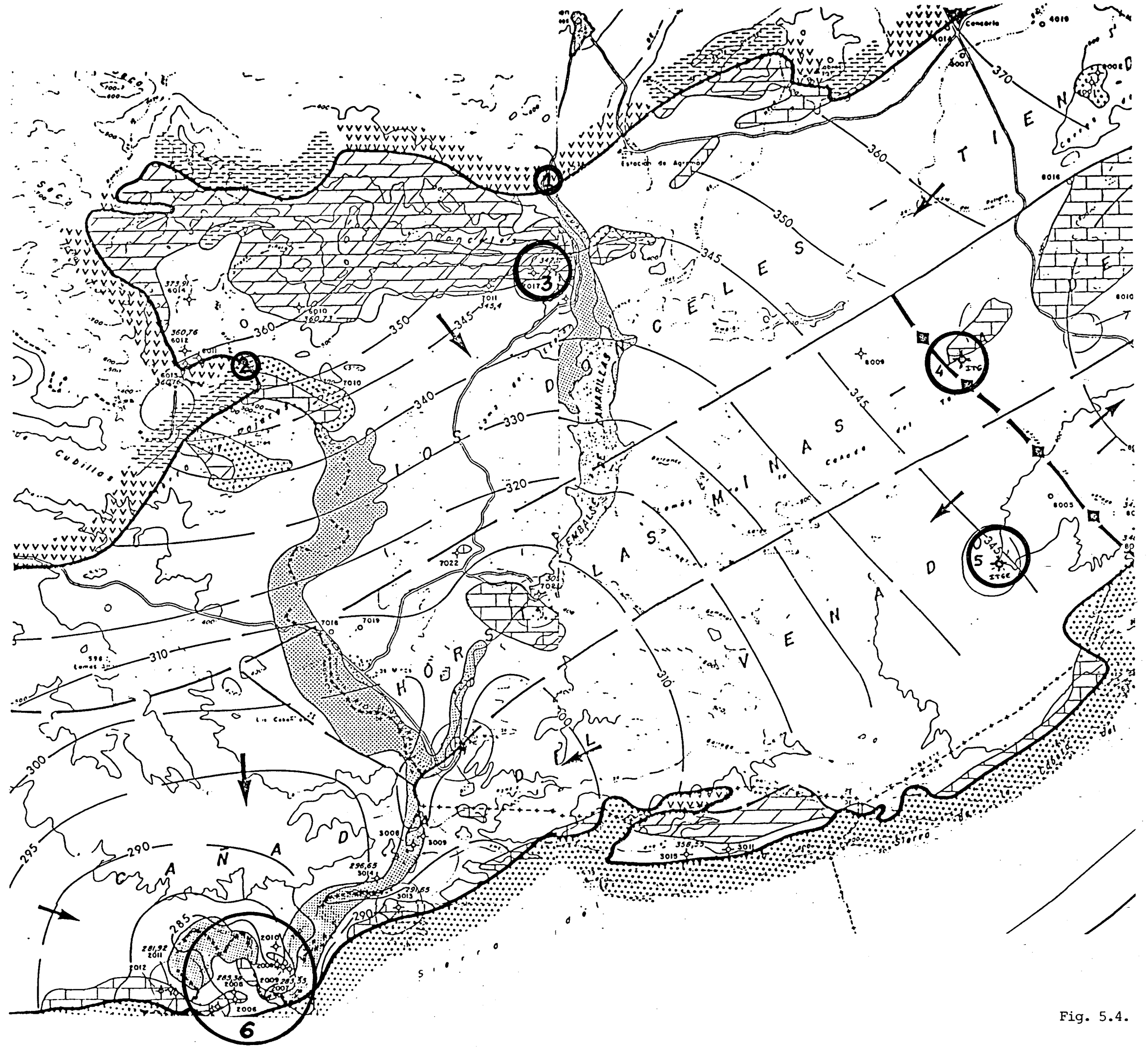


Fig. 5.4.

Por lo tanto, el estado del sistema en el sector de la Dehesilla debe calificarse como de sobreexplotación local. Esta situación, de continuar las importantes extracciones en esta zona, puede ir extendiéndose progresivamente a otros sectores colindantes (especialmente en dirección SO) originando la continuación del desplazamiento del umbral hidrogeológico de la Dehesilla hacia las zonas de infiltración de aguas superficiales. De producirse este indeseable efecto, el régimen regulado de las aguas superficiales de la zona se vería sensiblemente modificado, de modo que una parte de las aguas bombeadas en los sondeos se detraería de este componente, que en condiciones no influenciadas se restituiría de un modo natural al río Segura por el manantial de Cañada Berosa.

La situación puesta de manifiesto a lo largo de la investigación emprendida, ha aconsejado al IGME la concentración de un importante esfuerzo de control piezométrico y de calidad química; con ello se pretende obtener series temporales de duración suficiente para proceder a una modelización del flujo subterráneo y estudiar la conveniencia de introducir este sistema acuífero en el modelo de gestión coordinada de las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del Segura (IGME, 1985) y del que actualmente participan los embalses subterráneos del Sinclinal de Calasparra y Vega Alta.

Entre las medidas aconsejables a corto plazo para una optimización de la gestión del sistema, sería deseable pudiera llegarse a una distribución de la explotación tal que se regulara totalmente la aportación procedente de la infiltración de lluvia útil. Estas medidas deben verse favorecidas por la lejanía de las principales zonas de infiltración de lluvia (Sierra de Los Donceles, Pico Tienda y Sierra del Molar) con respecto a las zonas de contacto río-acuífero (Cañada Berosa - cerrada del embalse de Camarilla).

## 5.2.- PROPUESTA DE ACTUACIÓN

De acuerdo con los técnicos de las oficinas del ITGE y de ENADIMSA de Murcia, se propone el siguiente plan de actuación (fig. 5.4.):

### Análisis en época de no trasvase

1. Caracterización isotópica del agua del río Mundo a su entrada en el sistema acuífero (sector 1).
2. Caracterización isotópica del agua del río Segura a su entrada en el sistema acuífero (sector 2).
3. Análisis isotópicos en tres piezómetros del ITGE situados en la cola del embalse de Camarillas (nº= 2534-7017/2534-7021) (Ø155 mm y nivel a 26-27 m de profundidad) (sector 3).
4. Análisis de dos pozos representativos de la circulación subterránea en la Sierra de los Donceles (a definir por la oficina regional).
5. Análisis de dos piezómetros del ITGE situados a ambos lados del umbral hidrogeológico del NE del sistema (sectores 4 y 5).
6. Análisis de la descarga del acuífero por tres puntos a definir por la oficina regional del ITGE (sector 6).

### Análisis en época de trasvase

1. Caracterización isotópica del agua trasvasada del Tajo a su entrada al sistema acuífero (sector 1).
2. Repetición de los puntos 3, 4, 5 y 6 al comienzo de la época de trasvase (febrero-marzo).

3. Repetición de los puntos 3, 4, 5 y 6 al final de la época de trasvase (septiembre-octubre).

MUESTREO A REALIZAR

	<u>1<sup>er</sup>O</u>	<u>2<sup>o</sup>H</u>	<u>Químicos</u>
No trasvase	12	12	12
Trasvase	<u>22</u>	<u>22</u>	<u>22</u>
TOTAL	34	34	34

**6.- DETERMINACIÓN DEL ORIGEN Y AREA DE RECARGA**  
**-----**  
**EN TAIBILLA Y EN EL CALAR DEL MUNDO (MURCIA)**  
**-----**

**6.- DETERMINACIÓN DEL ORIGEN Y AREA DE RECARGA**  
-----  
**EN TAIBILLA Y EN EL CALAR DEL MUNDO (MURCIA)**  
-----



De acuerdo con los técnicos de las oficinas regionales del ITGE Y ENADINSA, se considera resuelto el problema planteado sobre las recargas del Taibilla y del Mundo.

Sugieren que los muestreos correspondientes a este trabajo pasen a reforzar el estudio del Campo de Cartagena, donde en estos momentos se están concentrando gran parte de las investigaciones en curso.

**7.- DETERMINACIÓN DEL ORIGEN DE LA SALINIDAD**  
-----  
**EN LA DEPRESIÓN DE BENISA (ALICANTE)**  
-----

### 7.1.- PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

Objetivo a cubrir: Determinación del origen de la salinidad en la depresión de Benisa (Alicante).

Originalmente el proyecto pretendía cubrir el origen de la salinidad de este acuífero y el de la Vega Baja del Segura. En el TIAC'88, los técnicos del IGME y ENADIMSA de las respectivas oficinas de Murcia presentaron dos comunicaciones conjuntas en las que se justifica la presencia de una serie de intrusiones marinas fósiles en el Campo de Cartagena y en la Vega Baja del Segura, por lo que se prefiere centrar esfuerzos en el origen de la salinidad de la depresión de Benisa, mucho menos conocida.

A título informativo, y como referencias a tener en cuenta, estas publicaciones son (TIAC'88):

- Solís, J; Mora, V; Rodríguez, T; Aragón, R.- Situación de la intrusión marina en la Cuenca del Segura (pp. 249-265).
- Mora, V; Rodríguez, T; Aragón, R.- Intrusión marina fósil en el Campo de Cartagena (Murcia) (pp. 221-236).

Por lo que se refiere al acuífero de la depresión de Benisa, se resume a continuación la síntesis de su descripción realizada por el ITGB:

#### Situación y geometría del acuífero

El acuífero de la Depresión de Benisa se sitúa al nordeste de la provincia de Alicante, en donde ocupa un sector adyacente al mar Mediterráneo, entre el cabo de S. Antonio y el Morro de Toix, limitado hacia el interior por la sierra del Mongó al norte; las sierras de Castellar y Loma Larga al oeste y la Sierra de Benisa al sur. Estas alineaciones montañosas configuran un anfiteatro natural con cotas de hasta 1.130 m.s.n.m. que enmarca una depresión de relieve colinar que se

extiende entre la cota 300 y el nivel del mar, interrumpida solamente en el sector litoral comprendido entre el cabo de la Nao y la Punta de Moraira por los abruptos relieves de la sierra de Llorensá.

La superficie del acuífero es de 248 Km<sup>2</sup>, de los cuales 146 Km<sup>2</sup> corresponden a afloramientos de materiales considerados impermeables. Las poblaciones más importantes ubicadas en su interior son Jávea, Benisa, Calpe, Teulada, Senija y Benitachell.

Las formaciones transmisivas existentes en el ámbito del acuífero son numerosas. De muro a techo destacan en primer lugar las calizas del Aptiense, de 300 m. de espesor, que constituyen un nivel acuífero susceptible de tener alta permeabilidad por fisuración y carstificación, si bien su accesibilidad mediante sondeo está restringida a sectores localizados al norte de Loma Larga y oeste de la Sierra de Castellar. En circunstancias similares se encuentran los materiales del Albiense, constituidos por calizas gravelosas y oolíticas en paquetes de hasta 80 m, alternando con margas y margocalizas de hasta 40 m de espesor, y potencia global próxima a 300 m.

Las calizas del Cretácico superior constituyen también un acuífero importante en las Sierras de Castellar y Soldetes, únicos lugares de la unidad en las que pueden ser captadas.

Las calizas arrecifales del Oligoceno (200 m) constituyen el mejor nivel acuífero representado de la unidad, ya que son susceptibles de encontrarse saturadas y a una profundidad asequible (inferior a 250 m) en una amplia franja situada al norte de una línea imaginaria que con dirección NE-SW une el vértice de Orlá con Benitachell.

Las calizas del Eoceno, dado su carácter alóctono, unido a la escasa representatividad que tienen en la zona, carecen de interés hidrogeológico.

Los materiales miocenos de facies "tap" presentan intercalaciones calcáreas que localmente resultan productivas. Incluso en los sectores en

los que predominan las margas calcáreas con cierta compacidad pueden albergar niveles acuíferos con permeabilidad por fisuración. En ambos casos se suele tratar de acuíferos colgados de escasa entidad, no aptos para soportar una explotación continuada excepto en los casos en que estos niveles estén en conexión lateral con las calizas mesozóicas y/o oligocenas, tal como sucede al oeste de la carretera Benisa-Calpe.

Por último, el aluvial del río Gorgos en unión con otros depósitos eólicos, de playa y albufera constituyen un pequeño acuífero detrítico de 12 Km<sup>2</sup> de extensión, y fuertes extracciones incontroladas. Dadas las características peculiares de este acuífero, se considera independiente del de la depresión de Benisa.

Se desconoce con exactitud las relaciones entre los diferentes niveles transmisivos mesozóicos y oligocenos, pero es muy probable que la conexión hidráulica exista incluso con las calcarenitas de la base del Mioceno, por lo que a gran escala se trataría de un acuífero único que tendría como sustrato impermeable las margas neocomienses. Hacia el techo, el conjunto estaría confinado por las margas en facies "tap".

La estructura que afecta a la Depresión de Benisa constituye a grandes rasgos un sinclinal de dirección NE-SW muy fracturado por fallas normales de similar dirección, por lo que en realidad se trata de una fosa tectónica, en la que el relleno mioceno alcanza espesores de hasta 100 m. Parte del flanco suroriental de este sinclinal tiene la particularidad de aparecer volcado, incluso algo cabalgado, en la Sierra de Llorensá.

Los límites hidrogeológicos del acuífero están definidos como sigue:

Por el norte el límite no es bien conocido y se hace coincidir con el levantamiento del impermeable de base por encima de la superficie piezométrica en el borde sur de la Sierra del Mongó. No obstante, es posible que más al sur, bajo el aluvial del Río Gorgos, exista una banda triásica cuyo único afloramiento se dá al norte de Gata de Gorgos, que constituiría realmente el límite septentrional del acuífero. Del mismo

modo, por el SW el límite es cerrado y está constituido por los afloramientos de Keuper del diapiro de Altea. Sin embargo, cabe también aquí la posibilidad de que previamente en la Sierra de Benisa, una falla limite hacia el sur la continuidad de los materiales permeables, por lo que el extremo suroriental del acuífero constituya un compartimento de unos 8 Km<sup>2</sup> de extensión, coincidente con Peña Alhama y desconectado del contexto de la Depresión de Benisa.

Por el oeste existe un umbral hidrogeológico motivado por el impermeable de base, que llega incluso a aflorar al sur de Lliber, si bien su continuidad es dudosa, por lo que es previsible la existencia de aportes laterales a través de este límite; de hecho en el extremo meridional y en las proximidades de Gata de Gorgos, sin perjuicio de otros sectores, el límite es abierto y permite la conexión con los acuíferos de Carrascal-Ferrer y Solana de la Llosa-Castell de la Solana respectivamente.

El límite oriental está abierto al Mediterráneo.

#### Funcionamiento hidrogeológico. Balance.

El funcionamiento hidrogeológico del acuífero de la Depresión de Benisa presenta numerosas incertidumbres derivadas de una carstificación diferencial que propicia la existencia de una red cárstica muy jerarquizada. Ello ha motivado que los trabajos de prospección presenten un elevadísimo porcentaje de sondeos nulos, y los considerados positivos muestren normalmente características hidrodinámicas muy pobres (con transmisividades normalmente inferiores a 30 m<sup>2</sup>/día) cuya extrapolación al conjunto del acuífero puede ser fuente de importantes errores.

La principal fuente de alimentación del acuífero está constituida por la infiltración del agua de lluvia, seguida de la transferencia lateral subterránea procedente del acuífero de Carrascal-Ferrer y, por goteo, del acuífero detrítico de Jalón.

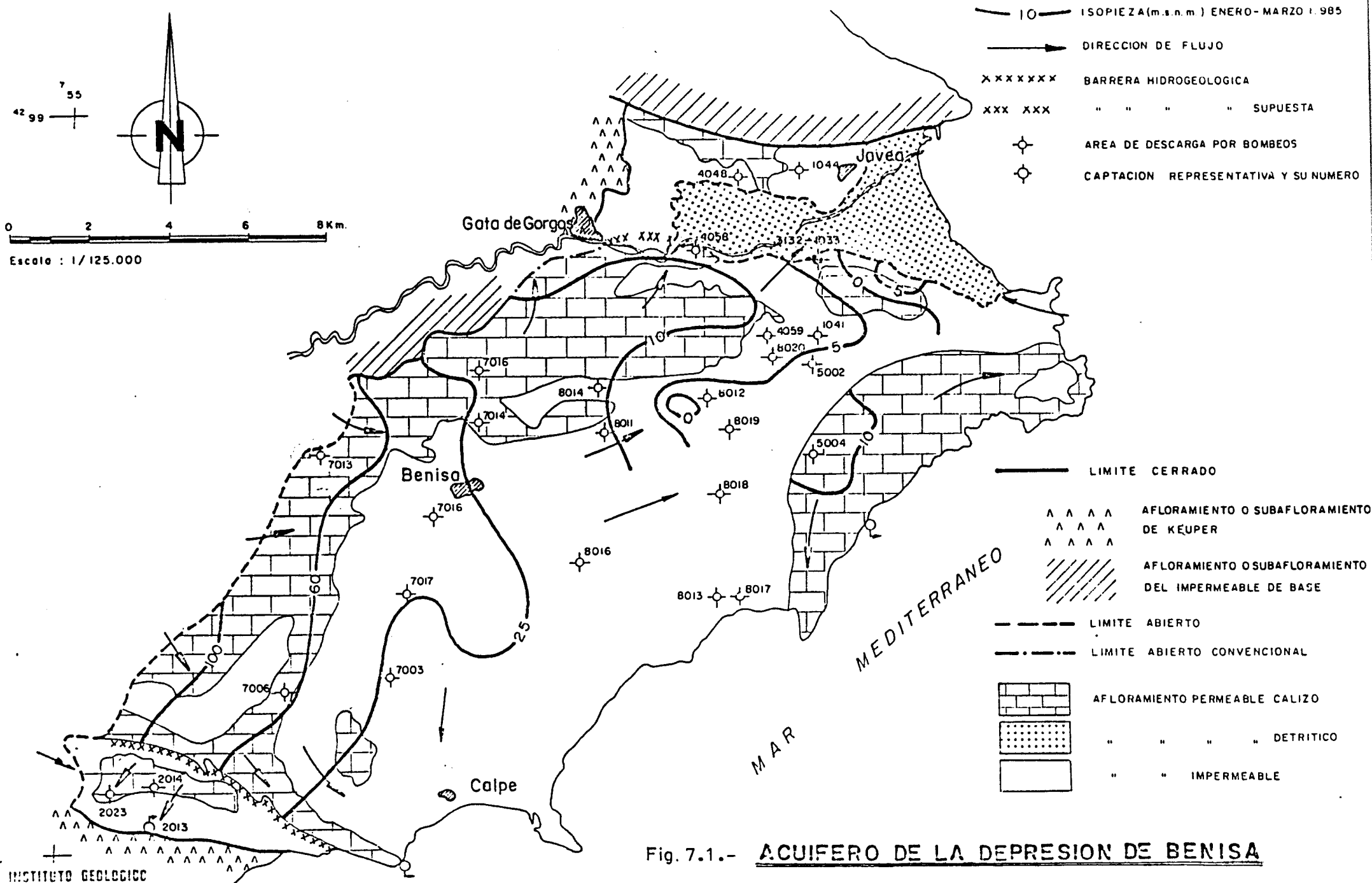
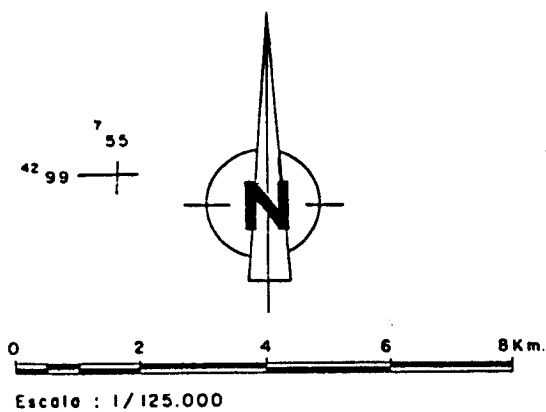
La piezometría varía entre 60 m.s.n.m. en el sector suroccidental de la depresión de Benisa, en las proximidades de la zona a través de la cual se produce la alimentación proveniente del acuífero de Carrascal-Ferrer (3032-7006), y cotas comprendidas entre 0 y 10 m.s.n.m. en los flancos de la Sierra de Soldetes, para inmediatamente al este, en el Fonsolet, situarse a cotas próximas al nivel del mar, con frecuencia negativas, circunstancia que también se da en zonas relativamente interiores situadas en el término de Benitachell (3032-8012), en donde la magnitud de las extracciones no parece justificar este fenómeno.

En el resto del acuífero los datos representativos del nivel piezométrico regional se refieren a una estrecha franja que orla los relieves calizos del interior, con cotas descendentes en dirección NE, que varían entre 25-30 m.s.n.m. en partida de Bombí (3032-7017), 20-25 en Tosal del Cosí (3032-7018) y próxima a 10 m.s.n.m. al oeste de Teulada (3032-8011, 3032-8014 y 3032-8015).

Se desconoce la posición del nivel piezométrico en todo el litoral comprendido entre el Morro de Toix y la Punta de Moraira, pero a la vista de la piezometría existente en el interior y de la profundidad a la que yacen los niveles transmisivos, no parece que esta tenga el suficiente potencial como para permitir el escape hacia el mar. Todo ello, unido a la estructura de la Sierra de Llorensá, hace poco probable la existencia de flujo normal a la costa en todo el litoral comprendido entre el Morro de Toix y el cabo de La Nao.

De acuerdo con esto, parece verosímil la existencia de una divisoria piezométrica que divide al acuífero en dos sectores: uno septentrional, en el que la circulación se efectúa en dirección NE, para ser finalmente captados en el sector nororiental del acuífero, alimentar a los acuíferos de Castell de la Solana y de Jávea o perderse en el mar al norte del Cabo La Nao; y otro meridional, en el que la circulación se efectúa con una fuerte componente sur en dirección al Morro de Toix (fig. 7.1.).

Fuera de este contexto, la diversidad piezométrica es enorme, así





en el compartimento de Peña Alhama el nivel piezométrico en los puntos (3032-2023 y 3033-2034) se sitúa actualmente a 145 m.s.n.m., en tanto que en el flanco oeste de la Sierra de Llorensá se detectan cotas variables entre 35 y 15 m.s.n.m. en puntos muy próximos, y que posiblemente correspondan a niveles colgados de escasa representatividad.

Finalmente, los diferentes niveles productivos intercalados en las margas miocenas, constituyen pequeños acuíferos aislados cuyos niveles piezométricos muestran un fuerte control morfológico, con cotas que varían entre 210 m.s.n.m. (3032-7016) en las proximidades de Benisa; 100 m.s.n.m. en las inmediaciones de Benitachell; 70 m.s.n.m. en la ermita de S. Vicente (3032-8010) y 0-5 m.s.n.m. en las proximidades de Moraira (3032-8017).

La descarga del acuífero regional se produce por tres mecanismos principales: salidas al mar, extracciones y alimentación lateral a los acuíferos de Solana de la Llosa-Castell de la Solana y detrítico de Jávea.

Las salidas al mar constituyen el principal mecanismo de descarga del acuífero. Se conoce la existencia de numerosos manantiales de agua dulce en el Morro de Toix, a profundidades bajo el nivel del mar de 5 a 8 m así como otros situados entre el Peñon de Ifach y la punta de Moraira, en aparente contradicción con lo expuesto anteriormente, y que puede tener su justificación en la existencia de un gran carst en la zona no saturada que canaliza hacia el mar, de manera casi inmediata, parte muy importante de las aguas recién infiltradas.

De este modo, las salidas importantes al mar quedarían restringidas a cortos espacios de tiempo, lo que unido al esbozo piezométrico arriba apuntado y al gran desarrollo en profundidad de las formaciones acuíferas, propicia que el pié de la interfase penetre profundamente en el interior y que la zona de mezcla alcance un gran desarrollo, lo que justifica otro fenómeno ampliamente representado en la depresión de Benisa: La captación de aguas con elevados contenidos salinos ( $\text{Cl}^-$  > 3000 ppm) en sondeos profundos, alejados hasta 6 Km del litoral, y con cotas piezométricas netamente positivas, que varían entre 10 y

60 m.s.n.m. (3032-7003, 3032-7006, 3032-7059, etc). Este es el fenómeno a investigar mediante isótopos.

Las salidas por extracciones son poco significativas a nivel de acuífero, si bien tienen cierta entidad en el término de Lliber y a partir de 1983 en el término de Jávea.

Ello hace que la evolución piezométrica sea estacionaria, y dependa fundamentalmente de las contingencias climatológicas antes que de factores antrópicos, los cuales solo se hacen notar en el sector del Tossalet, con cotas de hasta 10 m.b.n.m. debidas fundamentalmente a la influencia ejercida por los intensos bombeos de la cercana Plana de Jávea, lo que ocasiona una intrusión salina en este sector evaluada en  $0,2 \text{ hm}^3/\text{año}$ .

Las salidas laterales a los acuíferos de Castell de la Solana se estima que ascienden a  $0,7 \text{ hm}^3/\text{año}$ , en tanto que las que se producen al acuífero detrítico de Jávea son de  $2,6 \text{ hm}^3/\text{año}$ .

En el compartimento de Peña Alhama la alimentación se produce por infiltración del agua de lluvia y transferencia lateral procedente del acuífero de Carrascal-Ferrer. Las salidas se producen mediante captaciones (3033-2024) y a través del manantial (3031-2013).

En la Sierra de Llorensá la alimentación proviene de la infiltración del agua de lluvia, en tanto que las descargas se producen por salidas directas al mar, presumiblemente a través de los extremos del arco que configura dicha sierra. También se conoce la existencia de manantiales submarinos de escasa entidad. Las extracciones mediante sondeos son muy escasas.

El funcionamiento hidráulico del acuífero se puede sintetizar en el siguiente balance (1974-1983):

Entradas

Infiltración lluvia	13,98	hm <sup>3</sup> /año
Entradas laterales		
-Acuífero Carrascal-Ferrer	2	hm <sup>3</sup> /año
-Acuífero detrítico de Jalón	1,5	hm <sup>3</sup> /año
Entradas mar (sector Jávea)	0,2	hm <sup>3</sup> /año

Salidas

Salidas al mar	12	hm <sup>3</sup> /año
Salidas laterales		
-A la plana de Jávea	2,6	hm <sup>3</sup> /año
-Al acuífero de Castell la Solana	0,7	hm <sup>3</sup> /año
Bombes	1,7	hm <sup>3</sup> /año
Emergencias (3033-3013)	0,5	hm <sup>3</sup> /año

**7.2.- PROPUESTA DE ACTUACIÓN**

Se ha decidido el muestreo de 10 puntos de agua, a distancias crecientes tierra adentro, que serán seleccionados por la Oficina regional.

El estudio del origen de la salinidad se llevará a cabo mediante una combinación de criterios químicos e isotópicos, tomando el agua del mar como referencia.

Criterios químicos

- Estudio de los equilibrios agua-roca con el fin de conocer el grado de saturación de las aguas problema respecto a las litofacies presentes en la zona.
- Estudio de las relaciones iónicas e indicadores marinos (B, Br, Sr, etc.).

Criterios isotópicos

- Análisis de las lluvias locales.
- Análisis de  $^{13}\text{C} + ^{18}\text{O}$  de los bicarbonatos y  $^{34}\text{S} + ^{18}\text{O}$  de los sulfatos con el fin de determinar el origen marino o continental de estos isótopos.
- Análisis de  $^3\text{H}$  y  $^{14}\text{C}$  para proceder a su datación.
- Análisis de  $^{18}\text{O}$  y  $^2\text{H}$  de los puntos de agua para delimitar sus tendencias a pesado. Correlación de estos valores con los contenidos de  $^{13}\text{C}$ ,  $^{34}\text{S}$ , e indicadores geoquímicos ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , B, Br, Sr... etc.).

MUESTREO A REALIZAR

	$^{18}\text{O}$	$^2\text{H}$	$^3\text{H}$	$^{13}\text{C}+^{18}\text{O}$	$^{34}\text{S}+^{18}\text{O}$	$^{14}\text{C}+^{13}\text{C}$	Químicos
Agua mar	1	1	1	1	1	-	1
Pozos problema	7	7	4	7	7	4	7
Aguas lluvia	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>
TOTAL	11	11	7	8	8	4	8

# PLANO ESQUEMATICO DE FACIES LITOLOGICAS

## MIOCENO DE BASE (NIEBLA-POSADAS)

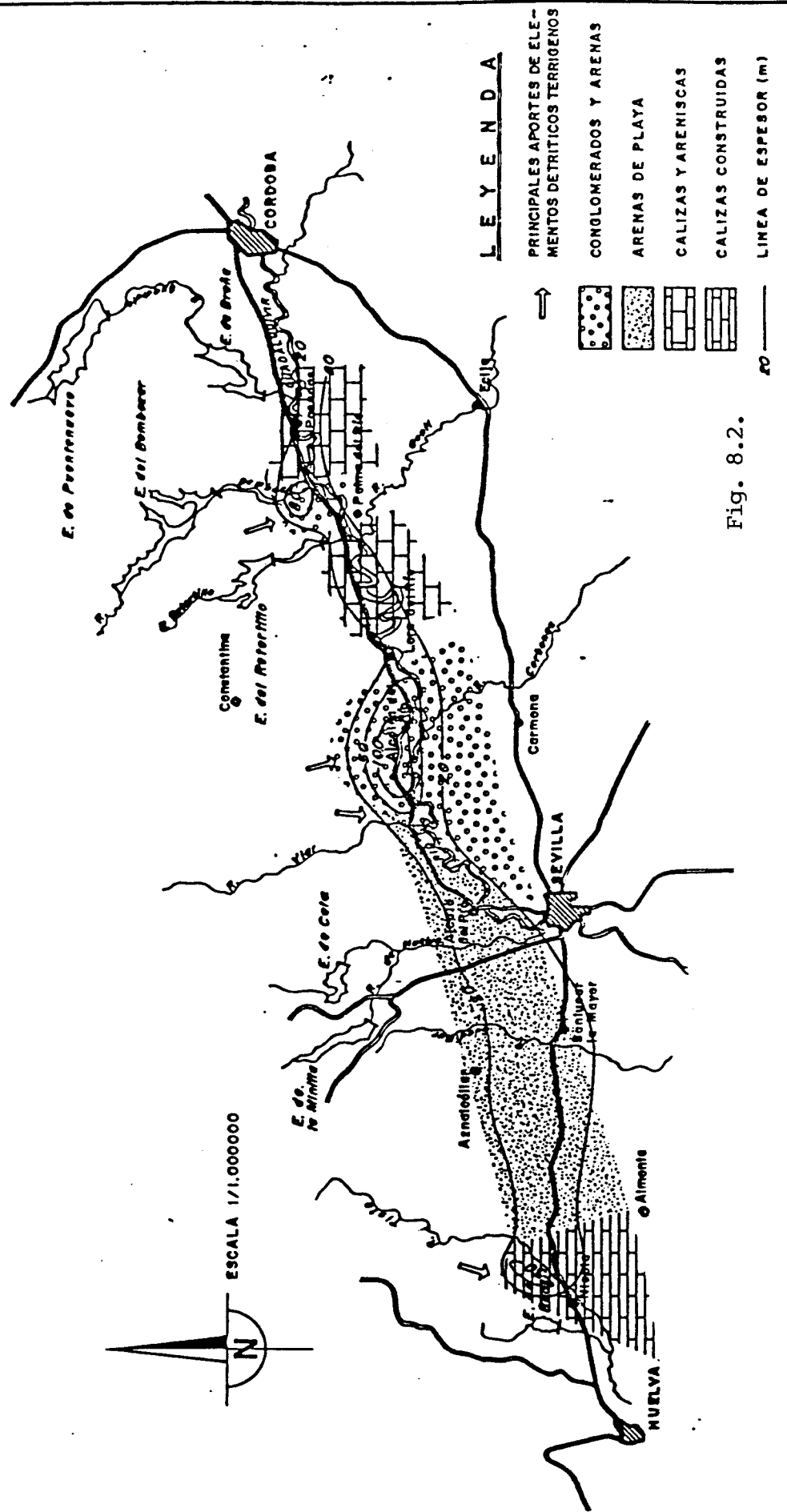


Fig. 8.2.

UNIDAD NIEBLA - GERENA

(Acuífero Mioceno de Base)

Situación de la zona de estudio

Escala 1:200.000

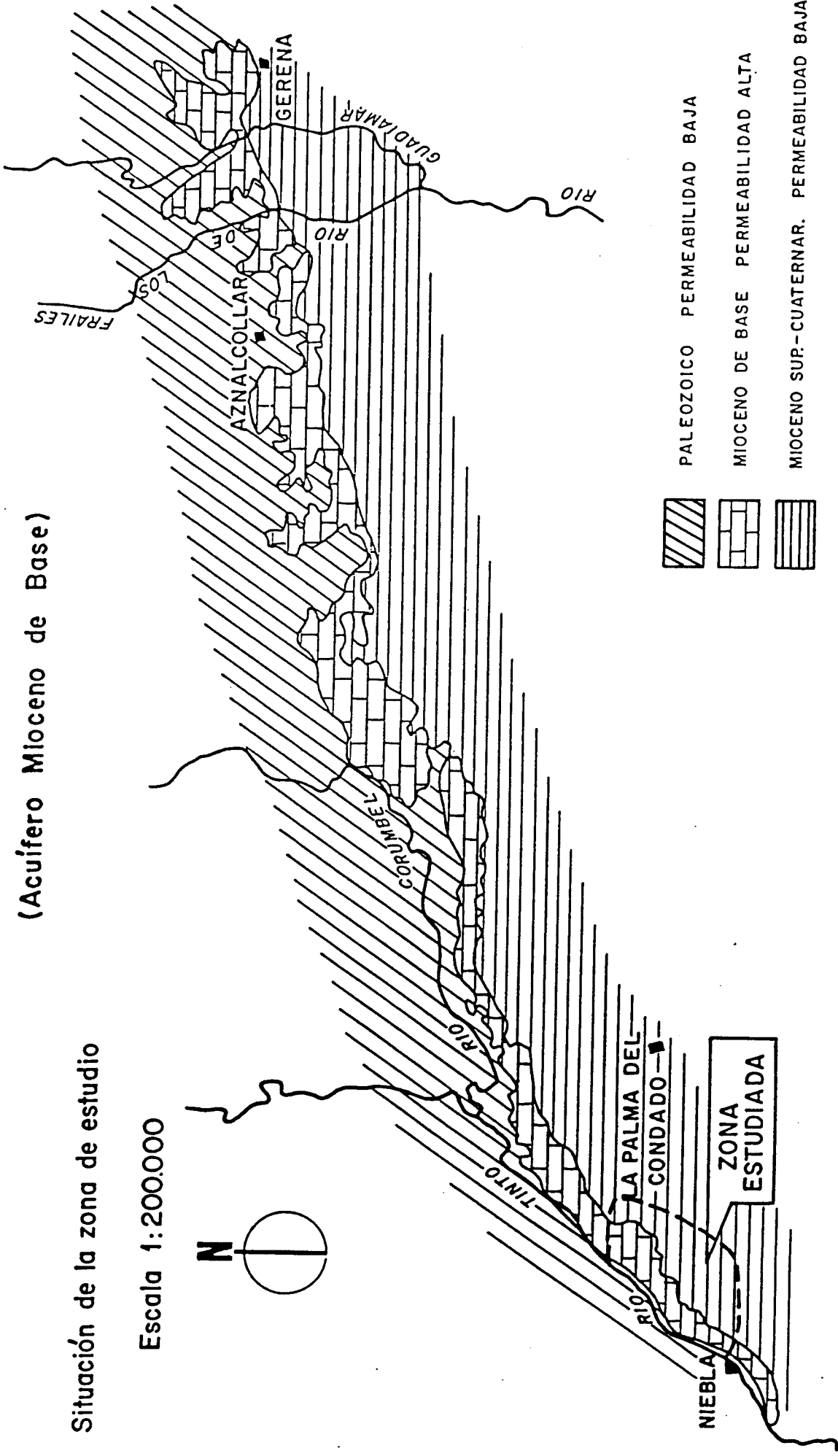
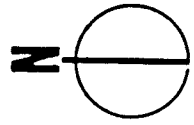


Fig. 8.3.

**8.- RECARGA DEL ACUÍFERO MIOCENO DE BASE POR  
-----  
AGUAS DEL RÍO TINTO EN NIEBLA (HUELVA)  
-----**

### 8.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Objetivo a cubrir: Estudio de la recarga con aguas del río Tinto del acuífero del Mioceno basal en Niebla (Huelva). Origen de la recarga, velocidad y dirección de flujo. Relación río-acuífero enfocada al estudio de problemas de calidad.

El acuífero Mioceno de base (Sistema 26) se extiende de forma discontinua, entre Ayamonte (Huelva) y Bailén (Jaén) a lo largo de una banda de casi 200 Km de longitud y una anchura media de unos 2 Km. siguiendo el contacto entre el borde S de la Meseta y la cuenca del Guadalquivir. La superficie total de afloramientos permeables es de unos 365 Km<sup>2</sup> (figs. 8.1. y 8.2.).

La zona objeto de este estudio pertenece a la subunidad Niebla-Gerena, con una superficie de afloramiento próxima a los 65 Km<sup>2</sup> y corresponde al segmento de cauce del río Tinto aguas arriba de la localidad de Niebla (fig. 8.3.).

Las aguas del río Tinto se encuentran fuertemente contaminadas, por lo que no pueden utilizarse directamente, ni para usos urbanos ni agrícolas. Al NE de Niebla, el río atraviesa unos 5 Km de formación carbonatada (Mioceno de base) que se explota en la margen izquierda. El bombeo, es cuantitativamente, importante, lo que hace que en el tramo mencionado el río pueda ser influente o estar colgado, es decir, exista un posible fenómeno natural de recarga al acuífero con aguas del Tinto, siendo esta recarga más o menos importante en función de la permeabilidad de lecho del río.

En diciembre de 1988, el ITGE realizó un estudio de viabilidad de la recarga del acuífero Mioceno en el entorno de Niebla con aguas procedentes del río Tinto, del cual se han tomado los datos que se exponen a continuación.

La realización de una recarga artificial permitiría una mayor y eficaz regulación de los recursos hídricos superficiales, lo que podría



# ESQUEMA ESTRUCTURAL DE LA CUENCA DEL RIO GUADALQUIVIR

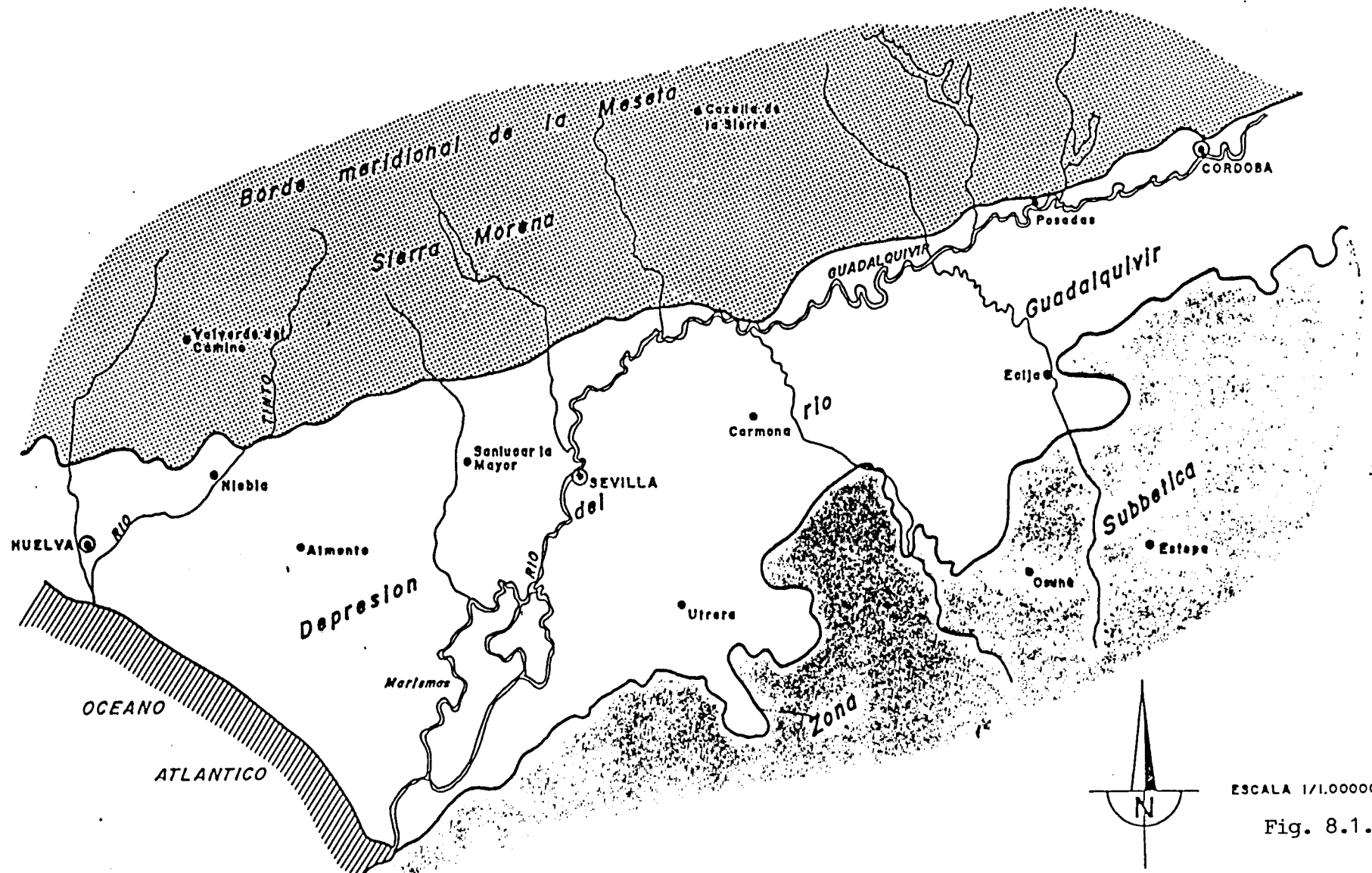


Fig. 8.1.

satisfacer la demanda, cada vez mayor, que se genera en la zona y que actualmente se cifra en unos 9 hm<sup>3</sup>/año, lo que equivale a la recarga natural media de la subunidad Niebla-Gerena y que ha sido evaluada por el ITGE en 8-9,5 hm<sup>3</sup>/año (fig. 8.4.).

En el sector estudiado, la alimentación del acuífero Mioceno de base se produce, de manera fundamental, por la infiltración del agua de lluvia caída sobre los afloramientos del mismo, estimándose la cuantía de dichas entradas en un 80% de la lluvia útil, lo que representa unos 70-80 mm/año.

Además de las entradas debidas a la infiltración del agua de lluvia, que se localiza en las zonas donde el acuífero se comporta como libre, se produce una pequeña recarga adicional por:

- Rezume de los limos y margas suprayacentes en la zona donde el acuífero es semiconfinado.
- Infiltración de las aguas superficiales de los ríos y arroyos en los tramos que éstos atraviesan los afloramientos permeables y los cauces se localizan a mayor cota que la superficie piezométrica.

En régimen natural, sin extracciones del acuífero mediante obras de captación, el río Tinto constituiría en el tramo que atraviesa a la formación permeable una zona de drenaje del acuífero, ya que incluye las cotas topográficas más bajas.

Con la explotación que tiene lugar en el área, se produce un vaciado del acuífero, lo que da lugar a un descenso del nivel piezométrico de la unidad hidrogeológica, pudiendo llegar a quedar el río localmente colgado. En esta situación, se produciría un cambio en el funcionamiento hidráulico y el río pasaría de ser eje drenante del acuífero a recargarlo. Esta situación es la actual tal como se evidencia en el mapa piezométrico de la fig. 8.5.

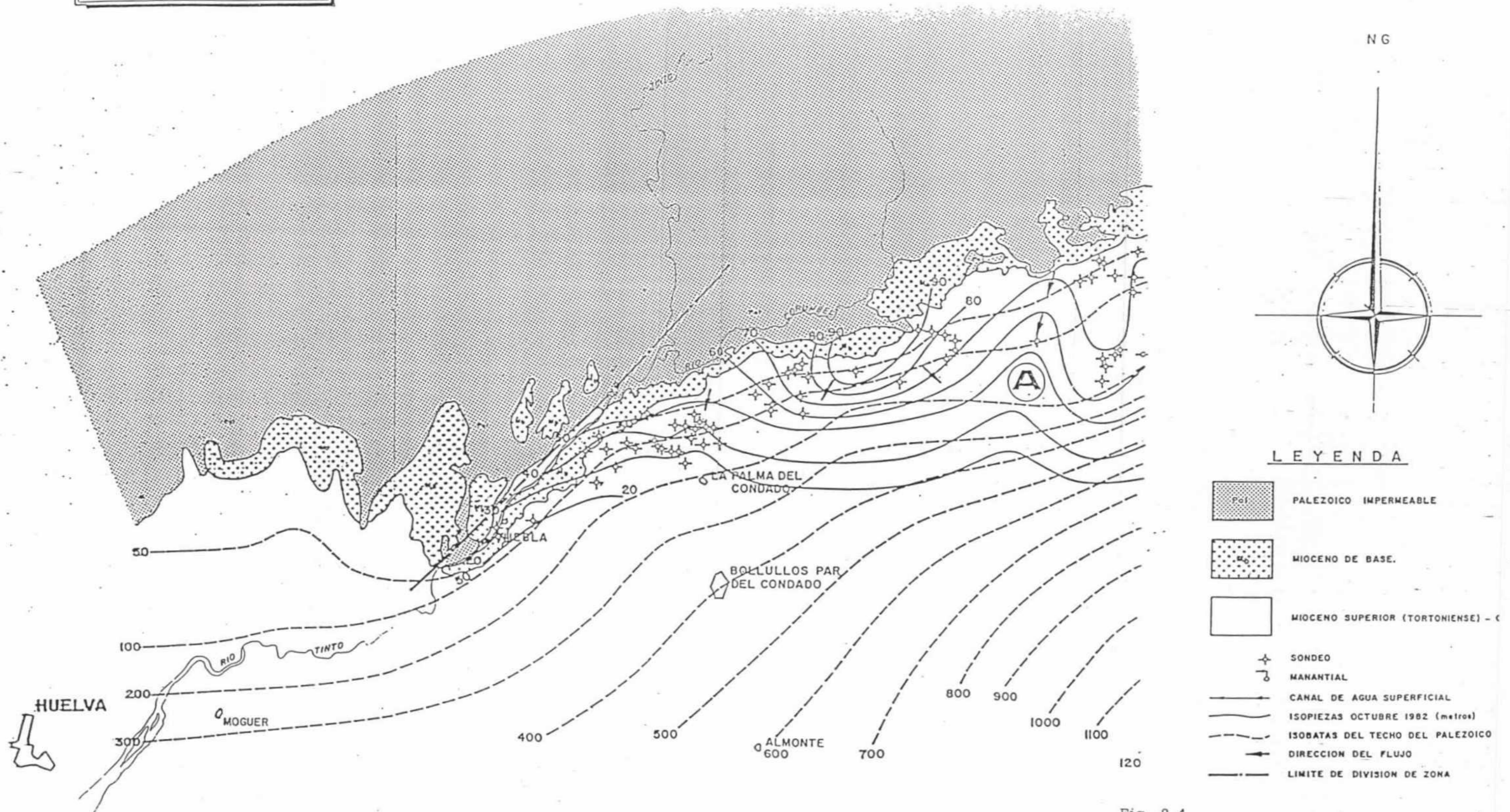
La cuantía de dicha recarga, inducida por los bombeos, parece ser



PLANO HIDROGEOLOGICO

ZONA A NIEBLA-GERENA

RECURSOS MEDIOS: 8 a 9,5 hm<sup>3</sup>/año  
 Recursos 1981-82: 7 a 8,5 hm<sup>3</sup>/año  
 Extracciones 1981-82: 9,5 hm<sup>3</sup>  
 BALANCE: -2,5 a -1 hm<sup>3</sup>



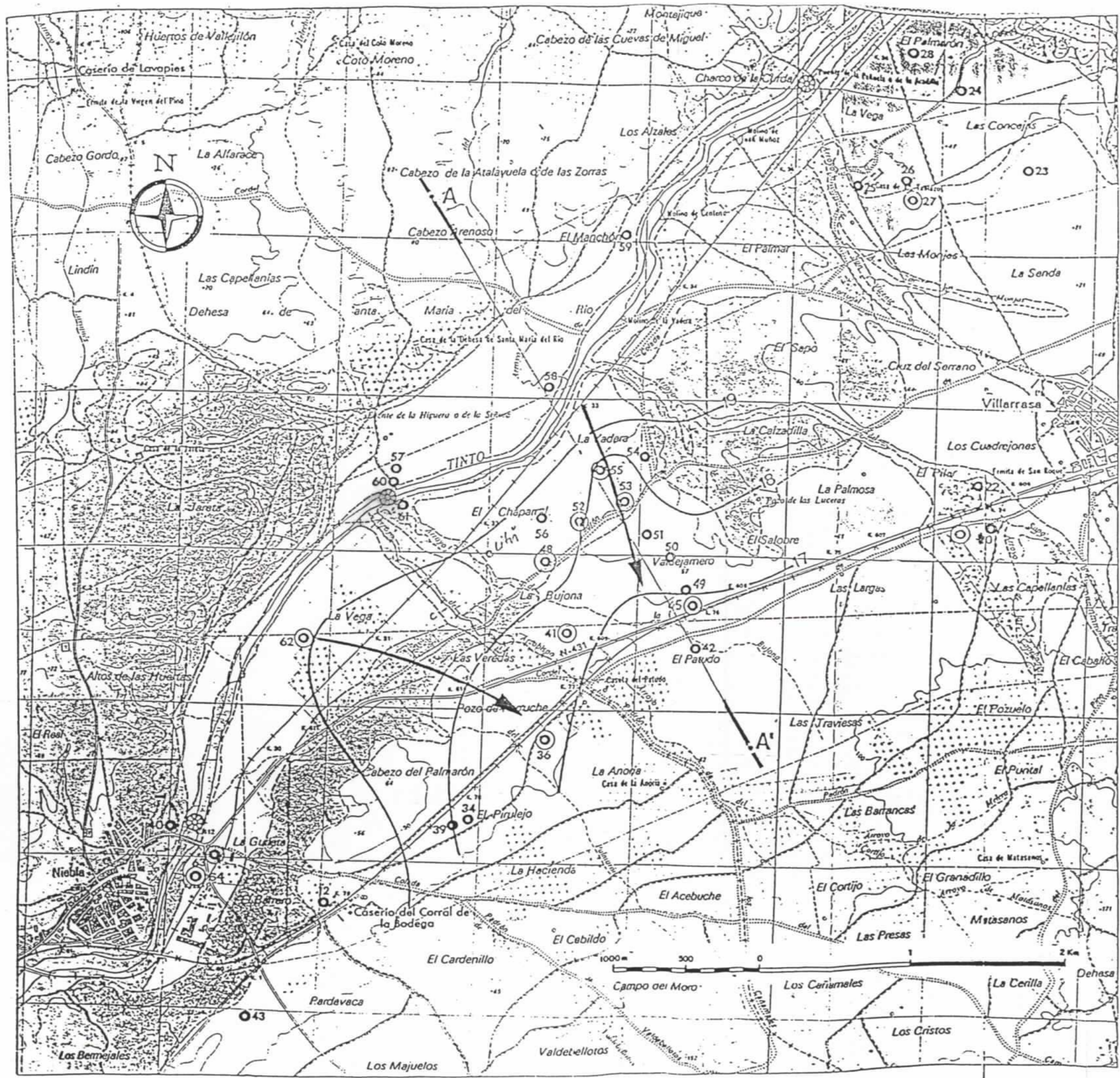
LEYENDA

- PALEZOICO IMPERMEABLE
- MIOCENO DE BASE.
- MIOCENO SUPERIOR (TORTONIENSE) - C
- SONDEO
- MANANTIAL
- CANAL DE AGUA SUPERFICIAL
- ISOPIEZAS OCTUBRE 1982 (metros)
- ISOBATAS DEL TECHO DEL PALEZOICO
- DIRECCION DEL FLUJO
- LIMITE DE DIVISION DE ZONA

Fig. 8.4.

ESCALA  
1: 200000





ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA RECARGA DEL ACUIFERO MIOCENO EN EL ENTORNO DE NIEBLA (HUELVA) M.T.N. 982-IV



Fig. 8.5.- Mapa de isopiezas y situación puntos muestreados



poco importante, a la vista del elevado grado de colmatación que presenta el lecho y las márgenes del río Tinto.

Las columnas de los sondeos mecánicos existentes ponen de manifiesto la existencia de dos paquetes permeables de similar litología, separados por un tramo limoso de baja permeabilidad y espesor variable entre los 5 y 20 m, aumentando éste hacia el Sur (fig. 8.6.).

La potencia del tramo permeable más superficial varía, de unas zonas a otras, entre 20 y 30 m, mientras que el acuífero profundo no alcanza en ningún caso los 15 m de potencia, con valores medios en torno a los 8 m.

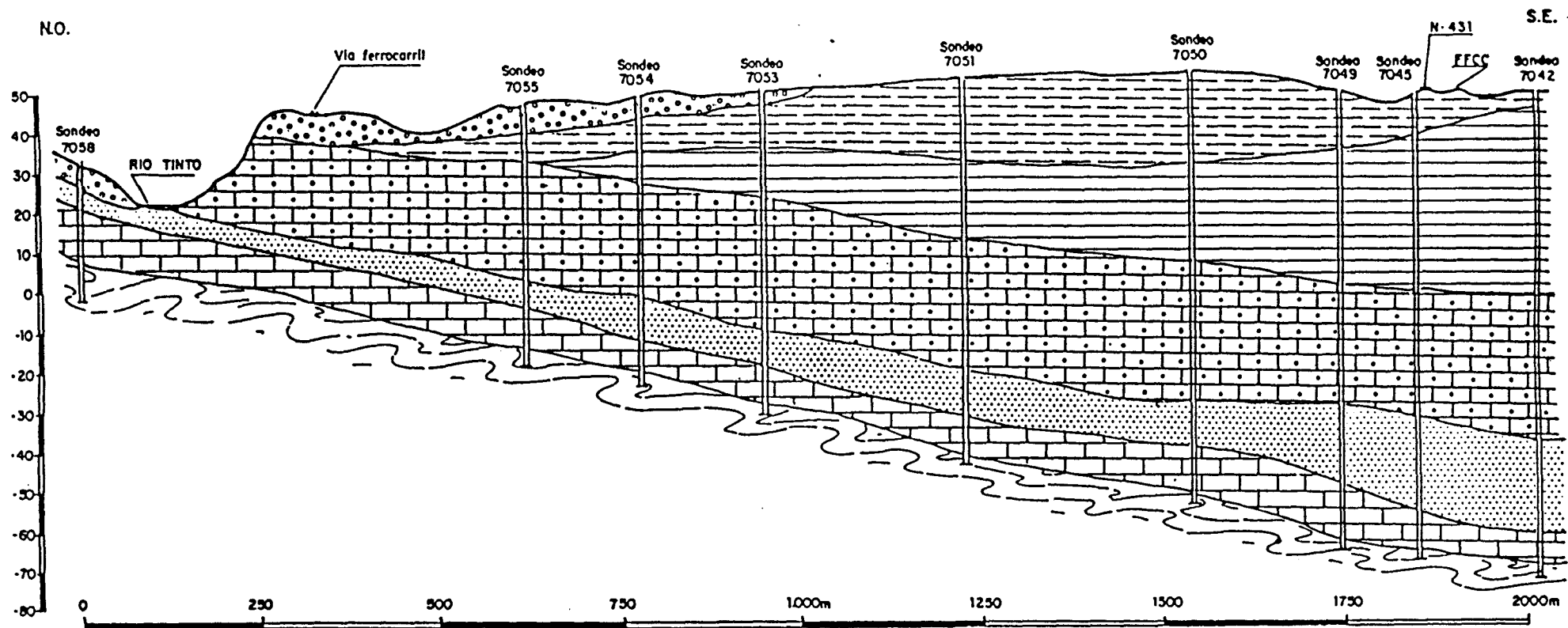
La totalidad de los sondeos existentes atraviesan ambas formaciones permeables y penetran 1 ó 2 m en el substrato impermeable (Paleozoico). Los caudales puntuales oscilan entre 15 l/s y 35 l/s con valores medios de 30 l/s.

Los valores de transmisividad calculados mediante ensayos de bombeo realizados en captaciones de la zona varían entre 0,002 y 0,009 m<sup>2</sup>/s, es decir entre unos 170 y 775 m<sup>2</sup>/día.

En la fig. 8.7. se representa, de forma esquemática, la relación acuífero-río en régimen natural y en el estado de explotación actual. Como se refleja en dicha figura, las extracciones por bombeo provocan una bajada del nivel piezométrico por efecto del vaciado del acuífero, casi horizontalmente y con un ligero gradiente, del orden del 2 por mil, hacia la zona de explotación (en la figura se ha exagerado la escala vertical y los gradientes hidráulicos).

La estacionalidad de los bombeos, destinados fundamentalmente a satisfacer la demanda agrícola, puede favorecer el que en unas épocas el río sea infuente y en otras efluente.

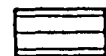
El aspecto físico que ofrece el río Tinto pone de manifiesto algunas características de suma importancia. Las aguas, de intenso color



Arenas, limos, arcilla.  
CUATERNARIO



Arcillas amarillas.  
MIOCENO SUPERIOR



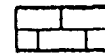
Margas.  
MIOCENO SUPERIOR



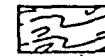
Cokarenitas.  
MIOCENO



Limos.  
MIOCENO



Gravas, calizas y arenas  
MIOCENO DE BASE



PALEOZOICO INDIFERENCIADO

Fig. 8.6.- Corte geológico representativo del sistema acuífero (Corte A-A' fig. 8.6)

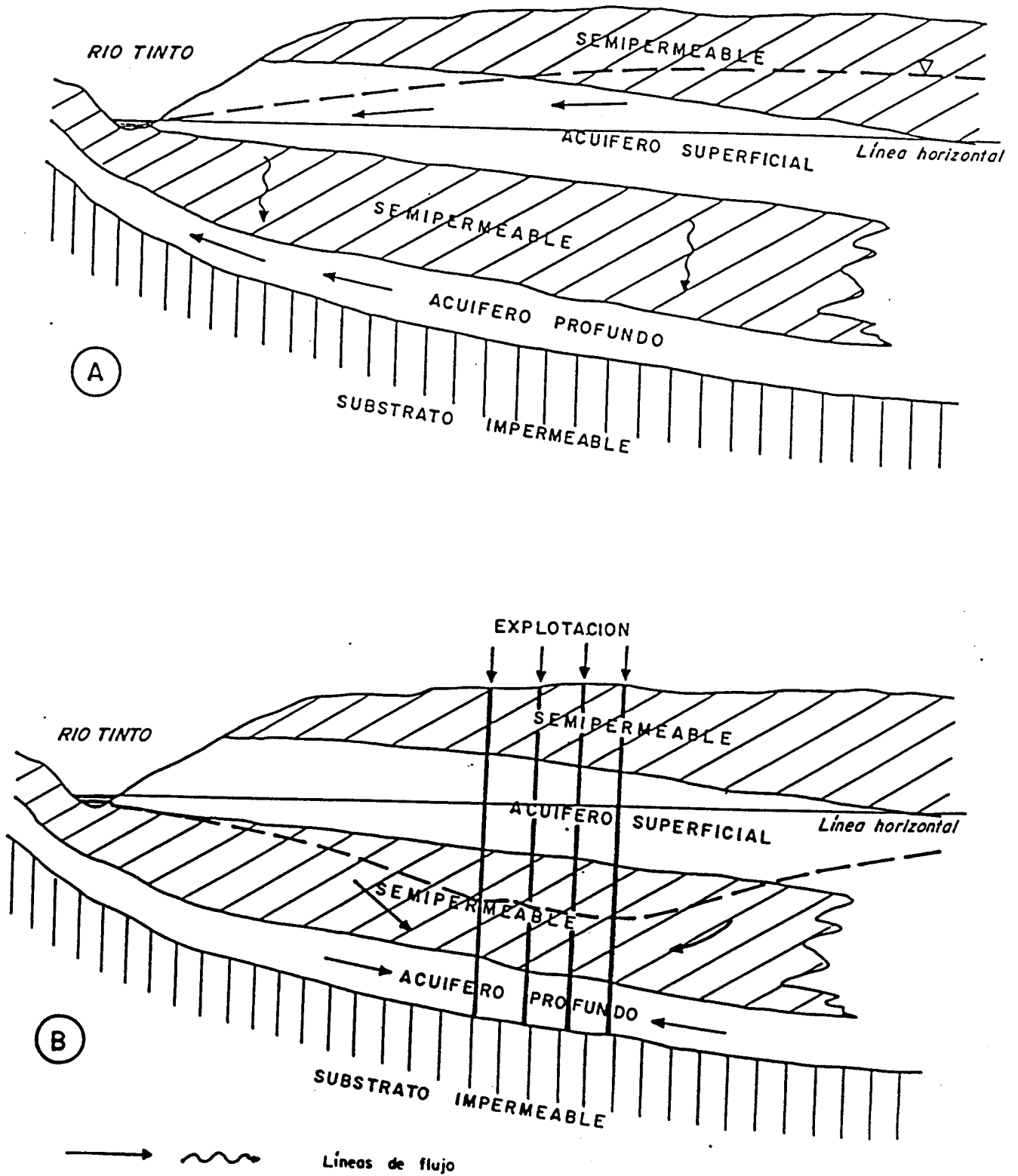


Fig.8.7.- Esquema de funcionamiento hidrogeológico en régimen natural (A) y con explotación del acuífero (B)

rojizo, indican altas concentraciones de hierro en solución. El cauce, así como la llanura de inundación, está tapizado por una gruesa capa de limos, arcillas, precipitados rojos (óxidos y silicatos de  $Fe^{3+}$  presumiblemente), costras verdes y negruzcas (presencia de Cu, Mn y otros iones metálicos). Todo esto indica un elevado grado de colmatación en el tramo de infiltración.

La vegetación se reduce a algunas especies resistentes (eucaliptos) que probablemente alcanzan profundidades considerables con la zona radicular. No existe vida acuática visible.

Como es bien sabido, esta intensa alteración que presenta el río Tinto se produce como consecuencia de atravesar la zona de minas y escombreras de sulfuros, cuyos lixiviados le confieren la alta agresividad ( $pH = 2-3$ ) y sus elevados contenidos en iones metálicos. Se adjuntan en la tabla 8.I. los resultados analíticos en enero y septiembre de 1988 correspondientes a crecida y estiaje, donde se advierte la alta concentración en metales pesados.

La principal fuente de contaminación es el paso del agua por las escombreras, sin relación directa con vertidos de lavaderos. Es decir, las variaciones de calidad no dependen del horario laboral, sino únicamente de las oscilaciones pluviométrico-climáticas anuales (mayor o menor dilución por las lluvias; biolixiviación favorecida a temperaturas cálidas, etc.).

Las aguas del Tinto poseen, pues, una alta agresividad para los procesos de erosión química, de modo que reaccionarán fácilmente con los materiales con los que está en contacto, mayoritariamente los silicatos que constituyen las gravas, arenas, limos y arcillas cuaternarias; los altos contenidos en sílice apuntan hacia la idea de que la hidrólisis de silicatos es importante. En el tramo donde el río está o ha estado en contacto con las calizas del Mioceno se ha producido una intensa disolución de carbonatos, visible en las laderas.

De manera paralela, el ITGE llevó a cabo un cierto número de análisis de las aguas subterráneas del acuífero Mioceno para contrastar



**TABLA 8. I. - ANÁLISIS QUÍMICOS (ppm) DE LAS AGUAS DEL RÍO TINTO  
EN NIEBLA (HUELVA) (ITGE, 1988)**

	ENERO-1.989	SEPTIEMBRE-1.988
	<u>(crecida)</u>	<u>(estiaje)</u>
Cond. ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )	4.140	6.670
pH	2,2	2,2
DQO	2,2	3,0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0	0
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0	0
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	2.900	6.150
Cl <sup>-</sup>	41	156
F <sup>-</sup>	0	0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4	2
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0
SiO <sub>2</sub>	30	92
Na <sup>+</sup>	35	151
K <sup>+</sup>	2	1
Ca <sup>++</sup>	168	195
Mg <sup>++</sup>	206	420
Fe	514	1.200
Mn	23	30
Cu	57	47
Zn	104	208
Pb	0,22	0,09
Cr	0,12	0,20
Cd	0,57	0,82
As	0,51	1,27
Hg	0	0
Se	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0,3
CN <sup>-</sup>	0	0

resultados. La fig. 8.5. indica la posición de los sondeos realizados y la tabla 8.II. sus principales características constructivas. En la tabla 8.III. se resumen los resultados analíticos y las figs. 8.8. a 8.12 constituyen los mapas de isolneas de los principales indicadores químicos.

Como puede advertirse, no parece existir ningún tipo de afección de las aguas del Tinto hacia el acuífero del Mioceno basal. Las características químicas de las aguas subterráneas responden a fenómenos litológicos y evolucionan desde las aguas bicarbonatadas sódicas relacionadas con la existencia de las margas azules y la zona de semiconfinamiento, hacia aguas con un contenido más elevado en calcio y menor en sodio, que aparecen en zonas donde el acuífero se comporta como libre y se produce mezcla con las aguas de recarga.

Si se comparan estas características con las del agua del río Tinto no se observa una clara influencia de éste por el efecto de recarga inducida por los bombeos. Tampoco se observa este hecho en análisis químicos anteriores ni se aprecia una relación entre la composición química del agua subterránea y la distancia de los sondeos al río.

El agua del Tinto tiene un altísimo contenido en sulfatos, en magnesio y en hierro (más que en calcio y en sodio), que debería apreciarse en las aguas subterráneas si se produjera una recarga apreciable desde el río Tinto.

El pH en el acuífero no puede considerarse como buen indicador de la influencia del río, ya que dada la naturaleza carbonatada del acuífero, el agua está fuertemente tamponada pudiendo neutralizar la acidez del Tinto con su propia alcalinidad y por disolución de la caliza de la matriz sólida.

La concentración de metales pesados en las aguas subterráneas tampoco parece estar claramente relacionada con los elevados contenidos del río, ya que se han encontrado los valores más altos aisladamente y no cerca del mismo, aunque estos elementos tiendan a precipitar cuando baja

MUESTRA	Nº INVENTARIO	COTA APROXIMADA (m.s.n.m.)	DISTANCIA AL RIO(m)	PROFUNDIDAD (m)	PROFUNDIDAD TRAMOS FILTRANTES (m)	PROFUNDIDAD NIVEL PIEZOMETRICO (m)	ACUIFEROS ATRAVESADOS
1	7052	46	600	79	36-45 62.5-73	27.7 (Mar.88)	0-73 m. Mioceno
2	7048	47	725	78	34-42 60-68	29.7 (Mar.88)	8-42 m. Mioceno 58-72 m. Mioceno
3	7053	49.5	750	90	36-54 70.5-81	33.1 (Mar.88)	28-60 m. Mioceno 70-75 m. Mioceno
4	7055	47	425	70	34-40 51-63	29.3 (Mar.88)	14-43 m. Mioceno 50-64 m. Mioceno
5	7045	51	1500	113	50-70 101-110	33.7 (Mar. 88)	49-90 m. Mioceno 101-112 m. Mioceno
6	7036	46.5	1950	130	56-59 65-68 80-92 114-115.5 117.5-120.5	28.6 (Mayo 88)	49-95 m. Mioceno 111-121 m. Mioceno
7	7041	47	1175	81.5	36-54 75-79.5	29 (Sep. 88)	20-57 m. Mioceno 72-81.5 m. Mioceno
9	7030	63	2875	142	126-136	40 (Ene. 88)	126-136 m. Mioceno
10	7027	47	1000				
13	7063	22	200	32		6.5 (Oct.88)	
14	7062	37.5	250	31.3	12-30	10 (Nov. 88)	3-10 m. Cuaternario 10-29.5 m. Mioceno
15	7065	20	350	18			Cuaternario Mioceno

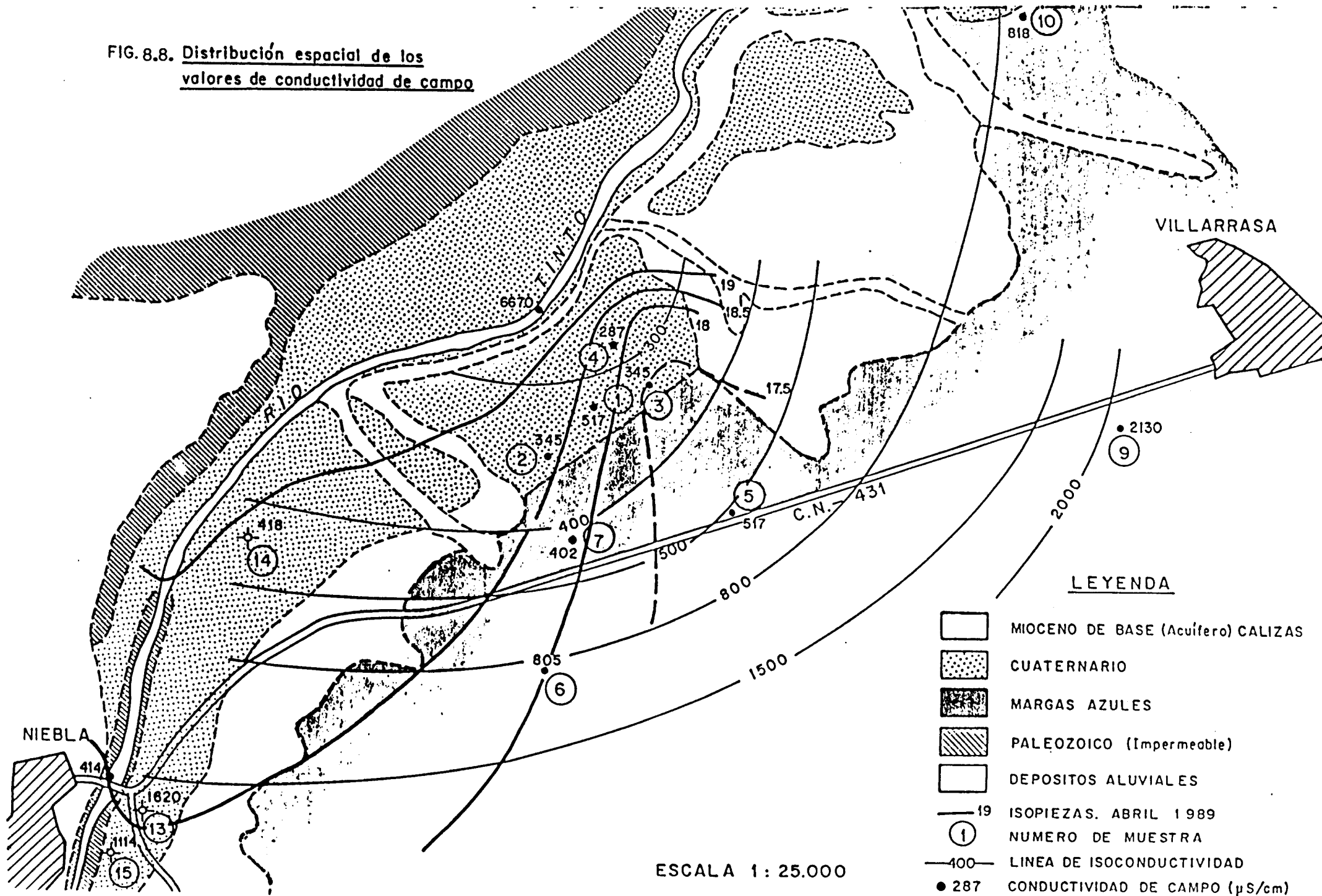
TABLA 8.II.- Resumen datos inventario para las captaciones muestreadas

INDICE	NIEBLA-1	NIEBLA-2	NIEBLA-3	NIEBLA-4	NIEBLA-5	NIEBLA-6	NIEBLA-7	NIEBLA-9	NIEBLA-10	NIEBLA-13	NIEBLA-14	NIEBLA-15	CODIGO ALIMENTAR. ESPAÑOL
LUGAR	Agrasur-5	Agrasur-1	Agrasur-7	Agrasur-8	Agrasur-10	Ayto. Niebla	Propietar. Calero	J.MºGº	Los Tabl_ ros	Gasolinera	Investig. ITGE	Ayto. Niebla	
Nº Inventa.	52	48	53	55	45	36	41	(30)	27	63	62	64	límites tolerables para aguas potables
Fecha de análisis	Oct. 88	Oct. 88	Oct. 88	Oct. 88	Oct. 88	Oct. 88	Oct. 88	Ene. 89	En. 89	En. 89	En. 89	Jun. 89	
Profund. (m)	79	78	90	70	113	130	81.5	145		32	31.3		
Cota (s)	46	47	49,5	47	51	46.5	47	63	47	22	37,5	20	
Distanc. al río	600	725	750	425	1500	1950	1175	2875	1000	200	250	350	
Conductiv. (µs/cm)	1084	942	869	717	1200	930	2000	2020	811	1559	407	1114	4
Residuo seco (mg/l)	730	590	548	993	800	570	1420	1422	508	1195	370	708	1500
PH	7.6	7.6	7.3	7.5	7.9	7.6	7.2	8.1	7.7	7.2	7.3	7.6	de 6.5 a 9.2
ANIONES (mg/l) STANDARD	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	340	346	330	293	277	318	418	544	256	275	136	293
	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	164	100	54	118	161	76	280	340	62	500	0	235
	Cl <sup>-</sup>	104	94	108	78	176	112	281	192	74	128	71	73
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	15	22	14	18	0	14	0	3	10	5	0	18
	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	2.2	0	0	0	0	0	6.7	0	0	0	0	0.02
CATIONES (mg/l) STANDARD	Na <sup>+</sup>	165	119	77	72	167	112	400	457	89	110	57	89
	K <sup>+</sup>	8	3	2	2	6	3	10	7	4	5	1	4
	Ca <sup>++</sup>	55	80	91	78	55	74	14	10	44	167	15	98
	Mg <sup>++</sup>	31	23	27	20	38	25	14	11	14	68	12	46
OTRAS DETERMINACIONES (mg/l)	SiO <sub>2</sub>	18.4	18.0	19.0	17.8	8.5	17.3	13.3	11.4	14.5	13.5	2.1	17
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05	0.05	0.07	0.05	0.06	0.08	0.06	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06
	F <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0.5
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	0.01					0
	Fe	0.02	0.03	0.11	28.0	0.4	0.61	0.04	0.11	0.03	0.04	0.14	0.03
	Mn	0.032	0	0.007	0.9	0.039	0.014	0.018	0.021	0.005	4.05	0.006	0.01
	Cu	0	0	0	0.07	0	0	0	0	0	0.06	0	0.05
	Zn	0	0	0.16	0.12	0	0	0	0	0	1.28	0	0.05
	Pb	0.08	0.09	0.13	0	0	0.17	0.2	0.031	0.016	0.018	0.017	0.01
	Cr	0	0	0	0	0	0	0	0.009	0	0	0.005	0.005
	Cd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.002	0	0.001
	As	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.005
	Se	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001
	Hg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.005
	CN <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0025
DOO	0.8	0.6	0.6	0.6	0.9	1.0	1.4	0.2	0.3	1.2	0.4	0.9	
error análisis %	4.3	6	4.2	11	4	5.5	6.2	0.1	5.2	1.7	22	3.3	










\* Los 0 indican concentraciones inferiores al límite de detección

TABLA 8.III.- ANALISIS QUIMICOS DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS DEL ACUIFERO MIOCENO EN NIEBLA (ITGE, 1989)

FIG. 8.8. Distribución espacial de los valores de conductividad de campo

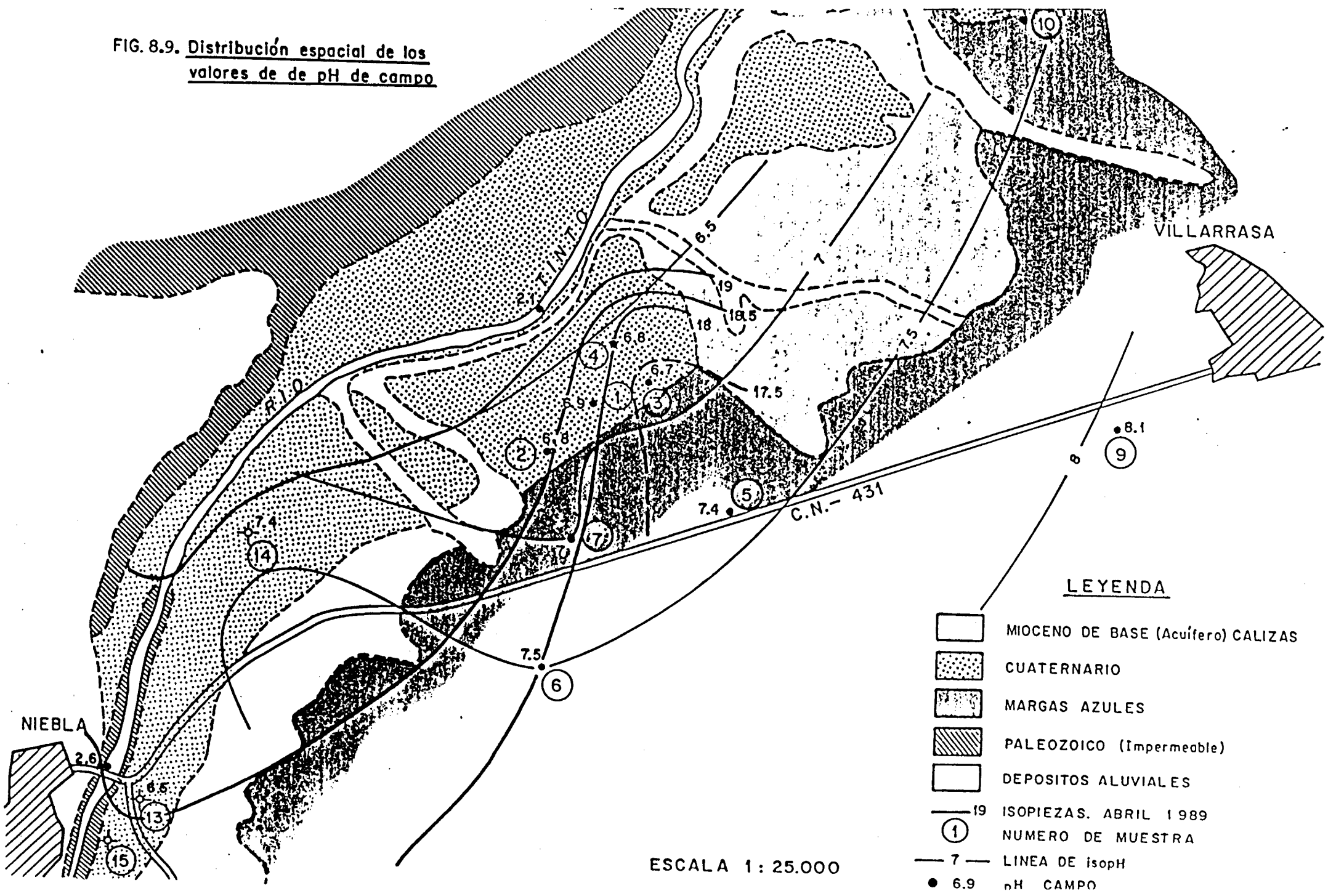


LEYENDA










-  MIOCENO DE BASE (Acuífero) CALIZAS
-  CUATERNARIO
-  MARGAS AZULES
-  PALEOZOICO (Impermeable)
-  DEPOSITOS ALUVIALES
-  19 ISOPIEZAS. ABRIL 1989
-  1 NUMERO DE MUESTRA
-  400 LINEA DE ISOCONDUCTIVIDAD
-  287 CONDUCTIVIDAD DE CAMPO ( $\mu\text{S/cm}$ )

ESCALA 1 : 25.000

FIG. 8.9. Distribución espacial de los valores de de pH de campo

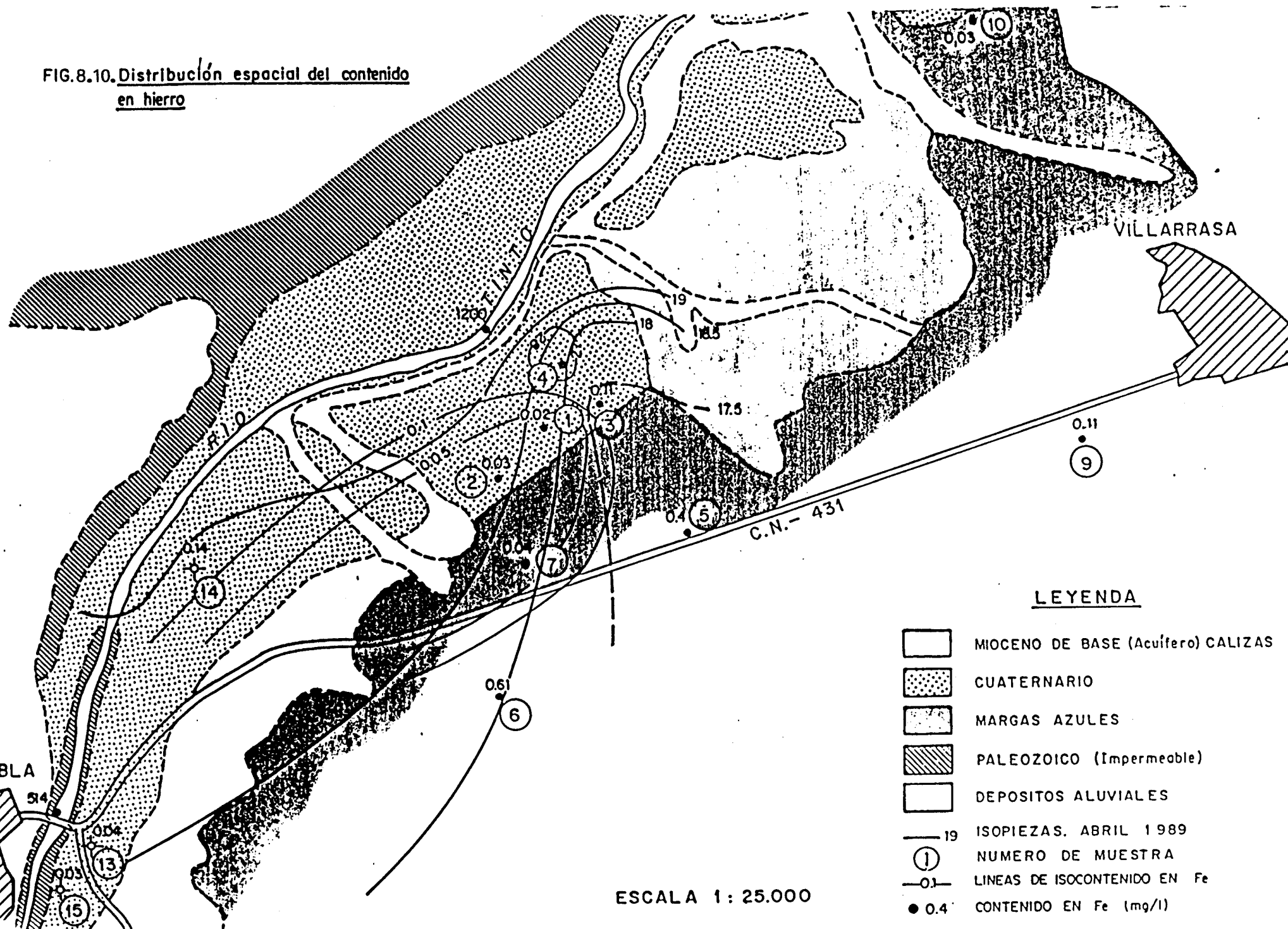


LEYENDA










-  MIOCENO DE BASE (Acuífero) CALIZAS
-  CUATERNARIO
-  MARGAS AZULES
-  PALEOZOICO (Impermeable)
-  DEPOSITOS ALUVIALES
-  19 ISOPIEZAS. ABRIL 1989
-  ① NUMERO DE MUESTRA
-  7 LINEA DE isopH
-  ● 6.9 pH CAMPO

ESCALA 1: 25.000

FIG.8.10. Distribución espacial del contenido en hierro

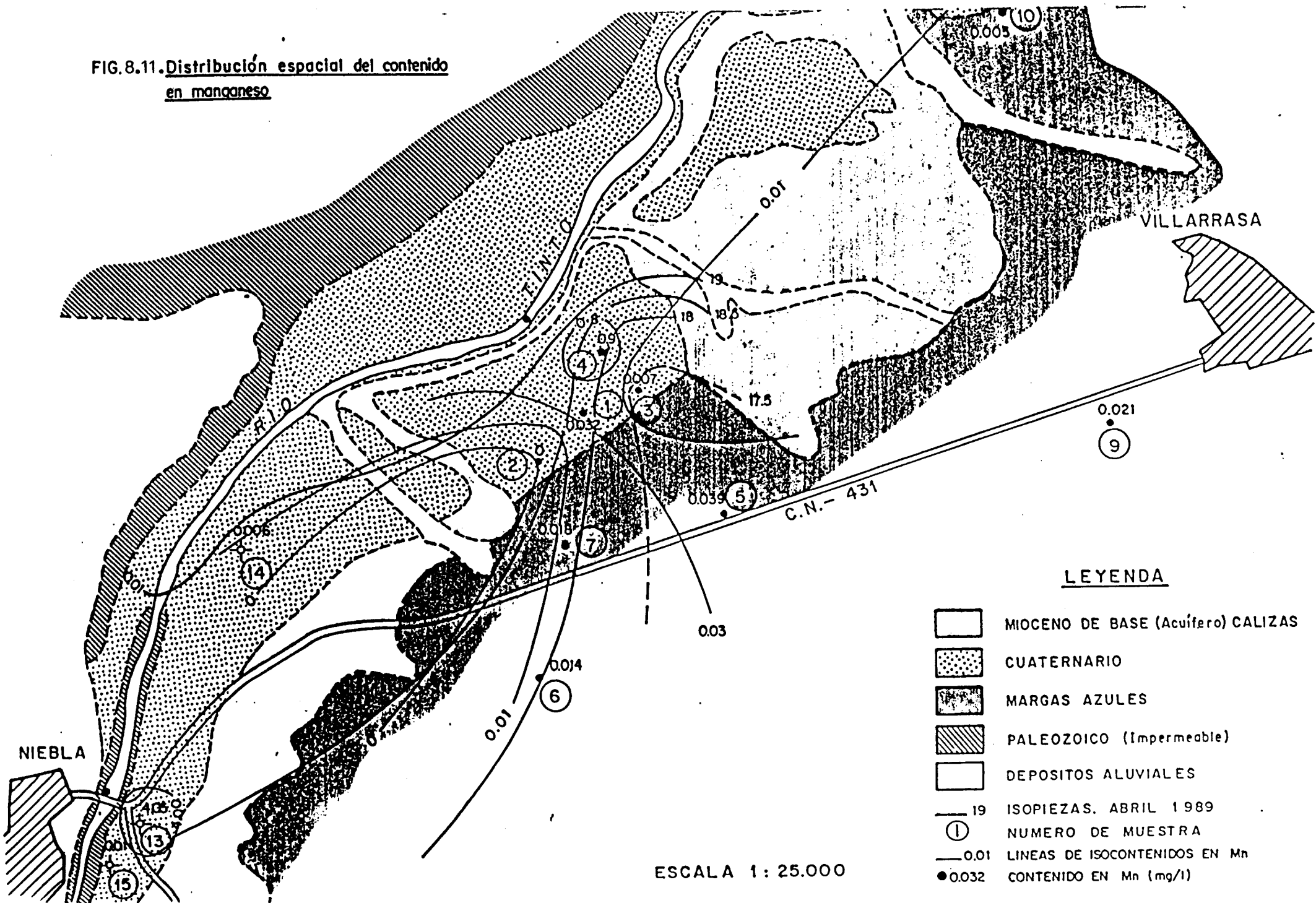


LEYENDA










-  MIOCENO DE BASE (Acuífero) CALIZAS
-  CUATERNARIO
-  MARGAS AZULES
-  PALEOZOICO (Impermeable)
-  DEPOSITOS ALUVIALES
-  19 ISOPIEZAS. ABRIL 1989
-  ① NUMERO DE MUESTRA
-  -0.1 LINEAS DE ISOCONTENIDO EN Fe
-  ● 0.4 CONTENIDO EN Fe (mg/l)

ESCALA 1 : 25.000

FIG. 8.11. Distribución espacial del contenido en manganeso



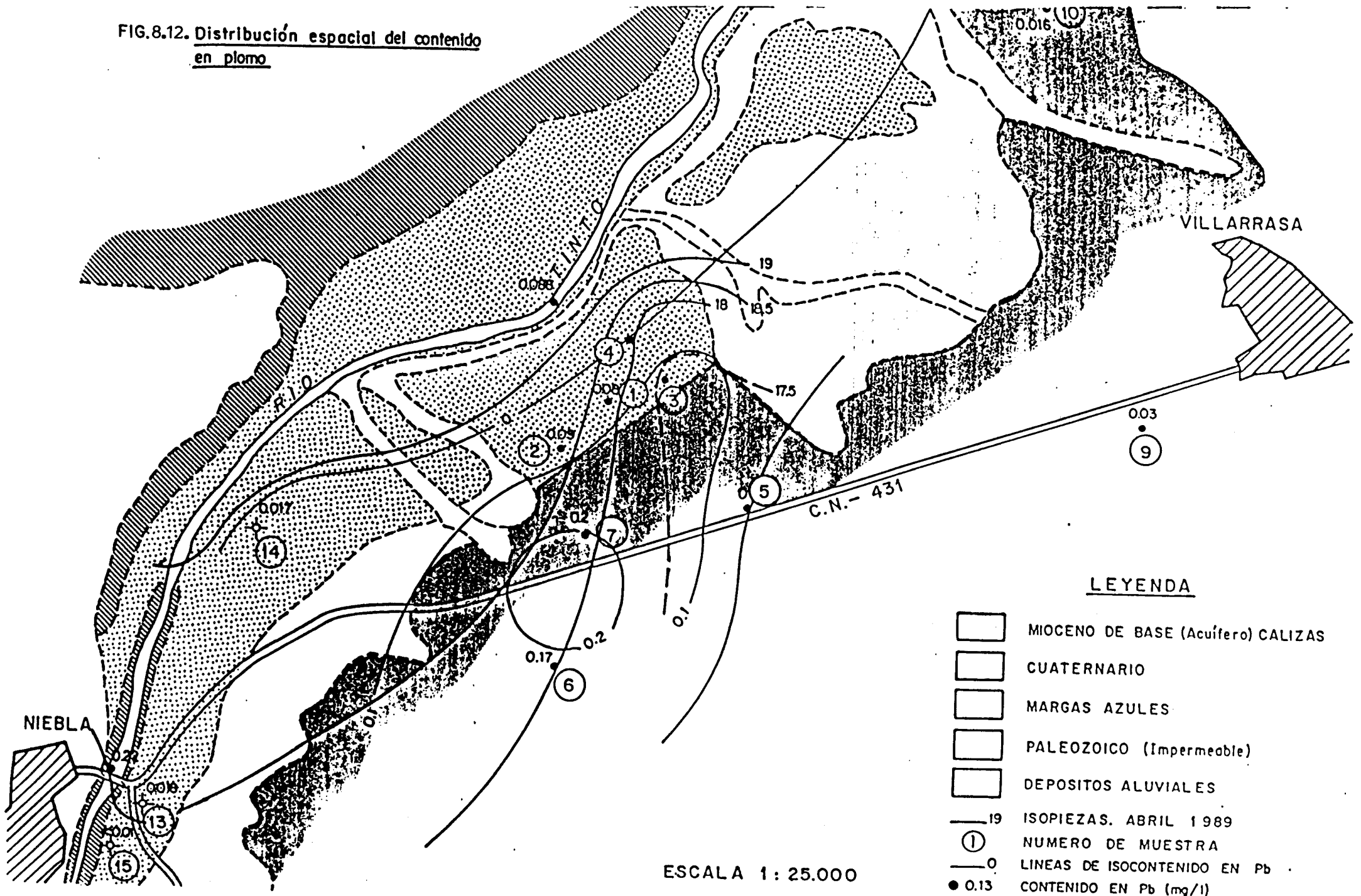
LEYENDA

-  MIOCENO DE BASE (Acuífero) CALIZAS
-  CUATERNARIO
-  MARGAS AZULES
-  PALEOZOICO (Impermeable)
-  DEPOSITOS ALUVIALES
-  19 ISOPIEZAS. ABRIL 1989
-  ① NUMERO DE MUESTRA
-  0.01 LINEAS DE ISOCONTENIDOS EN Mn
-  ● 0.032 CONTENIDO EN Mn (mg/l)

ESCALA 1: 25.000



FIG.8.12. Distribución espacial del contenido en plomo



ESCALA 1: 25.000

la acidez del agua, los elevados contenidos del Tinto deberían condicionar una cierta gradación con la distancia al mismo. En ocasiones se han detectado puntualmente en el acuífero valores más altos que en el río (por ejemplo en el contenido en plomo)

Por tanto, no hay evidencias químicas de que se esté produciendo una recarga del Tinto en la zona donde los bombeos son más intensos. Tan sólo en el sondeo nº 7063 (muestra nº 13) situado cerca de Niebla, que tiene unas características químicas más parecidas a las del Tinto, el pH también es más bajo que en el resto y el contenido en Zn es relativamente alto, se reúnen mejores circunstancias para pensar en la influencia del río.

Con estos datos sería muy aventurado afirmar que se está produciendo una recarga del Tinto al acuífero, tan importante como para poder prever las consecuencias que tendría la recarga artificial del acuífero con aguas del río en la calidad del agua subterránea y en el posterior uso que se hiciera de ella. Se desconoce, por tanto, el efecto del drenaje diferido que los bombeos de la zona puedan provocar en la relación río-acuífero condicionando una cierta recarga de este con las aguas superficiales altamente contaminadas. En cualquier caso, el informe del ITGE concluye suponiendo que ésta, de existir, ha de ser poco importante si se considera, por una parte, la estacionalidad de dichos bombeos, que favorece en ciertas épocas la recuperación de niveles, y por otra, la alta colmatación que presenta el lecho y las márgenes del río dificultando dicha conexión.

## 8.2.- PROPUESTA DE ACTUACIÓN

El estudio hidroquímico realizado por el ITGE pone claramente de manifiesto la ausencia de interacción entre el Tinto y el acuífero mioceno. En ningún caso los isótopos podrían mejorar en gran medida el grado de conocimiento obtenido con los indicadores químicos.

Creemos sin reservas que, en caso de ser el río realmente

### 9.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Objetivo a cubrir: Estudio de la dinámica de alimentación de la divisoria de los ríos Guadalete y Guadiaro en el Mesozoico de la Serranía de Ronda (Málaga).

En la Ley de 15 de Julio de 1953 se aprueba el "Plan de Ordenación de los ríos Guadarranque, Hozgarganta y Guadiaro". Tiene como finalidad la transformación de secano en regadío, la producción de energía eléctrica y el abastecimiento de la zona industrial del Campo de Gibraltar y de varios municipios de los que constituyen la zona: Algeciras, Los Barrios, San Roque, La Línea, Castellar y Jimena de la Frontera.

Como parte del Plan se contempla el trasvase de unos 200 Hm<sup>3</sup>/año de la cuenca excedentaria del Guadiaro a la deficitaria del Guadalete.

Hasta el momento el Plan solo se ha llevado a cabo en su primera parte (Plan Guadarranque) lo que representa un 25% de lo inicialmente proyectado y no incide en el proyectado trasvase. Las obras realizadas (Presas de Guadarranque ya en uso y de Charco Redondo todavía sin inaugurar) regulan los recursos de cuencas pequeñas, del Guadarranque y del Palmones y distribuyen el agua en la comarca del Campo de Gibraltar.

En este orden de cosas, el ITGE ha llevado a cabo una serie de "Estudios de Investigación Hidrogeológica para la Regulación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la divisoria Guadiaro-Guadalete" que tiene como objetivo principal analizar las posibilidades de extracción de aguas subterráneas en la zona de la divisoria entre las cuencas del Guadalete y del Guadiaro con el doble fin de:

- Incrementar la regulación y/o la garantía de los caudales regulados por los embalses actuales, con la explotación estratégica de las aguas subterráneas.
- Replantear la necesidad actual del trasvase Guadiaro-Guadalete por lo menos en el sentido convencional.

influyente en este tramo, la impermeabilización del cauce por precipitados químicos sería la causa fundamental de esta falta de interacción. Solo periódicos dragados del fondo podrán permitir la recarga. En cualquier caso cabría evaluar hasta qué punto resultaría conveniente este proceso dado que los metales pesados no son eliminables por interacción agua-roca y, por otra parte, se produciría una progresiva disminución de la porosidad y de la permeabilidad del acuífero por precipitación química que, en este caso, resultaría irreversible.

No se recomienda, por tanto, la idea de la recarga con estas aguas procedentes del Tinto, por lo que el estudio isotópico, tal como se plantea, creemos carece de sentido. En todo caso, quizás, la propuesta de actuación más coherente consistiría en intentar estudiar el actual mecanismo de recarga de agua dulce del Mioceno de base, que es, en último extremo, la que preserva la calidad del entorno.

Para este fin, convendría llevar acabo el siguiente plan de actuación:

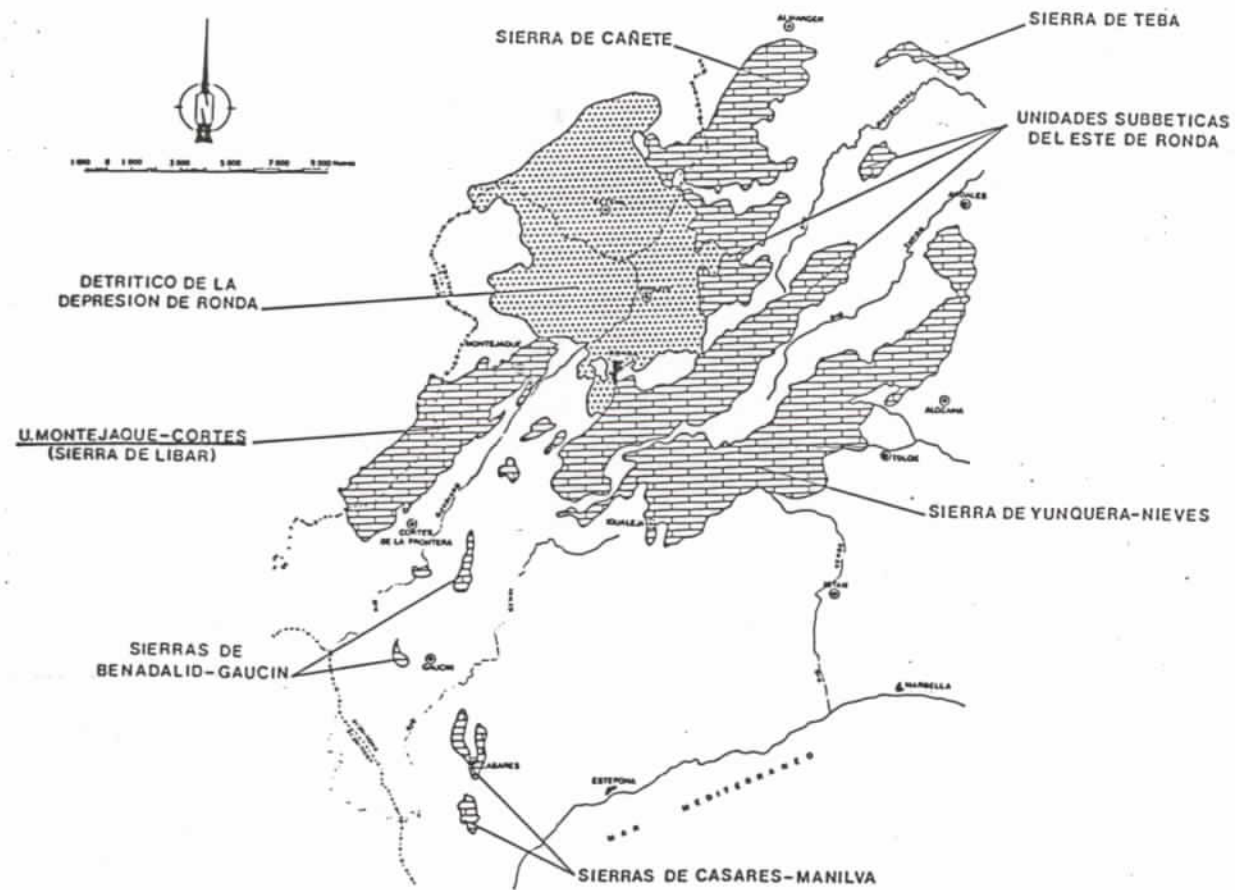
- Perfil isotópico transversal del acuífero, siguiendo el mismo perfil AA' de las figs 8.5. y 8.6., con el fin de caracterizarlo a diversas profundidades. Pueden llevarse a cabo, por ejemplo, 5 determinaciones de  $^{18}\text{O}$  y  $^2\text{H}$  (sondeos 7058, 7055, 7051, 7045 y 7042) y 4 de  $^3\text{H}$  y  $^{14}\text{C}$  (sondeos 7058, 7055, 7051 y 7042). No obstante este muestreo presenta un inconveniente, y es el de la intercomunicación de los dos niveles miocenos, por un lado, y el hecho de que los pozos tengan zona filtrante en ambos niveles. Se obtendría, por tanto, un resultado como si se tratara de un acuífero único.
- Análisis isotópico ( $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$  y  $^3\text{H}$ ) del agua del río Tinto. No se analiza  $^{14}\text{C}$  por las grandes reacciones entre carbonatos que tienen lugar dada la agresividad del agua.
- Análisis de  $^{18}\text{O}$  y  $^2\text{H}$  de las lluvias de la zona del perfil A-A' y aguas arriba del acuífero, a la altura de Villarasa, La Palma del Condado y Manzanilla.

MUESTREO A REALIZAR

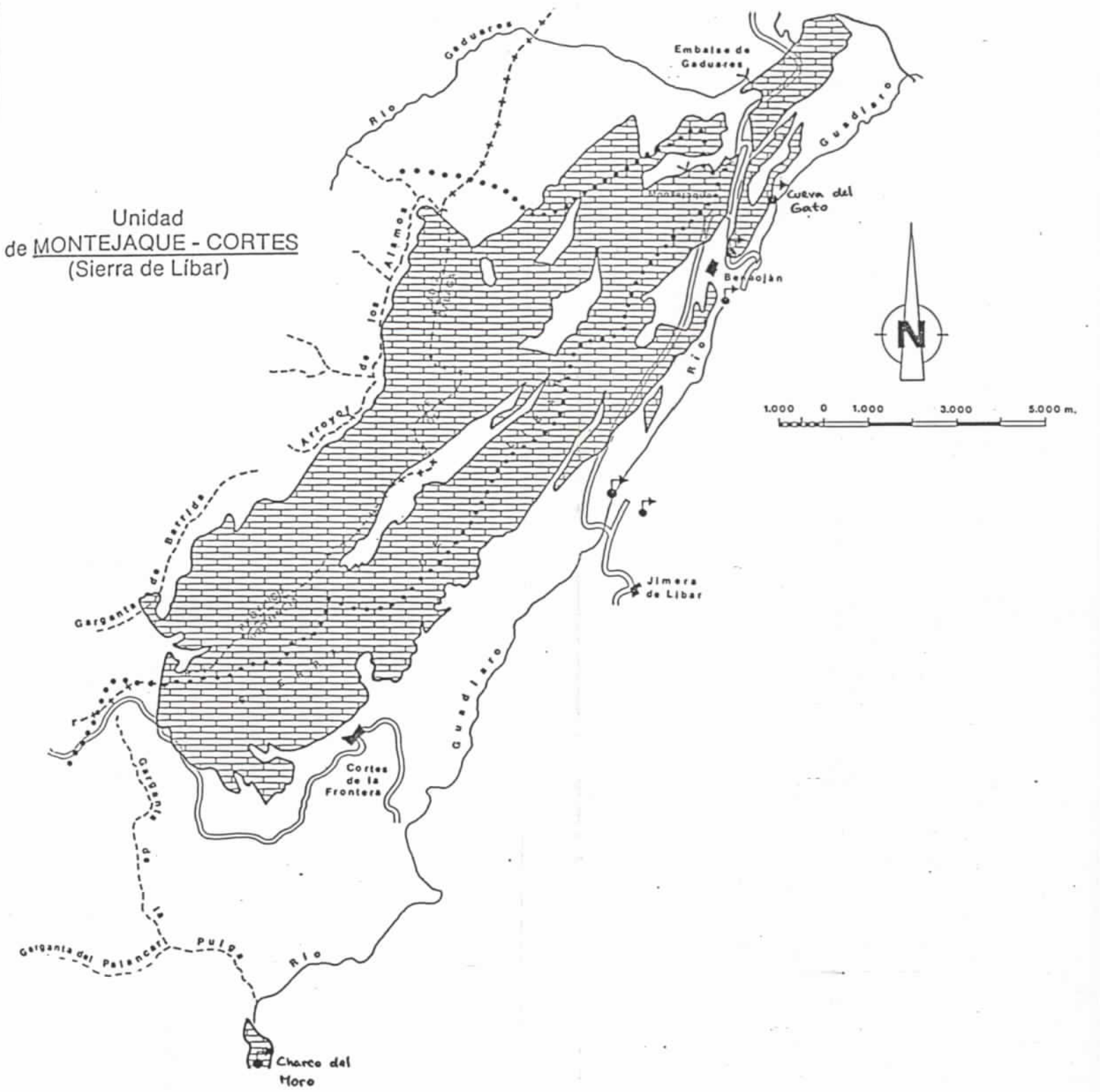
	<u><sup>18</sup>O</u>	<u><sup>2</sup>H</u>	<u><sup>3</sup>H</u>	<u><sup>14</sup>C</u>	<u>Químicos</u>
Sondeos	5	5	4	4	5
Río Tinto	1	1	1	-	1
Lluvias	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>2</u>	<u>-</u>	<u>-</u>
TOTAL	10	10	7	4	6

En cualquier caso, y por todo lo expuesto (finalidad e inconveniente del muestreo), resulta de eficacia discutible la realización de esta campaña. Queda, por tanto, a elección del ITGE su posibilidad de ejecución.

## DISTRIBUCION DE UNIDADES HIDROGEOLOGICAS



## Unidad de MONTEJAQUE - CORTES (Sierra de Libar)



### LEYENDA









- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|  | ACUIFERO MIOCENO-CUATERNARIO.<br>Materiales detríticos indiferenciados.                                   |  | Divisoria hidrográfica.                       |
|  | CRETACICO - MIOCENO.<br>Margas, margocalizas, calizas margosas y arcillas del Flysch del C. de Gibraltar. |  | Manantial de caudal medio superior a 100 l/s. |
|  | ACUIFERO CARBONATADO. JURASICO.<br>Calizas y dolomias.  |  | Otros manantiales significativos.             |
|  | TRIASICO.<br>Arcillas, areniscas y evaporitas.  |  | Sumideros.                                    |

Fig. 9.2.

La estructura del macizo corresponde a dos anticlinales paralelos separados por fracturas longitudinales que dan lugar a depresiones y poljes en el sector central de la unidad. Sus bordes están limitados por la presencia de materiales impermeables del Cretácico. Parece claro que existen varios compartimentos delimitados por fracturas que no impiden la conexión hidráulica entre ellos, al menos en la mayor parte de los casos.

La alimentación de este acuífero se produce por infiltración de las precipitaciones sobre sus afloramientos y también de la escorrentía generada en las cuencas endorreicas del río Gaduares (43,5 Km<sup>2</sup>) y del Arroyo de los Alamos (30 Km<sup>2</sup>) que, cuando se produce, termina por desaparecer en sumideros situados en los bordes oeste y norte de la Unidad.

La descarga del acuífero tiene lugar a través de manantiales situados en su totalidad en la vertiente oriental de la Sierra. Destacan por su caudal los de la Cueva del Gato (740 l/s a cota 440 m) (nº 14448003), el Ejío de Benaoján (880 l/s también a cota 440 m) (nº 14448004) y el del Charco del Moro (800 l/s) que se sitúa en el cauce del río Guadiaro, asociado a un pequeño afloramiento de materiales jurásicos alejado de la sierra de Líbar, pero casi con seguridad relacionado hidrogeológicamente con este acuífero. Además de los manantiales, a lo largo del cauce del río Guadiaro o en sus proximidades, entre Benaoján y Jimena de Líbar, existen varias emergencias difusas y otras localizadas cuyo caudal medio en conjunto se aproxima a los 300 l/s, que también corresponden a descargas de este acuífero. Todos los manantiales, especialmente los más caudalosos, tienen un régimen de descarga irregular con fuertes variaciones de caudal, evidenciando su carácter eminentemente kárstico.

Los volúmenes almacenados en los acuíferos, calculados en base a los coeficientes de agotamiento de los manantiales antes referidos son de 1,1-5,9 hm<sup>3</sup> para la Cueva del Gato y de 4,6-7,7 hm<sup>3</sup> para el caso del Ejío de Benaoján.

Los recursos totales de esta Unidad se cifran en un mínimo de

9.- MESOZOICO DE LA SERRANÍA DE RONDA,  
-----  
DIVISORIA GUADIARO-GUADALETE (MALAGA)  
-----



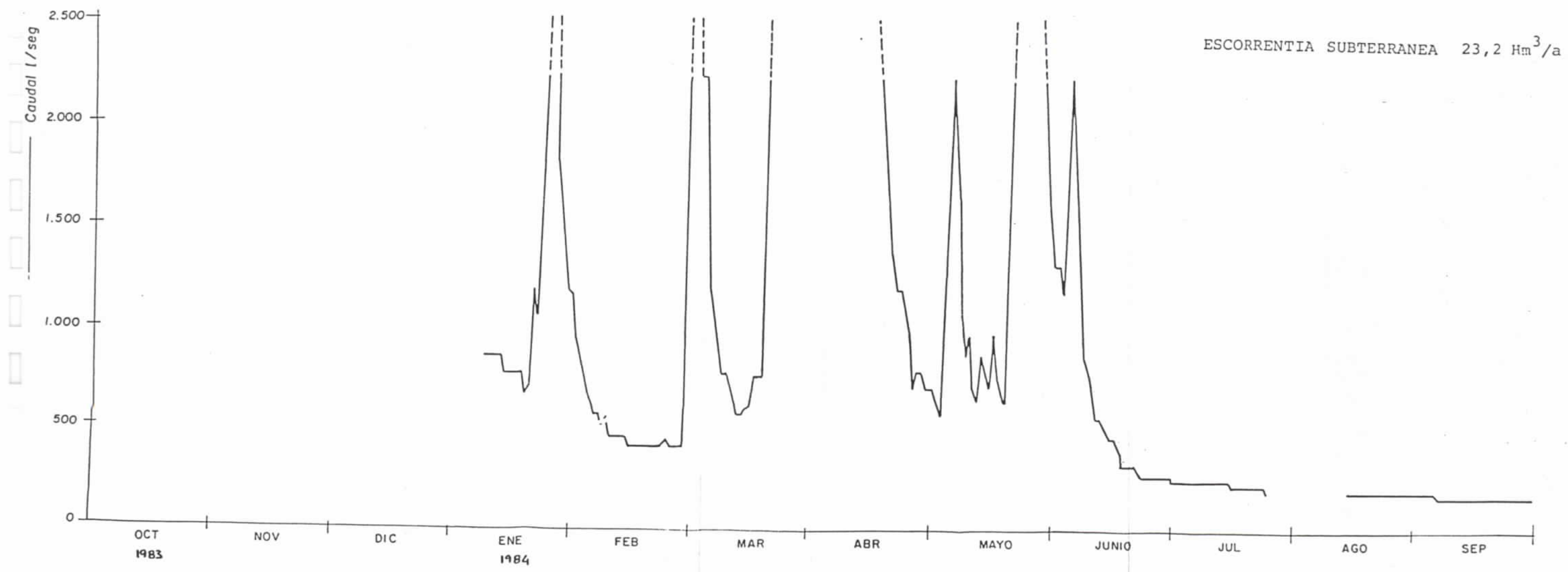
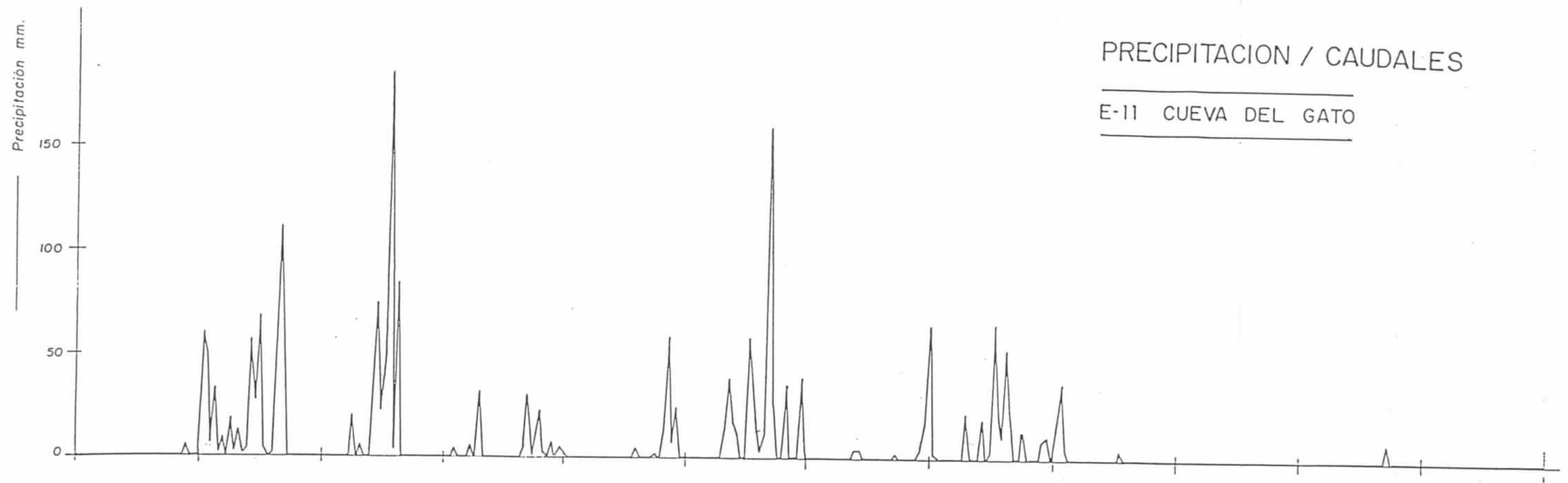


Fig. 9.3.

Como es obvio, todo se reduce a un problema económico de satisfacer la demanda al menor coste posible. Si con la explotación de aguas subterráneas se consigue reducir la capacidad de los embalses previstos (Guadalcacín II y Guadiaro), eliminar el túnel de trasvase o retrasar las obras un plazo considerable el estudio habrá adquirido toda su justificación.

Bajo el punto de vista pluviométrico, el sector considerado es uno de los de mayor precipitación absoluta de la Península, con medias comprendidas entre 1000 y 2000 mm/año, correspondiendo los máximos a la Sierra de Grazalema.

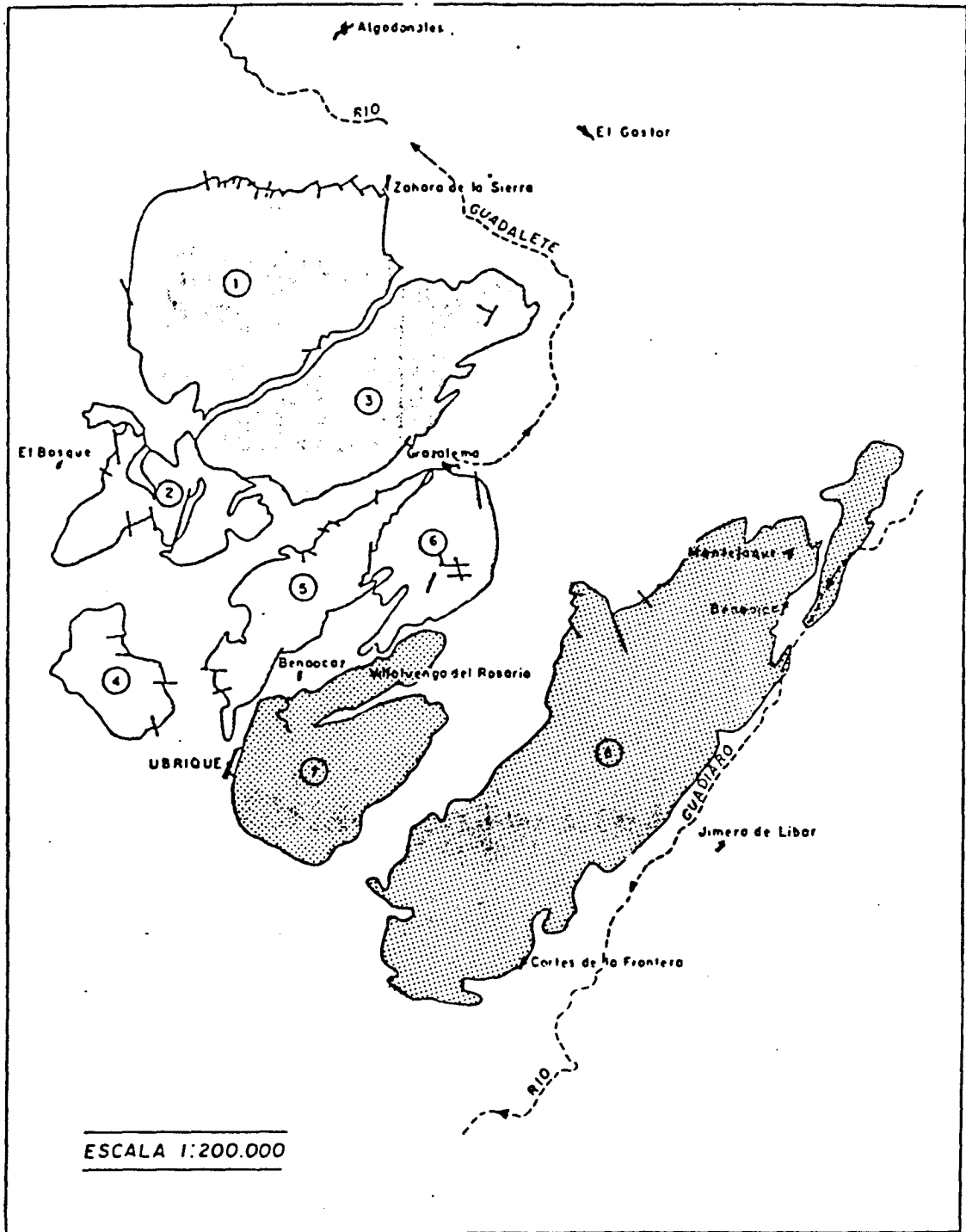
La fig. 9.1. representa las unidades hidrogeológicas implicadas en la referida divisoria Guadiaro-Guadalete. En nuestro caso, y siempre según las directrices de la oficina regional del ITGE, el problema se centra en el análisis de la alimentación de las unidades 7 (Unidad de Ubrique) y 8 (Unidad de Montejaque-Cortés o Sierra de Líbar).

#### Unidad de Montejaque-Cortés

La Unidad de Montejaque-Cortés (Sierra de Líbar) es la más occidental de las unidades de la Serranía de Ronda. La mayor parte de ella se sitúa sobre la provincia de Málaga, perteneciendo su extremo suroccidental a la de Cádiz. Se trata de un macizo de orientación NE-SW, que ocupa una superficie próxima a los 85 Km<sup>2</sup> de materiales atribuidos al Subbético Interno (fig. 9.2.).

El acuífero que constituye este sistema hidrogeológico es una formación de calizas y dolomías de edad liásica que puede superar los 500 metros de espesor. Se caracteriza por el elevado grado de karstificación que presenta, con numerosas y espectaculares manifestaciones morfológicas, tanto superficiales como subterráneas (lenares, dolinas, poljés, valles, ciegos, simas..., etc.) que hacen de esta Sierra uno de los karst más importantes del país.

- ESQUEMA DE UNIDADES HIDROGEOLOGICAS -



Divisoria Guadalete - Guadiaro

- |   |                                 |   |   |
|---|---------------------------------|---|---|
| ① | Unidad de Zafalgar-Labradillo   | ⑤ | Unidad Sierra Alta- Penón Grande ó del Hondon |
| ② | " de El Bosque                  | ⑥ | " " del Endrinal                              |
| ③ | " Sierra del Pinar-Monte Prieto | ⑦ | " de Ubrique                                  |
| ④ | " de Silla                      | ⑧ | " Montequaque - Cortes                        |

Fig. 9.1.

90 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales unos 55 hm<sup>3</sup>/año corresponden a la infiltración de las precipitaciones caídas directamente sobre el acuífero. El resto se estima que corresponde a las aportaciones del río Gadaures y del Arroyo de los Alamos, que se infiltran totalmente en la Unidad a través de sumideros.

Es de destacar que se trata de la Unidad con mayores recursos de la Serranía de Ronda, la totalidad de los cuales descargan en la cuenca del río Guadiaro.

El notable grado de evolución del karst implica que la circulación entre simas o sumideros y manantiales de descarga sea acusadamente rápida (figs. 9.3. y 9.4.). A grandes rasgos, el flujo subterráneo parece dirigirse desde las simas existentes al oeste y norte de la Unidad, a los tres grandes puntos de drenaje antes referidos, situados al este (Cueva del Gato y El Ejío) y sur (Charco del Moro) de la misma (fig. 9.5.), totalizando una descarga de 75-80 hm<sup>3</sup>/año.

#### Unidad de Ubrique

Algo similar cabría decir de esta Unidad, que corresponde a la Sierra del mismo nombre y a la vertiente meridional de la Sierra del Caillo.

Los materiales permeables están constituidos por dolomías y calizas jurásicas pertenecientes al Subbético Interno que alcanzan una potencia superior a los 500 m (fig. 9.6.).

La estructura de la Sierra de Ubrique corresponde a un anticlinal, cuyo eje de dirección N70°E se sitúa paralelamente en la Manga de Villaluenga y 1 Km. al sur de ésta, afectado en sus bordes por fallas normales.

Los límites de la Unidad son, en gran parte, de carácter tectónico, impuesto por la actuación de las fallas normales en el extremo

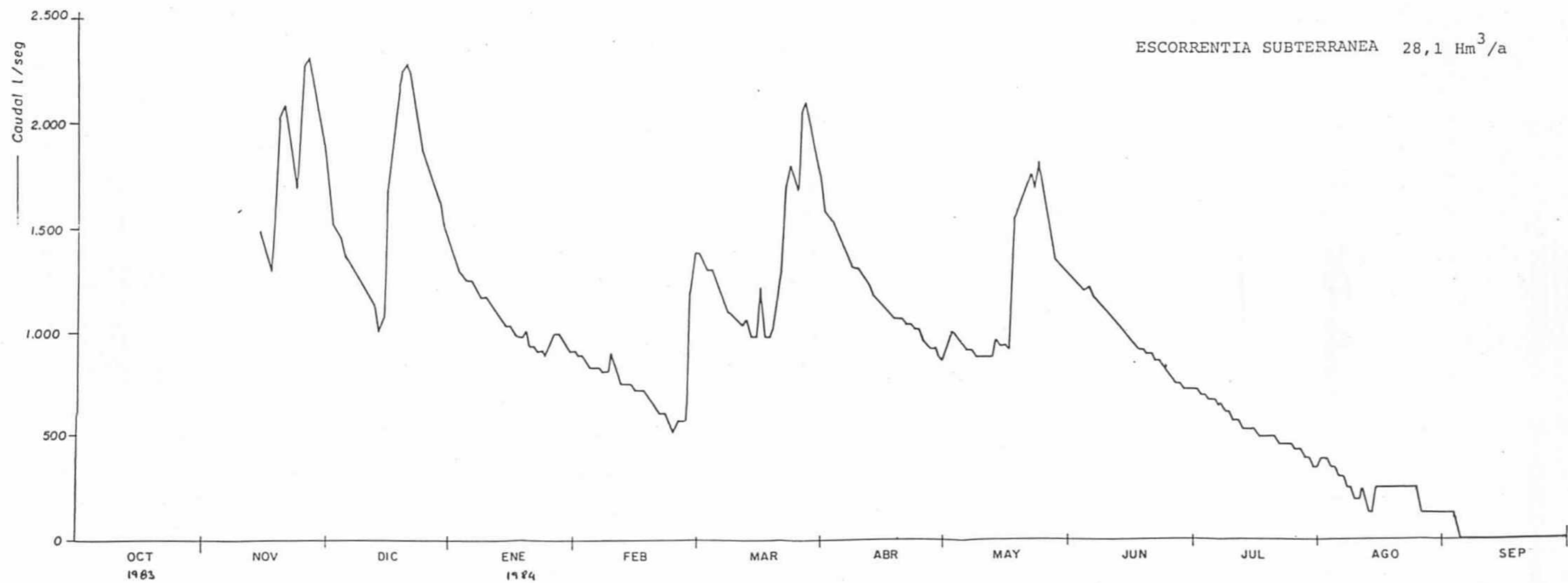
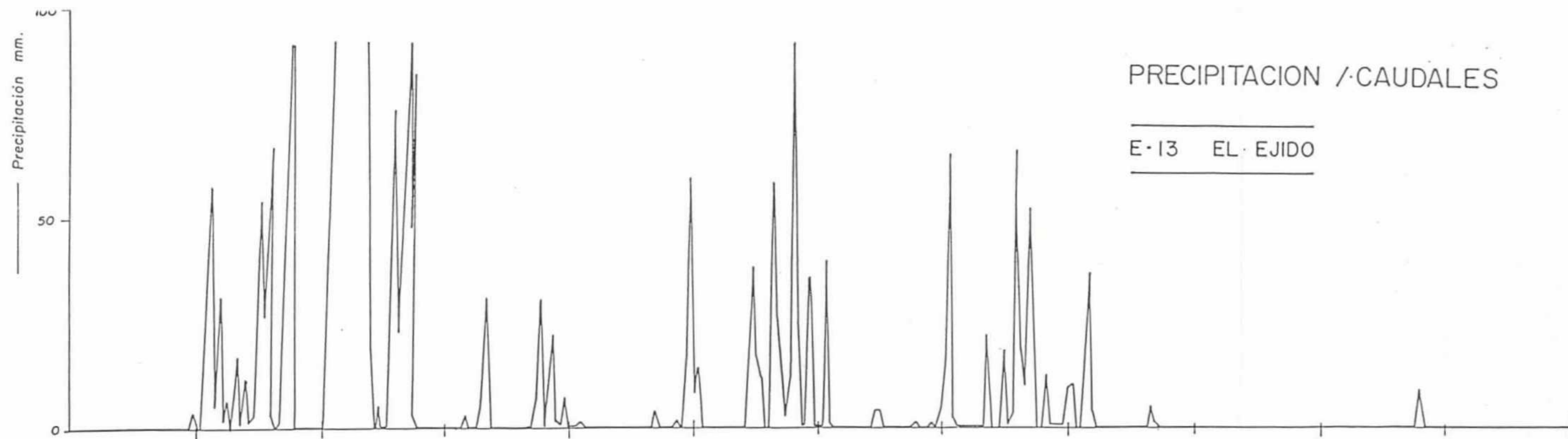
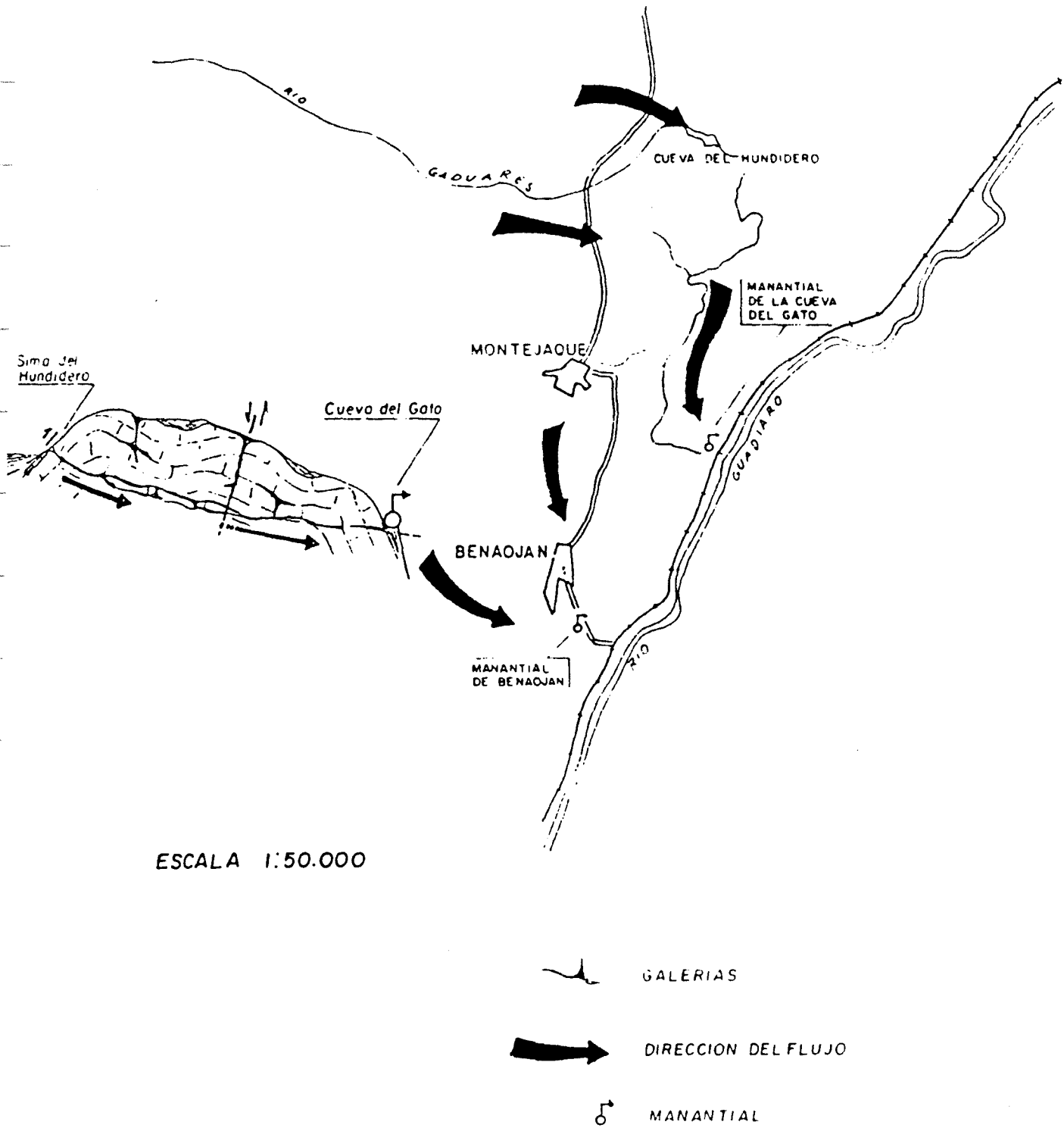


Fig. 9.4.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO  
SISTEMA HUNDIDERO-CUEVA DEL GATO



La surgencia de El Ejio y Charco del Moro responden a este mismo esquema de funcionamiento.

Fig. 9.5.



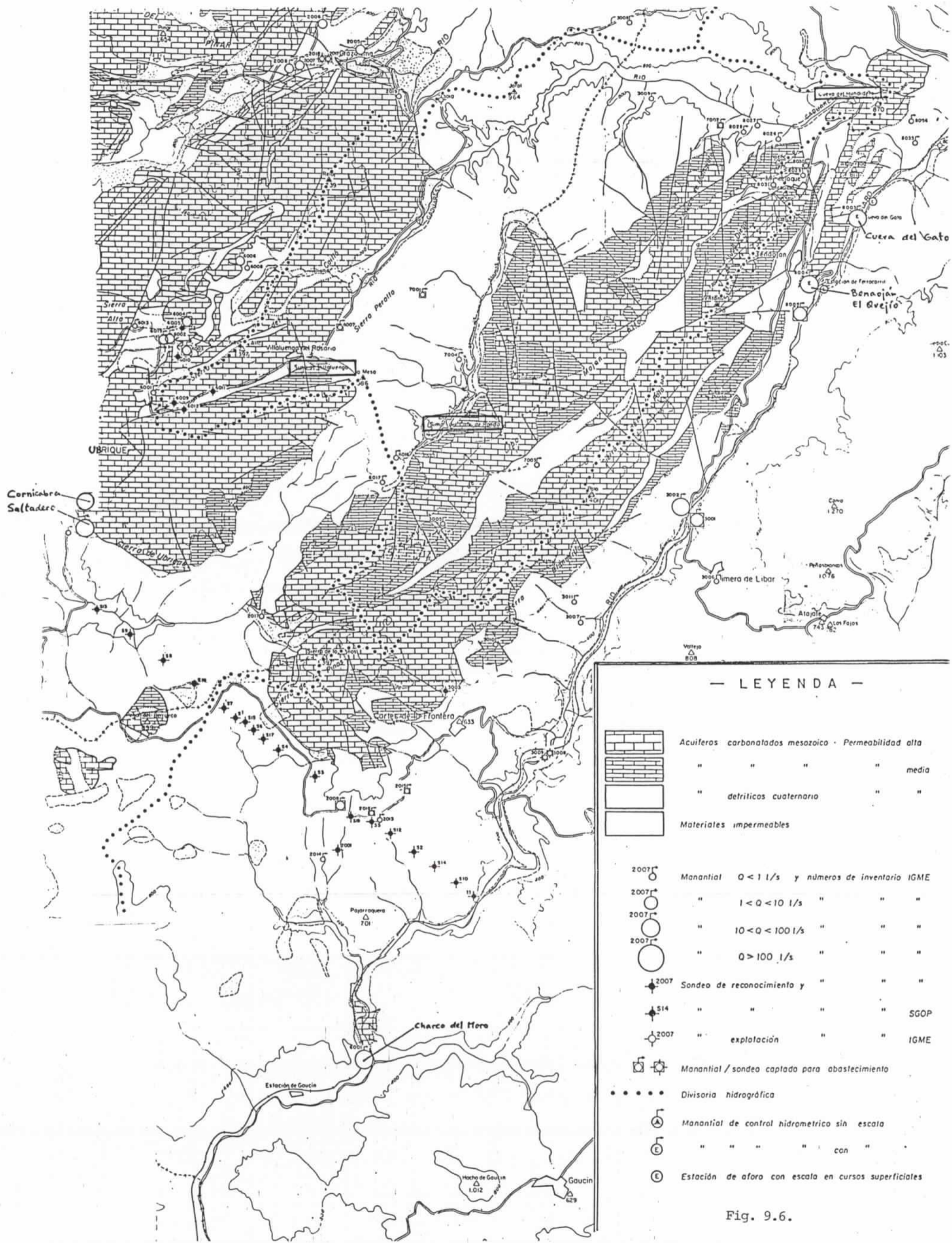


Fig. 9.6.

sur y oeste y por el contacto, localmente mecánico, con el Trias impermeable en el extremo norte. El límite oriental corresponde al contacto normal entre la serie jurásica y las facies de "capas rojas" del Cretácico.

El grado de karstificación de los materiales carbonatados que forman la unidad es elevado, favorecido en gran medida por la fuerte tectónica. Las formas exokársticas más representativas corresponden al poljé de la Manga de Villaluenga originado por la acción de las fallas gravitacionales de dirección N70°E y que constituye una cuenca endorreica de 7 Km<sup>2</sup> de superficie. También se localizan algunas dolinas de fondo llano y campos de lenar muy bien desarrollados.

Como formas endokársticas más importantes hay que señalar la sima de Villaluenga, originada por disolución a través de una fractura y que actúa de sumidero de la cuenca endorréica del mismo nombre.

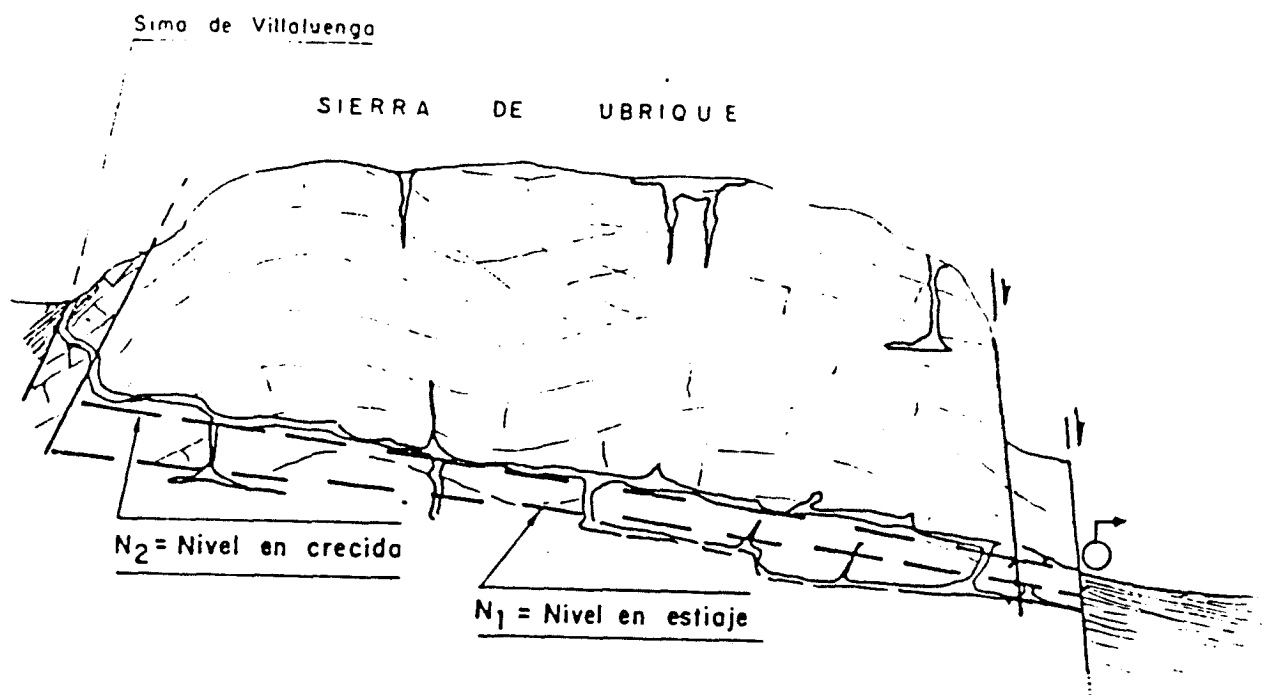
Solamente se han inventariado tres surgencias importantes, con caudales medios mayores a 1 l/s, directamente relacionados con la Unidad de Ubrique. Dos de ellas corresponden a manantiales permanentes situados en el borde de la unidad y dentro de la población de Ubrique: El manantial de Cornicabra (1444-5041), el más importante, que sirve de abastecimiento al núcleo urbano (340 metros s.n.m.) y el manantial del Saltadero o Algarrobal (1444-5001), situado a igual cota y que se encuentra regulado por un sondeo (30 l/s) que, en época estival, se emplea para complementar el abastecimiento a Ubrique.

Los caudales de ambos manantiales presentan unas variaciones estacionales muy importantes y estrechamente ligadas al régimen pluviométrico como queda patente en los diagramas precipitación/descarga obtenidos por el ITGE.

Además existe otro importante manantial, El Garciago (1445-1004) de carácter estacional, localizado en el borde Sur y claramente ligado a



la red de fracturas del Salto del Pollo. Este manantial presenta un funcionamiento de tipo "trop plein", de forma que tras una época de fuerte precipitación se producen importantes salidas a través de varios puntos situados a cotas absolutas variables entre 360 y 410 metros. En conjunto estas salidas llegan a drenar un caudal superior a 3000 l/seg durante un tiempo que, en función de la intensidad y duración de las precipitaciones puede oscilar entre 7 y 30 días (fig. 9.7.).



ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LAS  
SURGENCIAS DEL GARCIAO

Fig. 9.7.

La circulación de las aguas subterráneas en el interior de la unidad de Ubrique responde a un esquema sencillo y en términos generales bien conocidos.

El agua caída sobre los afloramientos carbonatados se infiltra en el acuífero a través de las fisuras o discurre hacia las partes deprimidas donde una parte se evapora y otra, unida al agua de escorrentía superficial procedente de las cuencas endorréicas, percola en el acuífero por la sima de Villaluenga y otros sumideros de menor entidad.

La posterior circulación en el interior de la Unidad se ve favorecida por la existencia de conductos kársticos bien desarrollados que propician velocidades relativamente altas (500-1000 m/día). Este hecho se ha podido constatar mediante el empleo de fluoresceína inyectada en la sima de Villaluenga y captada en los manantiales de Benafeliz y el Saltadero a los 6 días y en el de Cornicabra a los 11, todos situados a 5-6 Km de la sima en línea recta.

Las salidas controladas con escalas totalizan 5,2 hm<sup>3</sup> (IGME 1983-84) (4,2 hm<sup>3</sup> en Cornicabra y 1,0 hm<sup>3</sup> en El Saltadero).

La descomposición del hidrograma correspondiente a las aportaciones en la estación de aforo del río Ubrique para el mismo período, da unos valores de escorrentía subterránea variables entre 6,5 y 12,8 hm<sup>3</sup>, de los que 3,5 proceden del manantial de Benafeliz y el resto de las descargas de la unidad de Ubrique (3-9,3). Admitiendo como valor más probable el segundo, la aportación subterránea de la unidad de Ubrique totalizaría 9,3 hm<sup>3</sup> (5,2 hm<sup>3</sup> correspondientes al drenaje a través de Cornicabra y Saltadero y 4,1 hm<sup>3</sup> perteneciente a la descarga por las surgencias del Garciago y los manantiales del borde Sur): Valor que extrapolado a la serie de 20 años representa unos recursos medios de 9 hm<sup>3</sup>/año.

## 9.2.- PROPUESTA DE ACTUACIÓN

No resulta sencillo plantear un estudio de un sistema kárstico como el referenciado mediante isótopos, cuando el tiempo de respuesta del sistema es tan rápido por existir velocidades del orden de 500-100 m/día. Isótopos válidos para estos órdenes de magnitud de tiempos como el  $^{82}\text{Br}$  ( $t_{1/2} = 36$  horas),  $^{131}\text{I}$  ( $t_{1/2} = 8$  días) ó  $^{51}\text{Cr-EDTA}$  ( $t_{1/2} = 27,8$  días) resultan inviables por el enorme contenido de isótopo + portador que sería necesario introducir en el sistema para un completo estudio.

En estos casos, sin discusión alguna, el mejor trazador sigue siendo la fluoresceína que, convenientemente dosificada, permite un análisis detallado del comportamiento hidráulico del sistema.

La única aportación de los isótopos naturales al conocimiento de esta dinámica sería poder determinar qué parte de la infiltración alimenta a la cuenca del Guadiaro y cuál vierte a la del Guadalete.

Se desconoce si la zona es lo suficientemente extensa, siempre en el contexto de su situación geográfica y climática, como para que puedan detectarse en las referidas sierras los efectos de variabilidad isotópica en longitud, latitud, y altura. Se propone, por tanto, el siguiente plan de muestreo:

- Análisis de  $^{18}\text{O}$  y  $^2\text{H}$  de las descargas al Guadiaro de la unidad de Montejaque (Cuenca del Gato, Ejio de Benaoján y Charco del Moro).
- Id. de las descargas de la cuenca del Guadalete de la unidad de Ubrique (Saltadero, Cornicabra y Garciago).
- Establecimiento de una red de 6 pluviómetros distribuidos en ambas sierras. Su colocación tendría lugar aproximadamente en los siguientes puntos: cuenca del Hundidero (NE), Grazalema (NW), Sierra de Villaluenga-Ubrique (centro-W), Sierra del Cabo de Ronda (centro), Cortes de la Frontera (centro-S) y afloramiento carbonatado del Charco del Moro (extremo sur).

No se analiza tritio por ser excesivamente rápida la respuesta del sistema kárstico. En cualquier caso, lo ideal sería poder establecer un control mensual durante un año de las lluvias y las descargas por los manantiales para poder correlacionar los picos isotópicos estacionales (y en este caso sí que tendrá sentido el análisis de tritio). Desgraciadamente, el presupuesto existente invalida esta metodología, debiendo limitarla a un ensayo puntual que, no obstante, puede resultar indicador de la conveniencia o no de estudios adicionales.

MUESTREO A REALIZAR

	<u><sup>18</sup>O</u>	<u><sup>2</sup>H</u>	<u>Químicos</u>
Lluvia	6	6	-
Manantiales	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>6</u>
TOTAL	12	12	6

10.- ORIGEN DE LA ALIMENTACIÓN DE LAS DESCARGAS  
-----  
DEL BORDE DE LA C. IBÉRICA CON LA DEPRESIÓN DEL  
-----  
EBRO ENTRE LOS MERIDIANOS DE ZARAGOZA Y ALCANIZ  
-----

(TERUEL)  
-----

### 10.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con las conversaciones mantenidas con la oficina del ITGE en Zaragoza, no se tienen en cuenta las propuestas de trabajo previos referentes al estudio de la Sierra de Guara (Huesca) y al aluvial del Ebro-Gállego. Se prefiere centrar toda la investigación en el estudio del origen de la alimentación de las grandes descargas de la Ibérica entre Zaragoza y Alcañiz.

Objetivo a cubrir: Origen de las descargas del borde de la Ibérica con la depresión del Ebro entre Zaragoza y Alcañiz. Estudio de los siguientes puntos:

- Manantial de Mediana (Mioceno, Zaragoza)
- Sondeo surgente de Fuentes de Ebro (Mioceno, Zaragoza)
- Balneario de Chiprana (Mioceno, Zaragoza)
- Manantial de Arifo (Jurásico, Teruel)
- Lagunas saladas de Caspe y Alcañiz (Mioceno, Zaragoza-Teruel)

El Sistema Acuífero 58 (Mesozoico Ibérico de la Depresión del Ebro) fue definido por el P.I.A.S. (IGME, 1981). Este Sistema engloba al conjunto de acuíferos comprendidos entre la Sierra del Moncayo y la divisoria Guadalupe-Matarraña, que constituyen el límite de la Cordillera Ibérica con la Depresión del Ebro. En realidad, no corresponde a un sistema acuífero en sentido estricto, sino a una agrupación de formaciones no acogidas a otros sistemas limítrofes (n<sup>os</sup> 13, 15, 55, 57, 59, 62, etc.).

En la actualidad, el ITGE está llevando a cabo el "Estudio hidrogeológico para la actualización del Mesozoico Ibérico de la Depresión del Ebro", que se centra fundamentalmente en las cuencas de los ríos Aguasvivas, Martín y Guadalupe, seguramente las más desconocidas del conjunto del Sistema. Por otro lado, el SGOP ha iniciado casi simultáneamente el "Estudio para la evaluación de recursos subterráneos de los acuíferos relacionados con la provincia de Zaragoza".

Los trabajos que se apuntan a continuación tratan de apoyar con técnicas isotópicas al estudio en curso del ITGE pretendiendo dar luz al origen de las principales descargas de la zona.

En el sector referido, entre los meridianos de Zaragoza y Alcañiz, existen una serie de importantes circulaciones de agua que se manifiestan en el límite de la Ibérica con la depresión del Ebro, bien en su mismo contacto o en el Terciario de borde, en forma de caudalosos manantiales, productivos acuíferos cautivos o extensas lagunas endorréicas

Por parte de la Universidad de Zaragoza se apunta la posibilidad de que la alimentación de estas descargas pueda deberse a un activo flujo regional que, alimentado a través de la Ibérica, circule hasta los niveles inferiores del sistema carbonatado mesozoico (Lias y/o Muschelkalk). La falla noribérica y estructuras asociadas, favorecerían su aparición como flujo ascendente constituyendo, también, un activo mecanismo de transporte de solutos.

Al igual que se ha hecho en capítulos precedentes, reproducimos el trabajo original con el fin de plantear la problemática en toda su dimensión. Dentro de este contexto, por tanto, la oficina regional del ITGE de Zaragoza tiene interés en conocer la verosimilitud de este mecanismo y con este fin se plantea este estudio isotópico.

## EL DRENAJE SUBTERRANEO DE LA CORDILLERA IBERICA EN LA CUENCA DEL EBRO COMO PROCESO DE MOVILIZACION Y TRANSPORTE DE SUBSTANCIA EN DISOLUCION SUS IMPLICACIONES EN EL APORTE DE SULFATOS

MARTINEZ GIL, F.J.; SANCHEZ NAVARRO, J.A.; DE MIGUEL CABEZA, J.L. y SAN ROMAN SALDAÑA, J.

Cátedra de Hidrogeología. Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza.

### INTRODUCCION

Hasta fechas recientes, en la génesis de depósitos evaporíticos no se ha dado la importancia que merecen a los flujos de agua subterránea, considerados como fenómeno de transporte de solutos y diferenciación geoquímica de los mismos.

La oportunidad que se nos brinda de insertar, dentro de una Reunión de Campo de especialistas en sistemas lacustres, dos paradas que muestran las manifestaciones hidrogeológicas e hidroquímicas actuales de los flujos subterráneos (manantiales, suelos salinos...) es para nosotros motivo de especial agradecimiento hacia los organizadores de esta Reunión.

Queremos señalar, que gran parte del desconocimiento que existe sobre el papel que las aguas subterráneas pueden jugar en la génesis de los depósitos lacustres se debe a los propios hidrogeólogos, cuyo objeto de investigación ha sido preferentemente la evaluación y gestión de los recursos hídricos subterráneos.

Desde la aparición en el libro Groundwater de FREEZE, R.A. y CHERRY, J.A (1979) de un capítulo titulado "Groundwater and Geologic Processes" la hidrogeología ha iniciado una nueva trayectoria de investigación centrada en la relación cuantitativa de los flujos de aguas subterráneas con procesos geológicos como son la movilización y el transporte de masa, la predicción y control de terremotos, el geotermalismo, la génesis de yacimientos minerales, la karstificación, el deslizamiento de laderas... En esta temática, necesariamente interdisciplinar queremos aportar nuestro conocimiento.



## EL FLUJO DEL AGUA SUBTERRANEA EN GRANDES CUENCAS SEDIMENTARIAS Y SUS IMPLICACIONES.

El conocimiento del flujo de agua subterránea en las grandes cuencas sedimentarias se debe más a las prospecciones realizadas con vista a la explotación de recursos energéticos, ya sean petrolíferos o geotermales, que a la captación de recursos hídricos. El interés por estos flujos se ha incrementado por su probada relación con procesos geológicos como son la génesis de yacimientos minerales, la migración de hidrocarburos y la distribución de los gradientes geotérmicos.

Ultimamente, la búsqueda de reservorios para residuos radioactivos de larga vida, ha supuesto la definitiva aplicación de la escala geológica de tiempo y espacio en las ecuaciones de flujo de agua en medios porosos.

### LA TEORIA DE HUBBERT-TOTH

En sus grandes líneas, las características de los flujos de aguas subterráneas en medios porosos fueron expuestas por TOTH, J.,(1963,1980) desarrollando las ideas ya enunciadas anteriormente por HUBBERT, M.K.,(1940 y 1953). Mediante la aplicación de la teoría de las redes de flujo, Hubbert define para un medio poroso dos zonas en las que se compartimenta el flujo: áreas de recarga y áreas de descarga, explicando cómo la existencia de unas y otras, viene condicionada fundamentalmente por la topografía (fig. 3.9).

En las áreas de descarga el nivel freático se halla respecto a la superficie a una profundidad menor que en las de recarga; llegando con frecuencia a coincidir con la superficie del terreno dando lugar a charcas o zonas de rezume. Las oscilaciones de este nivel son mucho menores que en las áreas de recarga.

Además, las áreas de descarga son zonas donde existe una importante componente de flujo ascendente. En la (fig. 3.10) se observa cómo los sondeos más profundos, tienen el nivel del agua más alto que los someros, ya que cortan líneas potenciométricas de mayor valor. Este hecho da lugar a la aparición de sondeos surgentes sin necesidad de una estructura geológica evidente que los provoque.

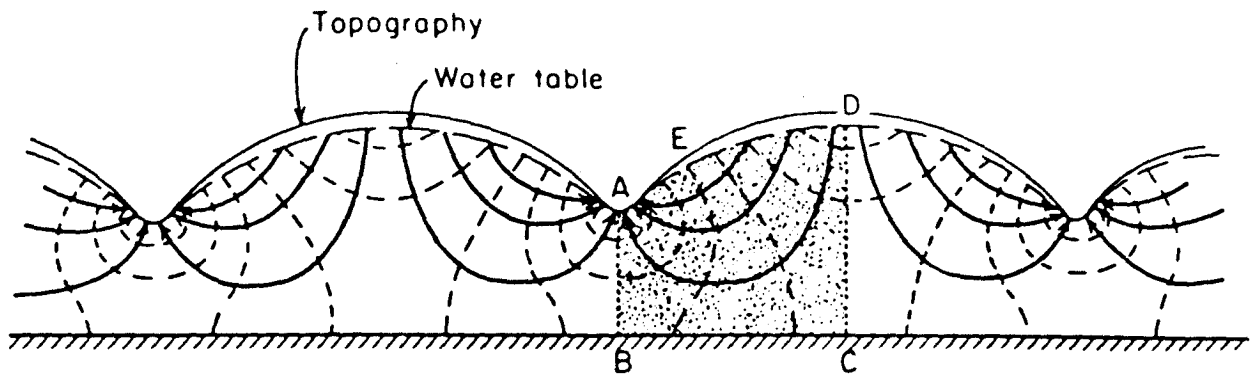


Fig.3.9.- Flujo de aguas subterráneas a través de una sección vertical de un medio homogéneo e isótropo, limitado en la base por un nivel impermeable. (según HUBBERT, M.K., 1940).

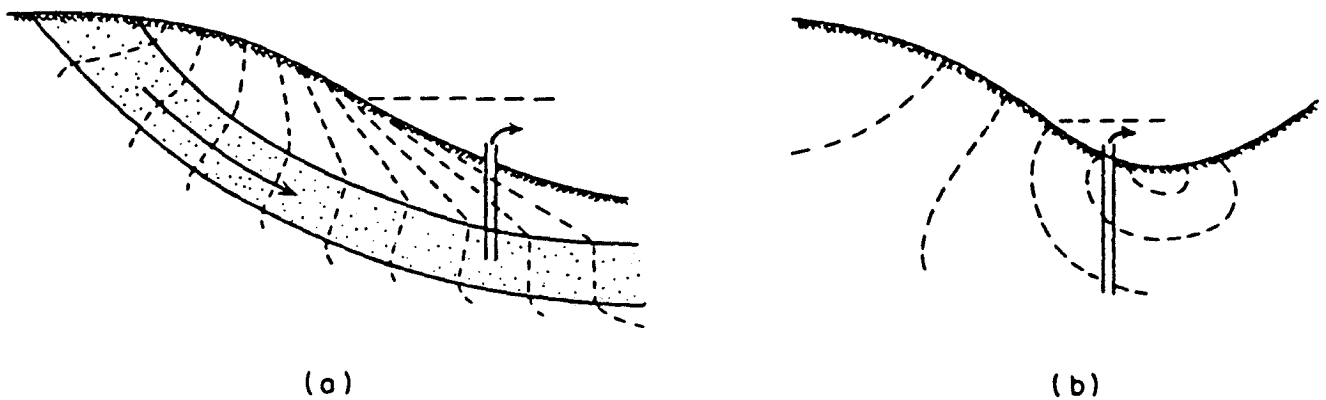


Fig.3.10.- Sondeos surgentes: (a) por control geológico. (b) por control topográfico. (según FREEZE, R.A. y CHERRY, J.A., 1979).

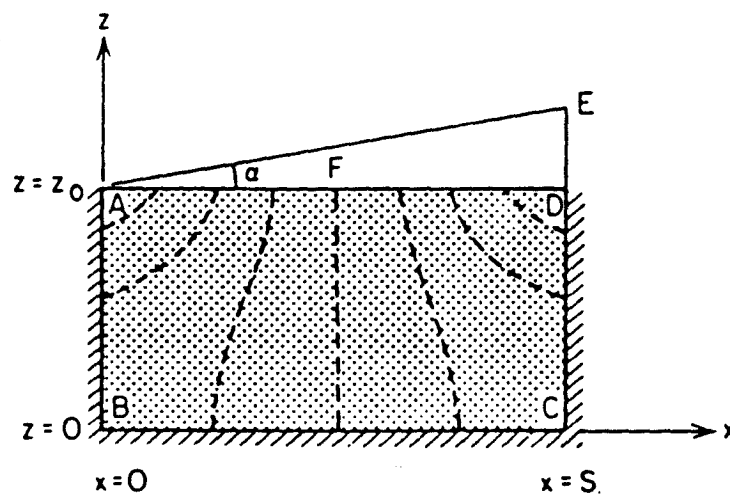


Fig. 3.11.- Resolución de la ecuación del flujo del agua en dos dimensiones, para un medio homogéneo e isótropo y una superficie freática neta e inclinada. Las líneas punteadas representan equipotenciales, el flujo es perpendicular a ellas. (según TOTH, J., 1963).

TOTH, J. (1963 y 1980) generaliza esta idea y resuelve de modo analítico la ecuación del flujo del agua en dos dimensiones para unas condiciones de contorno sencillas y un medio homogéneo e isótropo. Inicialmente considera (fig. 3.11) una superficie freática recta e inclinada, obteniendo como solución la formación de un área de recarga y otra de descarga, separadas en el punto medio de la superficie freática.

Posteriormente, considera una topografía con valles e interfluvios de la que es réplica la superficie freática; ésta superficie la simula mediante una senoide inclinada, la solución obtenida pasa por la aparición de un sistema de flujo más complicado (fig. 3.12) con la aparición de áreas de descarga local (sólo drena aguas procedentes de zonas de recarga adyacentes), áreas de descarga de tipo intermedio (drena aguas de zonas de recarga más alejadas) y áreas de descarga de tipo regional (a las que pueden llegar aguas procedentes de todas las zonas de recarga).

Pero el hecho más destacable es la aplicación de estos sistemas de flujo a la migración del petróleo; así Toth enuncia la *Teoría generalizada de la migración de hidrocarburos en grandes cuencas*, donde destaca la detallada relación de manifestaciones hidrogeológicas e hidroquímicas que los flujos de aguas subterráneas tienen en las diferentes áreas de las mismas.

La (fig. 3.13) muestra reunidas en una cuenca teórica las manifestaciones más importantes, así como las implicaciones hidroquímicas y geotérmicas que el flujo produce. A modo de síntesis, y haciendo abstracción de la litología concreta de cada cuenca sedimentaria, puede indicarse lo siguiente:

En las áreas de recarga, donde domina la infiltración, las aguas presentan una baja mineralización y su composición química es bicarbonatada cálcica. La naturaleza descendente del flujo de agua provoca una anomalía térmica negativa.

A lo largo del flujo, las aguas se mineralizan siguiendo la secuencia ya expuesta por CHEBOTAREV, I.I., (1965), desde bicarbonatadas cálcicas hasta cloruradas sódicas, pasando por términos intermedios, como son sulfatadas cálcicas. Evidentemente, si el área de recarga está formada por rocas yesíferas, la secuencia de evolución del agua se inicia ya en sulfatada cálcica.

BOUNDARY BETWEEN FLOW SYSTEMS OF DIFFERENT ORDER  
 BOUNDARY BETWEEN FLOW SYSTEMS OF SIMILAR ORDER  
 LINE OF FLOW

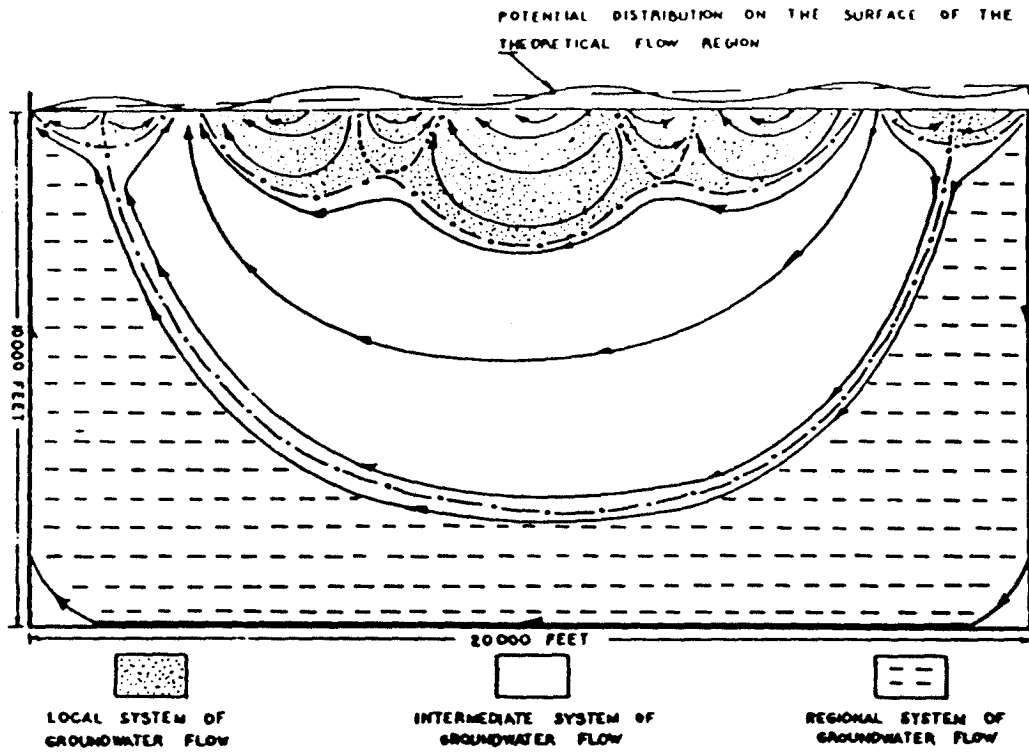


Fig.3.12.- Resolución de la ecuación del flujo de agua en dos dimensiones, para un medio homogéneo e isótropo, y una superficie freática sinusoidal e inclinada. Aparición de sistemas de flujos de diferente categoría (según TOTH, J., 1963).

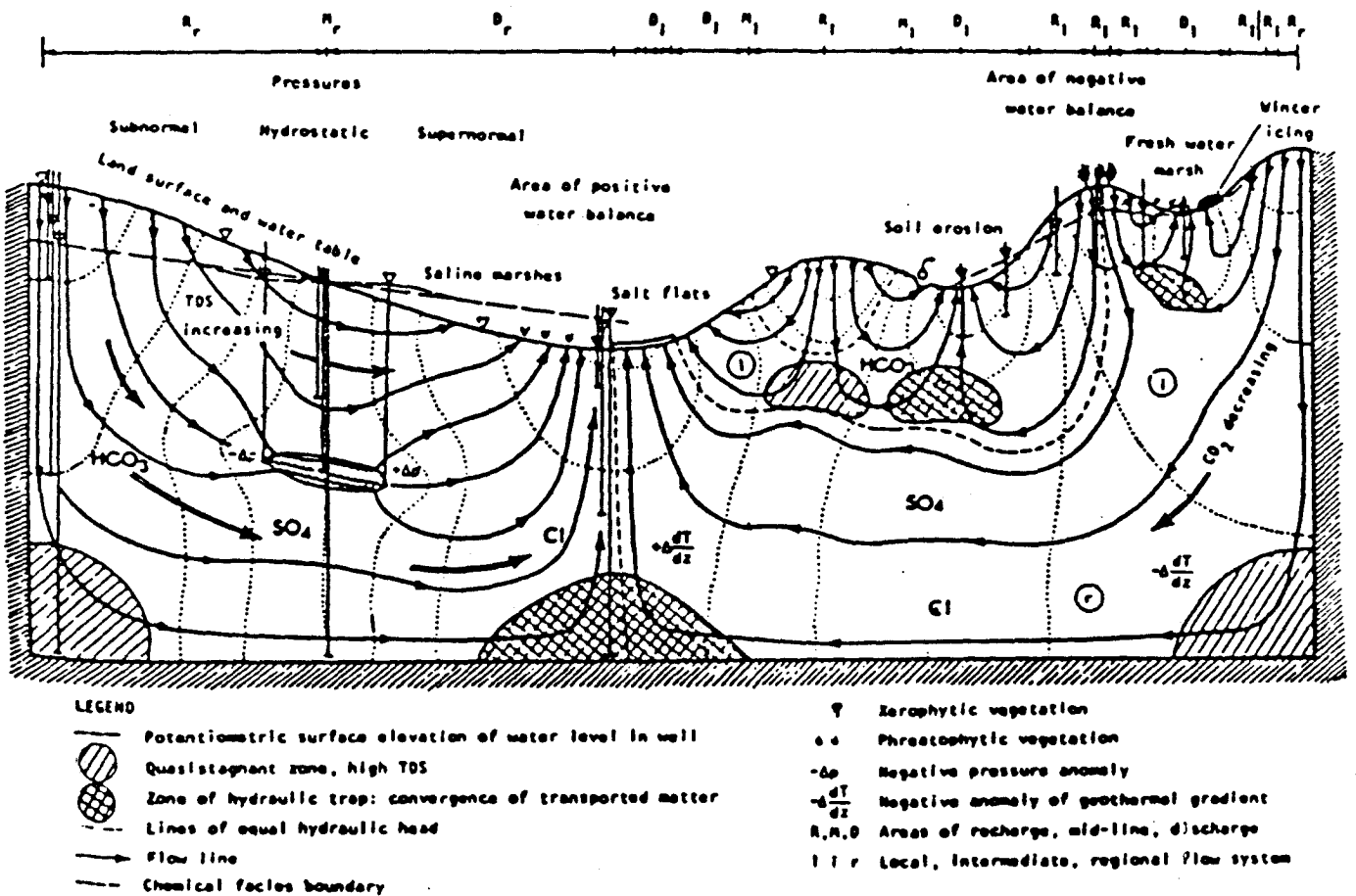


Fig.3.13.- Diagrama resumen de las propiedades y manifestaciones del flujo de aguas subterránea regional en cuencas sedimentarias simples (mitad izquierda) o complejas. (según TOTH, J., 1980).

En las áreas de descarga, la composición de las aguas es variada, ya que depende del camino subterráneo recorrido por el agua. Cuando se trata de áreas de descarga local, las aguas debido a su corto recorrido, mantendrán su composición inicial, en general bicarbonatadas cálcicas. En áreas de descarga intermedia, ya con mayor mineralización, predominan aguas sulfatadas cálcicas o magnésicas ; finalmente, en las áreas de descarga regional puede aflorar aguas muy mineralizadas, auténticas salmueras de composición clorurada sódica.

Estas áreas de descarga presentan una anomalía geotérmica positiva, que puede manifestarse por manantiales termales y sondeos con aguas anormalmente calientes.

Dentro del modelo de la (fig. 3.13) se observa la existencia de zonas de flujo inapreciable, donde el agua permanece prácticamente "estancada"; estas zonas constituyen auténticas "trampas hidráulicas" donde se forman salmueras y puede acumularse el petróleo.

#### LA MODELIZACION DEL FLUJO

La resolución de la ecuación del flujo del agua en medios porosos para configuraciones geológicas complicadas (más parecidas a la realidad) ha sido posible con la aparición de los grandes ordenadores que permitieron solucionar la ecuación del flujo modelizando el espacio mediante técnicas adecuadas de discretización.

En FREEZE, J.A. y WITHERSPOON, P.A. (1967) aparecen varias resoluciones de la ecuación del flujo del agua para el caso de medios con permeabilidades diferentes; de ellas, son particularmente aplicables a la situación hidrogeológica de la cordillera Ibérica con respecto a la Depresión Terciaria del Ebro las que acompañamos en la (fig. 3.14).

En estos modelos verticales se observa cómo la existencia de un dominio más permeable (permeabilidad, 10 ó 100 veces mayor) subyacente al resto del medio, implica una auténtica canalización del flujo de agua a su través "drenaje", lo que provoca la existencia de una descarga muy concentrada en áreas relativamente reducidas. En la

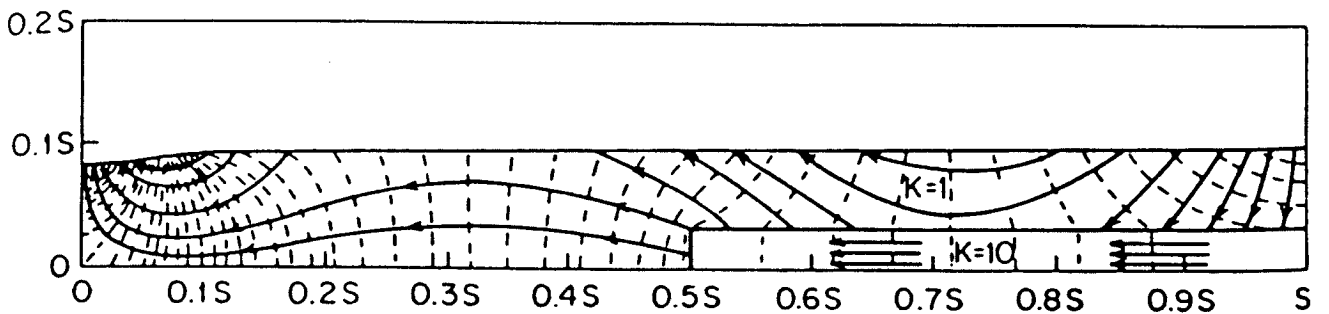
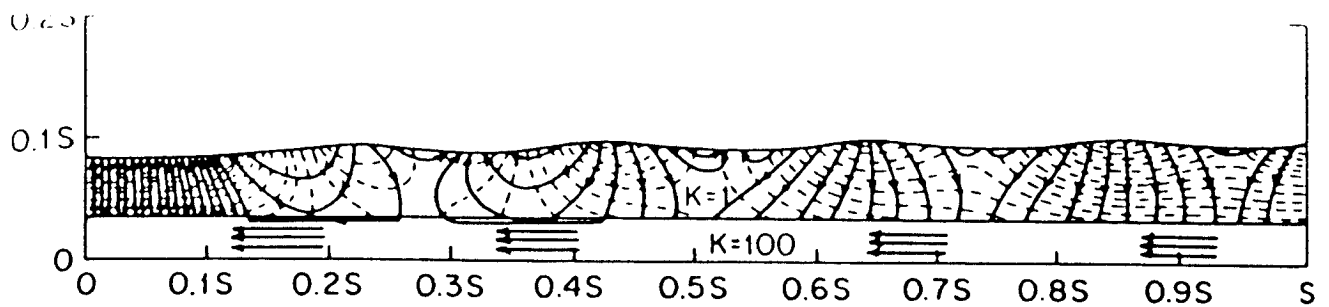


Fig.3.14.- Modelo de flujo regional de aguas subterráneas (FREEZE, R.A. y WITHERSDOON, 1967): Importancia de los materiales permeables subyacentes canalizando gran parte del flujo regional.

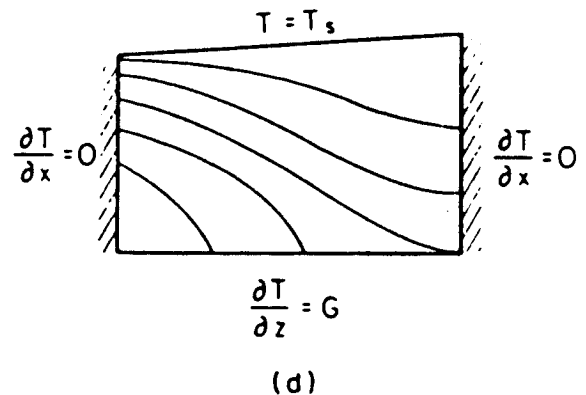
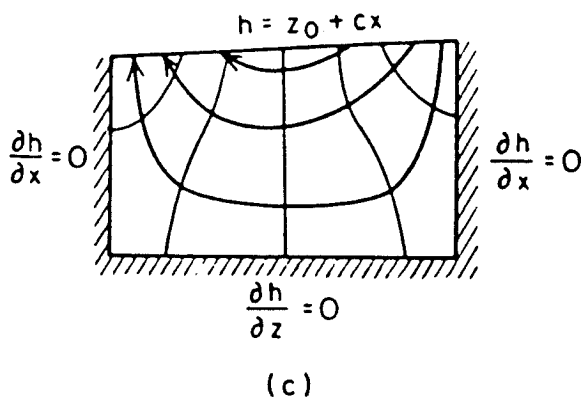
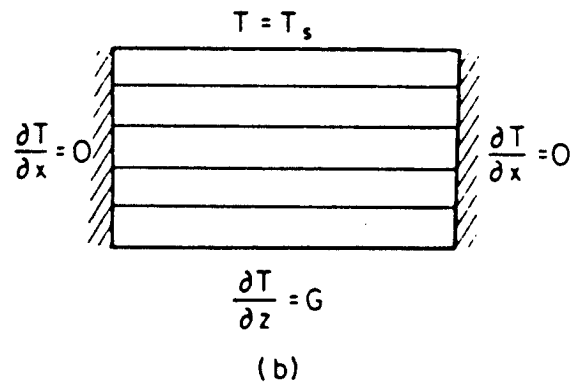
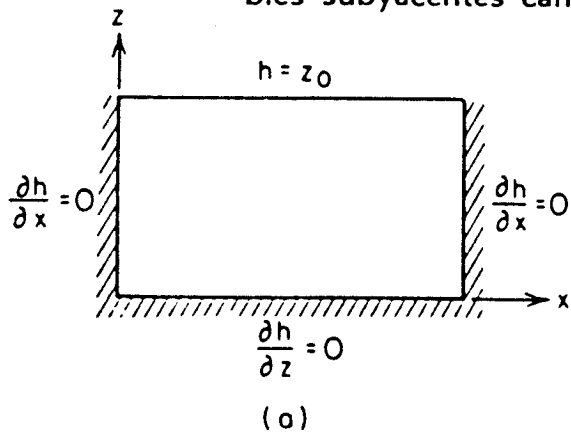


Fig.3.15.- Modificaciones del gradiente geotérmico normal por la existencia de flujo de agua subterránea inducido por gravedad  
 (a) Medio homogéneo e isótropo sin flujo de agua.  
 (b) Isotermas para el caso anterior.  
 (c) Medio homogéneo e isótropo con flujo de agua subterránea inducido por gravedad.  
 (d) Consecuencias del flujo subterráneo anterior en la distribución de las isotermas.

naturaleza, éstas áreas son evidentemente manantiales o zonas húmedas con encharcamientos. Configuraciones de este tipo se observan con frecuencia en el borde norte de la Cadena Ibérica SANCHEZ, J.A. et al.,(1987).

Es de destacar cómo SCOTT BAIR, E.,(1987) emplea los términos unidades hidroestratigráficas y columnas hidroestratigráficas al referirse a la existencia de dominios de permeabilidades diferentes, puesto que en las grandes cuencas sedimentarias, estos dominios tienen una clara correspondencia con las unidades estratigráficas.

#### IMPLICACIONES DEL FLUJO: GEOTERMALISMO

En el caso del calor, la modelizaciones realizadas consideran que éste puede transmitirse tanto por fenómenos de difusión como por convección; DOMENICO, P.A. y PALCIAUSKAS, V.V.,(1973) muestran cómo la existencia del flujo subterráneo de agua inducido simplemente por la configuración topográfica lleva aparejada inmediatamente la aparición de una anomalía geotérmica negativa en el área de recarga, y de otra positiva en el área de descarga (fig. 3.15)

Un caso especialmente aplicable al contacto de la Cordillera Ibérica con la Depresión Terciaria del Ebro es el mostrado por GARVEN, G. y FREEZE, R.A., (1984), donde muestran la influencia que las variaciones espaciales de la permeabilidad tienen en la canalización del flujo del agua y del calor. En la (fig. 3.16) se observa cómo el gradiente geotérmico normal queda totalmente modificado cuando existen niveles subyacentes de mayor permeabilidad, creándose fuertes anomalías geotérmicas positivas ligadas a las zonas de descarga de agua subterránea.

En el borde norte de la Cordillera Ibérica, los materiales permeables del Jurásico aparecen subyacentes al resto de la serie hasta "colisionar" con los materiales poco permeables del Terciario de la Depresión del Ebro, el contacto entre las dos unidades es mediante fractura, con un gran salto al oeste del Jalón -ver corte geológico de la (fig. 3.17)-. Estas circunstancias ya evidenciadas en las publicaciones de: SANCHEZ, J.A. et al. (1986), MARTINEZ GIL, F.J. y SANCHEZ, J.A. (1986), SANCHEZ, J.A. et al. (1987) y SAN ROMAN, J. et al. (1988), provocan la fuerte anomalía geotérmica positiva observada en gran parte del contacto de la

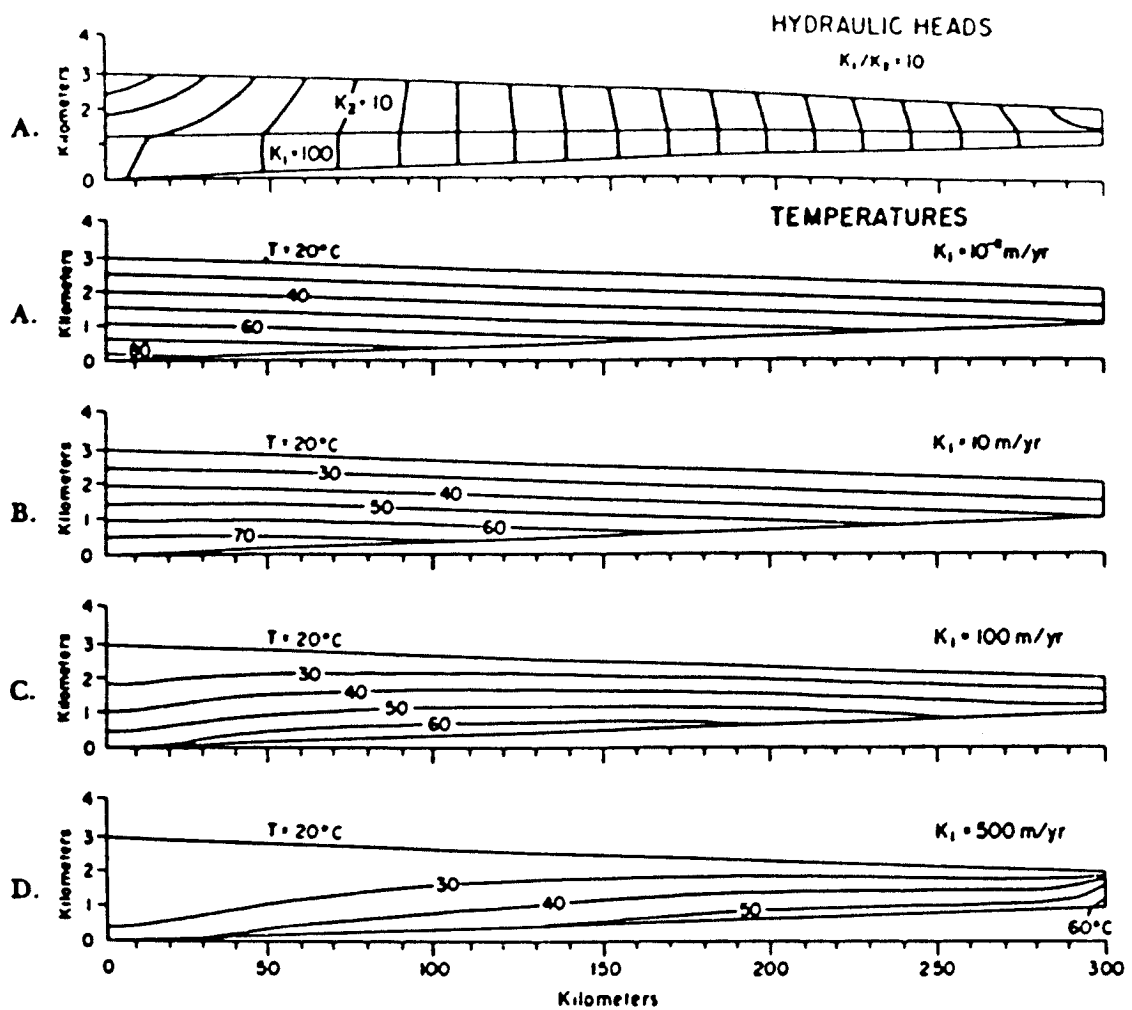


Fig. 3.16.- Modificación del gradiente geotérmico normal debido a la existencia de una capa subyacente de mayor permeabilidad.

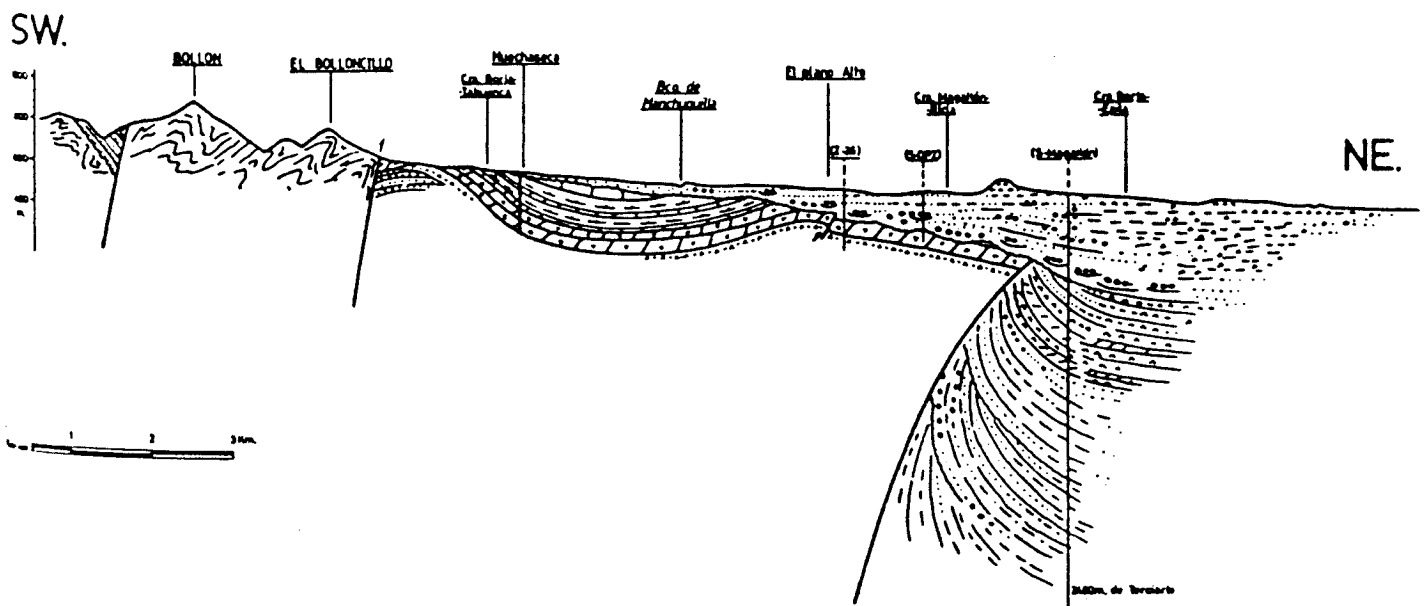


Fig.3.17.- Corte geológico, en base a sondeos y geofísica, del contacto (falla Noribérica) entre la Cordillera Ibérica y la Depresión del Ebro en el área Tarazona-Borja.



Ibérica con la Depresión del Ebro.

#### IMPLICACIONES DEL FLUJO: TRANSPORTE DE MASA

El tratamiento acoplado del flujo de agua y solutos, se ha enfocado tradicionalmente al problema del transporte de contaminantes. Una visión actualizada y bibliográficamente muy documentada del problema se encuentra en KONIKOW, L.F. y MERCER, J.W.,(1988).

El caso que nos ocupa, transporte químico por el agua subterránea de iones mayoritarios hacia cuencas sedimentarias y evaluación de su importancia, ha sido tratado por WILLIAMS, R.E.,(1970), ROUSE, J.E. y SHERIF, N.,(1980), PURSER, B.H. et al. (1987), MAGARITZ, M.,(1987), y de forma específica para el contacto entre la Cadena Ibérica y la Depresión Terciaria del Ebro por SANCHEZ, J.A. et al. (1987).

WILLIAMS, R.E.,(1970) señala que buena parte de las salmueras profundas proceden de aguas meteóricas y que éstas deben forzosamente entrar en los grandes sistemas de flujo propuestos por Toth; también indica que los sistemas de flujo de agua actúan como agentes de transporte de sólidos disueltos y que las zonas de descarga de estos flujos de agua subterránea son puntos de emergencia de sales. Asimismo, muestra diversos ejemplos de transporte de sales por las aguas subterráneas de dimensiones similares a los que consideramos para la Cordillera Ibérica.

Así, BAKER, R.C. et al. (1964), estiman en 330 tm/día la masa de cloruros aportados a la cuenca del Salt Croton Creek (Texas) por un sistema de flujo de agua subterránea. WEST, S.W. et al. (1965) para el río Pecos, en un tramo de 3 millas de longitud, donde descarga un sistema de flujo subterráneo, estima unas aportaciones salinas de 420 tm/día, de las que 370 tm/día son de cloruro sódico. Un caso similar al del río Pecos ha sido estudiado por DE MIGUEL, J.L.,(1985) en el río Martín (afluente por la margen derecha del Ebro) que en un corto tramo donde se encuentran los manantiales de Virgen de Arcos y de Los Estrechos se aportan unas 175 tm/día de sales; si bien en este caso, de composición dominante sulfatada cálcica.

ROUSE, J.E. y SHERIF, N.,(1980) también explican el origen de los

sulfatos en áreas de sebkha del Golfo de Sirta (Libia), a partir del flujo de agua subterránea; en este caso, como en el del borde norte de la Cadena Ibérica, estudiado por SANCHEZ, J.A. et al. (1987), la interpretación se facilita al aparecer el flujo subterráneo concentrado en grandes manantiales salobres; así en el Golfo de Sirta el manantial de Tawurghah tiene un caudal de 3.000 l/s y una salinidad de 2 a 3 g/l, por lo que aporta unas 500 tm/día de sales, principalmente sulfatos, que se interpretan como procedentes de las series cretácicas.

Por último, MAGARITZ, M.,(1987), también considera el aporte de sales procedentes de aguas subterráneas continentales como muy importante en las sedimentación en cuencas evaporíticas marinas no sólo en las de tipo sebkha o salina, sino incluso en las de tipo profundo. Este autor señala que el tipo de depósito formado viene condicionado por la proporción que existe entre las aguas dulces superficiales y las aguas salinas de origen subterráneo.

#### **EL DRENAJE SUBTERRANEO DE LA CORDILLERA IBERICA EN LA DEPRESION TERCIARIA DEL EBRO**

La Cordillera Ibérica, por su disposición topográfica con respecto a la Depresión Terciaria del Ebro y por su composición litológica en la que abundan los materiales carbonatados permeables, constituye una extensa área de recarga para las aguas subterráneas.

La recarga se produce por infiltración directa del agua de lluvia a través de los materiales permeables aflorantes, no sólo carbonatados sino también detríticos, principalmente conglomerados y areniscas pliocuaternarios que, en ocasiones, tienen un gran desarrollo (Somontano del Moncayo, zona de Alfamén-Cariñena...).

La recarga también se produce de forma localizada en los ríos que, al alcanzar formaciones permeables con su nivel piezométrico por debajo de la cota de la superficie del terreno, pierden parcialmente o en su totalidad sus aguas. Casos espectaculares de este fenómeno se producen en el cauce del río Huecha a la altura de Alcalá de Moncayo SAN ROMAN, J. et al.,(1988), donde el nivel piezométrico del acuífero liásico se encuentra a unos 100 m. por debajo de la superficie; en el del río Huerva entre las localidades de Villanueva y Mezalocha; en el del Grío, afluente del Jalón, antes de la Almunia; o en el del río Aguas Vivas, cuyas aguas

infiltradas alimentan al río Martín DE MIGUEL, (1986), etc.

Las aguas infiltradas son en parte drenadas dentro de la Cordillera Ibérica a través de los manantiales que surgen en el contacto entre unidades hidroestratigráficas de permeabilidad contrastada, o, también, a través de manantiales del tipo "trop plein"; pero una gran parte del volumen de agua infiltrado continúa su camino descendente hasta alcanzar el acuífero constituido por los materiales del Lías.

Los materiales liásicos constituyen un acuífero carbonatado constituido principalmente por brechas y dolomías con una elevada porosidad y alta permeabilidad, son las formaciones: "Dolomías tableadas de Imón", "Carniolas de Cortes de Tajuña" y "Calizas y dolomías tableadas de Cuevas Labradas".en GOY,A. et al. (1976).

Las características hidrogeológicas de formaciones citadas junto con su situación a techo de una unidad muy poco permeable (facies Keuper) le confieren su carácter de nivel acuífero de drenaje regional de la Ibérica.

Las aguas que circulan por éste nivel acuífero siguen la compleja disposición geológica que las formaciones Liásicas presentan en la Cordillera Ibérica, descendiendo en ocasiones a más de 1.000 metros por debajo de su área de recarga y recorriendo un largo trayecto hasta su emergencia en la superficie, permaneciendo todo el tiempo en íntimo contacto con el terreno. La profundidad alcanzada por el agua, y su largo recorrido por el terreno tiene dos importantes consecuencias:

1.-La aplicación del gradiente geotérmico normal (1º cada 33m) a las profundidades alcanzadas por el agua explican su necesario calentamiento, que como veremos posteriormente, según las circunstancias de surgencias se manifiesta en manantiales termales.

2.-La presencia de materiales anhidríticos solubles dentro de las formaciones del Lías, además de en el Keuper y, en ocasiones, en el resto de materiales suprayacentes confiere a las aguas que circulan por él una composición Sulfatada cálcica.

La mayor parte de la descarga de las aguas del Lías tienen lugar, en la actualidad, a través de manantiales situados en la zona de contacto entre la Cordillera Ibérica y la Depresión terciaria del Ebro; son los

manantiales de Pontil , Toroñel, Virgen de la Magdalena, Virgen de Muel, Virgen de Arcos, La Ginebrosa y los de la zonas de Bulbunte-Maleján (fig. 3.18).

Los manantiales de la Virgen de Muel, Virgen de Arcos y La Ginebrosa, aparecen en materiales carbonatados jurásicos (Lías principalmente), mientras que los restantes lo hacen a través de los materiales del terciario de la depresión del Ebro. En todos ellos, el origen de la surgencia está en las fracturas de dirección NW-SE, que separan ambas unidades geológicas (fig. 3.19).

Este contacto se produce mediante cabalgamientos, o fallas, de salto y situación diferente según las zonas. Su disposición pocas veces se conoce exactamente ya que quedan ocultas por los materiales terciarios del borde de la Cuenca del Ebro. En la (fig. 3.17) se observa la disposición del contacto en base a datos de sondeos y geofísica.

Características comunes de estos manantiales son las siguientes:

-La importancia de sus caudales y la escasa variación temporal que presentan: 300 l/s en Pontil, 65 l/s Toroñel, 250 l/s en Virgen de Muel, 250 l/s en Virgen de la Magdalena, 700 l/s en Virgen de Arcos, 950 l/s en La Ginebrosa.

-El bajo contenido en tritio -menos de 5 U.T.-, DE LEIVA, J., (1983); I.G.M.E.,(1985)- que presentan las aguas de los manantiales no afectados por infiltraciones directas de aguas superficiales; como son los de Pontil, Toroñel, Virgen de la Magdalena y Virgen de Arcos.

-La mineralización elevada, superior a los 1.000 mg/l de total de sólidos disueltos (T.D.S.), y su composición sulfatada cálcica, excepto en el manantial de la Virgen de Muel (TABLA 1), que tiene una menor mineralización y una composición es bicarbonatada cálcica debido a la dilución que provocan las aguas del río Huerva infiltradas cerca del manantial.

-Una temperatura de emergencia -en los no afectados por filtraciones directas de aguas superficiales- entre 22 y 26 °C, debido al ya comentado calentamiento por circulación a varios cientos de metros de profundidad, y a un ascenso rápido provocado por la fractura noribérica SANCHEZ, J.A. et Al., (1986 y 1987).

# SISTEMA IBERICO Y DEPRESIONES LIMITROFES

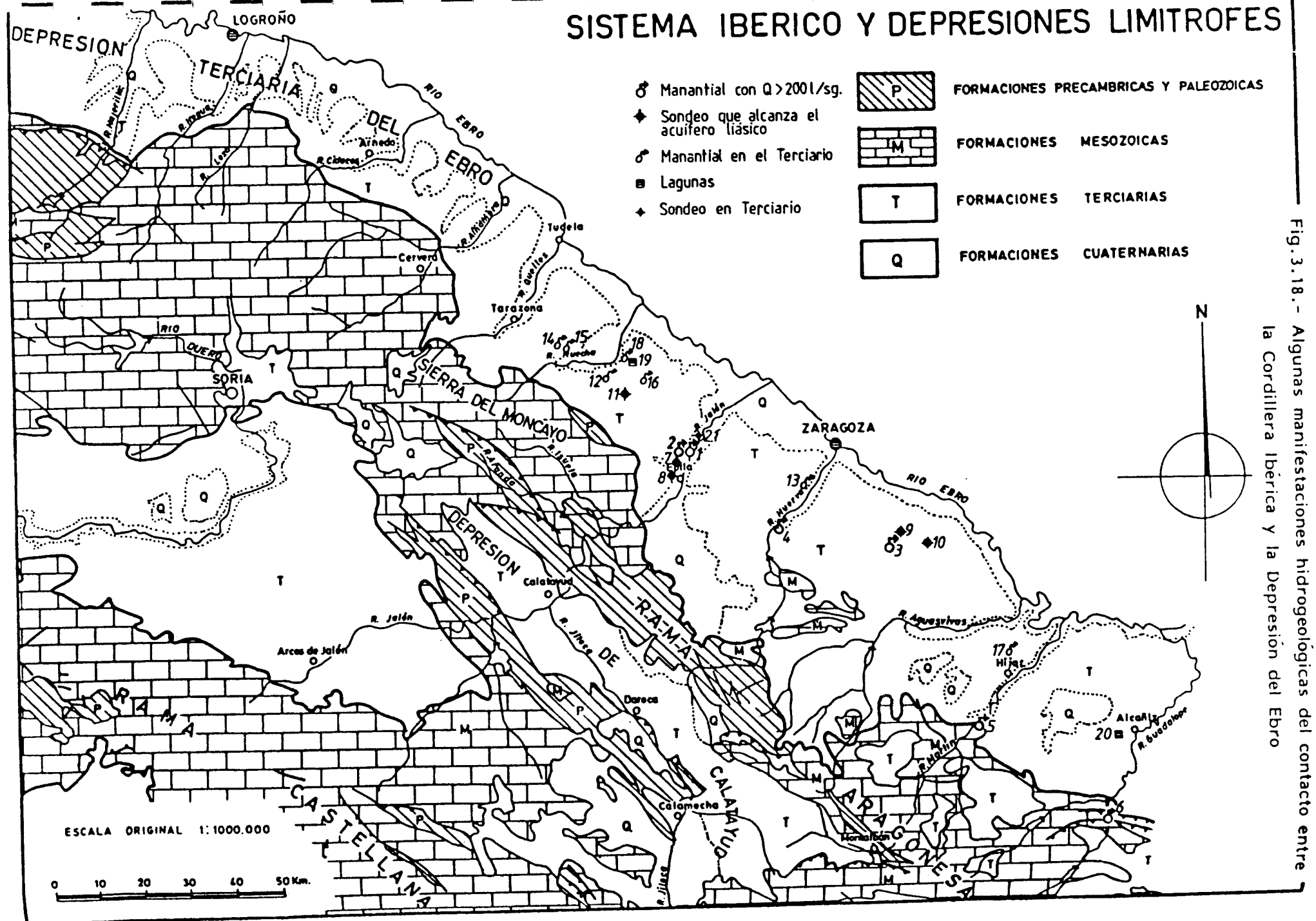


Fig. 3.18. - Algunas manifestaciones hidrogeológicas del contacto entre la Cordillera Ibérica y la Depresión del Ebro

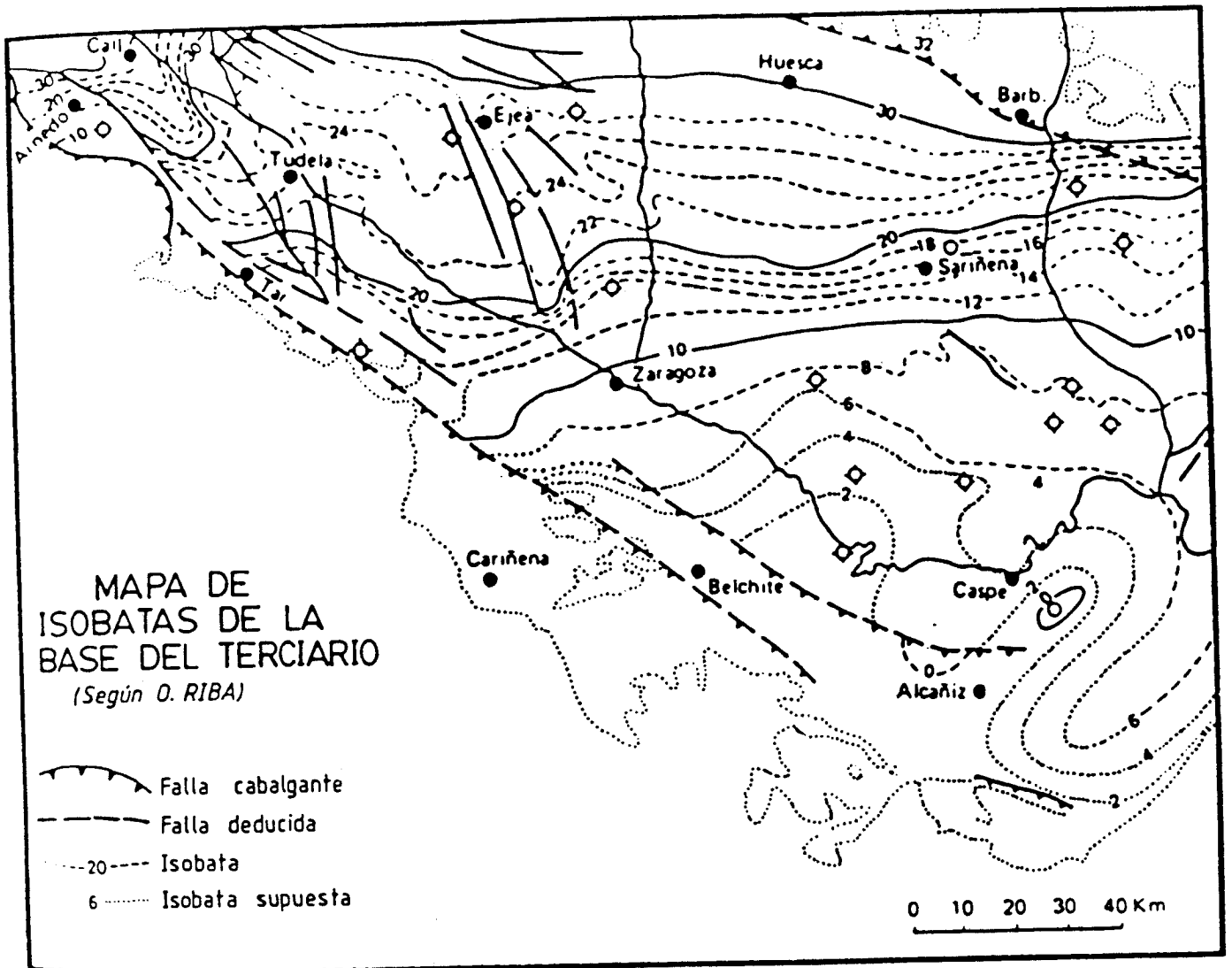


Fig. 3.19.- Mapa de isobatas de la base del Terciario y trazado de la falla Noribérica.

Tabla 1.- Datos físico-químicos de aguas de manantiales (meq/l).

	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	T.D.S.(mg/l)
1.-Man. Pontil	3,6	10,6	2,2	10,4	3,0	2,3	0,08	1024,0
2.-Man Toroñel	3,9	10,3	1,8	10,2	3,6	1,8	0,07	1024,0
3.-Man V. de Magdalena	3,9	8,4	5,6	7,2	4,8	6,5	0,10	1100,0
4.-Man V. de Muel	5,4	3,7	1,2	7,2	2,2	1,1	0,16	776,0
5.-Man V. de Arcos	3,4	25,9	2,6	26,0	4,4	2,7	0,10	2406,0
6.-Man. La Ginebrosa	3,4	15,8	5,5	14,6	5,2	1,3	0,40	1406,0

Tabla 2.- Datos físico-químicos de aguas precedentes de sondeos en el acuífero del LIAS.(meq/l).

	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	T.D.S.(mg/l)
6.-Sond. Lumpiaque	3,6	9,1	1,7	9,8	2,4	1,6	0,06	982,0
7.-Sond. La Poza	3,4	12,2	1,7	12,0	3,0	2,0	0,08	1192,0
9.-Sond. Mediana	3,9	8,4	6,2	7,8	4,4	6,9	0,10	1166,0
10.-Sond. Fuentes de Ebro	2,8	26,4	1,4	12,0	5,0	14,8	0,31	2310,0
11.-Sond. Pozuelo	2,0	44,0	3,0	32,0	14,0	31,0	0,20	3492,0

Tabla 3.- Datos físico-químicos de aguas (meq/l) procedentes del terciario de la Cuenca del Ebro.

	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	T.D.S.(mg/l)
12.-Man. Abarquetes	5,0	38,9	7,7	34,0	8,0	10,8	0,22	3426,0
13.-Man. Santa Fé	6,9	439,6	24,6	5,0	117,0	326,1	0,75	23984,0
14.-Man Salitroso	4,8	35,9	4,3	34,0	6,0	3,9	0,18	2986,0
15.-Man. Albeta	3,6	29,6	3,5	28,0	4,0	3,3	0,11	2308,0
16.-Man. Fuempudia	3,5	40,6	9,2	33,0	10,0	10,4	0,14	3322,0
17.-Man del Chorro	5,1	37,9	5,0	34,23	9,62	3,32	0,89	3428,0
18.-Man de Magallón	3,6	45,4	9,8	19,0	27,0	11,7	0,14	3734,0
19.-Laguna Magallón	2,2	311,5	226,4	15,0	235,0	273,9	2,55	34470,0
20.-Salada de Alcañiz	4,6	508,3	850,5	40,0	210,0	1130,0	2,56	82546,0
21.-Sond Plasencia	2,5	40,8	5,4	31,0	10,0	6,08	0,13	3164,0

Todos estos datos nos indican que se trata de aguas asimilables a las de flujos de tipo regional, como las indicadas por TOTH, J. (1963). Aunque algunos de los manantiales citados (Pontil, Toroñel, Virgen de la Magdalena) no surgen directamente en los materiales carbonatados liásicos, su relación con los mismos ha quedado corroborada mediante sondeos realizados en sus proximidades (Lumpiaque, Las Pozas, Mediana de Aragón, Pozuelo...) que alcanzan las calizas y provocan la surgencia de aguas termales, con una composición química similar a la de los manantiales próximos (TABLA 2).

Parte del flujo regional no drenado por estos manantiales, atraviesa la falla noribérica, continuando su flujo por los materiales poco permeables de la Depresión Terciaria del Ebro. Su surgencia en superficie se produce de manera natural de modo difuso, dando lugar a zonas encharcadas y humedales de carácter salino. En ocasiones, en las áreas de fuerte rezume aparecen pequeños manantiales (Santa Fé, Salitroso, Bureta, Fuempudia...), o lagunas (Magallón, Salada de Mediana, Chiprana, Salada de Alcañiz...); en estas últimas la composición salina de las aguas (TABLA 3) se ve incrementada por procesos de concentración por evaporación; casos espectaculares del fenómeno se dan en la Salada de Alcañiz.

La componente ascendente del agua subterránea en esta parte meridional de la cuenca del Ebro ha sido observada en sondeos, como los de Plasencia, donde el carácter surgente del agua se mantiene.

#### **IMPLICACIONES GEOLOGICAS DEL DRENAJE SUBTERRANEO DE LA CORDILLERA IBERICA: LOS APORTES DE SULFATOS**

Durante el Mioceno, la Cuenca del Ebro constituía una depresión endorreica por lo que las sales en disolución que llevaban las aguas subterráneas no serían evacuadas por el río Ebro hacia el mar, como sucede actualmente; sino que 'precipitarían dentro de la cuenca.

La pequeña extensión actual de los afloramientos evaporíticos mesozóicos en sus márgenes, no justifica las grandes masas de evaporitas existentes en la cuenca terciaria si se tienen únicamente en cuenta los mecanismos de erosión mecánica o disolución por las aguas



superficiales.

Por ello, aunque los estudios isotópicos de los sulfatos de estos depósitos terciarios y los de las formaciones que rodean a la cuenca del Ebro o la subyacen muestran una similitud entre unos y otros que podría indicar una herencia (BIRNBAUM, S., 1979), esta similitud no proporciona una certeza de la relación entre unos y otros, al no quedar aclarado el mecanismo de transporte y migración de masa.

La consideración de los flujos subterráneos (los "caudales de base" de los ríos en la hidrología tradicional) como agentes de transporte de masa en disolución muy activos puede proporcionar este mecanismo de migración, sin necesidad de que las formaciones evaporíticas mesozóicas afloren en superficie.

En efecto, los datos de caudal y composición química de las aguas de los manantiales de Pontil, Toroñel, Virgen de la Magdalena y Virgen de Arcos, nos han permitido evaluar la cantidad de material disuelto que se está evacuando anualmente desde la Cordillera Ibérica a través de los mismos. Así, se ha contabilizado en no menos de 50.000 tm/año la cantidad de sulfato cálcico que es aportado hacia el río Ebro por los manantiales citados. Si tenemos en cuenta la densidad del yeso ( $2,3 \text{ g/cm}^3$ ), al ritmo de aporte actual, en sólo 10 millones de años se movilizaría un volumen de yeso equivalente a un paralelepípedo de 50 por 10 km de base, y 500 m. de altura.

El cálculo realizado (claramente por defecto puesto que no se contabilizan otros manantiales y flujos que pasan directamente a la cuenca del Ebro) pone de manifiesto el importante papel que juega el flujo de aguas subterráneas como mecanismo de transporte de masas en disolución.

Ahora bien, la incisión en tiempos geológicos recientes de la red fluvial, ha hecho aflorar en la zona de contacto entre la Cordillera Ibérica y la Depresión del Ebro el sustrato carbonatado, o lo ha situado cerca de la superficie, lo que ha facilitado la concentración del flujo subterráneo en pocos manantiales de gran caudal. Por el contrario, durante el Terciario, la falta de una red fluvial profunda haría que una parte mayor del flujo subterráneo procedente de la Cadena Ibérica continuara su flujo a través de los materiales de la Depresión del Ebro, descargando

sus aguas en extensas áreas de rezumes y lagunas ocasionales (sebkhas).

Las importantes masas de yesos generadas durante el Mioceno en la Depresión del Ebro podrían explicarse por tanto por los aportes de estos flujos subterráneos regionales de composición sulfatada cálcica.

El paso vertical observado en las series estratigráficas desde los depósitos de yeso hasta los de calizas lacustres puede explicarse por la dilución de los flujos subterráneos en sus áreas de descarga (sebkhas, lagunas...) debida a un incremento en los aportes de aguas superficiales. Las aguas superficiales, especialmente las de los ríos Pirenaicos, son bicarbonatadas cálcicas, con una baja mineralización (ver en Tabla 4 la composición actual de las aguas de los ríos Aragón, Gállego y Cinca)

Tabla 4.- Datos físico-químicos de aguas :de ríos Pirenaicos (meq/l)

	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	T.D.S.(mg/l)
Río Gállego (Anzánigo)	1,25	0,40	0,25	1,70	0,40	0,23	0,07	130,0
Río Aragón (Caparroso)	2,83	1,00	0,73	3,00	1,20	1,28	0,10	308,0
Río Cinca (Fraga)	2,37	2,23	<u>1,86</u>	3,70	1,30	2,30	0,14	420,0
Río Cinca (El Grado)	2,08	0,55	0,25	2,43	0,80	0,23	0,04	178,0
Río Alcanadre (Peralta)	2,29	0,79	0,87	3,00	0,60	0,95	0,10	268,0

— de  
Pirineos

evaporite basins: meteoric water input. Chemical Geology, 62, pp 239-250.

MARTINEZ, F.J. y SANCHEZ, J.A.(1986): Hidrogeología del valle del Ebro. Congreso de Botánica en homenaje a Francisco Loscos, Ponencia (en prensa). Teruel.

PURSER, B.H.; SOLIMAN, M. y RABET, A. (1987): Carbonate, evaporite, siliciclastic transitions in quaternary rift sediments of the northwestern Red Sea. Sedimentary Geology, 53, pp 247-267.

RIBA, O., REGUANT, S. y VILLENA, J. (1984): Ensayo estratigráfico e evolutivo de la cuenca terciaria del Ebro. In: Libro Jubilar de homenaje a D. J.M. Ríos, Geología de España, tomo II, pp. 131-159 .

ROUSE, J.E. y SHERIF, N. (1980): Major evaporite deposition from groundwater remobilized salts. Rev. Nature, Vol 285, pp 470-472.

SANCHEZ, J.A., DE MIGUEL, J.L. y MARTINEZ, F.J. (1987): El drenaje subterráneo de la Cordillera Ibérica en la Depresión Terciaria del Ebro y procesos geológicos asociados. II. Congr. de Geoquímica de España, pp. 3-8. Soria.

SANCHEZ, J.A., DE LEIVA, A. y MARTINEZ, F.J. (1987): Hidroquímica de las manifestaciones termales en la provincia de Zaragoza: consideraciones genéticas. Geol. Amb. y Ordenación del Territorio, Comunicaciones, vol. 1, pp. 345-356. Valencia.

SANCHEZ, F.J. y BLANCO, J.A. (1986): Formación de Palygorskita asociada al flujo regional de las aguas subterráneas del borde S.O. de la cuenca del Duero. Estudios Geol., 42, pp. 321-330.

SAN ROMAN, J., SANCHEZ, J.A. y MARTINEZ, F.J. (1988): El drenaje subterráneo del Macizo del Moncayo: aspectos hidrológicos e hidroquímicos. I Encuentro Nal. de Estudios sobre el Moncayo, (en prensa). Tarazona.

SCOTT BAIR, E. (1987): Regional hydrodynamics of the proposed high-level nuclear-waste repository sites in the Texas Panhandle. Journal of Hydrology, 92, pp. 149-172.

TOTH, J. (1963): A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. Jour. Geophys. Research, v. 67, no 11, pp 4375-4387

TOTH, J. (1980): Cross-formational gravity-flow of groundwater: a mechanism of the transport and accumulation of petroleum (the generalized hydraulic theory of petroleum migration), in Roberts, W.H. and Cordell, P.J., eds., Problems of Petroleum migration: A.A.P.G. Studies in Geology, no 10, pp. 121-167.

WILLIAMS, R.E. (1970): Groundwater flow systems and accumulation of evaporite minerals. A.A.P.G. Bull. Vol 54, no 7, pp 1290-1295

WEST, S.W., CUSHMAN, R.L., STOW, J.M. y HACKLER, W.L. (1965): Water resources in mineral and water resources of New Mexico. New Mexico Bur. Mines and Mineral Resources, Inst. Mining and Technology, pp. 387-432.

## DESCRIPCION DE LAS PARADAS Nº 2 y 3 CORRESPONDIENTES A LA EXCURSION DEL SEGUNDO DIA.

### OBJETIVOS

Observación de las manifestaciones hidrogeológicas actuales del drenaje de la Cordillera Ibérica en la Depresión Terciaria del Ebro, en el área del Bajo Jalón.

*Parada nº 2: Manifestaciones hidrogeológicas debidas la falla noribérica: Los manantiales de Pontil.*

Situación: Dentro del término municipal de Rueda de Jalón se localizan un conjunto de surgencias que con formas ovaladas "ojos" se sitúan a una cota de 295 m. sobre el nivel del mar, su situación puede verse en la fig. 3.1. La presencia de estas surgencias da lugar a una zona húmeda, con áreas permanentemente encharcadas, y una abundante vegetación higrófila.

Observaciones: Los manantiales surgen a través de un reducido espesor de depósito cuaternario, dispuesto sobre materiales del terciario de naturaleza lutítica y yesífera. El caudal de estas surgencias puede medirse en el lavadero que recoge una gran parte de las aguas; aforos realizados dan un caudal medio de 300 l/s.

El agua es de composición sulfatada cálcica (ver Tabla 1) y su contenido en tritio es inferior a 5 u.t., por lo que se trata de aguas de una edad mayor de 30 años. Surgen a una temperatura de unos 23º, por lo que pueden considerarse como termales.

Estos hechos indican se trata de aguas de flujo de tipo regional

Su procedencia de los materiales carbonatados del Lías ha quedado corroborada por los sondeos que explotan aguas análogas a las de Pontil en Lumpiaque, Epila y Fuendejalón.

Los mapas de isopiezas realizados para el acuífero del Lías indican que la zona de Pontil constituye por su cota el punto de descarga regional más importante del área comprendida entre los ríos Huecha y Huerva.

*Parada nº 3: Manifestaciones hidrogeológicas de flujos al norte de la falla noribérica: Humedales, suelos salinos y sondeos surgentes.*

El flujo de agua subterránea que escapa a la zona de surgencias de Pontil, continua a través de los depósitos lutíticos de la Cuenca del Ebro. La falta de materiales permeables que canalicen el flujo hace que su surgencia tenga lugar por extensos rezumes que provocan zonas húmedas generalmente salinas.

Observaciones: Desarrollo de una extensa zona húmeda, de difícil cultivo debida al flujo ascente de agua corroborado por los sondeos que se muestran (fig. 3.1).

Se insiste principalmente, en el carácter ascentes de éstos flujos y, la composición salina de las aguas (tabla 3, sondeos de Plasencia, con lo que ello tiene de implicaciones en la formación de suelos salinos y existencia de lagunas saladas en la cuenca del Ebro.

#### BIBLIOGRAFIA

BAKER, R.C.; HUGHES, L.S. y YOST, I.D. (1964): Natural sources of salinity in the Brazos River, Texas, with particular reference to the Croton and Salt Croton Creek basins. U.S. Geol. Survey Water-Supply Paper 1669-CC, 81 pp.

BIRNBAUM, S.J. y COLEMAN, M. (1979): Source of sulphur in the Ebro Basin (Northern Spain) Tertiary nonmarine evaporite deposits as evidenced by sulphur isotopes. Chemical Geology, 25, pp. 163-168.

CHEBOTAREV, I.I. (1965): Metamorphism of natural waters in the crust of weathering. Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 8, 22-48, pp 137-170, 198-212.

DE MIGUEL, J.L. (1985): Estudio hidrológico comarcal de Aragón: La cuenca del río Martín. 4 tomos, Universidad de Zaragoza, (inédito)

DE MIGUEL, J.L. (1986): Aportación al conocimiento hidrogeológico de la cuenca del río Martín, provs. de Teruel y Zaragoza. Tesis de licenciatura

Universidad de Zaragoza (inédito).

DE LEIVA, A. (1983): Funcionamiento hidrogeológico de una parte de la indentación de la Ibérica en la Depresión del Ebro (área de Mediana de Aragón-Bechite). 5ª Conferencia de Hidrología General y Aplicada, SMAGUA, Zaragoza.

DOMENICO, P.A. y PALCIAUSKAS, V.V. (1973): Theoretical analysis of forced convective heat transfer in regional groundwater flow. Geol. Soc. Am. Bull., 84, pp. 3803-3814.

FREEZE, R.A. y CHERRY, J.A. (1979): Groundwater. Prentice Hall, 604 pp.

GARVEN, G. y FREEZE, R.A. (1984): Theoretical analysis of the role of groundwater flow in the genesis of stratabound ore deposits. 2: quantitative results. Am. Jour. of Science, vol. 284, pp. 1125-1174.

GOY, A., GOMEZ, J.J. y YEBENES, A. (1976): El Jurásico de la Cordillera Ibérica (mitad norte): I unidades litoestratigráficas. Estudios Geológicos, 32, pp. 391-423.

HUBBERT, M.K. (1940): The theory of groundwater motion. Jour. Geology, v 48, no 8, pp 785-944.

HUBBERT, M.K. (1953): Entrapment of petroleum under hydrodynamic conditions. A.A.P.G. Bull., v 37, no 8, pp 1954-2026.

I.G.M.E. (1985): Estudio de las manifestaciones termales de Extremadura, Salamanca, Aragón, Rioja, orientado a su posible explotación como recursos geotérmicos. (inédito).

KONIKOW, L.F. y MERCER, J.W. (1988): Groundwater flow transport modelling. Journal of Hydrology, vol. 100, pp. 379-409.

LLAMAS, M.R. (1988): El agua subterránea como recurso económico-ecológico y como agente geológico. Discurso de recepción en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid.

MAGARITZ, M. (1987): A new explanation for cyclic deposition in marine

Expuestos los criterios de circulación de flujo regional, el ITGE desea centrar el muestreo en los siguientes puntos (figs. 10.1 y 10.2).

- Manantial de Mediana (Mioceno, Zaragoza) (ITGE 2816-2001)
- Sondeo surgente de Fuentes de Ebro (Mioceno, Zaragoza) (ITGE 2816-3001)
- Balneario de Chiprana (Mioceno, Zaragoza)
- Manantial de Ariño (Jurásico, Teruel) (ITGE 2818-8001)
- Lagunas saladas de Caspe y Alcañiz (Mioceno, Zaragoza-Teruel)

Los manantiales de Mediana, Ariño y el sondeo de Fuentes de Ebro han sido incluidos en el estudio que el ITGE está llevando a cabo (1989-90) y se dispone de análisis químico e isotópico. Las muestras de tritio corresponden a junio de 1989 y tienen como resultado:

	<u>U.T.</u>
- M. Mediana	13 ± 1
- Sondeo Fuentes Ebro	13 ± 1
- M. Ariño	12 ± 1

Se tomaron muestras para determinar isótopos estables en junio, agosto y noviembre de 1989 y en febrero de 1990, no disponiéndose todavía de los correspondientes resultados analíticos.

El manantial de Mediana tiene una descarga de 200 l/s con escasa variabilidad estacional y se utiliza como abastecimiento a la localidad zaragozana del mismo nombre a la vez que permite el riego de 230 ha (figs. 10.3. y 10.4.). Se halla asociado en superficie a los depósitos miocenos y el agua es sulfatado cálcico-magnésica con un contenido salino de 1,1 gr/l (tabla 10. I.).

El agua del vecino sondeo surgente de Fuentes de Ebro, situado a 8 Km de Mediana, es de similar naturaleza química pero con el doble de mineralización. Se capta mediante un sondeo de 220 m que penetra 12 m en calizas después de haber atravesado 208 m de margas, arcillas y yesos miocenos (figs. 10.3 y 10.5.).





Fig. 10.1.- SITUACION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO



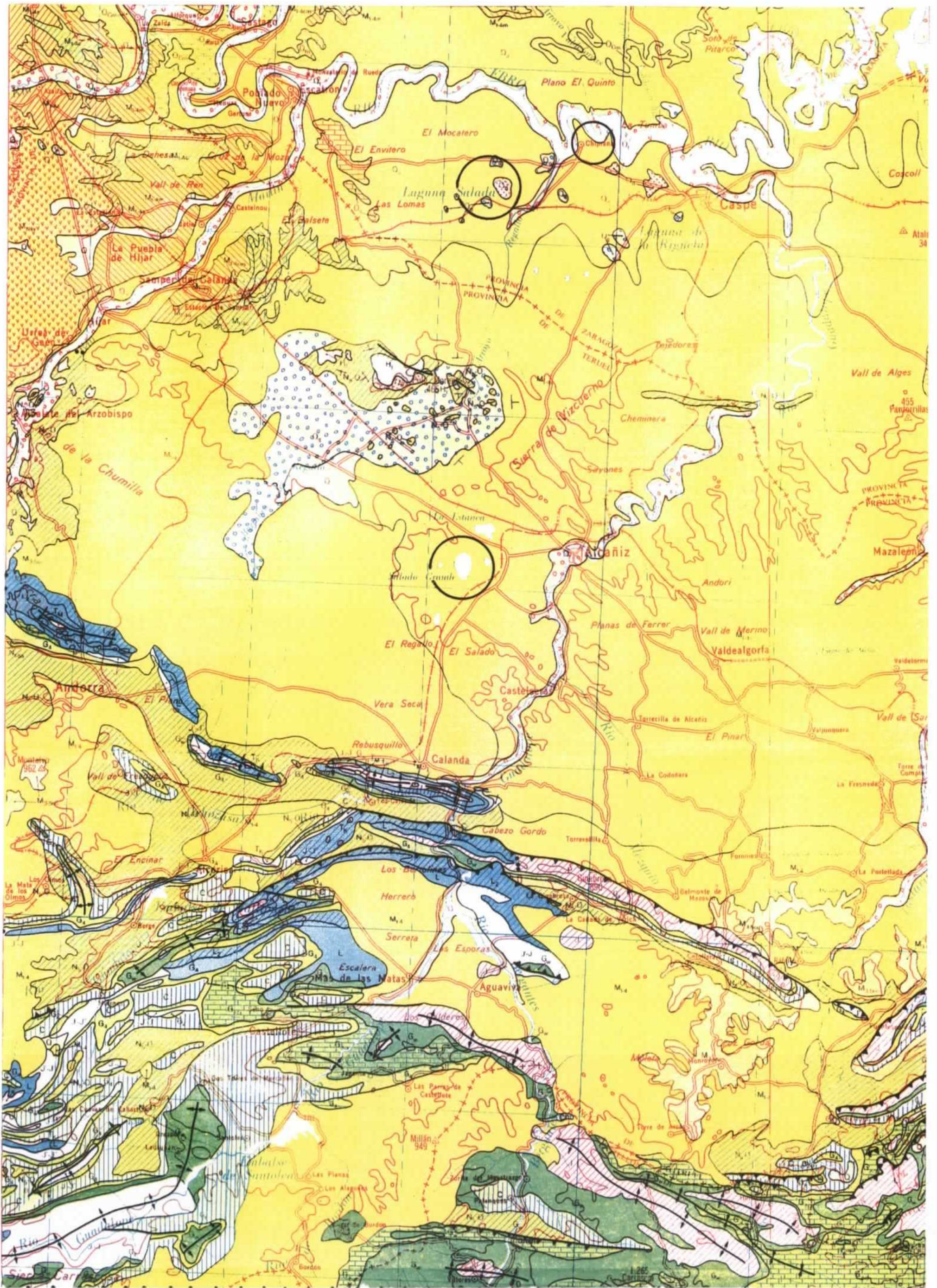
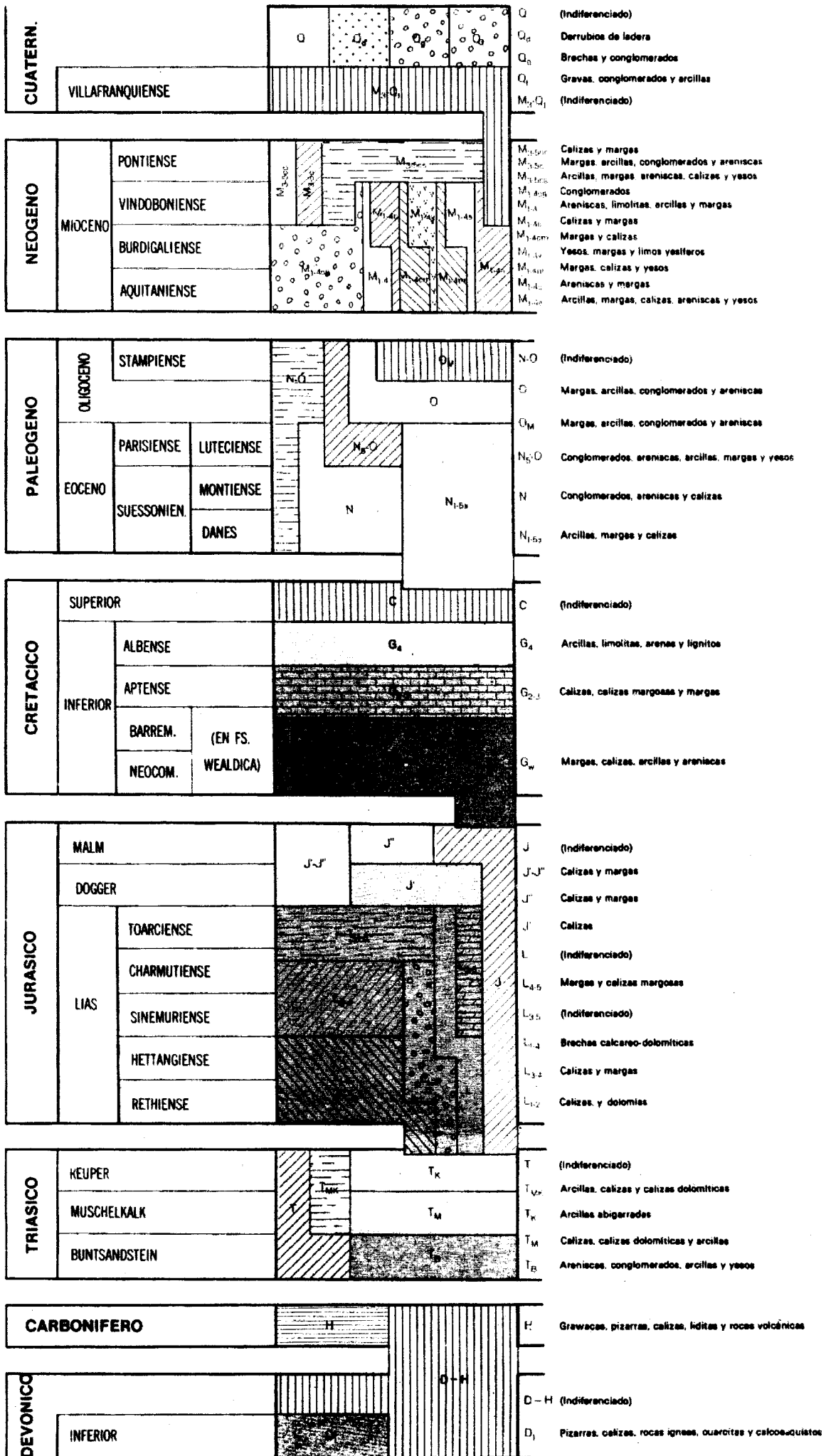


Fig. 10.2.- SITUACION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO





# PINA.

(2816)

2° 56' 2° 57' 2° 58' 2° 59' 3° 00' 3° 01' 3° 02' 3° 03'

997

852

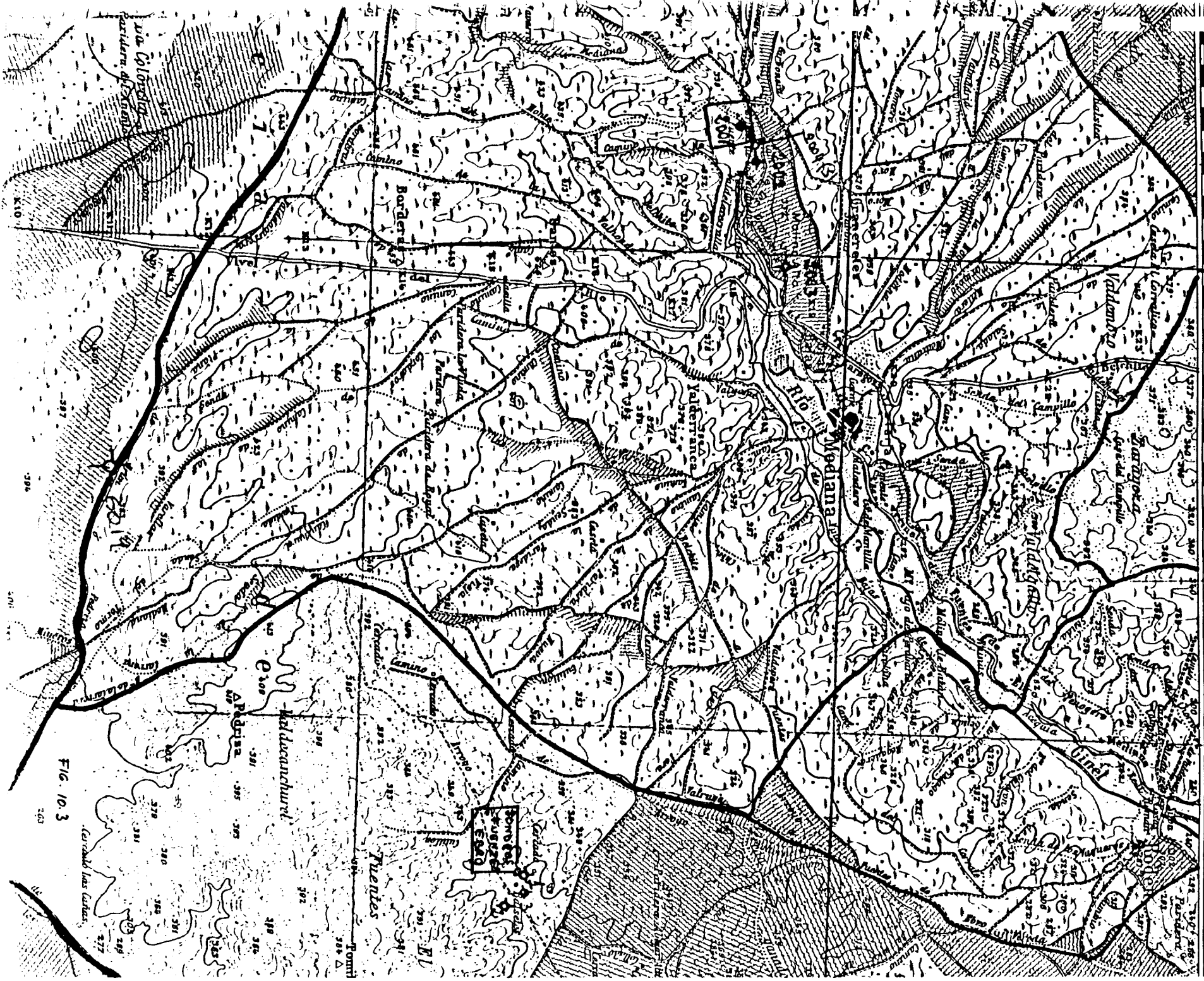


FIG. 10.3

SONO EX  
FUGAZO  
ERRO

Waldschurch

AP. Q. 100

Via Colonia  
Pasadizo de Xanadu  
K110  
K109  
K108  
K107  
K106  
K105  
K104  
K103  
K102  
K101  
K100  
K99  
K98  
K97  
K96  
K95  
K94  
K93  
K92  
K91  
K90  
K89  
K88  
K87  
K86  
K85  
K84  
K83  
K82  
K81  
K80  
K79  
K78  
K77  
K76  
K75  
K74  
K73  
K72  
K71  
K70  
K69  
K68  
K67  
K66  
K65  
K64  
K63  
K62  
K61  
K60  
K59  
K58  
K57  
K56  
K55  
K54  
K53  
K52  
K51  
K50  
K49  
K48  
K47  
K46  
K45  
K44  
K43  
K42  
K41  
K40  
K39  
K38  
K37  
K36  
K35  
K34  
K33  
K32  
K31  
K30  
K29  
K28  
K27  
K26  
K25  
K24  
K23  
K22  
K21  
K20  
K19  
K18  
K17  
K16  
K15  
K14  
K13  
K12  
K11  
K10  
K9  
K8  
K7  
K6  
K5  
K4  
K3  
K2  
K1





Análisis de una muestra de agua medida por:

EPTISA.  
ZARAGOZA.

Denominación de la muestra:

2816-2001 5-58 - MANANTIAL DE MEDIANA (ZARAGOZA) -

RESULTADOS ANALITICOS:

			mg./litro	meq./litro	% meq
1	Cloruros expresados en ion	Cl <sup>-</sup>	177.3	4.999	29.1
2	Sulfatos	» » » SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	411.5	8.567	50.0
3	Bicarbonatos	» » » CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	170.9	2.800	16.1
4	Carbonatos	» » » CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	0.0	0.000	0.0
5	Nitratos	» » » NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	35.0	.565	3.0
6	Nitritos	» » » NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.0	0.000	0.0
7	Sodio	» » » Na <sup>+</sup>	106.9	4.649	26.1
8	Magnesio	» » » Mg <sup>++</sup>	70.5	5.800	32.1
9	Calcio	» » » Ca <sup>++</sup>	144.3	7.200	40.4
10	Potasio	» » » K <sup>+</sup>	3.6	.092	.1
11	Litio	» » » Li <sup>+</sup>	.4	.058	.1

ANALISIS FISICO Y OTROS DATOS:

12	Conductividad a 25 °C	1465.09	µmhos/cm.	21	rCl + rSO <sub>4</sub> / rCO <sub>3</sub> H + rCO <sub>2</sub>	4.85
13	Punto de congelación*	-0.04	°C	22	rNa + rK / rCa + rMg	.35
14	Sólidos disueltos	1120.31	mg/l.	23	rNa / rK	50.50
15	pH	7.60		24	rNa / rCa	.65
16	Grados franceses dureza	65.00		25	rCa / rMg	1.24
17	Carbonato sódico residual	0.00		26	i.c.b.	.05
18	Relación de calcio	.41		27	i.d.d.	.02
19	S.A.R.	1.82		28	Dureza temporal	140.04
20	% de sodio	26.72		29	CO <sub>2</sub> libre*	8.10

DETERMINACIONES ESPECIALES

- TABLA 10. I -

REGISTRO:

131912/81

Murcia,

19 de DICIEMBRE

*Sánchez-Sánchez*

Ins. Reg. Mercantil de Murcia, hoja 322 tomo 146, libro 38, sec. 1.ª, ins. 1.

N° de registro 281630001  
 N° de puntos descritos 25 26  
 Hoja topografica PINA  
 Numero 412 (28.16)

Coordenadas geograficas  
 X                      Y                       
 Coordenadas Lambert  
 X                      Y                     

853580 763820  
 10 16 17 24

Croquis acotado o mapa detallado  
  
 X 763820  
 Y -

Cuenca hidrografica Ebro  
 Sistema acuífero Calizas bajo las margas, arc. y yesos del Mioceno  
 Provincia Zaragoza  
 Termin municipal Fuentes de Ebro  
 Toponimia Campo Marañón

Objeto Prospección de agua  
 Cota 295 m  
 Referencia topografica                       
 Naturaleza Sondeo  
 Profundidad de la obra 220 m  
 N° de horizontes acuíferos atravesados                     

Tipo de perforación Percusion  
 Trabajos aconsejados por                       
 Año de ejecución 88 Profundidad 220 m  
 Reprofundizado el año                      Profundidad final                     

**MOTOR**  
 Naturaleza                       
 Tipo equipo de extracción                       
 Potencia                     

**BOMBA**  
 Naturaleza                       
 Capacidad                       
 Marca y tipo                     

Utilización del agua Agricultura  
 Cantidad extraída (Dm³)                       
 Durante                      días

¿ Tiene perimetro de protección?                       
 Bibliografía del punto acuífero                       
 Documentos intercalados                       
 Entidad que contrata y/o ejecuta la obra SOCOVASA  
 Escala de representación 1:50.000  
 Redes a las que pertenece el punto PCIGII

Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuífero                       
 Año en que se efectuó la modificación                     

**DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS ATRAVESADOS**

Numero de orden 84  
 Edad Geologica 95  
 Litología                       
 Profundidad de techo 98  
 Profundidad de muro 99  
 Esta interconectado                     

Numero de orden 105  
 Edad Geologica 107  
 Litología                       
 Profundidad de techo 115  
 Profundidad de muro 120  
 Esta interconectado                     

Nombre y dirección del propietario MANUEL ARNAIZ SOROLA  
d. San Cristobal 34 FUENTES DE EBRO 160163 (Huesca)  
210012 (Z.)  
 Nombre y dirección del contratista SOCOVASA P2 Marsanave 11 San Juan (Alicante)  
T11(98)5652182

El manantial de Arifño está asociado a los materiales jurásicos de la Sierra de Arcos (Teruel) y se sitúa en la margen izquierda del río Martín, a escasa distancia de la localidad del mismo nombre (figs. 10.1, 10.6 y 10.7). Presenta una descarga de 400 l/s también con escasa variedad estacional y sus aguas son sulfatado cálcicas con un contenido salino de 2,0 gr/l (tabla 10.II).

El balneario de Chiprana, actualmente en ruinas, se halla en la margen derecha del Ebro, 7 Km aguas arriba de Caspe, asociado también a los depósitos miocenos.

Por lo que respecta a las lagunas endorréicas de la zona de Caspe y Alcañiz, son varias las existentes, sugiriendo la oficina regional del ITGE que se muestree la de mayor entidad de cada zona: la Laguna Salada de Caspe y la Laguna Salada Grande de Alcañiz (fig. 10.2.).

#### 10.2.- PROPUESTA DE ACTUACIÓN

El estudio de la problemática del origen y circulación de estas aguas de descarga puede abordarse con isótopos mediante dos actuaciones complementarias:

- El estudio de los isótopos estables ( $^{18}\text{O}$  y  $^2\text{H}$ ) de los referidos puntos de agua problema, comparado con las correspondientes aguas de lluvia de su entorno y de los relieves de la Ibérica próximos, podrá indicar las zonas de recarga.
- Por otra parte, el estudio isotópico de los carbonatos ( $^{13}\text{C}$  +  $^{18}\text{O}$ ) y sulfatos ( $^{34}\text{S}$  +  $^{18}\text{O}$ ) disueltos en el agua problema podría ser de utilidad para determinar su origen continental o marino. Si estos isótopos resultan ligeros, típicos de medio continental, la adquisición de sales ha de deberse a una circulación por el Terciario. Si, por el contrario, se trata de isótopos pesados de origen marino, la circulación predominante y su correspondiente mineralización se habrá



adquirido por el Mesozoico de la Ibérica.

Ambas técnicas isotópicas, por tanto, deberían dar resultados coincidentes salvo fenómenos modificadores importantes (mezclas, evaporaciones, etc.) que, en algunos casos, pueden intentar cuantificarse.

Análisis complementarios de  $^3\text{H}$  y  $^{14}\text{C} + ^{13}\text{C}$  pueden dar luz sobre el tiempo de residencia de estas aguas, mientras que los diagramas de saturación agua-roca permitirán calcular sus equilibrios químicos.

Se propone, por tanto, el siguiente plan de muestreo:

- Análisis de  $^2\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{34}\text{S}+^{18}\text{O}$ ,  $^{13}\text{C}+^{18}\text{O}$ ,  $^{14}\text{C}+^{13}\text{C}$  de los puntos problema antes referidos (6).
- Análisis de  $^{18}\text{O}$  y  $^2\text{H}$  de los ríos Huerva, Aguasvivas, Martín y Guadalupe para conocer los valores integradores medios de la escorrentía de la Ibérica en esta zona.
- Instalación de tres pluviómetros en Alcañiz, Caspe y Mediana para caracterizar las lluvias de la Depresión del Ebro en las zonas problema.
- Instalación de siete pluviómetros en la Ibérica con el mismo fin situados en Castellote, Pto. de Majalinos, Cortes de Aragón, Moyuela, Puendetodos, Puerto de Paniza y Ricla.

#### MUESTREO A REALIZAR

	<u><math>^{18}\text{O}</math></u>	<u><math>^2\text{H}</math></u>	<u><math>^3\text{H}</math></u>	<u><math>^{14}\text{C}+^{13}\text{C}</math></u>	<u><math>^{34}\text{S}+^{18}\text{O}</math></u>	<u><math>^{13}\text{C}+^{18}\text{O}</math></u>	<u>Químicos</u>
Aguas problema	6	6	6	6	6	6	6
Aguas ríos	4	4	-	-	-	-	4
Aguas lluvia	<u>10</u>	<u>10</u>	<u>4</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>
TOTAL	20	20	10	6	6	6	10

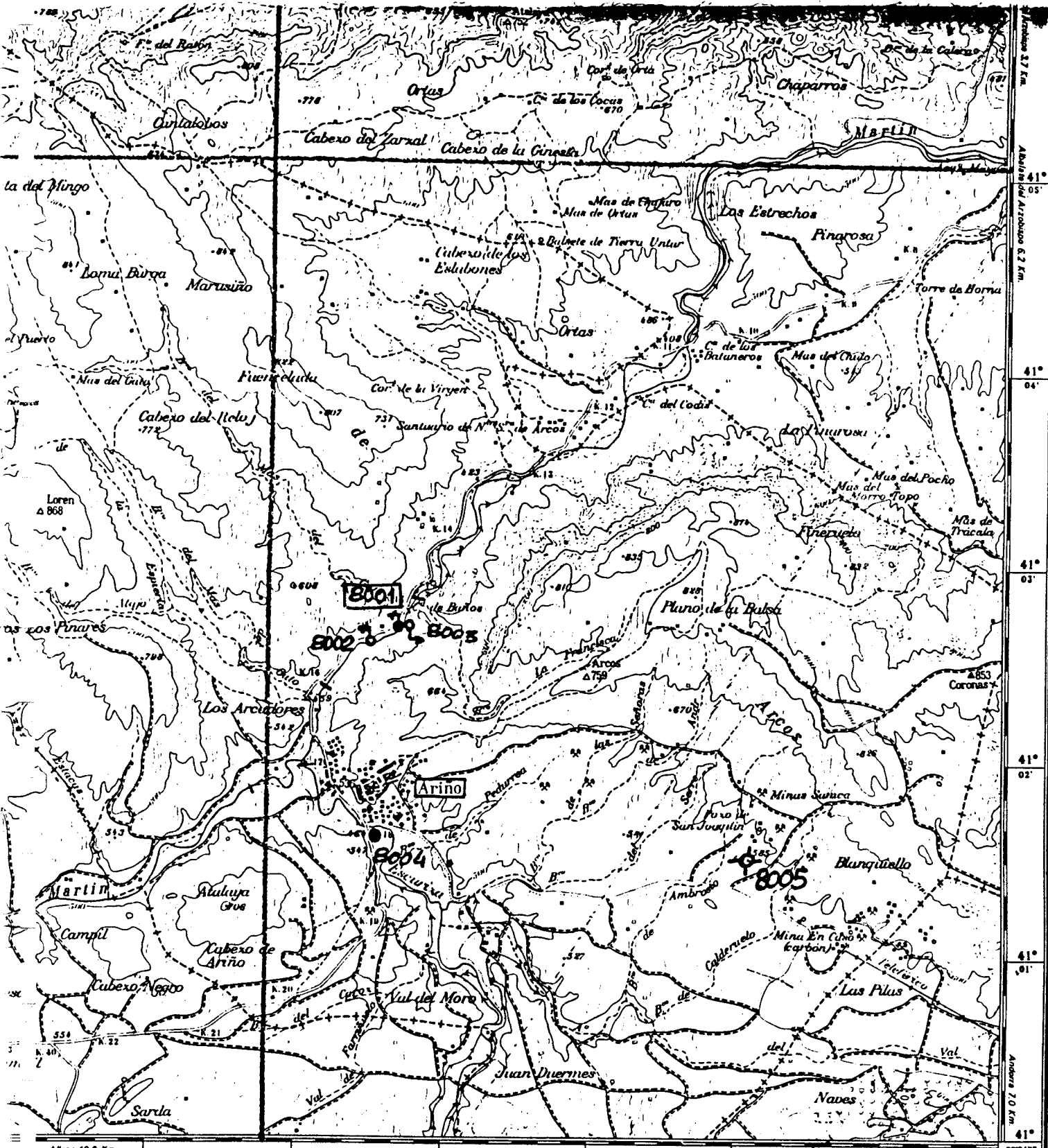
**11.- RESUMEN GENERAL DEL MUESTREO**

---

SINTESIS GENERAL DE MUESTRAS

	<u><sup>18</sup>O</u>	<u><sup>2</sup>H</u>	<u><sup>3</sup>H</u>	<u><sup>14</sup>C+<sup>13</sup>C</u>	<u><sup>34</sup>S+<sup>16</sup>O</u>	<u><sup>13</sup>C+<sup>16</sup>O</u>	<u>QUÍMICOS</u>
<u>GRANADA</u>							
Minas Marquesado	-	-	-	-	-	-	24
Hacho de Loja	12	12	5	-	-	-	9
<u>MURCIA</u>							
Campo Cartagena	42	42	34	6	-	-	30
El Molar	34	34	-	-	-	-	34
Benisa	11	11	7	4	8	8	8
<u>HUELVA</u>							
Recarga Tinto	(10)	(10)	(7)	(4)	(-)	(-)	(6)
<u>MÁLAGA</u>							
S. Ronda	12	12	-	-	-	-	6
<u>ZARAGOZA</u>							
Descargas Ibérica	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>10</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>10</u>
TOTAL	131	131	56	16	14	14	121
	(141)	(141)	(63)	(20)	(14)	(14)	(127)

( ) Muestreo condicionado a la decisión del ITGE.



Elaborados los trabajos geodésicos por el INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

- Monte alto
- Monte bajo
- Olivar
- Huerta



- 1 Píon
- 2 Balsa
- 3 Madera
- 4 Azuara
- 5 Cárcer
- 6 Alameda del Arzobispo
- 7 Arco
- 8 Andorra
- 9 Alcaz
- 10 Olivo
- 11 Alcañ
- 12 Madera
- 13 Cortes de Aragón

467  
MUNIÉSA

- Fig. 10.6 -

**INSTITUTO GEOLOGICO  
Y  
MINERO DE ESPAÑA**

ARCHIVO DE PUNTOS ACUIFEROS  
ESTADISTICA

Nº de registro 28188001

Nº de puntos descritos 1

Hoja topografica 1/50.000

Arriño  
Número 29-18

Coordenadas geograficas

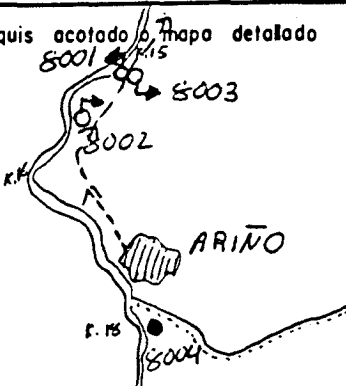
41°-02'-43" Y 0°-35'-18" X

Coordenadas lambert

X 860145

Y 720461

Croquis acotado o mapa detallado



Cuenca hidrográfica

Ebro-Martin

Sistema acuífero Los Baños

Deposición del Ebro

Término municipal Arriño

Toponimia Los Baños

Objeto

Naturaleza manantial

Nº de horizontes acuíferos atravesados

Profundidad de la obra 1.1.1.1

Referencia topografica Desde el suelo Cota 0.51 48000

Fecha	Surgencia	Altura del agua respecto a la referencia/caudal	Cota absoluta del agua	Método de medida	Caudal m <sup>3</sup> / hora	Duración		Depresión	Fecha
						Horas	Minutos		
<u>2/1/08</u>	<u>1</u>	<u>1.440</u>		<u>Apérez</u>	<u>1.440</u>	<u>4</u>	<u>17</u>	<u>19</u> <u>23</u>	<u>24</u> <u>26</u>

Transmisividad 27 31

Se hacen medidas periódicas de nivel? 1 0

Coef. de almacenamiento 32 36

Utilización del agua

no se utiliza

Cantidad extraída (Dm<sup>3</sup>)

12000

Durante 3.65 días

I Edad Geológica:

Número de orden 48

Litología 50 54 58 62

Profundidad techo 56 60

Profundidad muro 61 65

II Edad geológica:

Número de orden 67

Litología 71 75 79 83

Profundidad techo 9 13

Profundidad muro 14 18

¿Aislado? 56

Dureza 19 21

Índice S.A.R. 22

Residuo seco 23 25

Temperatura °C 26

MOTOR

Naturaleza

Potencia 29 31

Tipo equipo de extracción 29

BOMBA

Naturaleza

Capacidad

Marca y tipo

Año de ejecución 35

Profundidad

Reprofundizado el año

Profundidad final

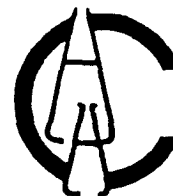
Modo de perforación 32

Trabajos aconsejados por

Nombre y dirección del contratista

OBSERVACIONES Poca variación estacional -  
Aportes al no manantial por la mancha irregular

# Centro de Análisis de Aguas, S. A.



de una muestra de agua por: **EPTISA.**  
**ZARAGOZA.**

n.º de muestra: **2818-8001 S-58** - MANANTIAL DE ARIÑO (TERUEL)-

**T.º DATOS ANALITICOS:**

		mg./litro	meq./litro	% meq./litro
Cloruros expresados en ion	Cl <sup>-</sup>	99.3	2.799	9.05
Sulfatos	» » » SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	1178.4	24.534	79.32
Carbonatos	» » » CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	195.3	3.200	10.35
Carbonatos	» » » CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	0.0	0.000	0.00
Nitratos	» » » NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	24.7	.399	1.29
Nitritos	» » » NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.0	0.000	0.00

Sodio	» » » Na <sup>+</sup>	60.1	2.615	7.97
Magnesio	» » » Mg <sup>++</sup>	121.6	10.000	30.46
Calcio	» » » Ca <sup>++</sup>	400.8	20.000	60.93
Potasio	» » » K <sup>+</sup>	3.7	.096	.29
Litio	» » » Li <sup>+</sup>	.8	.115	.35

**DATOS FISICO Y OTROS DATOS:**

Conductividad a 25 °C	2518.12	µmhos/cm.
Punto de congelación*	-.07	°C
Sólidos disueltos	2084.72	mg/l.
pH	7.30	
Grados franceses dureza	150.00	
Carbonato sódico residual	0.00	
Relación de calcio	.61	
Cloruro	.68	
% de sodio	8.29	

21 rCl + rSO <sub>4</sub> / rCO <sub>2</sub> H + rCO <sub>2</sub>	8.54	
22 rNa + rK / rCa + rMg	.09	
23 rNa / rK	27.36	
24 rNa / rCa	.13	
25 rCa / rMg	2.00	
26 i.c.b.	.03	
27 i.d.d.	.00	
28 Dureza temporal	160.05	mg/l. CO <sub>2</sub> Ca
29 CO <sub>2</sub> libre*	1.80	mg/l.

Continued 6124 61 Molina-Murcia

**MINERACIONES ESPECIALES**

-Tabla 10.II-

REGISTRO: **1061912/81**

Murcia, 19 de DICIEMBRE 1981

*Jámbor Penada*