



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España



JUNTA DE ANDALUCIA  
D. G. DE INDUSTRIA ENERGIA Y MINAS

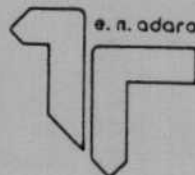
CONVENIO MARCO DE ASISTENCIA TECNICA ENTRE EL INSTITUTO TECNOLOGICO  
GEOMINERO DE ESPAÑA Y LA CONSEJERIA DE ECONOMIA Y HACIENDA  
DE LA JUNTA DE ANDALUCIA

# EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LAS AGUAS MINERALES EN LA COMUNIDAD AUTONOMA DE ANDALUCIA

ESTUDIO DE DETALLE DE LA PROVINCIA DE GRANADA

TOMO 2

PARTE I



PRIMERA FASE

1.990-1.991

35747

## I N D I C E

	<u>Pág.</u>
INTRODUCCION.....	1
SONDEO ROMILLA NUEVA.....	5
SONDEO LOS PASTOREROS.....	27
BAÑOS DE SIERRA ELVIRA.....	49
BAÑOS DE GRAENA.....	69
BAÑOS DE ALICÓN DE LAS TORRES.....	86
BAÑOS DE ZÓJAR - FUENTE DEL AGUA AMARGUILLA.....	105
ALICÓN DE ORTEGA.....	128
CORTIJO LOS BAÑUELOS.....	146
BAÑOS DE LA MALA - LAS DELICIAS.....	163
FUENTE EL MESON (ALGARINEJO).....	188
EL BAÑO SULFUROSO DE ALOMARTES.....	200
FUENTE EL CASTAÑO (DUDAR).....	217
BALNEARIO DE ALHAMA DE GRANADA.....	227
CORTIJO EL BAÑUELO DE ZAGRA - LA CERRADURA.....	251
FUENTE AGRIA DE PORTUGOS.....	264
FUENTE DE ACRIVITE (BAZA).....	280
FUENTE EL RIO (ALBUNOL).....	296
GRUPO DE DURCAL: (BACAMIAS Y URQUIZAR).....	311
BAÑOS DE LA COLORA.....	336
GRUPO DIECHAR 1 y 2 DE MONACHIL.....	355
FUENTE DE HORCALATE (DIEZMA).....	373
ALBARCIN (GUADIX).....	389
FUENFRIA DE LOJA.....	405
MANANTIALES DE LANJARON.....	423

**INTRODUCCION**

El balance final del estado actual de las aguas minero-medicinales y de bebidas envasadas existentes en la provincia de Granada dentro de la Comunidad Autónoma Andaluza, registra los siguientes resultados (Cuadro Nº 1):

El total de puntos inventariados asciende a 85, de los cuales, 82 corresponden a manantiales y 3 a sondeos. Se han elaborado 24 informes hidrogeológicos de los que 4, -Lanjarón, Graena, Alhama de Granada y Alicún de las Torres-, figuran como balnearios en explotación, 2 -Zújar y La Malá- se encuentran inactivos y 1 -Sierra Elvira- funciona como piscina pública.

El apartado de aguas envasadas ha concluido por su parte con los siguientes resultados: 1 manantial o grupo de manantiales en explotación -Aguas de Lanjarón S.A-, y 2 -Aguas de Dúrcal S.A y Albarcín de Guadix-, en tramitación.

El resto de los informes hidrogeológicos corresponden a 15 puntos de inventario cuyo uso exclusivo es el tradicional, abastecimiento y/o regadío.

En cuanto a la fecha de declaración de Utilidad Pública y posterior publicación, el balance global (informes y fichas de inventario) de la provincia de Granada configura la siguiente situación: 9 manantiales -Lanjarón, Sierra Elvira, Graena, Alicún de las Torres,

**CUADRO Nº 1**

**RESULTADO FINAL DEL INVENTARIO DE AGUAS MINERO-MEDICINALES  
Y DE BEBIDAS ENVASADAS EN LA PROVINCIA DE GRANADA**

PROVINCIA	FICHAS DE INVENTARIO		INFORMES HIDROGEOLOGICOS	BALNEARIOS		AGUAS ENVASADAS		DECLARACION UTILIDAD PUBLICA	
	SONDEO	MANANTIAL		ACTIVOS	INACTIVOS	EXPLOTACION	TRAMITACION	POSEEN	TRAMITACION
GRANADA	3	82	24	5	2	1	2	9	7

Zújar, La Malá, Alhama de Granada, Fuente agria de Pórtugos y La Milagrosa de Guejar-Sierra- la han obtenido, 5 -Fuenfría de Loja, Horcalate de Diezma, Grupo Dúrcal, Diechar de Monachil y Alarcón de Guadix- solicitadas su declaración, y 2 -Romilla Nueva y Los Pastoreros- permanecen en trámites su expediente.

El resto del Inventario general de las aguas minero-medicinales en la provincia corresponden a pequeños manantiales , en general de escaso caudal y en ocasiones casi desaparecidos, cuyas características físico-químicas y/o indicación médica han determinado el que tradicionalmente hayan sido utilizadas a nivel local por sus propiedades terapéuticas.

La base del Inventario en dicha provincia ha partido en cierta medida de la relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España de 1913 y 1986 del ITGE, así como de la investigación efectuada sobre documentos históricos anteriormente publicados tales como el listado de establecimientos balnearios oficiales declarados de Utilidad Pública por la Dirección General de Sanidad en 1870 editado por ANET y los "Elementos de Hidrología Médica" de Doz Gómez y Builla Alegre de 1887.

Además de estas publicaciones han resultado de igual forma importantes las realizadas por Cruz-Sanjulian y Garcia Rossell en el B.G.M Tomo LXXXIII-III del año 1972, sobre el Termalismo en la provincia de Granada y la del "Inventario general de manifestaciones geotérmicas en el territorio nacional" del ITGE correspondiente al periodo 1974-75.

**SONDEO ROMILLA NUEVA**

## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

El sondeo de Romilla la Nueva se encuentra localizado al SO del aeropuerto de Granada y en las proximidades del pueblo del mismo nombre, a una cota aproximada de 630 m.

El acceso se realiza desde la propia aldea tomando la pista sin asfaltar que nos conduce al paraje conocido como "la Maquea".

Las obras de ejecución se llevaron a cabo durante el año 1987 a través de la empresa granadina Geoconsult España S.A. que mantiene un permiso de investigación en dicha área, alcanzando una profundidad total de captación de 713 m.

Sus aguas, a pesar de su termalismo (34,5°C), y su carácter moderadamente ferruginoso, apenas han sido utilizadas desde el punto de vista balneoterápico, siendo aprovechadas en su mayor parte por una comunidad de regantes en el cultivo de alfalfa (caudal=35 l/s).

Desde el punto de vista geográfico, el sondeo aparece enmarcado dentro de la hoja topográfica a escala 1:50000 (1009) 19-41 -Granada-, definido por sus coordenadas UTM x/427750 e y/4114200 .



## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

Desde el punto de vista geológico, el sondeo de Romilla la Nueva se encuadra dentro del ámbito geoestructural de las Cordilleras Béticas, en plena Depresión de Granada.

Litológicamente, el sector de ubicación del mismo está caracterizado por el desarrollo de secuencias lutíticas y conglomeráticas con intercalaciones areniscosas, pertenecientes al Plio-Cuaternario de relleno de la Depresión de Granada (fig. 1A).

Tomando como referencia toda la información recopilada durante las fases anteriores y posteriores a la ejecución del sondeo, parece ser que éste atravesó toda la serie subbética incluido el Cretácico, hasta instalarse en la base del Jurásico (calizas micríticas claras), a una profundidad total de 713 m. Se supone pues que la formación perforada es de origen subbético (fig. 1B y 2).

Con el fin de determinar las hipotéticas zonas de recarga que justifiquen el probable almacén, teniendo en cuenta la extraordinaria complejidad estructural oculta bajo el relleno de la Depresión, se considera fundamental la descripción de las litologías pertenecientes a los siguientes dominios:

### Nevado-Filábride




Representa la unidad morfoestructural más baja del apilamiento de mantos béticos. Se encuentra constituido por las siguientes formaciones:

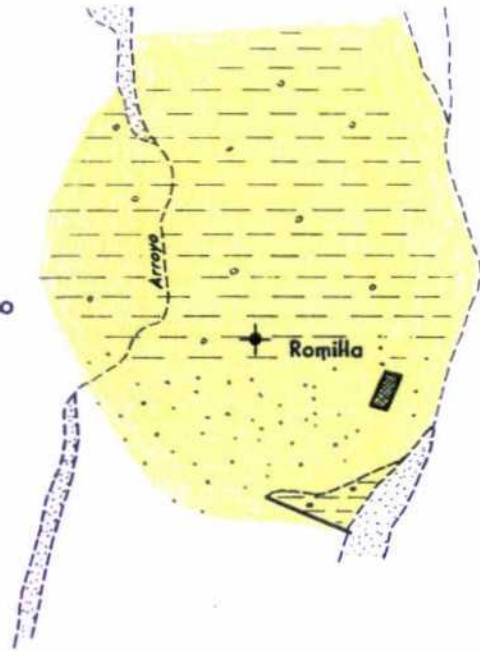
#### - Precámbrico-Pérmico:

Corresponde a un conjunto metamórfico caracterizado por micaesquistos con granates y cuarcita con potencias superiores a los 3000 m.

FIG. 1  
 SONDEO ROMILLA LA NUEVA

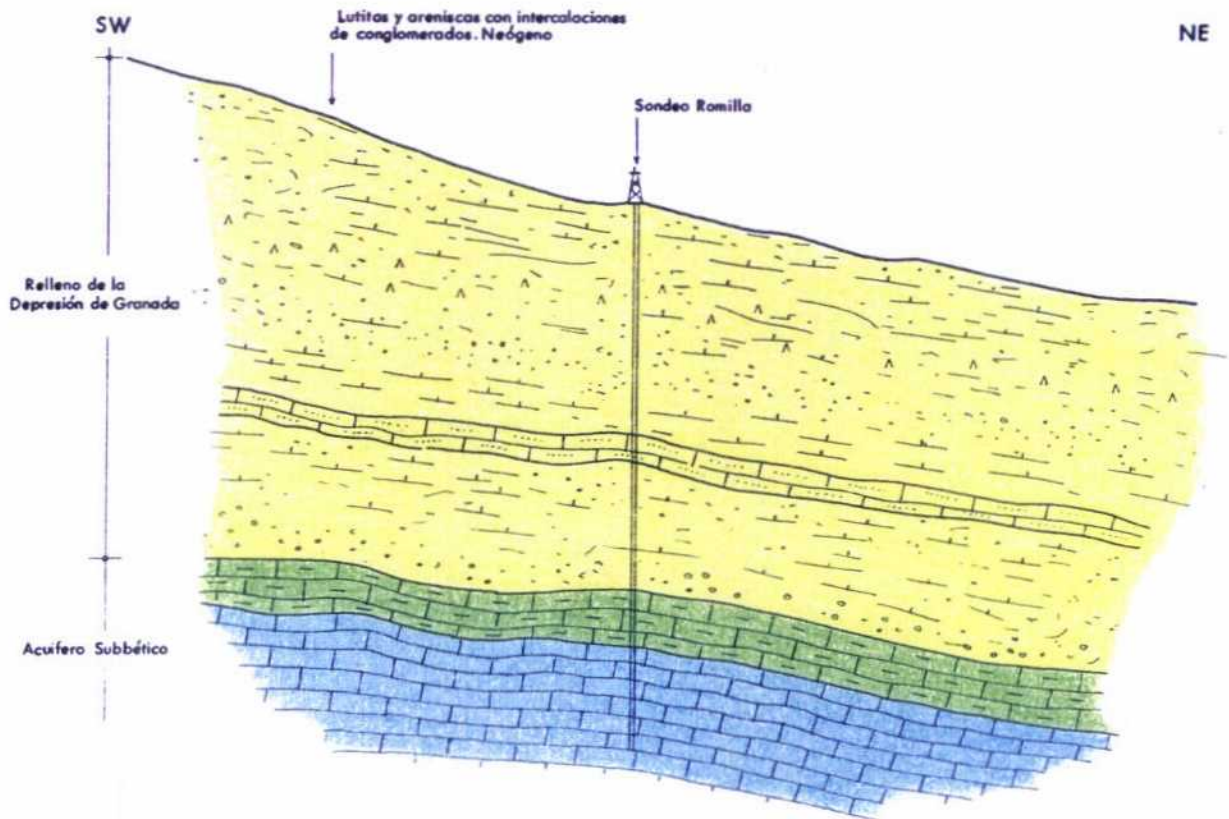
A. ESQUEMA GEOLOGICO GENERAL

- NEOGENO DE LA DEPRESION  
 MATERIALES POSTOROGENICOS
-  Aluvial. Gravas, conglomerados y arcillas ..... CUATERNARIO
  -  Conglomerados, arenas y limos ..... PLIO-CUATERNARIO
  -  Arcillas, limos rojos y conglomerados. Areniscas ..... PLIOCENO



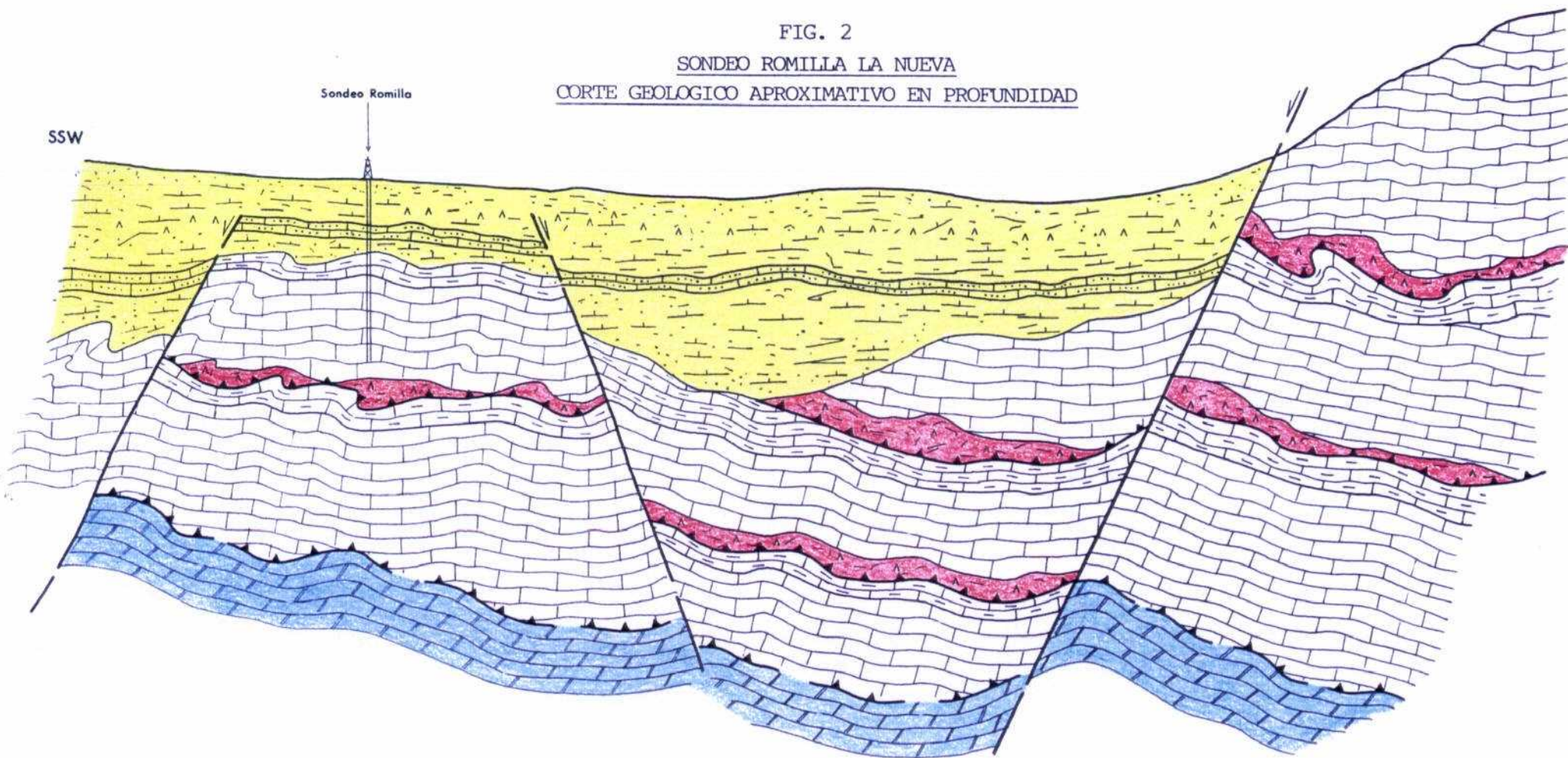
ESCALA - 1: 50.000

B. CORTE GEOLOGICO ESQUEMATICO








ESCALA VERT. - 1: 10.000




FIG. 2  
 SONDEO ROMILLA LA NUEVA  
 CORTE GEOLOGICO APROXIMATIVO EN PROFUNDIDAD





M. POSTOROGENICOS DE LA DEPRESION DE GRANADA

-  Conglomerados, limos, arcillas y calizas..... PLIOCUATERNARIO
-  Margas y limos con yesos. Turbiditas..... MIOCENO SUP.
-  Conglomerados y margas. "Block Formation"..... MIOCENO SUP.
-  Calcarenitas bioclásticas..... TORTONIENSE
-  Margas y conglomerados. Limos..... SERRAVALIENSE



D. SUBBETICO MEDIO E INTERNO

-  Margas y margocalizas..... CRETACICO
-  Calizas y dolomías..... JURASICO
-  Arcillas con yesos..... TRIAS KEUPER

DORSAL BETICA

-  Margas y calizas..... CRETACICO-EOCENO
-  Calizas y dolomías..... JURASICO

D. ALPUJARRIDE

-  Calizas y dolomías..... TRIAS MEDIO-SUP.
-  Filitas y cuarcitas..... PERMO-TRIAS

- Permo-Trias medio:

Se trata de una secuencia de micaesquistos, gneises y cuarcitas de potencia variable, en general oscila entre 0-150 m.

- Trias superior:

Caracteriza el techo de este dominio y está representado por un tramo inferior de naturaleza esquistosa-cuarcítica de unos 300 m de potencia y otro superior, de naturaleza carbonatada -mármoles- pero con intercalaciones de esquistos y cuarcitas. Su potencia oscila entre 50-100 m.

Alpujárride

Está constituido por una sucesión de mantos que caracterizan diferentes grados de metamorfismo. A grandes rasgos, se encuentra definida por una formación carbonatada superior (calizas y/o dolomías) y por una sucesión detrítica inferior (pelitas y arenitas). Cronológicamente, el complejo alpujárride se puede estructurar de la siguiente forma:

- Paleozoico:

Corresponde a una secuencia de micaesquistos y cuarcitas con potencia limitada por la tectónica de mantos.

- Permo-Trias:

Está constituido por un paquete de filitas y cuarcitas con potencias que oscilan entre 150-200 m. Eventualmente aparecen niveles de calcoesquistos.

- Trias medio-superior:

Formación dolomítica o caliza-dolomítica con potencias variables de acuerdo con su posición tectónica, en general, oscila entre 200-1000 m.

Localmente existen niveles de mármoles.

### Maláguide

Constituye una unidad o dominio corrida sobre el alpujárride. Abarcan litologías con edades comprendidas entre el Paleozoico y el Eoceno. El Maláguide s. str. está caracterizado en determinados sectores por el desarrollo de una dinámica estructural especialmente violenta que condiciona en cierta medida los espesores de sus diferentes miembros.

A grandes rasgos se encuentra representado por:

#### - Paleozoico-Permotrias:

Está constituida por un conjunto de filitas, conglomerados, calizas y areniscas que han sufrido metamorfismo de muy bajo grado. La potencia es muy variable y se encuentra muy controlada desde el punto de vista estructural.

#### - Trias medio-superior:

Se encuentra representada por una formación carbonatada, esencialmente de naturaleza dolomítica. Frecuentemente presenta intercalaciones margo-arenosas y conglomeráticas. Las dolomías suelen ser de tonalidad gris, oquerosas y de estratificación gruesa.

#### - Jurásico:

Está representado por un conjunto carbonatado - esencialmente calizo-dolomítico- escasamente representado a nivel local.

#### - Cretácico-Eoceno:

Está definido por una serie alternante de margas y calizas con potencias que oscilan entre los 500-600 m.

### **Subbético**

El subbético de las zonas externas de las Cordilleras Béticas se encuentra representado por dos unidades -interno y medio- que aparecen localizadas en diferentes sectores de la hoja, Sierra Arana (subbético interno) y Sierra Elvira (subbético medio).

A grandes rasgos, el subbético en las zonas externas está caracterizado por los siguientes términos:

- **Triásico:**

Constituye la base de la secuencia subbética. Está caracterizado por la presencia de arcillas versicolores y margas con yesos e intercalaciones volcánicas.

- **Jurásico:**

Está representado por dos conjuntos, uno inferior con predominio de calizas micriticas y oolíticas y dolomías, y otro medio superior de naturaleza margosa-calcárea. La potencia oscila entre 200-500 m.

- **Cretácico:**

Corresponde a una secuencia de margas y margocalizas con potencias en torno a los 100 m.

- **Terciario:**

Constituye una serie que abarcan materiales con edades comprendidas entre el Eoceno-Oligoceno, con abundantes niveles calcáreos.

### **Neógeno y Cuaternario. Depresión de Granada**

Ocultan el contacto entre zonas externas y zonas internas de las Cordilleras Béticas. En su conjunto se encuentran constituido por diversas

litologías que abarcan edades comprendidas entre el Langhiense-Serravaliense y Cuaternario.

- Langhiense-Serravaliense:

Se trata de un conjunto constituido por arenas, arcillas rojas, gravas y conglomerados en la base, y margas, yesos, arenas y calizas a techo. Presenta una potencia comprendida entre 300-400 m.

- Tortonense inferior:

Está representado por calcarenitas y conglomerados con potencias que oscilan en torno a los 100 m.

- Tortonense superior:

Constituido por un conjunto de margas grises azuladas con potencias que oscilan alrededor de los 150 m.

- Tortonense terminal:

Está constituido por una secuencia de tipo conglomerático muy heterométrica con bloques de gran tamaño y con frecuentes cambios de facies. La potencia media se estima en 300 m.

- Messiniense inferior:

Formación de ambiente fluvio-lagunar con limos e intercalaciones de yesos y calizas. Posee una potencia media de 450 m.

- Mioceno terminal:

Se encuentra representado por una secuencia de ambiente lacustre con margas, margocalizas y calizas con intercalaciones margosas con niveles de lignito. La potencia oscila en torno a los 150 m.

### - Pliocuaternario-Cuaternario:

Constituye un conjunto muy heterogéneo sometido a frecuentes cambios de facies pero con un predominio de los conglomerados, arenas, limos, margas y calizas de potencia variable, entre 300-500 m.

### 2.1.- TECTÓNICA. ESTRUCTURA.

Desde el punto de vista tectónico la zona objeto de estudio se encuentra localizada bajo el relleno postmantos de la Depresión de Granada, en relación con el sistema de fracturas horst-graben intracuenca, oculto bajo dicho relleno y originado durante la etapa distensiva que se desarrolló con posterioridad a la colmatación de la cuenca subsidente.

### 3.- HIDROGEOLOGÍA

Atendiendo a los criterios anteriormente expuestos en el apartado de geología, diferenciamos las siguientes formaciones acuíferas de interés hidrogeológico:

#### 3.1.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

##### Acuífero Nevado-Filábride

Está básicamente representado por el conjunto superior carbonatado del Manto del Mulhacén (mármoles cipolínicos). Se atribuyen al Trias medio-superior y desarrollan potencias que oscilan entre 50-100 m.

##### Acuífero Alpujárride

Constituye un acuífero de notable interés pero con un fuerte



condicionamiento de acuerdo con el grado de compartimentación dependiendo del tipo de posición o manto. Esta representado por calizas y/o dolomías a menudo fisuradas y/o karstificadas de edades comprendidas Trias medio-superior. La potencia suele variar dependiendo de su posición tectónica, aunque en general oscila entre 200-1000 m. La alimentación principal se efectuaría a través de la infiltración directa del agua de lluvia y de las procedentes del deshielo de Sierra Nevada.

#### Acuífero Maláguide

A grandes rasgos está constituido por dos tramos:

- Tramo dolomítico del trias medio-superior con potencias variables y en general escasa.
- Formación carbonatada (calizas y/o dolomías) jurásicas con potencias del orden de los 500 m (acuíferos de la Dorsal).

#### Acuífero Subbético

Está representado por un conjunto carbonatado, fundamentalmente de calizas y dolomías jurásicas con potencias que oscilan entre 200-300 m. A menudo dicho conjunto se encuentra muy fisurado y frecuentemente karstificado lo que favorecería en un principio los mecanismos de recarga.

La alimentación principal se efectuaría a través de la infiltración directa del agua de lluvia.

#### Acuífero Terciario

Comprende el neógeno-cuaternario de la Depresión y constituye un conjunto muy heterogéneo y de desigual comportamiento; a grandes rasgos, muy controlado por los frecuentes cambios de facies a los que se ven sometidos. En general, presentan cierto interés las secuencias de

calcarenitas bioclásticas y conglomerados del Tortoniense inferior, permeables por porosidad intergranular.

Eventualmente constituyen acuíferos de menor entidad local las formaciones detríticas plio-cuaternarias de la Depresión pero con un fuerte condicionamiento resultado de los cambios de facies.

#### 4.- HIDROQUÍMICA

El agua presenta carácter sulfatado-cálcico, con un importante nivel de mineralización ( $3.970 \mu\text{S/cm}$ ), pH en campo de 6,34 y condiciones reductoras (-219 mV).

Si bien el horizonte productor corresponde a las calizas dolomíticas jurásicas, los datos analíticos demuestran con claridad la existencia de un proceso de disolución de evaporitas. Los diagramas de saturación (fig. 3) indican que existe equilibrio respecto a anhidrita y sobresaturación en yeso. En lo relativo a facies carbonatadas, en la citada figura se observa subsaturación en calcita y dolomita, si bien en este último caso existe gran proximidad al equilibrio. Este resultado es coherente con el pH ácido del agua (6,3), y la presencia de cierto contenido de  $\text{CO}_2$  disuelto (0,49 %V).

El origen de los materiales responsables de la componente salina del agua, resulta ciertamente difícil de determinar. Por una parte, la presencia de evaporitas se detecta tanto en el Mioceno como en la base del horizonte productor (Triás); por otra, la gran compartimentación del acuífero hace factible la existencia de interconexiones a través de fallas, que ponen en comunicación aguas de distinta naturaleza.

Desde el punto de vista hidrogeológico se apunta la posibilidad de un aporte de aguas de circulación profunda, que justificaría la temperatura de salida del agua ( $34^\circ\text{C}$ ), y que en principio se atribuye a una recarga proveniente del acuífero alpujárride. En este sentido cabe señalar

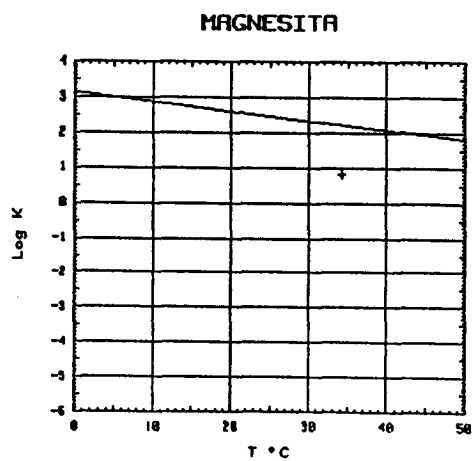
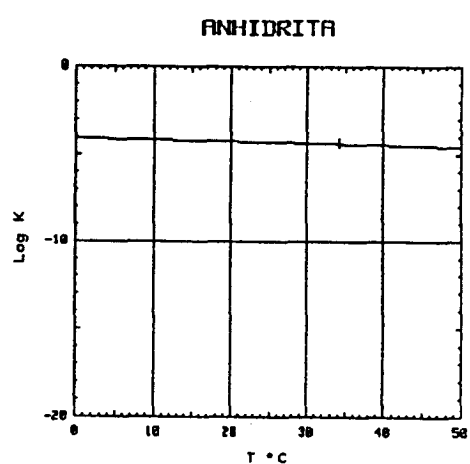
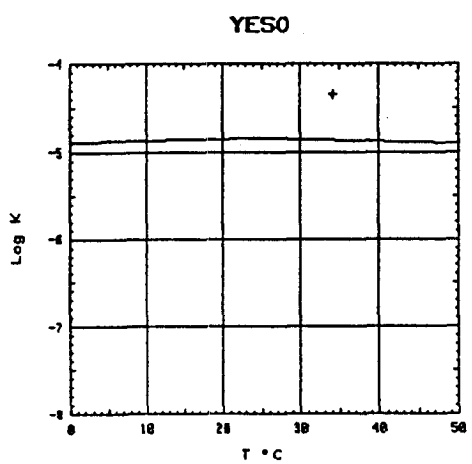
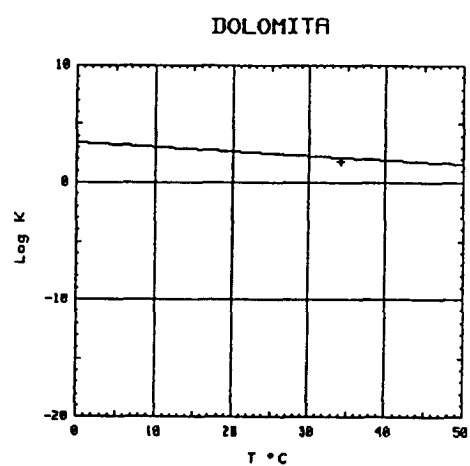
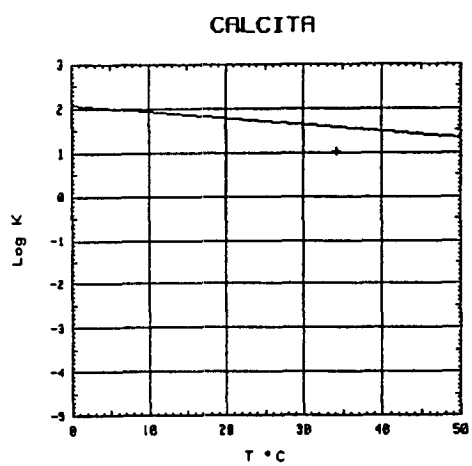


FIG. 3.- DIAGRAMAS DE SATURACION MUESTRA SONDEO ROMILLA NUEVA

que la presencia de concentraciones apreciables de flúor, hierro y plomo (3,8, 7,0 y 0,22 mg/l respectivamente), puede interpretarse como indicio de la influencia de las paragénesis minerales presentes en los citados materiales. No obstante, la compleja morfología de estos acuíferos antes apuntada, obliga a considerar con cautela estas aparentes evidencias.

Como parte final respecto a la muestra en cuestión, es importante destacar su elevado contenido de  $\text{NH}_4^+$ : 1,35 mg/l, así como la presencia de trazas (2 ppb) de cianuros.

Previo al análisis aquí examinado, se realizó otro en el año 1988 que se adjunta a esta memoria, cuyos resultados son coincidentes con el de 1990 salvo una ligera variación en el contenido de alcalinos (ver diagrama de Schoeller, fig. 4).

Uno de los parámetros recogidos en dicho análisis es el estroncio, cuya concentración resulta indudablemente notable: 13 mg/l. La presencia en la zona de mineralizaciones de celestina (explotaciones al Oeste de La Malá) es un indicio de la riqueza geoquímica en este elemento de la zona. El diagrama de saturación respecto al citado mineral (fig. 5) indica que la muestra se sitúa justamente sobre su curva de equilibrio.

El gas asociado al agua surgente del sondeo fue recogido y analizado mediante cromatografía de gases. Los resultados indican un 98% V de nitrógeno y 0,8% de oxígeno. Tan alta concentración de un gas típicamente atmosférico induce a suponer que su origen se encuentre en el aire presente en el agua de recarga, el cual reduciría progresivamente su contenido en oxígeno -gas reactivo-, y a su vez se enriquecería en otros gases - $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ , He, ...- más abundantes en su nuevo ambiente geoquímico.

FIG. 4.- SONDEO ROMILLA LA NUEVA

LEYENDA			
MUESTRA	C μ S/cm	pH	Eh
— · —			
—			

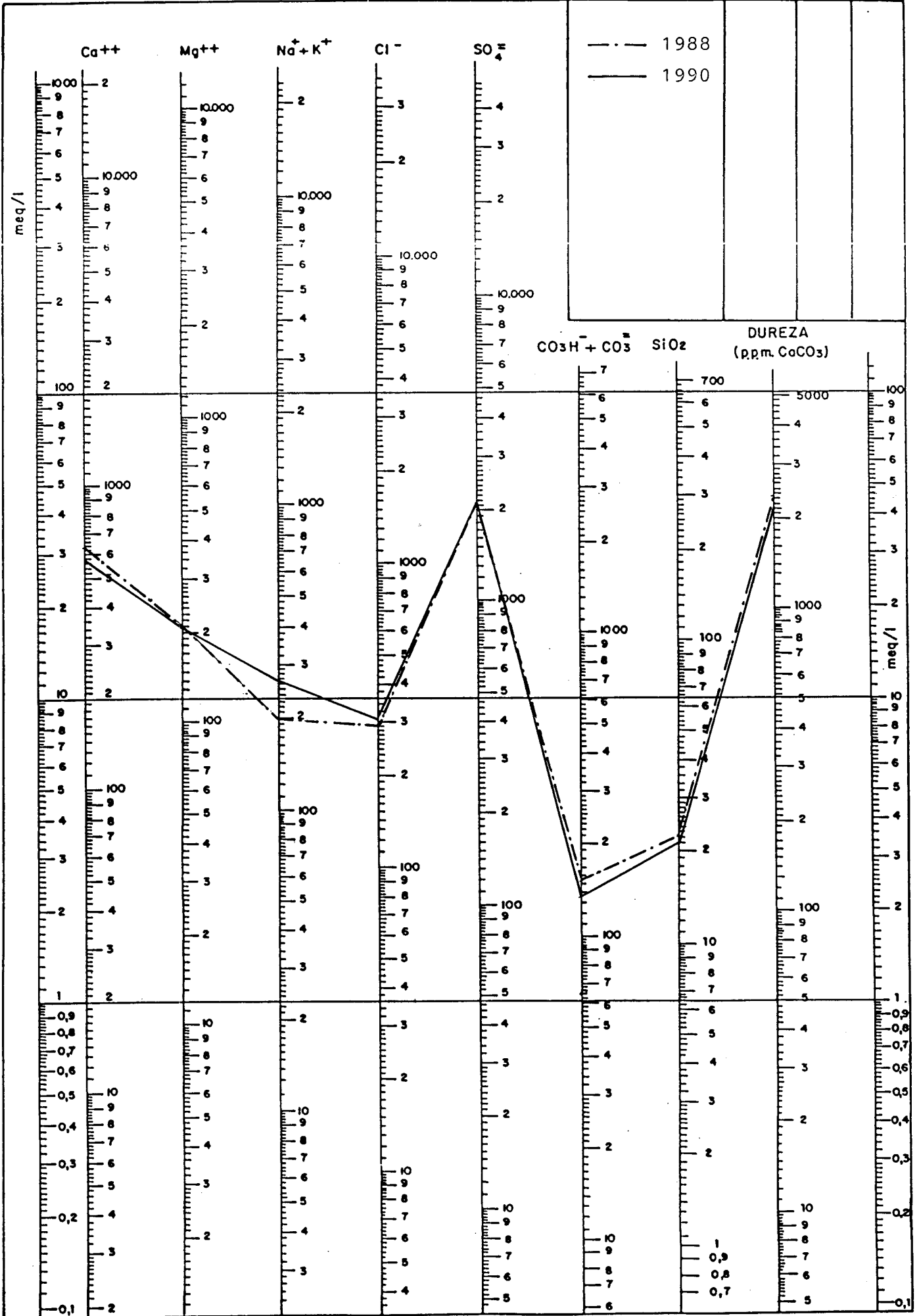
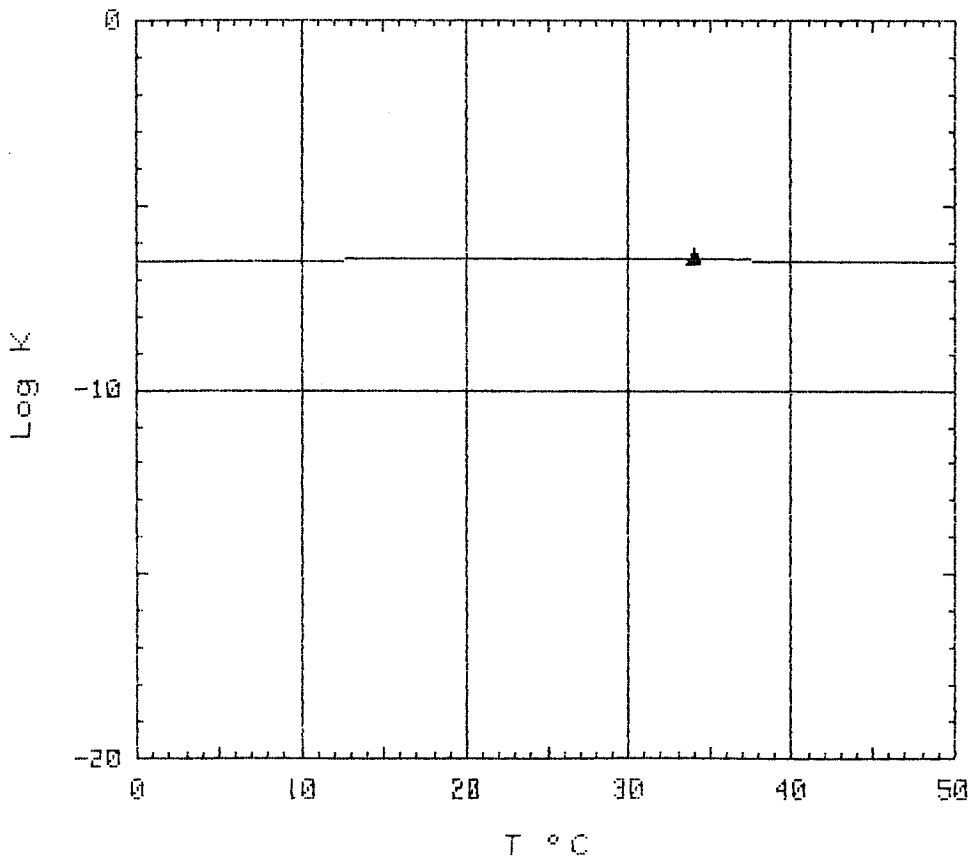


FIG. 5

DIAGRAMAS DE SATURACION MINERAL

N° FICHERO	DENOMINACION	T°C	pH	F.Iónica	LgK min	LgQ H2O	TEST
1 68881	SONDEO ROMILLA	34.0	7.30	.10368	-6.47	-6.37	SOBRESATURADA

CELESTINA



# ANALISIS QUIMICO

\*  
DENOMINACION: SONDEO ROMILLA LA NUEVA  
FECHA : \*

-----  
TEMPERATURA (°C): 34.2                      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 3970  
pH a 34°C: 6.34                              DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 2276  
pH a 18°C: 7.70                              Eh campo (mV): -219  
-----

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	134.00	2.196	2.196	3.88
CO3=	-	-	-	-
SO4=	2190.00	22.798	45.596	80.51
Cl-	306.00	8.632	8.632	15.24
F-	3.800	.200	.200	.35
NO3-	<5.0E-1	.008	.008	.01
SiO2(H4SiO4)	21.0	.349	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
TOTAL....	2655.310	34.184	56.633	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	249.00	10.832	10.832	19.11
K+	16.00	.409	.409	.72
Ca++	574.00	14.321	28.643	50.53
Mg++	202.00	8.308	16.617	29.31
Fe++	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
Li+	.36	.052	.052	.09
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.10
NH4+	1.350	.075	.075	.13
Mn++	.031	.001	.001	0.00
Pb	.2	.001	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
TOTAL....	1043.571	34.019	56.687	

FORMULA ANIONICA : SO4= >Cl- >CO3+=HCO3- >F-  
FORMULA CATIONICA: Ca++ >Mg++ >Na+ >K+

CLASIFICACION: SULFATADA -- CALCICA

(CO3H+CO3)/Ca = .077      Cl/Na = .797      (SO4\*Ca)^1/2 = 36.138  
 -(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .049      Cl/(Na+K) = .768      (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = 1.360  
 ((CO3H)^2\*Ca)^1/3 = 5.170      SO4/Ca = 1.592      Mg/Ca = .580  
 (CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = 1.056      SO4/(Ca+Mg) = 1.007      Cl/CO3H = 3.930

ARCHIVO EN DISCO: MMG1 (AMA2-01)

	ppm
R.S. 110°C	3.890
D.Q.O.	1,1
P2O5	0,04
CN-	0,002
Cd	<0,001
Cr	0,030
As	-
Se	-
Hg	-

**ANALISIS QUIMICO**

SONDEO  
DENOMINACION: SONDEO ROMILLA  
FECHA : 25 AGOSTO 88

CAUDAL (l/s): 30.000  
PROFUNDIDAD (m): 680  
SITUACION MUESTRA (m): \*

TEMPERATURA (°C): 34.0  
pH a 34°C: \*  
pH a 16°C: 7.30

CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 4000  
DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 2450  
Eh campo (mV): \*

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
=====				
HCO3-	152.00	2.491	2.491	4.45
CO3=	-	-	-	-
SO4=	2164.00	22.527	45.054	80.56
Cl-	291.00	8.209	8.209	14.68
F-	3.200	.168	.168	.30
NO3-	-	-	-	-
SiO2(H4SiO4)	22.2	.369	-	-
B	.5	.046	-	-
TOTAL....	2632.900	33.812	55.923	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
=====				
Na+	180.00	7.830	7.830	13.65
K+	16.00	.409	.409	.71
Ca++	630.00	15.719	31.437	54.82
Mg++	210.00	8.637	17.275	30.12
Fe++	.100	.002	.004	.01
Li+	.30	.043	.043	.08
Al+++	<1.0E-1	.004	.011	.02
NH4+	.700	.039	.039	.07
Sr++	13.000	.148	.297	.52
TOTAL....	1050.200	32.831	57.344	

FORMULA ANIONICA : SO4= >Cl- >CO3+=HCO3- >F-  
FORMULA CATIONICA : Ca++ >Mg++ >Na+ >K+

CLASIFICACION: SULFATADA -- CALCICA

(CO3H+CO3)/Ca =	.079	Cl/Na =	1.048	(SO4*Ca)^1/2 =	37.635
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.051	Cl/(Na+K) =	.996	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	1.342
((CO3H)^2*Ca)^1/3 =	5.800	SO4/Ca =	1.433	Mg/Ca =	.549
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	.976	SO4/(Ca+Mg) =	.925	Cl/CO3H =	3.295

ARCHIVO EN DISCO: GR881



**ANALISIS DE GASES**

---

SONDEO	TEMPERATURA (*C):	34.2
DENOMINACION: SONDEO ROMILLA	CAUDAL (l/s):	
ALICUOTA: *	PROFUNDIDAD (m):	
FECHA: *	SITUACION MUESTRA (m):	

---

GASES	% VOL	%PESO	gr/l	P(atm) GAS (C.N.)
====	-----	-----	-----	-----
CO2	.4900	.7683	9.642E-03	4.900E-03
CH4	.5000	.6411	8.045E-03	5.000E-03
H2	.0120	.0009	1.080E-05	1.200E-04
N2	98.0000	97.6731	1.226E+00	9.800E-01
O2	.8000	.9130	1.146E-02	8.000E-03
He	.0250	.0036	4.468E-05	2.500E-04
H2S	-	-	-	-
SO2	-	-	-	-
CO	-	-	-	-
HCl	-	-	-	-

PESO ESPECIFICO (g/dm3):      1.2549

ARCHIVO EN DISCO:      GR1

## 5.- AREAS DE PROTECCIÓN

### 5.1.- JUSTIFICACIÓN DE PROPUESTA DE AREA DE PROTECCIÓN

De igual forma que para el caso del sondeo "Los Pastoreros", se ha elaborado una propuesta de área de protección que impida la ejecución de obras de captación profunda que afecten al acuífero, considerando la isobata del techo del almacén.

### 5.2.- PRINCIPALES FOCOS DE CONTAMINACIÓN

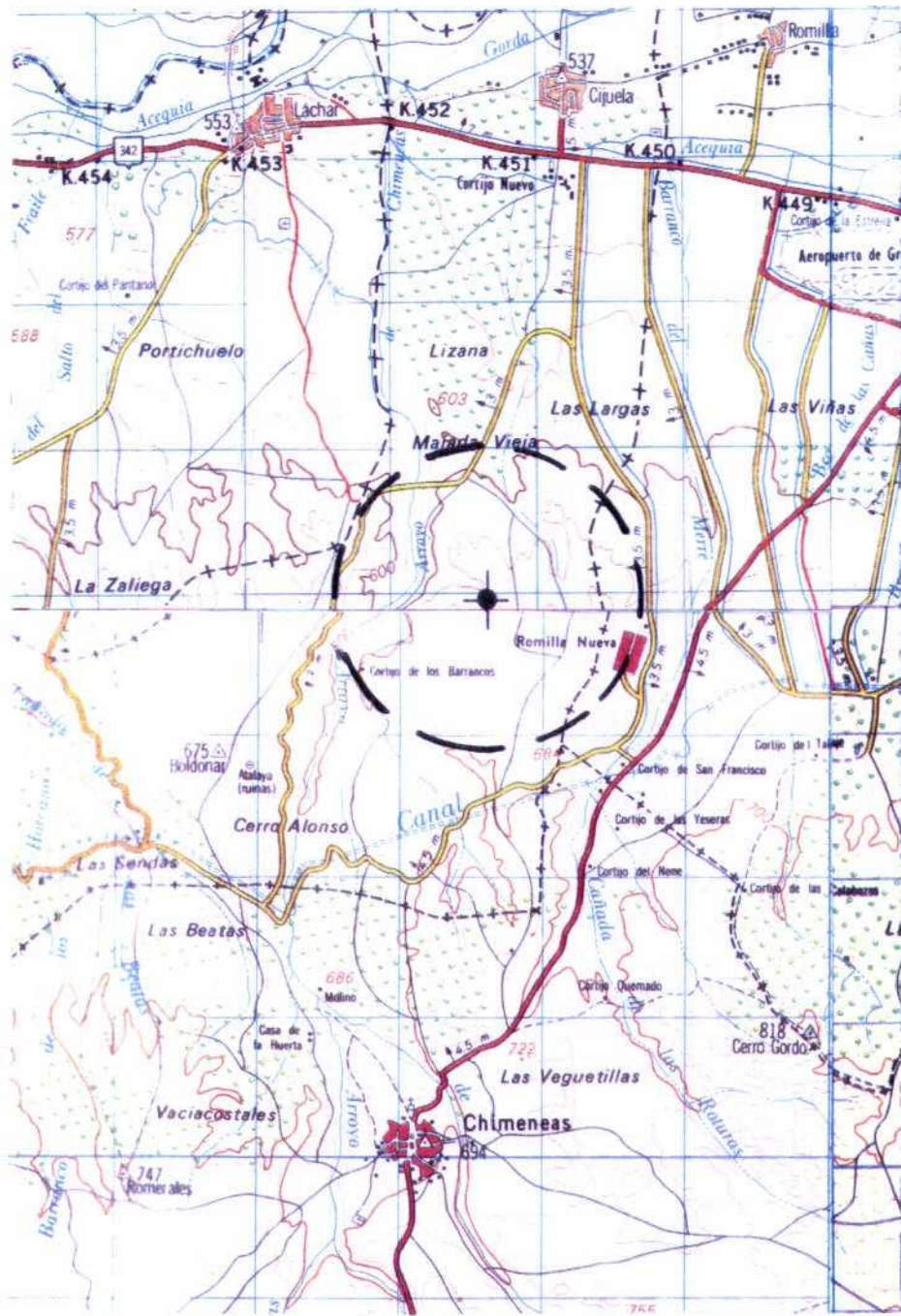
Dada su naturaleza de acuífero confinado, profundo y termal se han descartado en un principio los clásicos mecanismos de contaminación que pudieran afectarle directamente, aunque no obstante, se advierte del posible riesgo que deriva del uso desmesurado de productos agrícolas (abonos) y químicos (pesticidas), ya que en su mayor parte, el entorno geográfico del sondeo, es bastante aprovechado en este sentido.

La red hidrográfica es apenas representativa al estar constituida mayoritariamente por arroyos de tercer y cuarto orden sin curso de agua permanente.

## 6.- BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

- ITGE(1979).-"Estudio geotermico de la Depresión de Granada."
- ITGE(1983).- Mapa Sismotectónico de España. Hoja piloto de Granada a escala 1:100000.
- ITGE(1984).-"Estudio geológico-geotérmico de la Depresión de Granada y área de Lanjarón."

PLANO 1  
 SONDEO ROMILLA NUEVA



E/1:50.000

LEYENDA

- — — — — Propuesta de área de protección
- ⊕ Sondeo

- ITGE(1988).- Mapa Geológico de España a escala 1:50000 (1026) 19-42 -El Padul- y (1009) 19-41 -Granada-.
- Jerez, F (1979). -"Contribución a una nueva síntesis de las Cordilleras Béticas". BGM.TXC-VI pgs.503-555.
- TRT(1987).-"Investigación geotérmica en el permiso de exploración Alvaro I (Granada)".Fase I; Síntesis geológica, almacenes geotérmicos y geoquímica de aguas . Informe final.
- TRT(1990).-"Ensayos de producción en los sondeos "Cortijo del Aire" y "Romilla nueva". Estimación de caudales. Informe final."

**SONDEO LOS PASTOREROS**

## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

El sondeo "Los Pastoreros" se encuentra localizado al SO del núcleo urbano de Santafé y en plena depresión de Granada, a una cota aproximada de 670 m.

Su acceso se realiza a través de la carretera local que parte de la nacional Granada-Málaga en dirección al aeropuerto, tomando un desvío a 1,5 km. antes de la terminal aérea, hacia el paraje conocido como Finca de los Pastoreros. El sondeo está ubicado en el margen derecho de la pista forestal que une dicha finca con la cortijada de Santa Catalina.

Las obras de ejecución se llevaron a cabo durante el año 1988 a través de la empresa granadina Geoconsult España, S.A., alcanzando una profundidad de captación final de 510 m.

Dado el enorme caudal que arroja -superior a 80 l/seg- y sus características físico-químicas (termal) gozó de especial popularidad -el tiempo que estuvo abierto-, entre las gentes del lugar por sus aplicaciones terapéuticas.

Actualmente, permanece cerrado con vistas a un futuro próximo en el que se decidirá su aplicación más inmediata de acuerdo con las

características terapéuticas de sus aguas.

La captación está enmarcada dentro de la hoja topografica a escala 1:50000 (1026) 19-42 -El Padul-, localizada a través de sus coordenadas UTM x/433240 e y/4126850.

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

Desde el punto de vista geológico, el sondeo se encuentra localizado en materiales pertenecientes al relleno neógeno postorogénico de la Depresión de Granada.

Litológicamente, el sector de ubicación del mismo está caracterizado por el desarrollo de secuencias de limos y arcillas amarillas con intercalaciones de yeso, correspondiente al relleno postmantos de la Depresión (fig. 6A).

Tomando como referencia toda la información extractada de los datos anteriores y posteriores al sondeo, parece ser que éste atravesó gran parte de la secuencia terciaria perforando directamente la base del Jurásico (Lias) atribuido en un principio al Dominio Subbético (figs. 6B y 7).

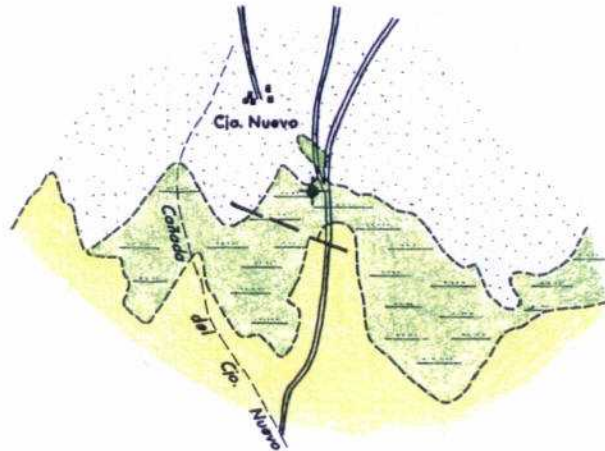
De cualquier forma, y a la hora de establecer los posibles e hipotéticas zonas de recarga unida a las características físico-químicas de sus aguas, la complejidad estructural del sector -oculta bajo el relleno de la Depresión- y la posición con respecto al contacto zonas externas e internas, se considera fundamental la descripción de las litologías pertenecientes a los siguientes dominios:

### Nevado-Filábride


Constituye la unidad morfoestructural más baja dentro de este

FIG. 6  
SONDEO LOS PASTOREROS

A. ESQUEMA GEOLOGICO GENERAL

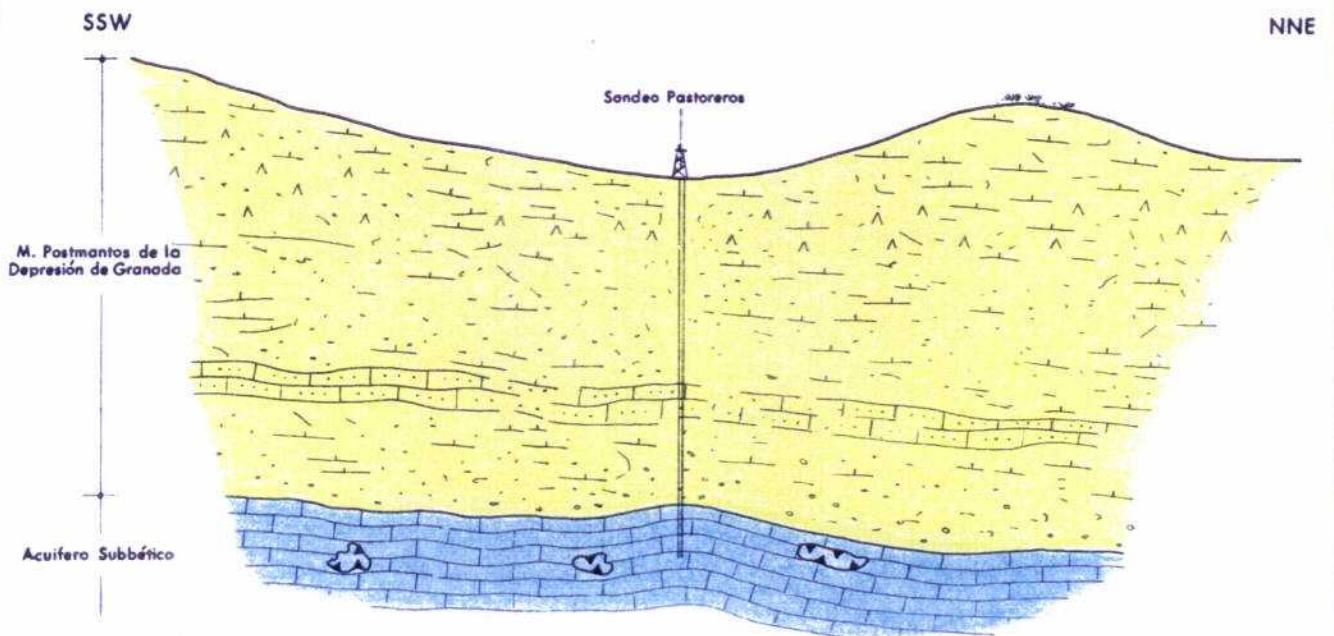


M. POSTMANTOS DE LA DEPRESION

-  Aluvial, gravas, arcillas, conglomerados y arenas..... CUATERNARIO
-  Costras calcáreas..... PLOCENO
-  Lutitas, arenas, yeses y conglomerados ..... MIOCENO SUP. MESSINIENSE

ESCALA - 1 : 50.000

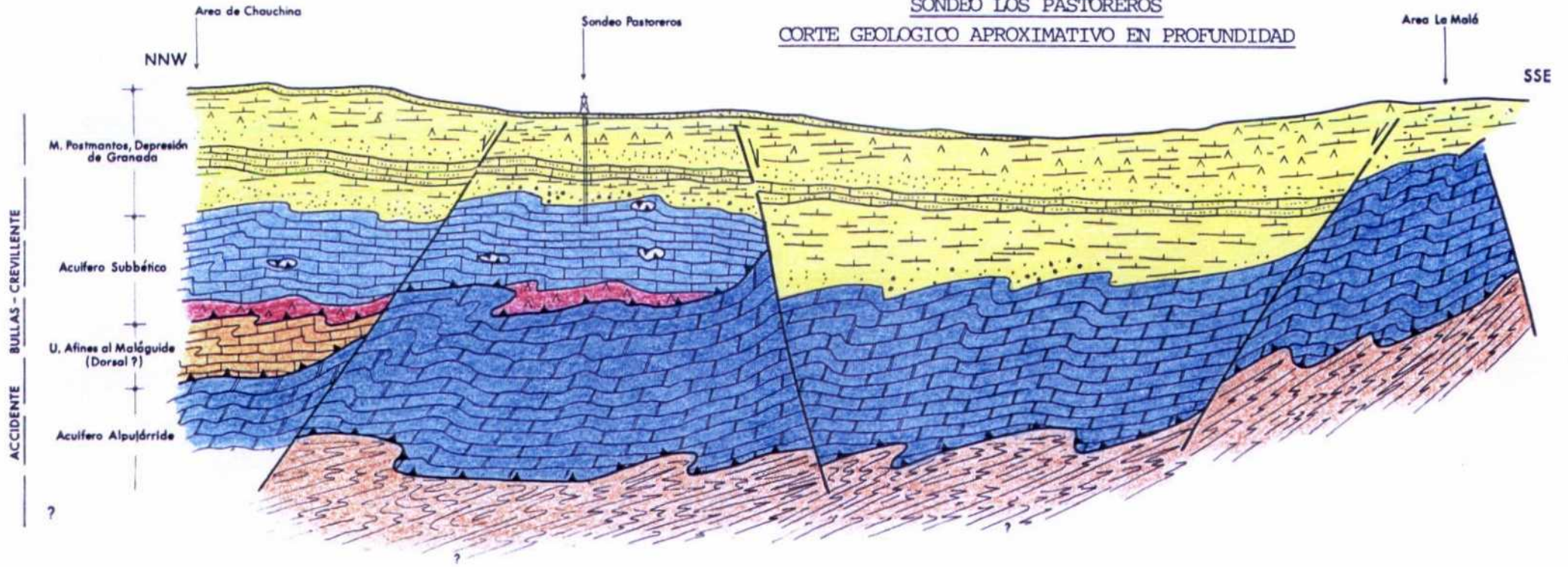
B. CORTE GEOLOGICO ESQUEMATICO















ESCALA VERT. - 1 : 10.000



FIG. 7  
**SONDEO LOS PASTOREROS**  
**CORTE GEOLOGICO APROXIMATIVO EN PROFUNDIDAD**



- |   |   |
|---|---|
| <p><b>M. POSTMANTOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Conglomerado, limos y arcillas con niveles calcáreos..... PLIO-CUATERNARIO</li> <li> Margas y limos con yesos. Turbiditas</li> <li> Conglomerados y margas..... MIOCENO-SUP.</li> <li> Calcarenitas bioclásticas..... TORTONIENSE</li> <li> Margas y conglomerados..... SERRAVALIENSE</li> </ul> <p><b>MANTO SUBBETICO †</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Calizas con sílex..... LIAS</li> <li> Arcillas con yesos... TRIAS KEUPER</li> </ul> | <p><b>DORSAL BETICA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Margas y calizas..... CRETACICO-EOCENO</li> <li> Calizas y dolomías..... JURASICO</li> </ul> <p><b>MANTO ALPUJARRIDE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Calizas y dolomías..... TRIAS MEDIO-SUP.</li> <li> Filitas y cuarcitas..... PERMO-TRIAS</li> </ul> <p><b>NEVADO FILABRIDE †</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Mármoles y micaesquistos..... PALEOZOICO-TRIAS</li> </ul> |
|---|---|

ESCALA: APROXIMATIVA EN PROFUNDIDAD

apilamiento de mantos que conforma la estructura de la zona bética. Se encuentra representado por las siguientes formaciones:

- Precámbrico-Pérmico:

Litológicamente está caracterizada por una secuencia de micaesquistos con granate y cuarcitas. Posee una potencia superior a 3.000 m.

- Pérmico-Triás medio:

Corresponde a una secuencia de micaesquistos, gneises y cuarcitas con potencia variable, en general entre 0-150 m.

- Triás superior:

Constituye el techo de todo este gran dominio y se encuentra representado por un tramo inferior de esquistos cuarcíticos de unos 300 m, y otro superior, de naturaleza carbonatada pero con intercalaciones de esquistos y cuarcitas, de potencia entre 50-100 m.

Dominio Alpujárride

Estructuralmente se encuentra encima del dominio Nevado-Filábride, y está caracterizado por una superposición de mantos de diferentes grados de metamorfismo y tectonización que la condicionan hidrogeológicamente. A grandes rasgos el alpujárride está constituido por:

- Paleozoico:

Comprende el tramo mas inferior de la secuencia alpujárride y está representado por una alternancia de micaesquistos y cuarcitas, con potencias limitadas a consecuencia de la tectónica de mantos.

- Permotriás:

Corresponde a una secuencia de filitas y cuarcitas con potencias que

oscilan entre 150-200 m. Localmente existen intercalaciones de calcoesquistos.

- Trias medio-superior:

Formación dolomítica o calizo-dolomítica con potencias variables de acuerdo con su posición tectónica y manto, en general entre 200-1000 m.

Dominio Maláguide

Situado a modo de manto de corrimiento sobre el alpujárride. En general constituye un dominio de afloramientos muy concretos y frecuentemente muy tectonizado. Podemos distinguir las siguientes formaciones:

- Paleozoico y Permotrias:

Constituye un conjunto muy heterogeneo de filitas, pizarras, calizas y areniscas, de potencia variable como consecuencia de la tectonización a la que se ven sometidos. Se trata de un conjunto afectado por metamorfismo de muy bajo grado y fuertemente fracturado.

- Trias medio-superior:

Esta caracterizado por la aparición de dos tramos de diferente naturaleza, representación y potencia. A grandes rasgos se distinguen dolomias, areniscas y conglomerados que yacen discordantemente sobre la serie paleozoica.

- Jurásico:

Esta constituido por un conjunto carbonatado, fundamentalmente calizo y dolomítico muy poco representado a escala local.

- Cretácico-Roceno:

Serie de margas y calizas con potencias en torno a los 500-600 m.

### Subbético

Se encuadra dentro de las zonas externas de las Cordilleras Béticas y se dispone a menudo sobre materiales de la zona Bética. En este sector, constituye algunos de los relieves que sobresalen de la Depresión, rodeada por materiales neógenos. A grandes rasgos se encuentra representado por los siguientes términos:

#### - Triásico:

Constituye la base plástica de la secuencia subbética; en general corresponde a un conjunto con predominio de facies del tipo germano-andaluz. Esta caracterizado por un gran desarrollo de los fenómenos diapíricos que originan abombamientos en las unidades suprayacentes.

#### - Jurásico:

Constituido por dos conjuntos; uno inferior con predominio de calizas oolíticas y micríticas y dolomías, y otro medio-superior de naturaleza margosa y calcárea. La potencia oscila entre 200-500 m.

#### - Cretácico:

Corresponde a una secuencia de margas y margocalizas con potencia en torno a los 100 m.

#### - Terciario:

Serie que abarca materiales con edades comprendidas entre el Eoceno y el Oligoceno, con abundantes niveles calcáreos.

### Materiales postorogénicos

Bajo esta denominación se agrupan todos aquellos materiales depositados con posterioridad a la estructuración principal de las Cordilleras Béticas y que constituyen el relleno fundamental de la

Depresión de Granada . Estan caracterizados por una potente sucesión que enmascaran el contacto entre Zonas internas-externas, de materiales con edades comprendidas entre el Langhiense-Serravaliense y Holoceno.

- Langhiense-Serravaliense:

Conjunto de arenas y arcillas rojas con niveles de gravas y conglomerados en la base, margas y yesos en la zona central, y arenas, limos y calizas lacustres a techo. Presenta una potencia de 300-400 m.

- Tortonense inferior:

Está caracterizado por secuencias de calcarenitas bioclásticas y conglomerados, con potencias medias en torno a los 100 m.

- Tortonense superior:

Secuencia de margas grises azuladas con potencia que oscila alrededor de los 150 m.

- Tortonense terminal:

Conjunto conglomerático heterométrico con frecuentes cambios de facies. Su potencia es de 300 m.

- Messiniense inferior:

Representado por un conjunto de limos con intercalaciones de yesos y calizas. La potencia oscila en torno a los 450 m.

- Mioceno terminal:

Formación lacustre constituida por margocalizas, yesos y calizas con intercalaciones de lignito. La potencia es de 150 m.

- Pliocuaternario:

Constituido por un conjunto de facies muy variable con predominio de

gravas, conglomerados, lutitas, calizas y arenas. La potencia oscila entre los 300-500 m aunque en general es muy variable.

### 2.1.- TECTÓNICA. ESTRUCTURA.

La tectónica de la depresión de Granada viene caracterizada por el enmascaramiento del contacto Zonas externas-internas de las Cordilleras Béticas.

Posteriormente a las principales etapas compresivas que dieron lugar a la formación de los orógenos principales, se desarrolla una dinámica de carácter distensivo -concretamente desde el Mioceno superior-, que origina la formación de importantes cuencas subsidentes que se rellenan por materiales postorogénicos. La actividad continua durante el cuaternario.

## 3.- HIDROGEOLOGÍA

Desde el punto de vista hidrogeológico son diversos las unidades o formaciones que presentan mayor interés a la hora de su posterior interpretación genética.

### 3.1.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

#### Acuífero Nevado-Filábride

Está representado por el tramo superior carbonatado de naturaleza marmórea, con desarrollos de potencias que oscilan entre 50-100 m. Los niveles esquistosos que se intercalan en estos paquetes le restan entidad hidrogeológica. Su edad es Trias medio-superior.

La alimentación principal se afectuaría a través de las aguas procedentes del deshielo de Sierra Nevada o de la propia infiltración directa del agua de lluvia.

#### **Acuífero Alpujárride**

Se trata de un acuífero muy compartimentado y en ocasiones con un funcionamiento hidráulico bastante independiente. Algunos de los mantos que lo conforman desarrollan abundante fenómenos de fracturación y/o karstificación que favorece la recarga.

Constituyen acuíferos de notable interés hidrogeológico las secuencias carbonatadas superiores de dichos mantos, fundamentalmente calizas y dolomías con potencias variables que oscilan entre 200-1000 m. Su edad es Trias medio-superior.

La alimentación principal se efectuaría a través de la infiltración directa de las precipitaciones y por los cauces fluviales de las aguas procedentes del deshielo de Sierra Nevada, favorecido por los fenómenos de fracturación y/o karstificación que les acompaña.

#### **Acuífero subbético**

Está caracterizado por el predominio de secuencias carbonatadas, fundamentalmente calizas y dolomías jurásicas con potencias que oscilan entre 200-300 m. La recarga se efectuaría a través de la infiltración directa del agua de lluvia favorecida por los fenómenos de fracturación y/o karstificación a los que se ven sometidos.

#### **Acuífero terciario de la Depresión**

Constituye un acuífero de notable interés las formaciones de calcarenitas bioclásticas y conglomerados del Tortonense inferior de la Depresión. Localmente, habría también que mencionar las formaciones

detriticas plio-cuaternarias, aunque con un fuerte condicionamiento a consecuencia de los frecuentes cambios de facies a los que se someten.

La alimentación principal se efectuaría a través de la infiltración directa del agua de lluvia y de la procedente de los cauces fluviales.

#### 4.- HIDROQUÍMICA

Al igual que en el caso del sondeo Romilla La Nueva, la muestra de los Pastoreros es sulfatada cálcica. Ello es consecuencia de la notable similitud de ambos análisis, tal como se aprecia en el correspondiente diagrama logarítmico (fig. 8). Únicamente se observa un ligero descenso de la mineralización en Pastoreros (3.630  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) respecto a Romilla (3.970  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Asimismo, el pH ácido de la última de estas muestras (6,34) resulta prácticamente neutro en la precedente (6,91); ello se refleja en los diagramas de saturación de esta última muestra respecto a la calcita y dolomita (fig. 9), ambos en situación de ligera sobresaturación.

El comportamiento de las demás especies examinadas -yeso, anhidrita y magnesita-, es similar al detectado en el sondeo Romilla: sobresaturación, equilibrio y subsaturación respectivamente.

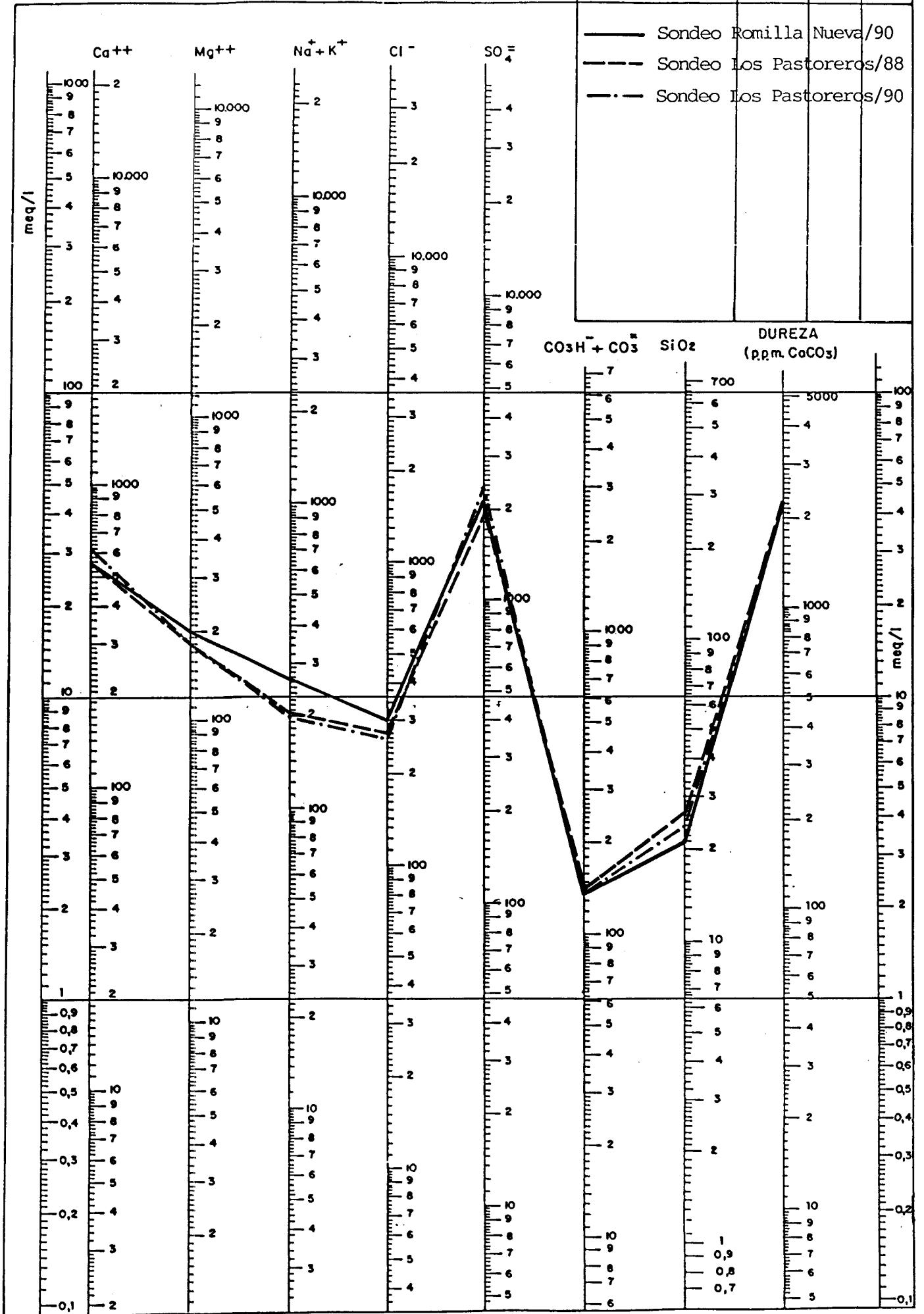
La concentración de sílice se incrementa del orden de un 27% (26,6 mg/l) para la muestra de Los Pastoreros, en consonancia con la mayor temperatura detectada en este punto (39,5 °C).

En lo que respecta a componentes minoritarios, la concentración de flúor es idéntica en ambos sondeos. Hierro y plomo descienden, sin embargo, para el caso de Los Pastoreros, especialmente la primera de estas especies (1,1 mg/l frente a 7 mg/l del sondeo Romilla). Algo similar ocurre para el caso del  $\text{NH}_4^+$  (0,99 frente a 1,35 mg/l). Por último, se detectan nuevamente idénticos indicios de cianuros (2 ppb).



FIG. 8.

LEYENDA			
MUESTRA	C μ S/cm	pH	Eh
—			
- - -			
- · -			



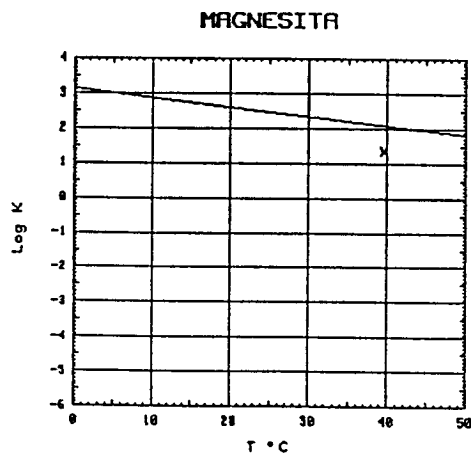
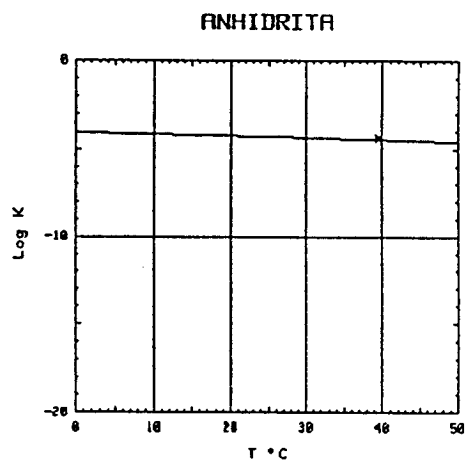
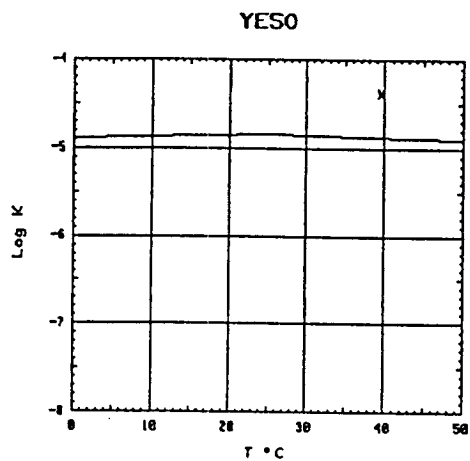
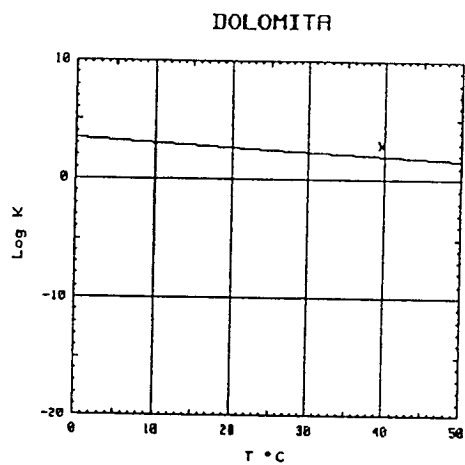
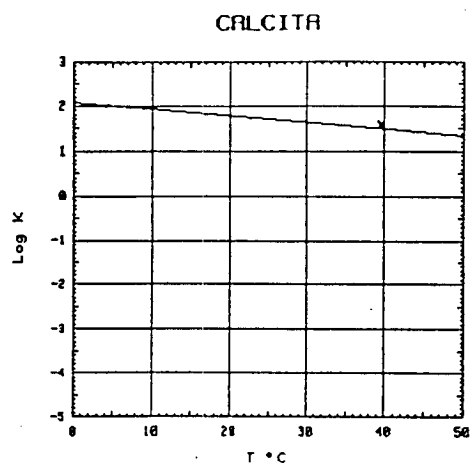


FIG. 9.- DIAGRAMAS DE SATURACION MUESTRA SONDEO LOS PASTOREROS

En el mismo diagrama de Schoeller antes citado (fig. 8), se ha representado un análisis del sondeo Los Pastoreros correspondiente a 1988. Se aprecia con claridad la coincidencia con los resultados actuales, lo que evidencia la estabilidad temporal del agua, propia de su origen profundo. Como en el caso del Sondeo Romilla, este análisis también dispone de determinación de estroncio, siendo su contenido igualmente elevado. El diagrama de saturación respecto a celestina (fig. 10) indica que el agua se halla en equilibrio con el mineral.

La interpretación acerca del origen del agua resulta pues común a ambos sondeos: un acuífero carbonatado -calizas y dolomías jurásicas-, con una notable influencia de facies evaporíticas (sulfatadas y cloruradas) relacionadas bien con el Mioceno, ó con el Triás de la base del subbético. Asimismo, serían aplicables las consideraciones acerca de una posible recarga procedente de acuíferos del Alpujárride.

En lo que respecta a la composición del gas asociado al agua, se trata de nitrógeno casi puro. La concentración de oxígeno es muy baja (0,2%), lo que se atribuye a la ausencia de mezcla con aguas someras. La concentración de los restantes componentes evidencian la componente endógena del gas. Resulta interesante destacar la notable similitud de este análisis con el correspondiente al Sondeo Romilla, como se aprecia a continuación:

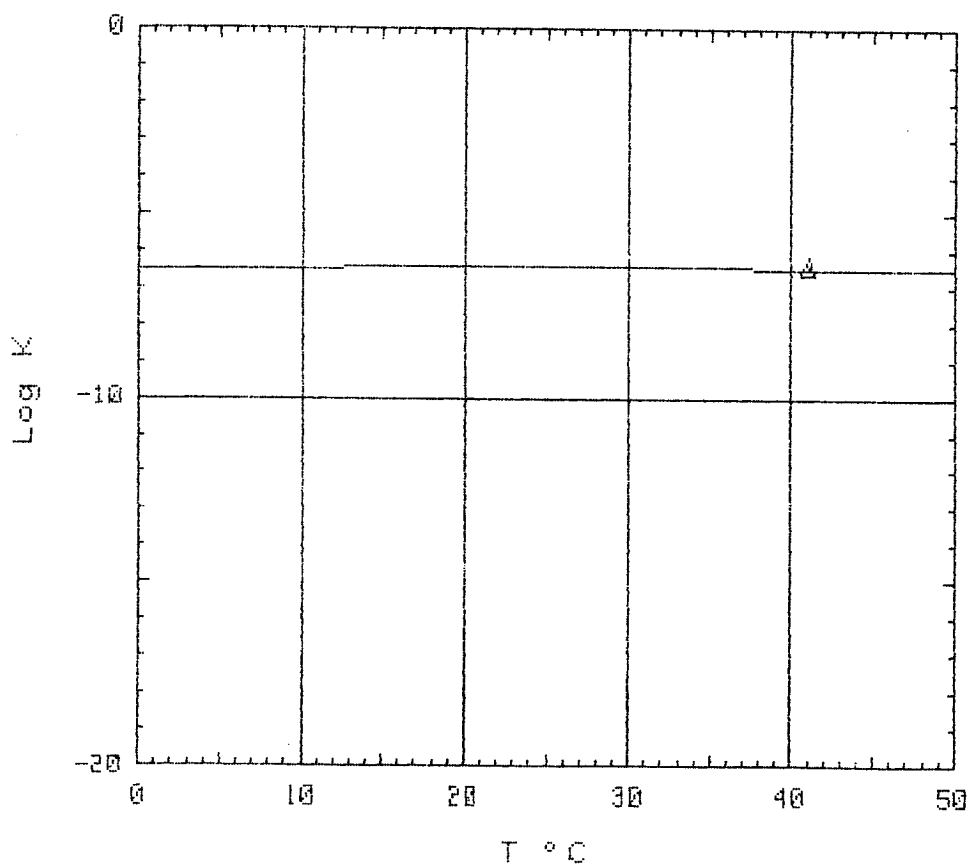
	Sondeo <u>Romilla</u>	Sondeo <u>Pastoreros</u>
N <sub>2</sub>	98,0	99,9
O <sub>2</sub>	0,8	0,2
CO <sub>2</sub>	0,49	0,63
CH <sub>4</sub>	0,5	0,11
He	0,025	0,021
H <sub>2</sub>	0,012	0,016

FIG. 10

DIAGRAMAS DE SATURACION MINERAL

N° FICHERO	DENOMINACION	T°C	pH	F. Iónica	LgK min	LgQ H2O	TEST
1 GR882	LOS PASTOREROS	41.0	7.10	.99755	-6.49	-6.42	SOBRESATURADA

CELESTINA



**ANALISIS QUIMICO**

\*  
DENOMINACION: SONDEO LOS PASTOREROS  
FECHA : \*

-----  
TEMPERATURA (°C): 39.5                      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 3630  
pH a 39°C: 6.91                              DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 2195  
pH a 18°C: 7.80                              Eh campo (mV): -200  
-----

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	140.00	2.295	2.295	4.49
CO3=	-	-	-	-
SO4=	1970.00	20.508	41.015	80.21
Cl-	270.00	7.617	7.617	14.90
F-	3.800	.200	.200	.39
NO3-	<5.0E-1	.008	.008	.02
SiO2 (H4SiO4)	26.6	.443	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
TOTAL....	2410.910	31.070	51.135	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	190.00	8.265	8.265	15.76
K+	14.00	.358	.358	.68
Ca++	573.00	14.296	28.593	54.53
Mg++	183.00	7.527	15.054	28.71
Fe++	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
Li+	.33	.048	.048	.09
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.11
NH4+	.990	.055	.055	.10
Mn++	.020	0.000	.001	0.00
Pb	.1	.001	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
TOTAL....	962.080	30.570	52.431	

FORMULA ANIONICA : SO4= >Cl- >CO3+=HCO3- >F-  
FORMULA CATIONICA: Ca++ >Mg++ >Na+ >K+

CLASIFICACION: SULFATADA -- CALCICA

(CO3H+CO3)/Ca = .080    Cl/Na = .922    (SO4\*Ca)^1/2 = 34.245  
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .053    Cl/(Na+K) = .883    (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = 1.307  
((CO3H)^2\*Ca)^1/3 = 5.320    SO4/Ca = 1.434    Mg/Ca = .526  
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = .992    SO4/(Ca+Mg) = .940    Cl/CO3H = 3.319

ARCHIVO EN DISCO: MMB2 (AMA2-02)

	ppm
R.S. 110°C	3.634
D.Q.O.	0,800
P2O5	0,04
CN-	0,002
Cd	0,001
Cr	0,041
As	-
Se	-
Hg	-

\*-----\*

**ANALISIS QUIMICO**

\*-----\*

SONDEO  
DENOMINACION: LOS PASTOREROS  
FECHA : 25 AGOSTO 88

CAUDAL (l/s): 60.000  
PROFUNDIDAD (m): 450  
SITUACION MUESTRA (m): \*

TEMPERATURA (°C): 41.0  
pH a 41°C: \*  
pH a 18°C: 7.10

CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 3800  
DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 2300  
Eh campo (mV): \*

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	134.00	2.196	2.196	4.18
CO3=	-	-	-	-
SO4=	2045.00	21.288	42.577	81.06
Cl-	269.00	7.588	7.588	14.45
F-	3.000	.158	.158	.30
NO3-	<5.0E-1	.008	.008	.02
SiO2 (H4SiO4)	24.0	.399	-	-
B	.5	.046	-	-
TOTAL....	2476.000	31.685	52.528	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	170.00	7.395	7.395	13.71
K+	17.00	.435	.435	.81
Ca++	620.00	15.469	30.938	57.35
Mg++	180.00	7.403	14.807	27.45
Fe++	.300	.005	.011	.02
Li+	.30	.043	.043	.08
Al+++	<1.0E-1	.004	.011	.02
NH4+	.600	.033	.033	.06
Sr++	12.000	.137	.274	.51
TOTAL....	1000.300	30.925	53.947	

FORMULA ANIONICA : SO4= >Cl- >CO3+=HCO3- >F-  
FORMULA CATIONICA: Ca++ >Mg++ >Na+ >K+

CLASIFICACION: SULFATADA -- CALCICA

(CO3H+CO3)/Ca =	.071	Cl/Na =	1.026	(SO4*Ca)^1/2 =	36.294
-(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.048	Cl/(Na+K) =	.969	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	1.294
((CO3H)^2*Ca)^1/3 =	5.304	SO4/Ca =	1.376	Mg/Ca =	.479
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	.979	SO4/(Ca+Mg) =	.931	Cl/CO3H =	3.455

ARCHIVO EN DISCO: GR882

## ANALISIS DE GASES

\*-----\*

SONDEO	TEMPERATURA (°C):	39.5
DENOMINACION: SONDEO LOS PASTOREROS	CAUDAL (l/s):	*
ALICUOTA: *	PROFUNDIDAD (m):	*
FECHA: *	SITUACION MUESTRA (m):	*

GASES	% VOL	% PESO	gr/l	P(atm) GAS (C.N.)
====				
CO2	.6300	.9788	1.240E-02	6.300E-03
CH4	.1100	.1397	1.770E-03	1.100E-03
H2	.0160	.0011	1.440E-05	1.600E-04
N2	99.9000	98.6512	1.249E+00	9.990E-01
O2	.2000	.2262	2.864E-03	2.000E-03
He	.0210	.0030	3.753E-05	2.100E-04
H2S	-	-	-	-
SO2	-	-	-	-
CO	-	-	-	-
HCl	-	-	-	-

PESO ESPECIFICO (g/dm<sup>3</sup>): 1.2665

ARCHIVO EN DISCO: GR2

## **5.- AREAS DE PROTECCIÓN**

### **5.1.- JUSTIFICACIÓN DE PROPUESTA DE AREA DE PROTECCIÓN**

Dada su naturaleza (termal de origen profundo) y su condición de acuífero confinado bajo el relleno terciario de la Depresión de Granada, se ha elaborado un área de protección con vistas a impedir cualquier tipo de obra de captación a dicha profundidad y que pudiera afectar el techo de acuífero.

### **5.1.- POSIBLES FUENTES CONTAMINANTES**

Al tratarse de un sondeo efectuado en secuencias impermeables de relleno que capta un acuífero profundo cuya zona de recarga se situa indudablemente a considerable distancia del mismo, se descartan en un principio los probables focos de contaminación que pudieran afectar al acuífero. No obstante, es importante señalar el hipotético riesgo que supone para el sondeo y su entorno geográfico, la proximidad del vertedero municipal de Santafé y el uso desmesurado de abonos agrícolas, ya que en su mayor parte el punto de ubicación del mismo corresponde a un sector de gran aprovechamiento en este sentido. La red hidrográfica es poco importante ya que en su mayor parte corresponde a pequeños arroyos sin cursos de agua permanente.

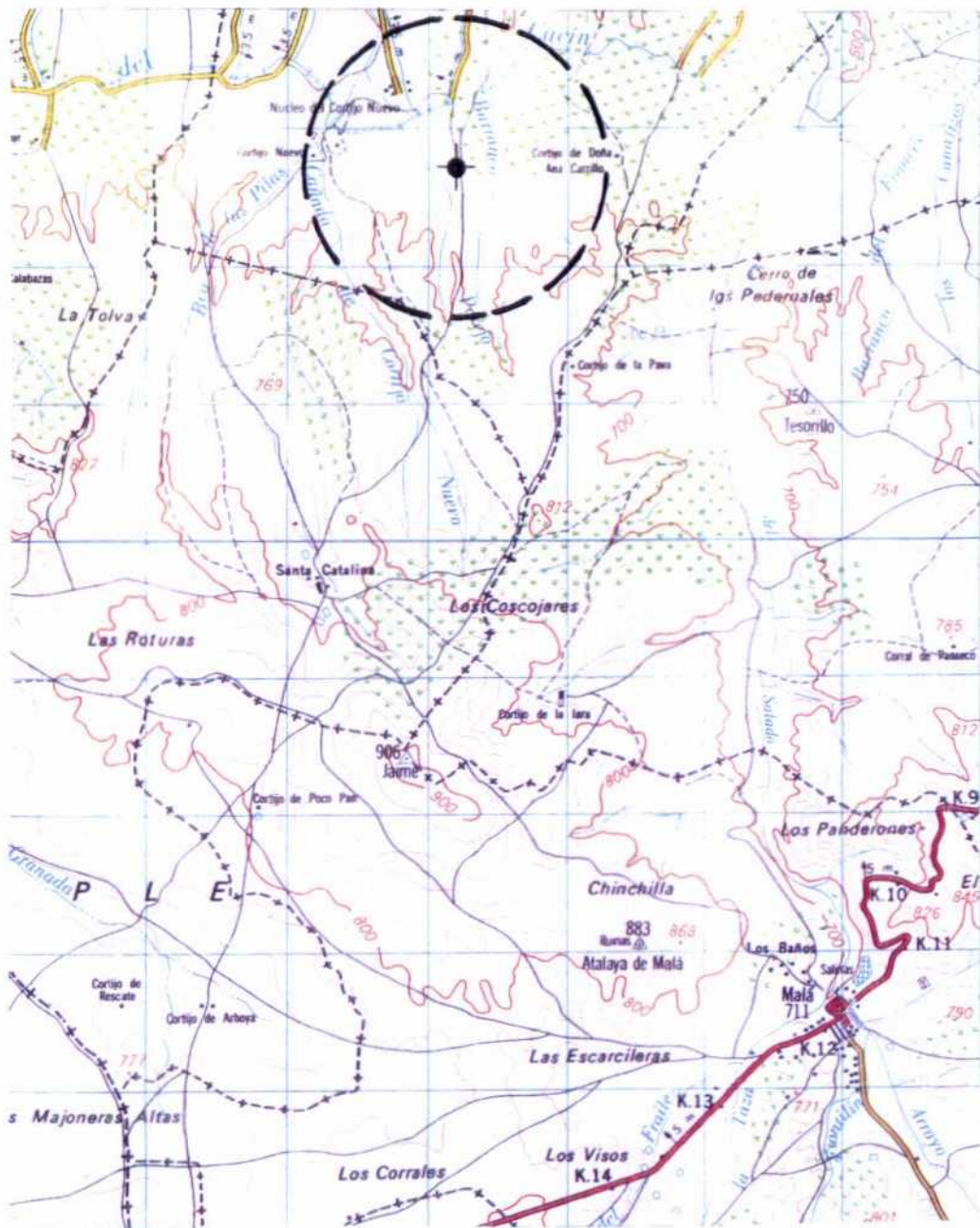
## **6.- BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA**

- ITGE(1988).-Mapa geológico de España a escala 1:50000 (1009) 19-41 -Granada- y (1026) 19-42 -El Padul-.
- Lhenaff, R.(1979).-"La bassin de Grenada (Andalouise, Espagne): Morphogenese d'une cuvette intramontagneuse." Mediterranee. Vol.3, pags.37-45.





PLANO 2

SONDEO LOS PASTOREROS



E/1:50.000

LEYENDA

-  Propuesta de área de protección
-  Sondeo

- TRT(1987).-"Investigación geotérmica en el permiso de exploración Alvaro-I(Granada)".Fase I; Sintesis geológica, almacenes geotérmicos y geoquímica de aguas. Informe final.
- TRT(1990).-"Ensayos de producción en los sondeos "Cortijo del aire" y "Romilla nueva". Estimación de caudales. -Informe final-."

**BAÑOS DE SIERRA ELVIRA**

-----

## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

Los Baños de Sierra Elvira se encuentran situados al NW de la población de Atarfe y a la altura del Km 430,2 de la N-342, a una cota aproximada de 580 m.

Sus antecedentes históricos son muy abundantes pues las primeras referencias que se poseen de su utilización, datan de la época romana e incluso anterior a ésta, pero fue ya durante la dominación árabe cuando alcanzaron verdadera popularidad. Con posterioridad los baños fueron declarados de utilidad pública según nota de la Dirección General de Beneficencia y Sanidad, publicada en la Gaceta de Madrid del día 14 de Abril de 1868.

Doz Gómez y Builla Alegre (1887) hacen referencia en su "Elementos de Hidrología Médica" acerca de su indicación en las afecciones reumáticas, y las clasifican como aguas sulfatadas mixtas. Posteriormente en la "Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España" del ITGE de 1913, figura una pequeña descripción donde se refieren a unos baños que brotan en una gran caverna natural de 7,50 m de altura cuyas aguas son claras, transparentes, untuosas al tacto y desprenden burbujas. Dichas aguas las clasifica como Bicarbonatadas-cálcica.

De igual forma, los baños también aparecen en las relaciones de

aguas minero-medicinales de las publicaciones de 1928, 1947 y 1986, bajo la clasificación de Sulfatadas-cálcicas; así como en Madoz (1852) en su Diccionario Geográfico tomo Granada pg.43.

Actualmente, el manantial se encuentra alojado en el interior de una cavidad endokárstica que alimenta a través de una motobomba alojada en el fondo de la misma, una piscina pública utilizada durante los meses de verano con finalidad recreativa y terapéutica; a pesar de no disponer ni de instalación de balneario, ni de equipo médico.

Sus aguas están especialmente indicadas en el tratamiento de afecciones relacionadas con el sistema circulatorio y dermatología.

Recientemente, y como resultado de la creciente sobreexplotación de acuíferos locales, el nivel del manantial ha descendido casi totalmente.

Los baños de Sierra Elvira se encuentran localizados dentro de la hoja topográfica a escala 1:50.000 (1009) 19-41 -Granada-, definido por las coordenadas UTM x/435860 e y/4120850.

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

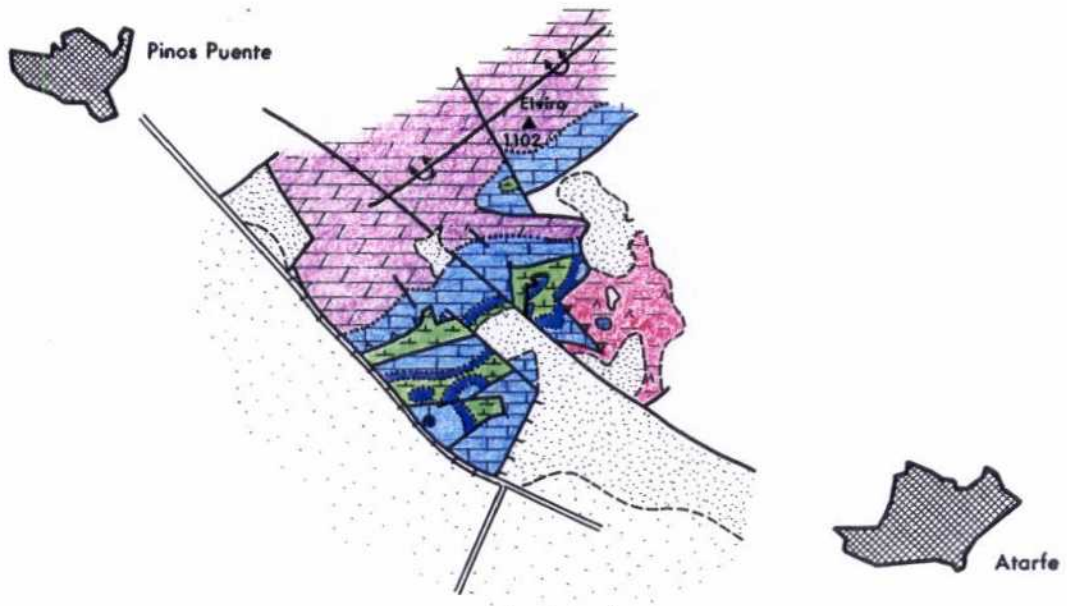
Los baños de Sierra Elvira se encuentran encuadrados dentro del contexto geoestructural de las Cordilleras Béticas.


Concretamente, el manantial surge a favor de una fractura localizada en el contacto entre una formación carbonatada liásica perteneciente al dominio Subbético medio-meridional de las Zonas externas de las Cordilleras Béticas, con el neogeno-cuaternario de la Depresión de Granada (figs. 11 y 12).

Desde el punto de vista geológico el Subbético medio-meridional en este sector, se encuentra caracterizado por la presencia de los siguientes términos:

FIG. 11  
BAÑOS DE SIERRA ELVIRA

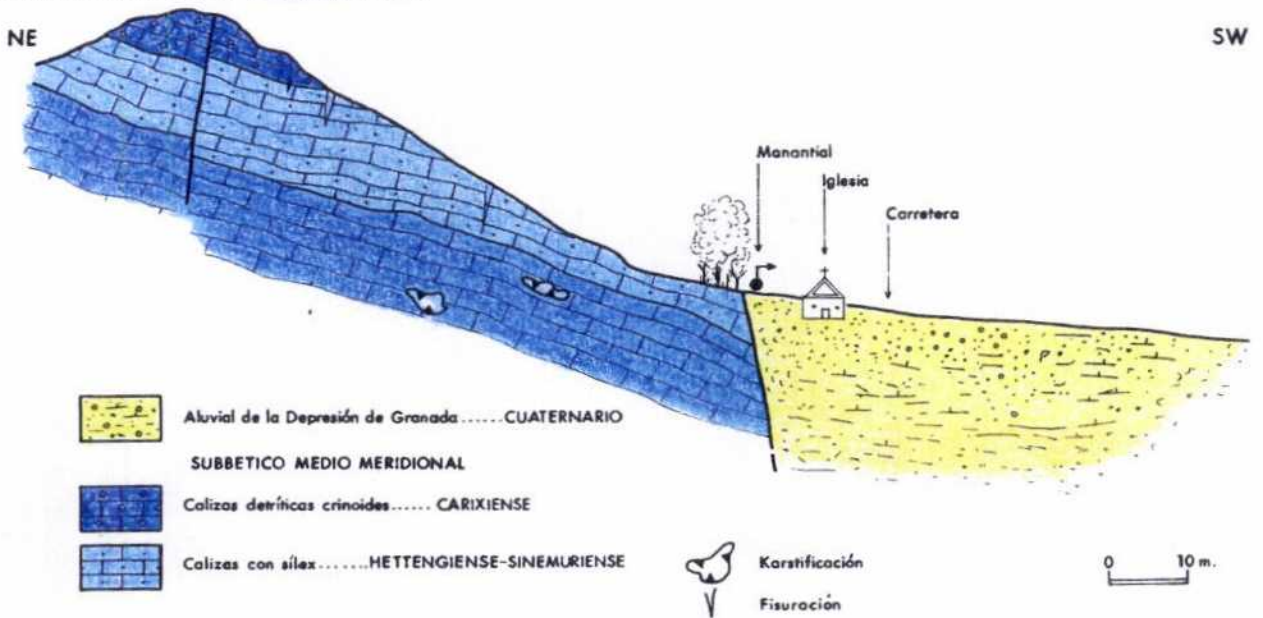
A. ESQUEMA GEOLOGICO GENERAL






- |   |  |   |   |
|---|--|---|---|
|   | Depositos de ladera y derrubios ..... CUATERNARIO                      |  | Calizas con sílex ..... HETTANGIENSE-SINEMURIENSE |
|  | Aluvial de la Vega.<br>Conglomerados, arenas y limos ..... CUATERNARIO |  | Dolomías ..... LIAS INFERIOR                      |
|  | Margocalizas y margas ..... DOGGER                                     |  | Arcillas y yesos ..... TRIAS KEUPER               |
|  | Calizas detríticas crinoides ..... CARIXIENSE                          |   |   |

ESCALA - 1 : 50.000

B. CORTE GEOLOGICO ESQUEMATICO

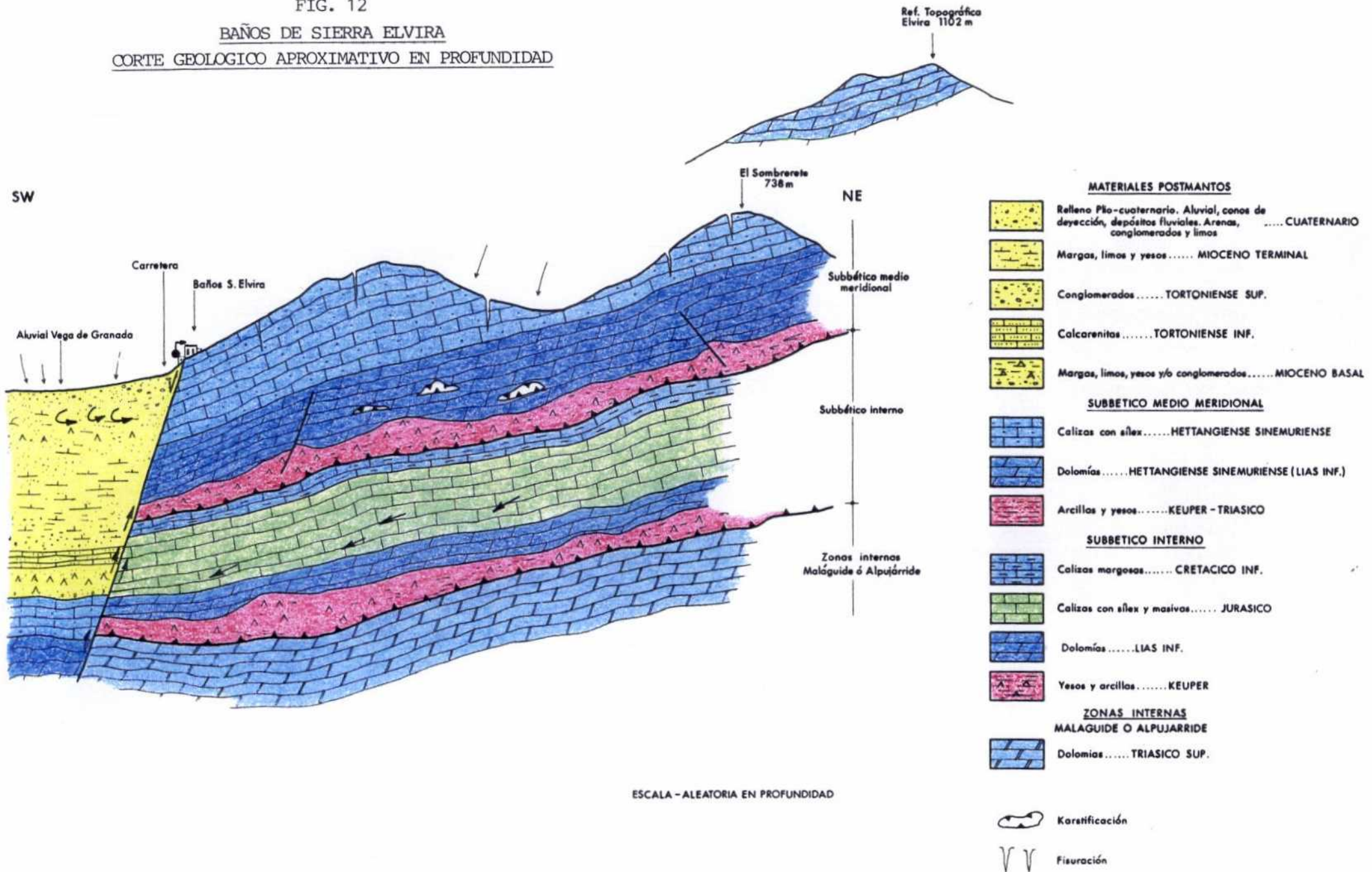


- |   |  |
|---|--|
|  | Aluvial de la Depresión de Granada ..... CUATERNARIO |
|   | SUBBETICO MEDIO MERIDIONAL                           |
|  | Calizas detríticas crinoides ..... CARIXIENSE        |
|  | Calizas con sílex ..... HETTANGIENSE-SINEMURIENSE    |

 Karstificación  
 Fisuración

0 10 m.

FIG. 12  
BAÑOS DE SIERRA ELVIRA  
CORTE GEOLOGICO APROXIMATIVO EN PROFUNDIDAD



ESCALA - ALEATORIA EN PROFUNDIDAD

### Trias

Está caracterizado por el desarrollo de facies típicas del keuper germano-andaluz, con predominio de margas y arcillas versicolores con intercalaciones de yesos y areniscas.

A menudo presentan intrusiones de rocas volcánicas tipo ofita.

Hacia la parte superior de esta secuencia es característico el desarrollo de un recubrimiento carbonatado de naturaleza dolomítica o carniolar.

### Jurásico

La secuencia jurásica en este sector, comprende materiales con edades comprendidas entre el Hettangiense y el Malm. De muro a techo, diferenciamos lo siguiente:

- Dolomías grises brechificadas con laminación. A menudo presentan intercalaciones volcánicas. Su potencia se estima en unos 200 m.
- Calizas grises bien estratificadas y dispuestas en gruesos bancos, con abundantes nódulos de sílex. Posee una potencia media en torno a los 80 m. La edad de dicho conjunto es Sinemuriense.
- Calizas detríticas de crinoides, a menudo, karstificadas a techo, y con desarrollo de hard-ground. La potencia media de este conjunto no excede los 25 m. La edad de dicho conjunto es Carixiense.
- Margocalizas, margas y calizas nodulosas con potencia media en torno a los 90 m. La edad de este conjunto indica un Domerense-Toarcense.
- Margocalizas silíceas (radiolaritas) de fractura astillosa y tramos verdosos con abundantes niveles de radiolarios. Posee una potencia media de 30 m y una edad atribuida al Dogger.
- Calizas y calizas margosas con sílex, en ocasiones de carácter



turbidítico. Frecuentemente presentan nódulos de sílex grises. Se atribuyen al Malm y presentan una potencia media de 40 m.

El Cretácico a diferencia de otros sectores y a escala regional, está ausente.

### Materiales postorogénicos

Constituyen el relleno fundamental de la Depresión de Granada y se encuentra representado por la siguiente secuencia cronoestratigráfica:

#### - Langhiense-Serravaliense:

Se trata de un conjunto constituido por arenas, arcillas rojas con intercalaciones conglomeráticas, margas y yesos hacia la parte central y arenas y limos hacia la parte superior. Posee una potencia media del orden de 300-400 m.

#### - Tortonense inferior:

Está constituido por un conjunto de calcarenitas bioclásticas, conglomerados, brechas y calizas bioclásticas. Posee una potencia media de 100 m.

#### - Tortonense superior:

Se encuentra definido por una formación margosa marina de tonalidad gris-azulada y con potencia media en torno a los 150 m.

#### - Tortonense terminal:

Constituye una formación conglomerática muy heterométrica con frecuente cambios a episodios margosos y lutíticos. Posee una potencia media de 300 m.

- Messiniense inferior:

Caracteriza a un conjunto de ambiente fluvio-lagunar con una potencia media en torno a los 450 m.

- Mioceno terminal:

Constituye una secuencia de margocalizas y yesos con calizas a techo e intercalaciones margosas con lignitos. Posee una potencia estimable de unos 150 m.

- Pliocuaternario:

Constituye un amplio conjunto sometido a frecuentes cambios de facies lateral en el que existe un predominio de litologías conglomeráticas con frecuentes intercalaciones arenosas y lutíticas.

Como en anteriores ocasiones y de acuerdo con la naturaleza del manantial -termal-, de claro regimen de circulación profunda y con vistas al establecimiento de una hipotética zona de recarga y su implicación a la hora de una interpretación posterior teniendo en cuenta la tectónica de cabalgamiento que afecta al área de estudio, mencionamos de forma resumida los distintos términos de los siguientes complejos:

C. Maláguide

Constituye el conjunto que ocupa la posición tectónica más superior dentro de este apilamiento de mantos. Se encuentra situado sobre el alpujárride, al que cabalga. Litológicamente, y de muro a techo distinguimos:

- Paleozoico-Permianas:

Corresponde a un conjunto de pizarras y cuarcitas con intercalaciones argilíticas. A menudo aparecen calizas y conglomerados.

- Trias medio-superior:

Está caracterizado por la presencia de dos secuencias principales de naturaleza dolomítica y/o areniscosa-conglomerática.

- Jurásico

Se trata de una formación carbonatada de naturaleza calizo-dolomítica.

- Cretácico-Eoceno:

Corresponde a una secuencia de margo-calizas con potencias en torno a los 500-600 m.

C. Alpujárride

Presenta diferentes mantos estructurados y de comportamiento hidrogeológico bastante independiente, aunque resumidamente se puede esquematizar en los siguientes tramos:

- Paleozoico:

Esta constituida por una secuencia de micaesquistos y cuarcitas similares a aquellas pertenecientes al dominio Nevado-filábride.

- Permotrias:

Definida por un conjunto de filitas de diferente tonalidad y cuarcitas con potencia estimable en torno a los 150-200 m.

- Trias medio-superior:

Corresponde a una formación carbonatada fundamentalmente de naturaleza dolomítica o calizo-dolomítica, con potencias variables de acuerdo con la compartimentación individual de cada manto.

## 2.1.- TECTÓNICA. ESTRUCTURA.

La tectónica del lugar está especialmente definida por la estructuración de mantos de corrimientos que afecta muy directamente a las Zonas internas y externas de las Cordilleras Béticas.

En este apilamiento de mantos se produjo una diferenciación de forma que la estructuración comenzó en las zonas más internas, y con posterioridad se fueron apilando los más externos, de acuerdo con su grado de metamorfismo.

El Subbético interno y medio en la zona de estudio, presentan pliegues con dirección aproximada N70E y vergencia sur.

A partir del Terciario, y concretamente del Mioceno superior, la dinámica es de carácter distensiva y da lugar a la formación de importantes cuencas subsidentes, las cuales se rellenan por materiales postorogénicos (Depresión de Granada). Las fallas que delimitan tales áreas se pueden agrupar en varias familias con direcciones de N70-80E, N10-30E y N30-600, algunos de los cuales delimitan escarpes tipo Sierra Elvira.

## 3.- HIDROGEOLOGÍA

Desde el punto de vista hidrogeológico dentro del área de estudio, existen varias formaciones de indudable interés, aunque dado el origen profundo del manantial, nos lleva a reconsiderar ciertas unidades o dominios con los que pudiera estar relacionado. Lo que si es evidente, es que el manantial de Sierra Elvira (2 l/s) surge en el contacto de una formación carbonatada del subbético medio con el neógeno postmantos de la Depresión, y que dicha formación, desarrolla morfologías kársticas y fisuración importantes con frecuentes apariciones de simas, cuevas, etc..., lo que un principio favorecería los mecanismos de recarga.

No obstante y dadas las características del manantial, de naturaleza termal, de régimen de circulación profunda y de un predominio de las facies sulfatada cálcico-sódica sobre la bicarbonatada, asociada a la tectónica de mantos -particularmente compleja en el área de estudio- y la cual pudiera favorecer ciertas interconexiones hidráulicas, nos conduce a reconsiderar de marcado interés las siguientes unidades o formaciones.

### 3.1.- UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

- Acuífero o formación subbética.
- Acuífero Maláguide.
- Acuífero Alpujárride.
- Acuífero Terciario.

#### 3.1.1.- Características hidrogeológicas. Funcionamiento.

##### Acuífero Subbético

Comprendería aquellas formaciones pertenecientes a los dos dominios, Medio-meridional e Interno. Constituiría un conjunto de naturaleza carbonatada con potencias medias en torno a los 200-300 m y con un elevado grado de permeabilidad por fisuración y/o karstificación. Asociado al plegamiento existiría desarrollo de fenómenos diapíricos. Parece demostrado que el acuífero de S. Elvira se encuentra en conexión hidráulica con el plio-cuaternalio de la Depresión de Granada.

La hipotética zona de recarga pudiera estar bien en la propia Sierra Elvira o en unidades subbéticas próximas a este sector, favorecida por la aparición de fenómenos kársticos y fracturación. El acuífero pudiera tener cierta influencia del Trias Keuper infrayacente y aflorante localmente.

La alimentación principal del sistema se efectuaría a través de la infiltración directa de las precipitaciones sobre los afloramientos

subbéticos.

### Acuífero Maláguide

En este apartado se señalan como de especial interés las denominadas unidades afines al Maláguide que presentan un predominio de las formaciones calizo-dolomíticas con potencias en torno a los 500 m.

Las formaciones pertenecientes al Maláguide sstr. carecen de interés hidrogeológico a excepción del tramo dolomítico del Trias medio-superior, aunque frecuentemente condicionado por su potencia e intercalación de niveles impermeables.

### Acuífero Alpujárride

Constituiría una formación de indudable interés y de naturaleza calizo-dolomítica, con potencias variables entre los 200-1000 m. El funcionamiento hidráulico es variable de unos mantos a otros, ya que se encuentran especialmente compartimentados y de funcionamiento independiente, aunque en general poseen permeabilidad por fracturación.

Puntualmente y como ocurre en los bordes meridionales de la Depresión, dicho acuífero pudiera estar en interconexión hidráulica con las formaciones calcareníticas del Tortoniense superior.

### Acuífero Terciario

A pesar de constituir acuíferos de menor entidad de acuerdo con su naturaleza más o menos detritica o superficie, se considera de especial interés la formación calcarenítica del Tortoniense inferior, con una potencia aproximada de 100 m. Representa un acuífero de porosidad primaria intergranular donde en ocasiones puede constituirse como confinado bajo la secuencia de limos con yesos del Tortoniense superior-Messiniense.

#### 4.- HIDROQUÍMICA

Como se mencionó en el apartado 3, el agua de los Baños de Sierra Elvira es de naturaleza sulfatada-cálcica sódica. El pH es neutro (6,96) y la conductividad elevada (3.260  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). La temperatura de salida es de 31,7 °C.

El examen de las relaciones iónicas así como el grado de mineralización de la muestra, ponen de manifiesto una influencia clara de materiales evaporíticos. Los índices de circulación por calizas ( $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3 / \text{Ca} = 0,13$ ) y dolomías ( $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3 / \text{Ca} + \text{Mg} = 0,09$ ), se encuentran alterados por esta circunstancia, dando lugar a situaciones de sobresaturación respecto a calcita y dolomita (ver fig. 13), atribuibles al exceso de iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  que aporta la disolución de sales. En la misma figura se aprecia una ligera sobresaturación respecto a yeso ( $\text{SO}_4 / \text{Ca} = 1,3$ ), y una situación de equilibrio respecto a anhidrita, mientras que existe subsaturación respecto a magnesita.

De acuerdo con la descripción geológica del punto, el aporte de sales pueden provenir del Keuper situado bajo el Lías subbético carbonatado, o bien de las facies yesíferas del Mioceno postmanto. Según lo indicado en el corte geológico de la fig. 12, es también factible la posibilidad de una influencia conjunta de ambas fuentes.

El diagrama logarítmico de la fig. 14 recoge una serie temporal de análisis correspondiente a los años 85, 86, 88 y 90. Si bien se aprecian diferencias entre los respectivos perfiles, éstas no restan uniformidad al conjunto. En aguas con influencia evaporítica es frecuente que se manifiesten ciertos márgenes de variación, debido precisamente a la elevada solubilidad de dichos materiales, que en modo alguno excluyen necesariamente su origen profundo. Respecto a dicha variación cabe mencionar que la muestra de 1990 reúne los valores máximos de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$  y  $\text{SiO}_2$ , así como la conductividad más elevada de la serie analítica considerada.

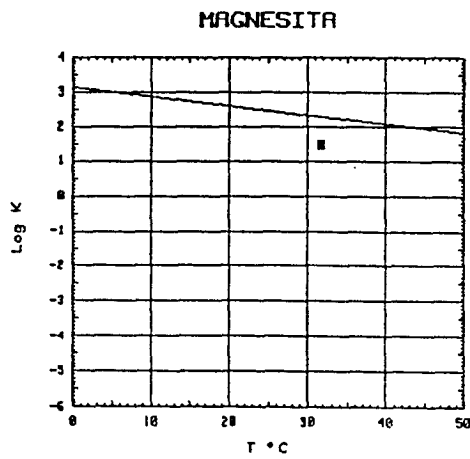
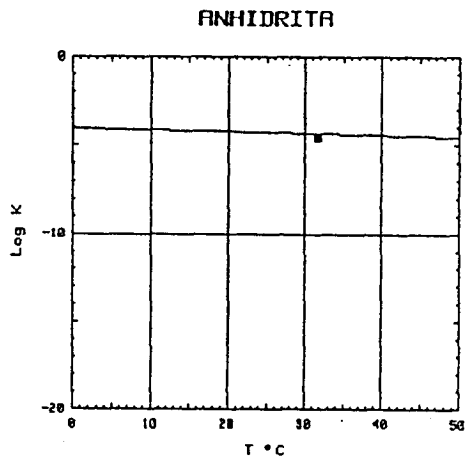
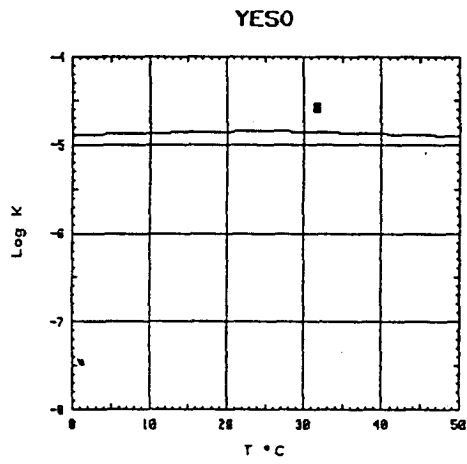
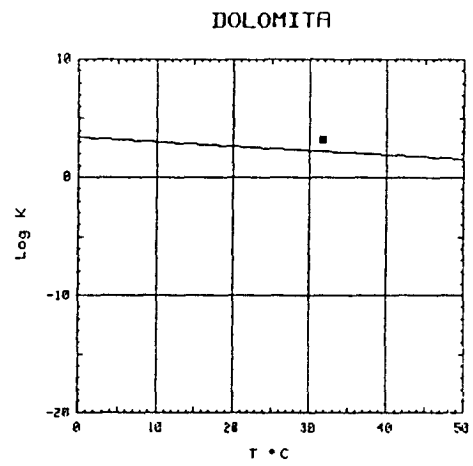
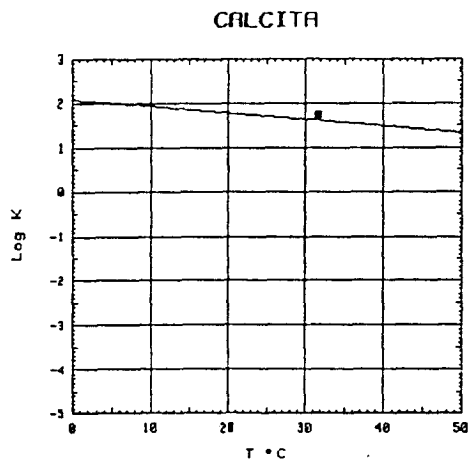
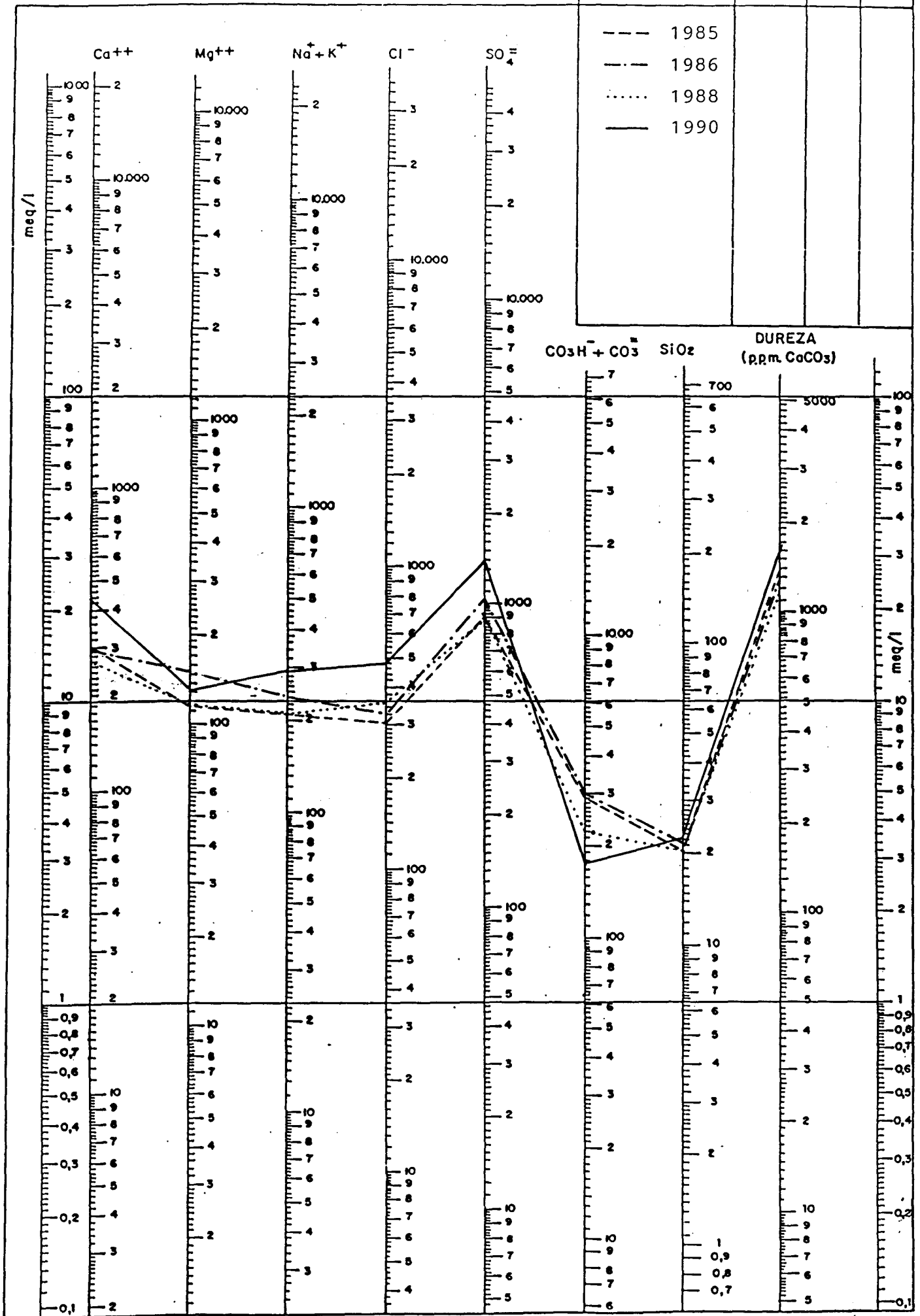


FIG. 13.- DIAGRAMAS DE SATURACION MUESTRA BAÑOS DE SIERRA ELVIRA



FIG. 14.- BAÑOS DE SIERRA ELVIRA

LEYENDA			
MUESTRA	C μ S/cm	pH	Eh
---	1985		
- - -	1986		
.....	1988		
—	1990		



**ANALISIS QUIMICO**

\*  
DENOMINACION: BAÑOS DE SIERRA ELVIRA  
FECHA : \*

TEMPERATURA (°C): 31.7      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 3260  
pH a 31°C: 6.96      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 1633  
pH a 18°C: 7.80      Eh campo (mV): -210

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	176.00	2.885	2.885	6.30
CO3=	-	-	-	-
SO4=	1400.00	14.574	29.148	63.61
Cl-	480.00	13.541	13.541	29.55
F-	2.000	.105	.105	.23
NO3-	9.00	.145	.145	.32
SiO2(H4SiO4)	22.5	.374	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
TOTAL....	2089.510	31.625	45.824	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	282.00	12.267	12.267	27.16
K+	12.00	.307	.307	.68
Ca++	435.00	10.853	21.707	48.05
Mg++	131.00	5.388	10.776	23.86
Fe++	.040	.001	.001	0.00
Li+	.38	.055	.055	.12
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.12
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	0.00
Mn++	.010	0.000	0.000	0.00
Pb	.1	.001	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
TOTAL....	861.167	28.892	45.172	

FORMULA ANIONICA : SO4= >Cl- >CO3=+HCO3- >NO3-  
FORMULA CATIONICA: Ca++ >Na+ >Mg++ >K+

CLASIFICACION: SULFATADA -- CALCICA SODICA

(CO3H+CO3)/Ca = .133    Cl/Na = 1.104    (SO4\*Ca)<sup>1/2</sup> = 25.154  
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .089    Cl/(Na+K) = 1.077    (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = 1.245  
((CO3H)<sup>2</sup>\*Ca)<sup>1/3</sup> = 5.653    SO4/Ca = 1.343    Mg/Ca = .496  
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = .986    SO4/(Ca+Mg) = .897    Cl/CO3H = 4.694

ARCHIVO EN DISCO: MMG3 (AMA2-03)

	ppm
R.S. 110°C	2.966
D.Q.O.	1,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05
CN-	-
Cd	0,003
Cr	0,030
As	-
Se	-
Hg	-

## 5.- AREAS DE PROTECCIÓN

### 5.1.- JUSTIFICACIÓN DE PROPUESTA DE AREA DE PROTECCIÓN

A pesar de la propuesta de perímetro de protección elaborada por la Universidad de Granada en 1972 a través de por el entonces catedrático de Hidrogeología profesor Rafael Fernandez Rubio, los propietarios del manantial continúan tramitando la obtención del expediente correspondiente, como consecuencia de la falta de un acuerdo unánime en cuanto a su delimitación definitiva por extensión, y ausencia de acuerdo con los propietarios de las fincas colindantes (Com.personal de su propietario).

El acuífero que origina los baños de Sierra Elvira constituye un ejemplo de notable vulnerabilidad frente a la contaminación, dada su situación y características hidrogeológicas (existe cierta interconexión hidráulica entre el aluvial de la vega y el acuífero de Sierra Elvira). Como consecuencia de dicha interconexión, el nivel piezométrico del manantial se ha visto afectado por la creciente sobreexplotación de acuíferos locales.

A la hora del establecimiento de un área de protección, se han considerado los siguientes aspectos:

- Zonas de fracturas.
- Zonas de recarga.
- Red fluvial.
- Situación con respecto a los principales focos de contaminación y recientes captaciones.

### 5.2.- PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Para dicho sector, hemos diferenciado tres tipos fundamentales de

# BAÑOS DE SIERRA ELVIRA



E/1:50.000

## LEYENDA

- Propuesta de área de protección inmediata
- · - · - Area de protección remota
- Manantial

factores contaminantes:

- Urbanos; derivados básicamente de residuos líquidos procedentes de diversas poblaciones.
- Industrial; aguas residuales procedentes de pequeñas fábricas e industrias de pequeña entidad (azucarera de la vega, fábricas de aceite, etc.)
- Agrícola; derivados de abonos y pesticidas que liberan nitratos y amonio que posteriormente se lixivian en el aluvial de la vega.

#### 6.- BIBLIOGRAFIA SELECCIONADA

- Doz Gómez y Builla Alegre (1887).- "Elementos de Hidrología Médica".
- Fernandez Rubio, R. (1972).- "Estudio geológico para delimitar un perímetro de protección de las aguas minero-medicinales de Sierra Elvira (Granada)." Univ. de Granada.
- Garcia Dueñas, V. (1976).- "La Zona Subbética al norte de Granada." Tesis Univ. de Granada (inédita).
- ITGE (1913).- "Relacion por provincias de las aguas minero-medicinales de España".
- ITGE (1984).- "Estudio geológico-geotérmico de la Depresión de Granada y área de Lanjarón."
- ITGE (1988).- Mapa Geológico nacional a escala 1:50000 (1009) 19-41 -Granada-.
- Sanz de Galdeano, C. (1983).- "Los accidentes y fracturas principales de las Cordilleras Béticas." Est.Geol.3, pgs. 157-165.

- TRT (1987).- "Investigación geotérmica en el permiso de exploración Alvaro I (Granada). Fase I; Síntesis geológica, almacenes geotérmicos y geoquímicas de aguas. -Informe final-.

**BAÑOS DE GRAENA**

## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

Los Baños de Graena se encuentran situados en las proximidades del borde meridional de la Depresión de Guadix y en las inmediaciones del pueblo del mismo nombre, a una cota aproximada de 950 m.

El acceso se realiza a través de la carretera comarcal Purullena-Graena, a la entrada de la segunda población anteriormente mencionada y en el paraje conocido como los baños.

Históricamente ya eran conocidos desde la época romana, aunque gozaron de especial atención durante la árabe, utilizándose con marcada finalidad terapéutica. Con posterioridad, y a lo largo del siglo XIX bajo la titularidad de la Fundación de los Marqueses de Peñaflor el edificio de los baños es reconstruido hasta nuestros días, pasando desde 1986 a propiedad municipal.

Se desconoce con exactitud la fecha de declaración de utilidad pública, pues ni en la Jefatura de Minas del distrito provincial, ni en el ayuntamiento de la localidad existe constancia que manifiesten este acontecimiento. No obstante, el 20 de Julio de 1869 se declaran junto con el balneario de Alicún de las Torres en la provincia de Granada , 125 balnearios mas a nivel nacional, donde eventualmente pudiera incluirse el ya citado de Graena y Cortes. Además en el listado de establecimientos-balnearios declarados de Utilidad Pública ya en 1870 del Ministerio de la



Gobernación publicado por ANET, figura junto a otros de la provincia de Granada.

De igual forma Doz y Builla (1887, en su "Elementos de Hidrología Médica" las clasifica como ferruginosas-bicarbonatadas e indicadas en el reumatismo, lesiones de Hígado y clorosis.

Con todo ello y posteriormente, el balneario de Graena figura en las relaciones de aguas minero-medicinales de los documentos de 1913, 1928, 1947 y 1986, con la clasificación de ferruginosas-bicarbonatadas.

Actualmente, vienen siendo explotados como tales especialmente indicados en el tratamiento de enfermedades relacionadas con el sistema nervioso, reumatismo y sistema respiratorio.

Exteriormente, el balneario vierte sus aguas a una acequia instalada en las inmediaciones del arroyo, siendo utilizadas éstas para regadío.

Desde el punto de vista geográfico, el manantial está encuadrado dentro de la hoja topográfica a escala 1:50.000 (1010) 20-41 -La Peza-, definido por las coordenadas UTM x/481550 e y/4128710.

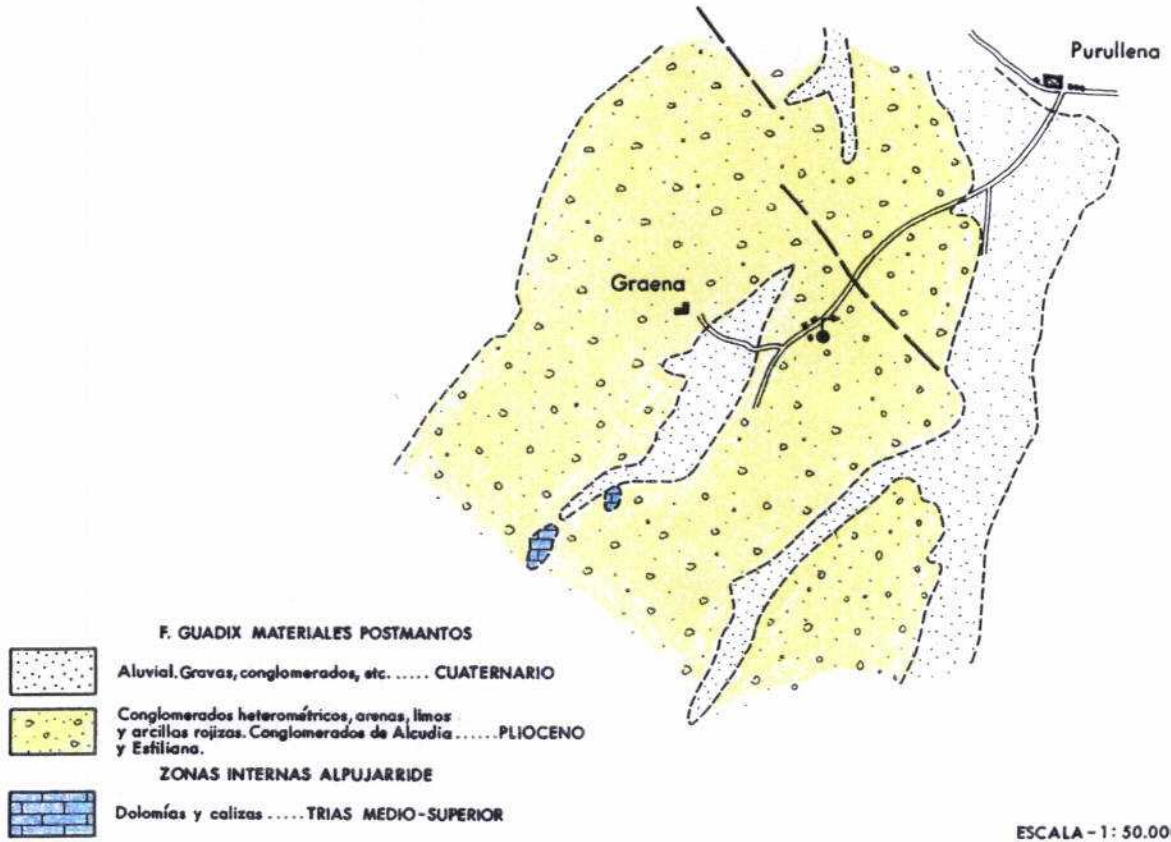
## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

Desde el punto de vista geológico, los Baños de Graena se encuentran localizados en materiales conglomeráticos y arenosos de la formación Guadix, de edad plio-cuaternaria (conglomerado de Alcuñia y Esfiliana). Dichos materiales pertenecen a litologías postorogénicas y constituyen parte del relleno fundamental de la Depresión de Guadix (fig. 15A).

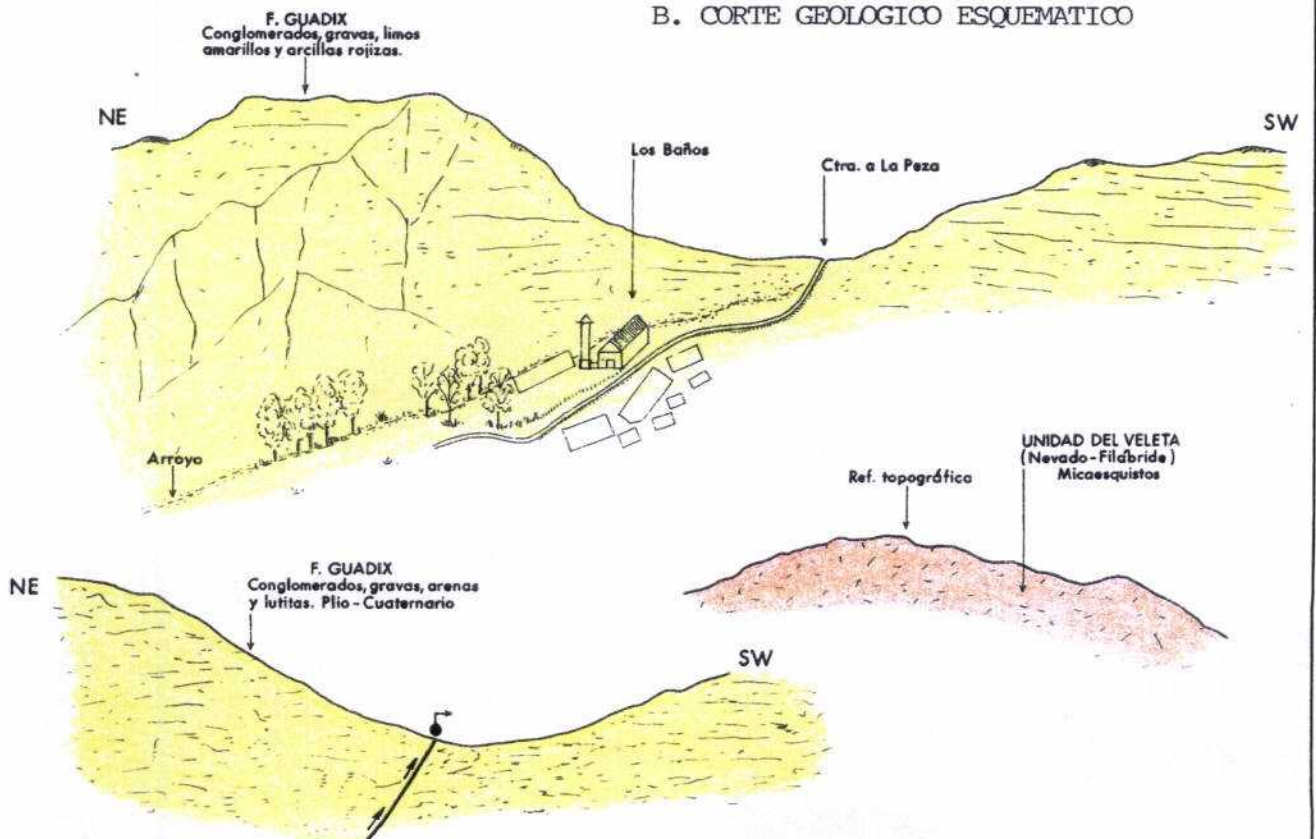
Litológicamente, están caracterizados en el área de estudio por un predominio de conglomerados heterométricos y arenas de naturaleza

FIG. 15  
BAÑOS DE GRAENA

A. ESQUEMA GEOLOGICO GENERAL



B. CORTE GEOLOGICO ESQUEMATICO



esquistosa, limos amarillentos y arcillas rojizas. Presentan en conjunto estratificaciones cruzadas, granoclasificación y suaves buzamientos.

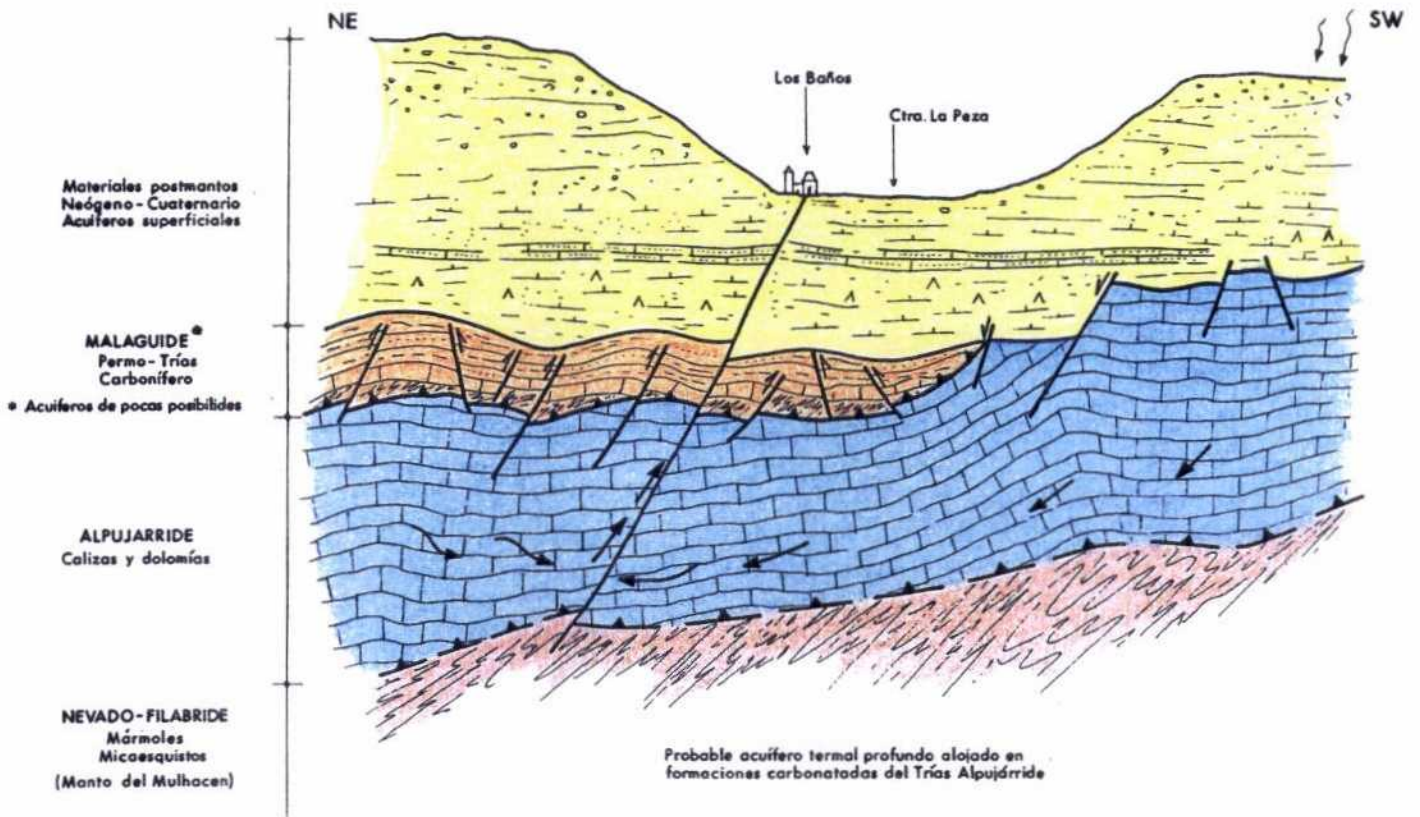
La sucesión estratigráfica de la Depresión de Guadix en este sector, de acuerdo con los datos de J.A. Vera (1970), está constituida de muro a techo por los siguientes tramos (fig. 16):

- Limos y arcillas azules con pequeñas intercalaciones de yesos. A menudo presentan niveles de calizas lacustres. Las potencias medias oscilan entre los 100-350 m. Su edad es Serravaliense.
- Calcarenitas bioclásticas, areniscas, conglomerados y limos. Las potencias suelen ser muy variables estimándose entre 150-200 m. Su edad es Mioceno medio.
- Alternancias de margas claras, calcarenitas bioclásticas y conglomerado calcáreo. Posee una potencia media entre 100-200 m. Este paquete es atribuido al Tortoniense superior y sobre él descansa el plio-cuaternario de la Formación Guadix.
- Conglomerados heterométricos, arenas, limos y arcillas rosadas. Corresponde a la denominada Formación Guadix y poseen potencias medias superiores a los 200 m. Es atribuido al plio-pleistoceno.
- Gravas, brechas, arcillas y depósitos calcáreos. Están dispuestos discordantemente sobre la F. Guadix y presentan potencias variables con medias entre los 20-30 m.






Por encima de esta sucesión de sitúan las formaciones aluviales de la Depresión de Guadix.

De igual forma y dadas las características del manantial, su claro regimen de circulación profunda y su probable relación con alguna de las unidades circundantes -micaesquistos del Complejo Nevado-Filábride al sur, filitas y calizas Maláguides al oeste y calizas y dolomías alpujárrides al suroeste (afloramientos próximos al pueblo de Graena)-, asociado a la notable complejidad estructural del sector nos obliga a la descripción de



FIG. 16  
BAÑOS DE GRAENA  
CORTE GEOLOGICO APROXIMATIVO EN PROFUNDIDAD





**DEPRESION DE GUADIX (MATERIALES POSTMANTOS)**

-  Aluvial. Gravas, conglomerados y arenas, limos y arcillas rojizas. Costras calcáreas .....CUATERNARIO
-  Conglomerados, arenas, limos amarillos y arcillas rojizas .....PLIOCENO
-  Limos y arenas .....MIOCENO SUPERIOR
-  Calcarenitas .....TORTONIENSE
-  Limasgrises y/o yesos. Calizas lacustres ..... MIOCENO MEDIO



**ZONAS INTERNAS  
MALAGUIDE**

-  Areniscas, conglomerados y limos ..... PERMO - TRIAS
-  Calizas, grauwacas y filitas ..... PALEOZOICO

**ALPUJARRIDE (SUCESSION DE MANTOS)**

-  Calizas y dolomías ..... TRIAS MEDIO Y SUPERIOR
-  Filitas y cuarcitas .....PERMO - TRIAS

**NEVADO - FILABRIDE**

-  Mármoles ? ..... TRIASICO ?
-  Micaesquistos ..... MANTO DEL MULHACEN

los términos correspondientes a dichas unidades, de cara a una hipotética interpretación en relación a su origen profundo.

### C. Nevado-Filábride

Caracterizado en el sector por materiales pertenecientes al Manto del Mulhacen y del veleta. Abarcan litologías con edades comprendidas entre el Paleozoico -micasquistos grafitosos con feldespatos- y el Trias -mármoles-.

### C. Maláguide

Constituido por una secuencia inferior de filitas, conglomerados y calizas de edad Paleozoica, y otra superior de naturaleza carbonatada de edad Triásica. En determinados sectores se caracteriza por el desarrollo de una importante fracturación.

### C. Alpujárride

Corresponde a un conjunto bastante compartimentado y heterogéneo de filitas y cuarcitas del Permotrias a muro, y calizas y dolomias (localmente mármoles) de edad triásica, a techo. Dicho complejo, está caracterizado por una sucesión de mantos con diferentes grados de metamorfismo. Especialmente interesantes en relación con su extensión y probable interés hidrogeológico son los mantos del Zujeiro y La Alfaguara, a menudo frecuentemente fisurados pero escasamente karstificados.

En relación con este complejo, existen dos pequeños afloramientos de calizas-dolomíticas del trias medio-superior a unos 2,5 km. al suroeste del manantial que nos ocupa.

## 2.1.- TECTONICA

La tectónica del sector viene marcada por la complejidad estructural que representa las estructuras de mantos de corrimientos. Parece evidente la naturaleza alóctona del Complejo Maláguide y Alpujárride; y que la traslación de los Mantos Alpujárrides sobre el Nevado-Filábride aconteció en etapas posteriores a la deformación de los materiales. Las etapas de compresión posterior a los corrimientos principales se desarrollan verdaderamente durante el Neógeno, actuando y provocando plegamientos y fracturas de régimen inverso y direccional. En ocasiones junto con épocas distensivas han llegado a afectar al Cuaternario.

Resumiendo para el área de la Peza y como conclusión, 1) que los materiales que sufrieron metamorfismo se colocaron unos sobre otros por efecto de las grandes cizallas, 2) que la superposición o apilamiento de mantos béticos se trasladó hacia el Norte a favor de cizallamientos de gran escala de edad fini-oligocena o posterior.

Con posterioridad a las etapas principales de traslación, actúan ciertas fases comprensivas e incluso distensivas durante el neógeno-cuaternario, que originan plegamientos y fracturas en materiales de edad reciente.

## 3.- HIDROGEOLOGÍA

Desde el punto de vista hidrogeológico existen varios acuíferos o sistemas acuíferos con los que el manantial de Los Baños (7 l/sg.) pudiera estar relacionado.

### 3.2.- UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

#### Acuífero Alpujárride

Constituiría un acuífero de notable interés pero de gran heterogeneidad, ya que integra formaciones con funcionamiento hidráulico independiente motivado por el grado de compartimentación que sufren. Los acuíferos estarían alojados en secuencias carbonatadas, fundamentalmente calizas y dolomías -eventualmente mármoles-, muy brechificadas y a menudo fisuradas. Gracias a la tectónica del sector -especialmente complicada-, se favorecerían los mecanismos de interconexión hidráulica entre los diferentes mantos.

Los miembros inferiores de la secuencia alpujárride fundamentalmente de naturaleza metapelítica constituirían el muro impermeable de la misma. La zona de recarga se localizaría en aquellos afloramientos alpujárrides fracturados y/o karstificados que rodean los contactos con el nevado-filábride.

La alimentación principal se efectuaría a través del agua de lluvia o por infiltraciones procedentes del deshielo de S. Nevada. Las potencias medias de las formaciones carbonatadas de estos mantos superan los 1.000 m.

#### Acuífero Nevado-Filábride

De igual forma a los alpujárrides, comportan diferente funcionamiento hidráulico. En un principio, constituye acuífero de interés hidrogeológico la secuencia de mármoles triásicos del Manto del Mulhacén pero sin que experimenten grandes desarrollos en las proximidades de los relieves circundantes. La secuencia paleozoica carece prácticamente de ello.

El problema de estos tramos carbonatados radica en la frecuente intercalación de niveles de micaesquistos que restan potencial a estos

pequeños paquetes.

La alimentación se efectuaría a través de las aguas procedentes del deshielo y de la infiltración directa del agua de lluvia.

### Acuífero Maláguide

A grandes rasgos, el conjunto malaguide aquí representado está constituido por un conjunto inferior paleozoico poco o nada metamorfizado, de naturaleza metapelítica-conglomerática, y uno superior de tipo carbonatado de edad triásica con intercalaciones margoareniscosas. A diferencia de otros sectores, la cobertura mesozóica del grueso del Maláguide no está especialmente representada en este sector.

Constituiría un acuífero de interés limitado dada su potencia y extensión, aunque se vería favorecidos por el sistema de escamas a los que se ven sometidos, permeables por fracturación. De igual forma pudiera ser factible la interconexión con términos alpujárrides.

La alimentación principal se efectuaría a través de la infiltración directa de las precipitaciones.

### Otros acuíferos

Dentro de este apartado señalaremos la presencia de pequeños acuíferos asociados a materiales conglomerático arenosos de la F. Guadix, frecuentemente confinados entre los términos menos detriticos. En general, poseen relativa poca importancia pero si a la hora de las probables descargas de los acuíferos de mayor entidad hacia las formaciones neogeno-cuaternaria de los bordes.



#### 4.- HIDROQUÍMICA

Agua de naturaleza sulfatada cálcica, pH = 7,21 y mineralización media (2.320  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Como en tantos otros casos de manantiales termales de la provincia de Granada, la compartimentación de los acuíferos y las conexiones intermantos derivadas de la complejidad estructural, dan lugar a mezclas de diferentes acuíferos que hacen muy difícil la definición genética precisa de cada manantial. A esta circunstancia se une la presencia frecuente de materiales evaporíticos en la base de los mantos, en los materiales de relleno de las depresiones, y como intercalaciones en ciertos niveles carbonatados.

En el caso de los Baños de Graena, la componente salina sería la respuesta a un proceso de disolución exclusivamente de facies yesíferas, puesto que el contenido de cloruros y alcalinos se mantiene bajo.

En las condiciones de pH de la muestra, el exceso de calcio aportado por los materiales evaporíticos, da lugar a condiciones de sobresaturación respecto a calcita y dolomita, tal como se observa en la fig. 17. Asimismo, los diagramas de saturación indican que el agua habría alcanzado el equilibrio con anhidrita.

El examen de las relaciones iónicas, además de confirmar la ausencia de equilibrio en materiales carbonatados, pone de manifiesto un rasgo relativamente frecuente en aguas de origen mixto como la presente: el valor unitario de la relación  $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3 + \text{SO}_4 / \text{Ca} + \text{Mg}$ .

Si bien, como se ha indicado, la complejidad estructural favorece la mezcla de diferentes tipos de aguas, la temperatura (40,4 °C) y contenido en  $\text{SiO}_2$  (31,8 mg/l) de la muestra son indicativos de circulación profunda. Este argumento se apoya también en su notable estabilidad temporal, evidenciada por la uniformidad de los perfiles hidroquímicos representados en la fig. 18 (análisis correspondientes a 1975 y 1990).

La presencia de flúor -3 mg/l- puede interpretarse por tanto como un indicador geotérmico, si bien debe tenerse en cuenta que en los

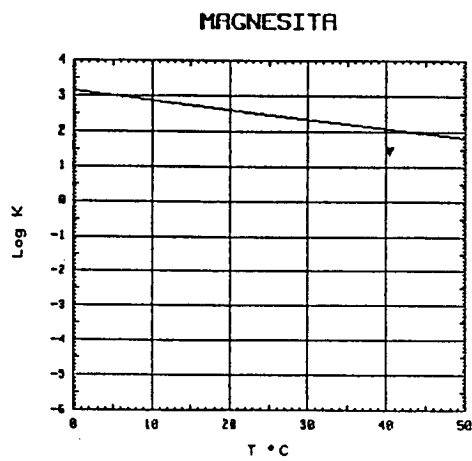
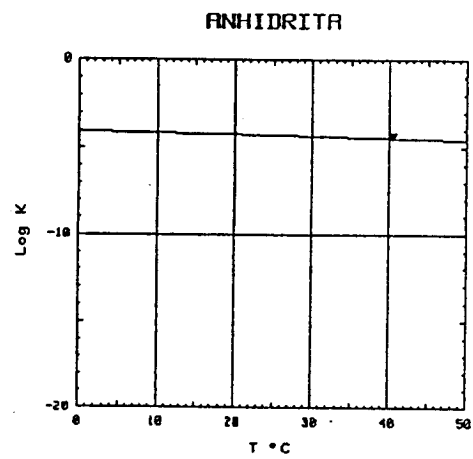
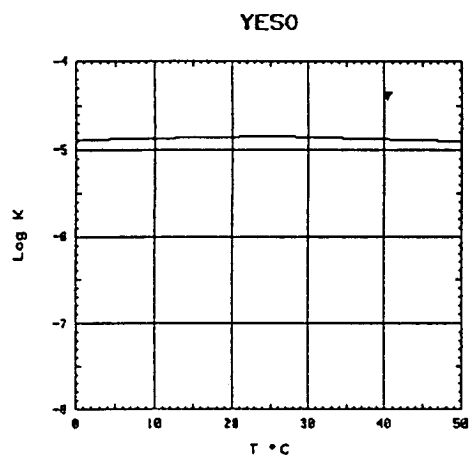
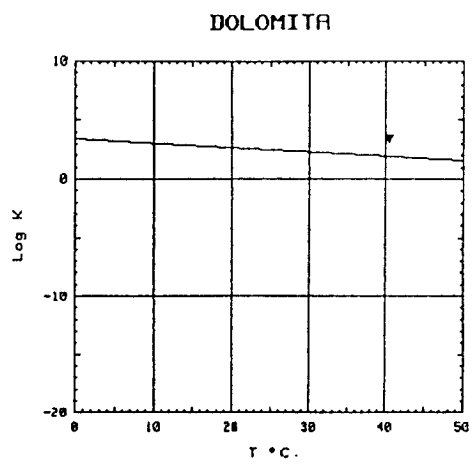
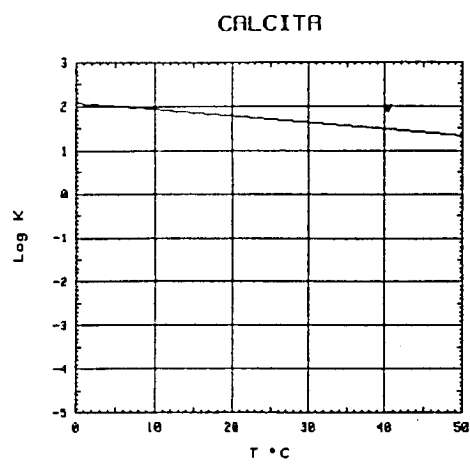
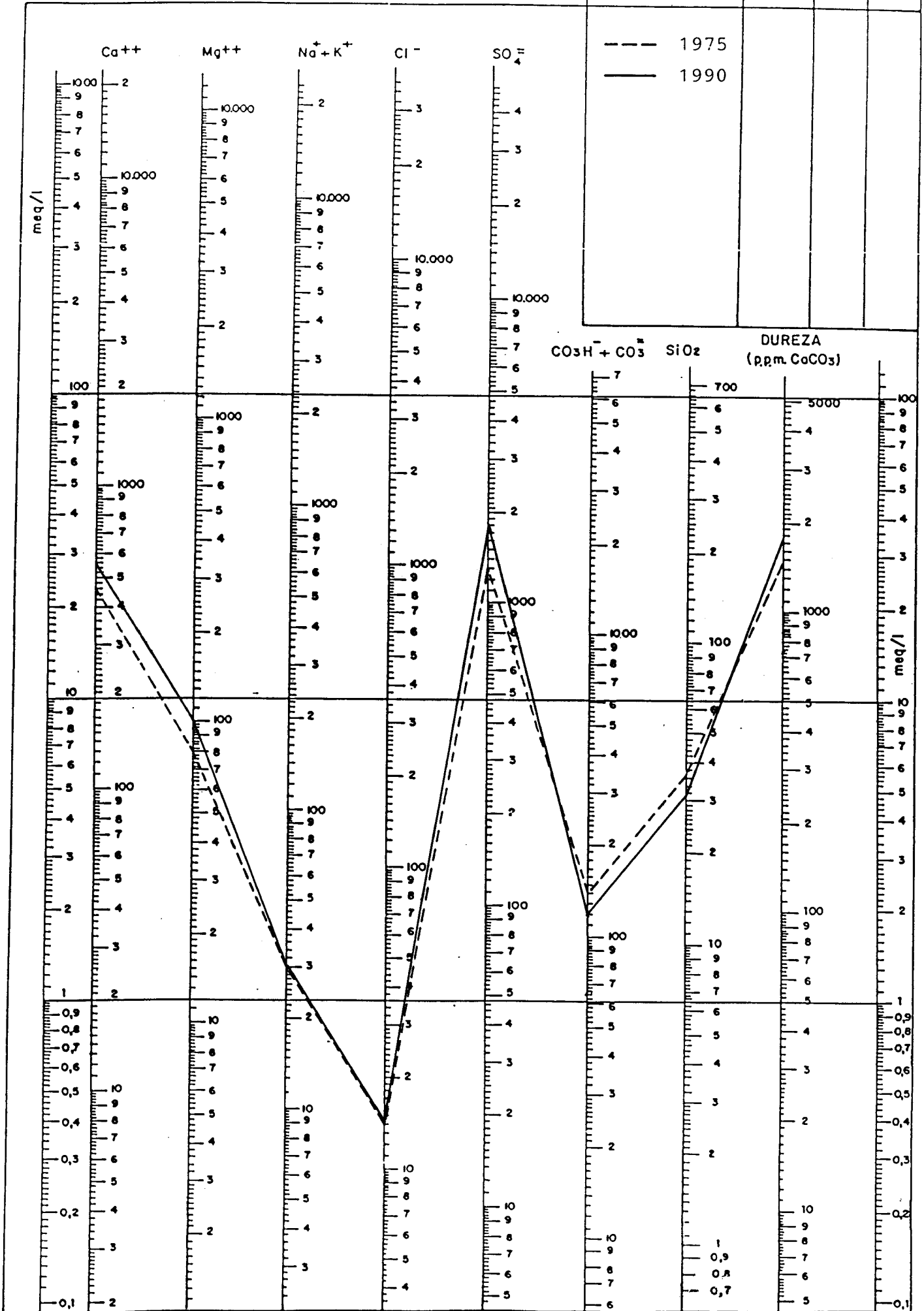


FIG. 17.- DIAGRAMAS DE SATURACION MUESTRA BAÑOS DE GRAENA

FIG. 18.- BAÑOS DE GRAENA

LEYENDA			
MUESTRA	C μ S/cm	pH	Eh
---	1975		
—	1990		



# ANÁLISIS QUÍMICO

\*  
DENOMINACION: BAÑOS DE GRAENA  
FECHA: \*

TEMPERATURA (°C): 40.4      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 2320  
pH a 40°C: 7.21      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 1797  
pH a 18°C: 7.70      Eh campo (mV): 148

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	119.00	1.950	1.950	5.16
CO3=	-	-	-	-
SO4=	1696.00	17.655	35.311	93.36
Cl-	14.00	.395	.395	1.04
F-	3.000	.158	.158	.42
NO3-	<5.0E-1	.008	.008	.02
SiO2(H4SiO4)	31.8	.529	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	.030	.001	.001	0.00
TOTAL....	1864.330	20.696	37.823	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	22.00	.957	.957	2.58
K+	8.00	.205	.205	.55
Ca++	554.00	13.822	27.645	74.64
Mg++	99.00	4.072	8.144	21.99
Fe++	.070	.001	.003	.01
Li+	.12	.017	.017	.05
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.15
NH4+	.050	.003	.003	.01
Mn++	.100	.002	.004	.01
Pb	0.0	0.000	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
TOTAL....	683.981	19.099	37.035	

FORMULA ANIONICA : SO4= >CO3+=HCO3- >Cl- >F-  
FORMULA CATIONICA: Ca++ >Mg++ >Na+ >K+

CLASIFICACION: SULFATADA -- CALCICA

(CO3H+CO3)/Ca =	.071	Cl/Na =	.413	(SO4*Ca)^1/2 =	31.243
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.054	Cl/(Na+K) =	.340	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	1.240
((CO3H)^2*Ca)^1/3 =	4.720	SO4/Ca =	1.277	Mg/Ca =	.295
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	1.041	SO4/(Ca+Mg) =	.987	Cl/CO3H =	.202

ARCHIVO EN DISCO: MMG4 (AMA2-04)

	ppm
R.S. 110°C	2.332
D.Q.O.	1,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03
CN-	-
Cd	<0,001
Cr	0,014
As	-
Se	-
Hg	-

materiales alpujárrides existen paragénesis minerales con abundante fluorita (evidentemente ambos fenómenos pueden ir asociados). Destaca a este respecto el contenido de manganeso -100 ppb- de la muestra.

## **5.- AREAS DE PROTECCIÓN**

### **5.1.- JUSTIFICACIÓN DE PROPUESTA DE AREA DE PROTECCIÓN**

En la actualidad, el balneario de Graena posee un perímetro de protección en vigencia que abarca una superficie de 17 Ha.

De cualquier forma, dadas las características geológicas e hidrogeológicas (acuífero confinado) del manantial y su entorno, hemos considerado como área de protección un afloramiento carbonatado alpujárride situado al SE de la población de Graena con el que presumiblemente pudiera tener relación.

### **5.2.- PRINCIPALES FOCOS DE CONTAMINACIÓN**

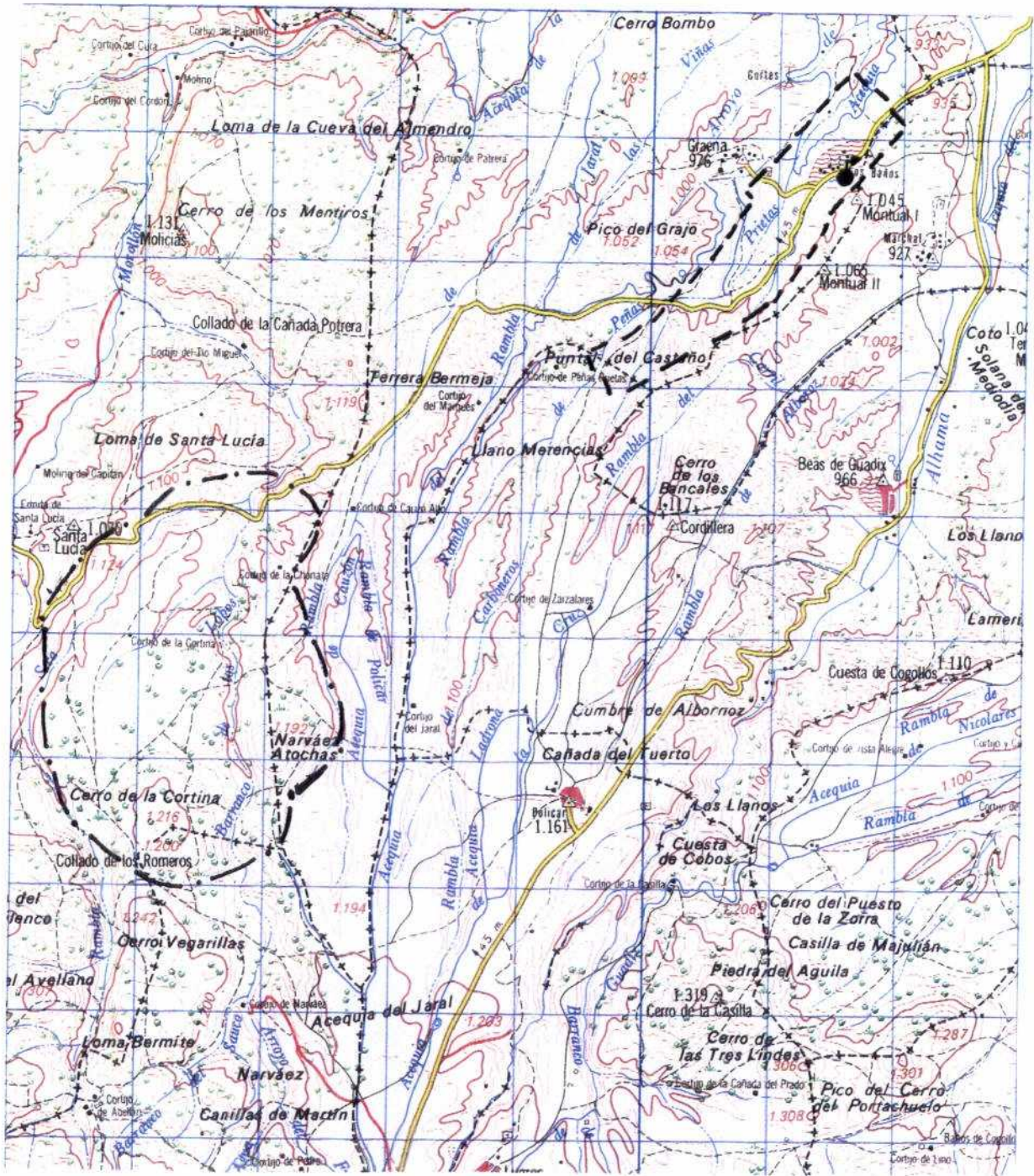
Están en su mayor parte restringido a la actividad agrícola a través del uso incontrolado de abonos y pesticidas en una zona de gran tradición como es ésta.

Circunstancialmente, también puede representar cierto factor a considerar el vertido de líquidos residuales urbanos procedentes del pueblo de Graena al cauce fluvial del río a su paso por el balneario.

## **6.- BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA**

- Doz Gómez y Builla Alegre(1887).-"Elementos de Hidrología Médica".

# BAÑOS DE GRAENA



E/1:50.000

## LEYENDA

- — — — — Propuesta de área de protección inmediata
- - - - - Área de protección remota
- Manantial

- ITGE (1913).- "Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España".
- ITGE (1977-78).- "Estudio geotermico preliminar de las Depresiones de Granada, Guadix-Baza y Almería."
- ITGE (1980).- Mapa Geológico nacional a escala 1:50000 (1010) 20-41 -La Peza-.
- ITGE (1984).- "Estudio geológico-geotérmico de la Depresión de Granada y área de Lanjarón."
- Vera, J.A (1968).- "Estudio estratigráfico de la Depresión de Guadix-Baza". Bol. Geol. Min, 81 pg. 419-462.

**BAÑOS DE ALICÓN DE LAS TORRES**

---



## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

Los baños de Alicún de las Torres corresponden a un conjunto de varias surgencias que se localizan al sur de la población de Villanueva de las Torres y en el margen derecho del río Fardes, al pie de una formación calcárea -Cerro de La Raja-, cuyos materiales hunden bajo el relleno postmantos de la depresión de Guadix-Baza.

Los antiguos baños -actualmente hotel-balneario-, eran ya conocidos desde épocas remotas así como lo demuestran la infinidad de restos del período Neolítico (dolmenes) encontrados en las inmediaciones del paraje, aunque ciertamente no fuera explotado con cierta intensidad hasta las épocas romana y árabe (Comunicación personal del Director del Balneario).

Por orden del Poder Ejecutivo, el balneario es declarado como de utilidad pública el 20 de Julio de 1869 y publicado con posterioridad el 10 de Abril de 1870 en la Gaceta de Madrid.

Doz y Builla (1887) en su "Elementos de Hidrogeología Médica" citan sus aguas como Bicarbonatadas-cálcicas, de sabor estíptico y picante, e indicado especialmente en las afecciones reumáticas, herpes y enfermedades nerviosas. Posteriormente en las relaciones de aguas minero-medicinal del ITGE de 1913, figura bajo la denominación de Alicun de Ortega aunque su definición coincide en cierta medida con el manantial que nos ocupa.

Su aparición también se hace patente en las relaciones de documentos publicados de aguas minero-medicinales de 1928, 1947 y 1986, con la clasificación de Bicarbonatada cálcica-magnésica.

Actualmente, los baños de Alicún de las Torres poseen una marcada finalidad balneoterápica con especial indicación en los tratamientos de enfermedades relacionadas con el sistema nervioso y los trastornos digestivos.

Exteriormente el balneario vierte sus aguas a los arroyos circundantes y río Fardes.

Geográficamente, los baños se encuentran encuadrados dentro de la hoja topográfica a escala 1:50.000 (971) 21-39 -Cuevas del Campo- definido por las coordenadas UTM: x/490560 e y/4151550, a una cota de 780m.

## **2.- RASGOS GEOLÓGICOS**

Desde el punto de vista geológico, el manantial de Alicún de las Torres se encuentra enclavado en el seno de materiales pertenecientes al subbético s. str., correspondiente en su mayor parte a litologías carbonatadas del Lias inferior-medio próximas al contacto con el relleno neógeno de la Formación Guadix-Baza (figs. 19 y 20).

En las proximidades del balneario, afloran dos conjuntos o litologías fundamentales.

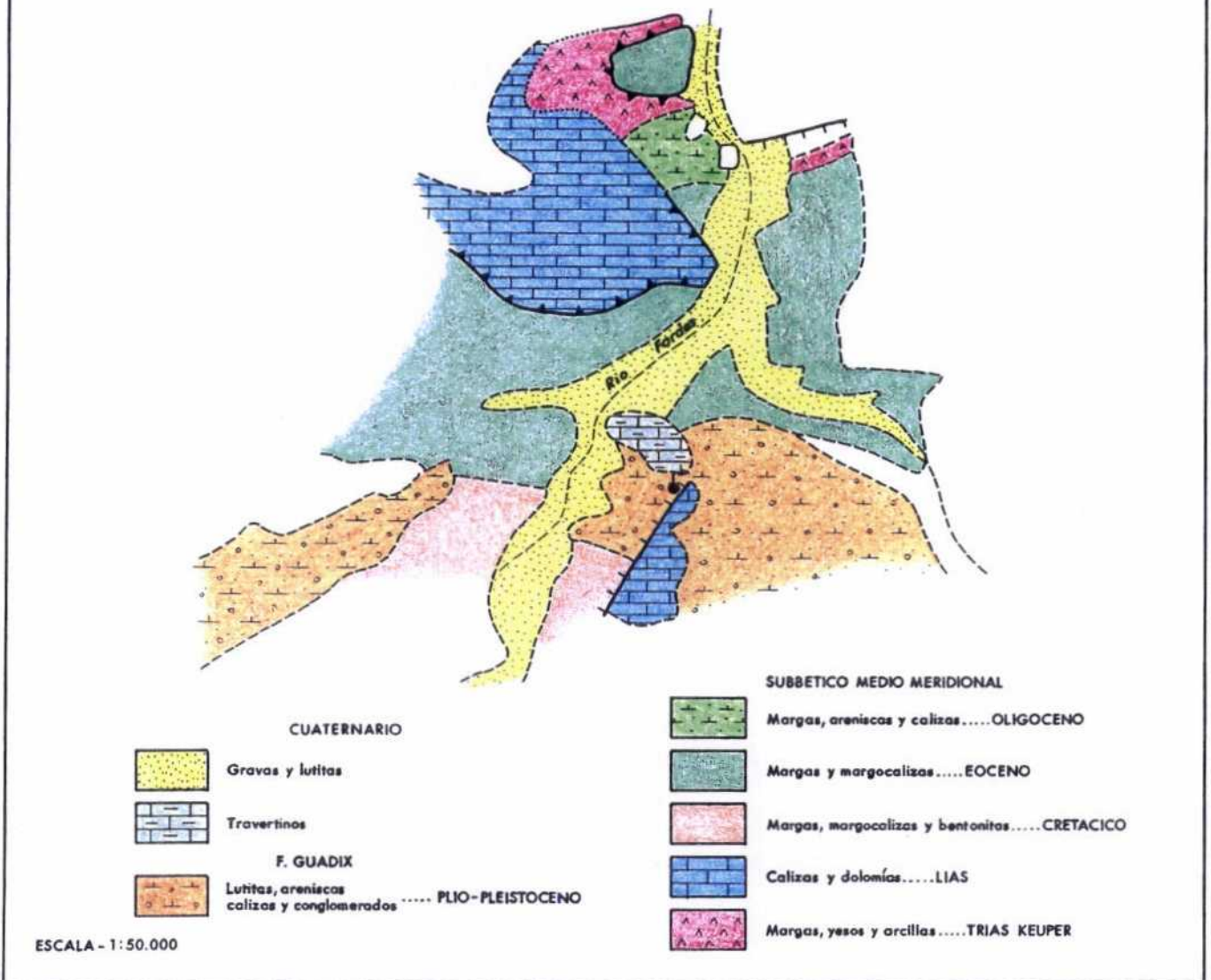
- Materiales subbéticos.
- Materiales postorogénicos.

### **Materiales Subbéticos**

El Subbético en el sector de Alicún de las Torres - Villanueva de

FIG. 19  
BALN. DE ALICUN DE LAS TORRES

A. ESQUEMA GEOLOGICO GENERAL



B. CORTE GEOLOGICO ESQUEMATICO

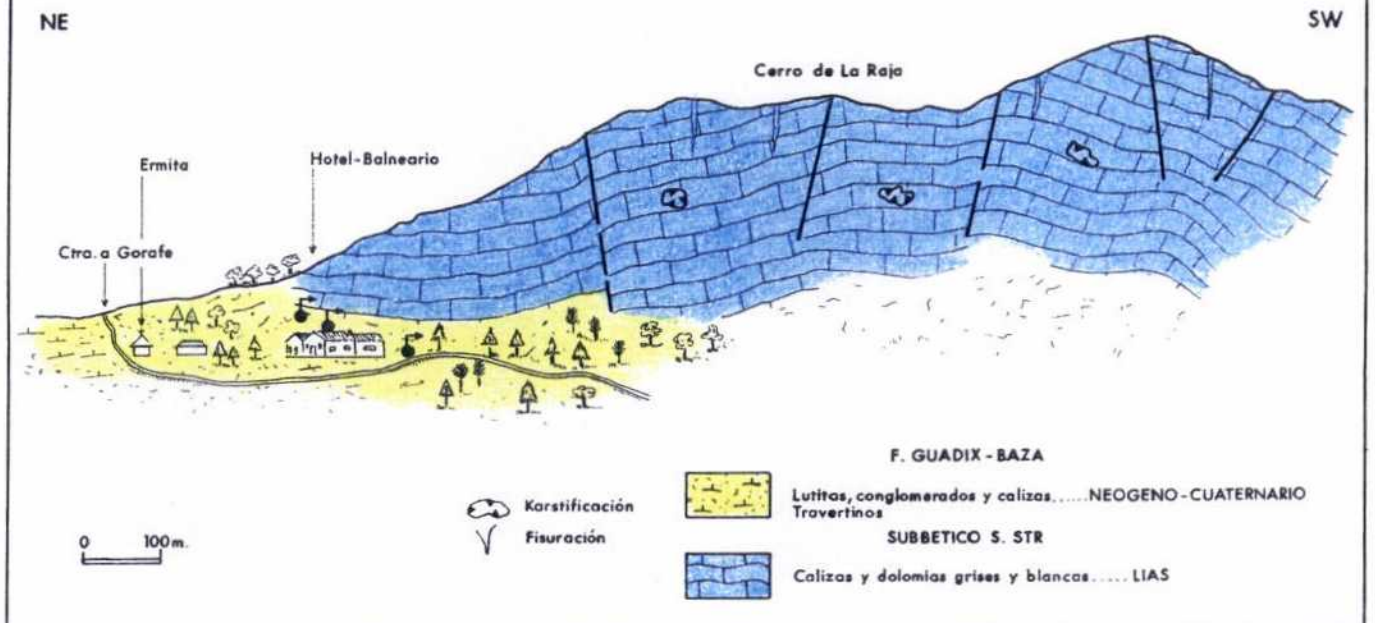
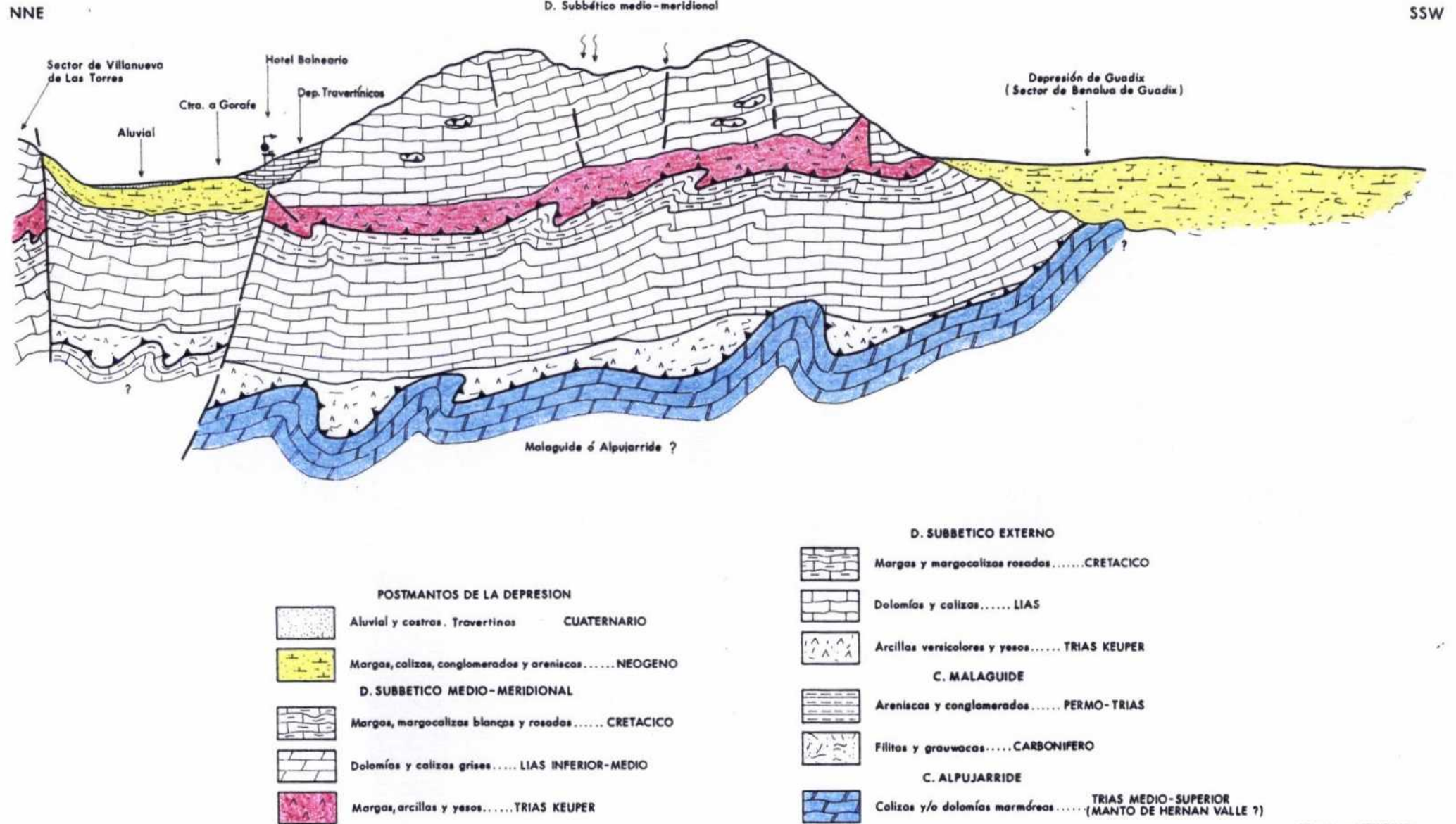


FIG. 20

BALN. DE ALICUN DE LAS TORRES  
CORTE GEOLOGICO APROXIMATIVO EN PROFUNDIDAD



**POSTMANTOS DE LA DEPRESION**

- Aluvial y costras. Travertinos - CUATERNARIO
- Margas, calizas, conglomerados y areniscas..... NEOGENO

**D. SUBBETICO MEDIO-MERIDIONAL**

- Margas, margocalizas blancas y rosadas..... CRETACICO
- Dolomías y calizas grises..... LIAS INFERIOR-MEDIO
- Margas, arcillas y yesos..... TRIAS KEUPER

**D. SUBBETICO EXTERNO**

- Margas y margocalizas rosadas.....CRETACICO
- Dolomías y calizas..... LIAS
- Arcillas versicolores y yesos..... TRIAS KEUPER

**C. MALAGUIDE**

- Areniscas y conglomerados..... PERMO-TRIAS
- Filitos y grauwacas.....CARBONIFERO

**C. ALPUJARRIDE**

- Calizas y/o dolomías marmóreas..... TRIAS MEDIO-SUPERIOR (MANTO DE HERNAN VALLE ?)

ESCALA - ALEATORIA

las Torres, está representado por litologías con edades comprendidas entre el Trias y el Oligoceno, los cuales caracterizan al subbético medio meridional de G. Dueñas (1967). Globalmente, está constituido por un Lias inferior formado por secuencias de margocalizas y calizas nodulosas; un cretácico superior bien desarrollado, y un Paleoceno y Eoceno discordante indistintamente de naturaleza margosa, calcárea y con intercalaciones turbidíticas.

Esquemáticamente, la serie subbética en dicho sector se encuentra dividida en los siguientes terminos:

- Trias Keuper:

Está caracterizado por el predominio de la facies típicas del Trias "germano-andaluz" mediante contactos anormales, generalmente con desarrollo de fenómenos diapíricos entre las formaciones del Cretácico superior o encima de secuencias margosas rosáceas paleógenas.

A grandes rasgos, existe un particular predominio de arcillas versicolores y margas, con intercalaciones de yesos, areniscas y niveles silíceos. La potencia estimable, variable de unos puntos a otros, se puede cuantificar en unos 40 m.

- Lias:

Constituye el grueso de los materiales que componen los relieves en las proximidades de los baños.

En su conjunto, se encuentra representado por los siguientes tramos:

• **Lias inferior:**

Calizas blancas y grises con abundante fracturación y buena estratificación.

• **Lias medio:**

Se caracteriza por el predominio de facies del tipo Ammonotico Rosso definidas por calizas nodulosas rojizas y margocalizas.

• **Lias superior:**

Se encuentra representado por la presencia de calizas compactas con intercalaciones de sílex y niveles de radiolaritas.

En las inmediaciones del balneario, la potencia del paquete liásico es de unos 100 m.

- **Cretácico:**

Adquiere gran desarrollo al Sur de los Baños de Alicún, en los márgenes del río Fardes. El conjunto está representado por secuencias de margas y margocalizas claras del cretácico inferior, y margas bentoníticas verdes oscuras con yesos, del cretácico medio y superior. Presenta algunas intercalaciones de niveles conglomeráticos, areniscas y limolitas calcáreas. En determinados sectores constituyen auténticas bentonitas. Los términos superiores corresponden a las "capas rojas" de margas y margocalizas salmón, que pasan gradualmente a materiales de edad Eoceno.

- **Paleoceno:**

Está constituido por unos 50 mts. de calizas arenosas bien estratificadas que se disponen discordantemente sobre materiales cretácicos.

- **Eoceno-Oligoceno:**

Corresponden en su conjunto, a litofacies de naturaleza margosa, destacando margas blancas y grises con intercalaciones detríticas-arniscosas. La potencia no es siempre estimable dada la intensa deformación a la que han sido sometidas.

**Materiales postorogénicos**

Los materiales postorogénicos que afloran en el sector Alicún-Villanueva de las Torres corresponden al relleno intramontañoso de la

Depresión de Guadix-Baza. Abarcan litologías con edades comprendidas entre el Mioceno-Pleistoceno.

Los términos más antiguos de edad Mioceno están escasamente representados aflorando hacia el suroeste de Villanueva de las Torres y Alicún de Ortega. En su conjunto presenta facies marinas y caracteriza litologías margosa-areniscosa con algunos niveles conglomeráticos.

Los términos superiores, de edad Plioceno-Pleistoceno están representados por dos tramos fundamentales: uno inferior que presenta una alternancia entre margas y conglomerados, con algunas areniscas y uno superior, de margas y calizas lacustres. Presenta numerosos cambios de facies lateral. Ambos definen respectivamente litologías de la Formación Guadix y Gorafe-Huélago.

El tramo inferior, discordante sobre los términos anteriores presenta una mayor proporción de conglomerados localmente, alcanzando potencias variables en torno a los 100 m.

El tramo superior, de una potencia de unos 40 m. está constituido por una alternancia de arcillas y bancos calizos de origen lacustre con niveles alternantes ricos en lignitos.

Este tramo está representado en la carretera Gorafe-Baños de Alicún, próximo a la localización del balneario.

Con posterioridad a estos depósitos existe un gran desarrollo en dicho sector de sedimentos de edad cuaternario reciente, que constituyen principalmente los aluviales de los ríos Fardes, Gor y barrancos afluentes. Señalar en este sentido, la presencia de costras calcáreas y formaciones travertínicas que alcanzan en determinados sectores (Los Baños), desarrollos de gran espectacularidad.

## 2.1.- TECTÓNICA

La tectónica del área estudiada se enmarca dentro del estilo general de la estructura en mantos de las zonas externas de las Cordilleras Béticas.

El afloramiento liásico de los Baños de Alicún de las Torres corresponde a un escarpe de falla que hiciera emerger a la base del Jurásico de una unidad subbética probablemente asimilable a la del río Gor. La estructura de las morfologías carbonatadas en las inmediaciones del balneario es la de un anticlinal de flancos con suaves buzamientos y con una dirección aproximada E-W, similar a estructuras observadas en los afloramientos del río Gor.

Destacar dentro de este apartado y a escala regional, la presencia del accidente del Negratín que enlaza y alinea surgencias termales tales como Baños de Zújar, Alicún de las Torres y Baños de Sierra Elvira, constituyendo de igual forma, el límite entre las unidades del subbético medio y subbético interno de las zonas externas de las Cordilleras Béticas.

Los materiales postorogénicos presentan, siempre localmente, fracturas de poca envergadura, originadas durante la etapa distensiva del ciclo orogénico bético.

## 3.- HIDROGEOLOGÍA

En el área de estudio, afloran materiales de características hidrogeológicas muy diferentes. Algunas son de naturaleza impermeable, como los conjuntos margosos, triásicos, cretácicos y eocenos, así como los tramos menos detríticos del Oligo-Mioceno y Plio-Pleistoceno.

Otras litologías presentan permeabilidades intermedias, como algunas secuencias de areniscas y margas y niveles calcáreos del Plio-



pleistoceno.

Pero sin lugar a dudas, son los materiales de la formación carbontanada Liásica de los Baños junto con el conglomerado Plio-Pleistoceno y los aluviales del río Fardes, los que presentan el mayor grado de permeabilidad.

El balneario y sus alrededores constituyen un conjunto de surgencias que emergen en el borde occidental de un afloramiento calizo de edad jurásica, denominado Cerro de la Raja.

Globalmente arrojan un caudal de unos 100 l/seg y una temperatura del agua de 34°C.

La cota de estos manantiales varía entre los 740 m del nacimiento de la Raja y los 800 m del nacimiento de la ermita.

### 3.1.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Dentro del sector de los baños se ha definido una unidad hidrogeológica fundamental: Unidad de los Baños de Alicún. Corresponde en su conjunto a un acuífero subbético s. str.

#### 3.1.1.- Características hidrogeológicas de la unidad. Geometría.

Al contrario que en otros sectores, no se observan los términos infrayacentes al Lias de este afloramiento.

La estructura de la unidad es la de un anticlinal de dirección E-W con flancos suavemente buzantes. La morfología es alargada, limitada por fracturas de régimen normal al Oeste, y que a su vez originan un escarpe, y por sedimentos lutíticos y calizas lacustres cuaternarias bajo los que se oculta, al Este. La superficie es de 0,4 Km<sup>2</sup>.

#### Funcionamiento hidráulico. Balance hídrico.

Si se considera una participación media anual de 400 mm, un coeficiente de infiltración del 40% y una superficie de 0,4 Km<sup>2</sup>, los recursos teóricos son del orden de 0,06 Hm<sup>3</sup>, correspondientes a un caudal continuo de 2 l/seg. Sin embargo, en relación con la fractura que limita al Oeste el afloramiento, existen varios manantiales que, en conjunto, pueden alcanzar los 80 l/seg, incluyendo el más importante con un caudal de 40 l/seg. Es evidente, por lo tanto, que la unidad recibe una alimentación subterránea muy importante.

La temperatura de los manantiales (34°C) indica un flujo subterráneo de circulación profunda y probablemente, prolongado.

Como se mencionó anteriormente, es un hecho constatable que a lo largo de las grandes discontinuidades que afectan a las Cordilleras Béticas, se sitúan manifestaciones termales que, a menudo son explotadas como balnearios.

Pero lo que si es evidente, es que además de este factor se necesario la existencia de materiales susceptibles de almacenar agua que, posteriormente emergen a favor de fracturas emplazadas en dichas unidades.

#### **4.- HIDROQUÍMICA**

Agua de naturaleza sulfatada cálcica, pH en campo de 6,95 y mineralización media (2.100 µS/cm).

De acuerdo con la descripción geológica del manantial, éste se sitúa en el borde de un macizo carbonatado, sobre una falla a través de la cual se produciría el ascenso del agua termal (fig. 20). Asimismo se aprecian depósitos travertínicos en el entorno de la surgencia.

Si bien los datos anteriores sugieren que el acuífero correspondería a materiales carbonatados -Lías subbético-, el análisis químico del agua indica un desplazamiento del equilibrio respecto a calcita y dolomita hacia condiciones de sobresaturación -lo que justificaría la formación de depósitos carbonatados-, relacionado probablemente con un exceso de calcio de la muestra (fig. 21).

El origen de dicha concentración de calcio, junto con el elevado contenido de sulfatos, va claramente ligado a un proceso de disolución de yesos, los cuales aparecen, según se aprecia en el corte geológico de la fig. 20, en el Keuper en contacto con las calizas y dolomías liásicas. Los diagramas de saturación de la fig. 21 indican una situación de equilibrio del agua respecto a la anhidrita. Asimismo, la relación  $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3 + \text{SO}_4 / \text{Ca} + \text{Mg}$  resulta igual a la unidad.

El diagrama logarítmico de la fig. 22 refleja los perfiles analíticos correspondientes a muestras recogidas en 1971, 1982 y 1990. Todos ellos se integran en un conjunto homogéneo, dentro de un margen de variación que no altera un bien definido patrón de composición.

En lo que respecta a los gases asociados a la manifestación, su análisis revela que el nitrógeno es el componente predominante (85,9% V), seguido del oxígeno (9,4%). Ambas concentraciones sugieren cierta influencia de aire de origen atmosférico, cuyo origen podría atribuirse tanto a una aportación de aguas de origen somero, como a un proceso de intercambio en la propia manifestación debido a las condiciones de salida del agua. El análisis muestra también un contenido de  $\text{CO}_2$  del 4,7%. La pérdida de estegas tras el afloramiento del agua puede dar origen a la formación de precipitados de carbonatos (recordar la presencia de depósitos travertínicos en torno a la surgencia). Los restantes gases aparecen en baja concentración.

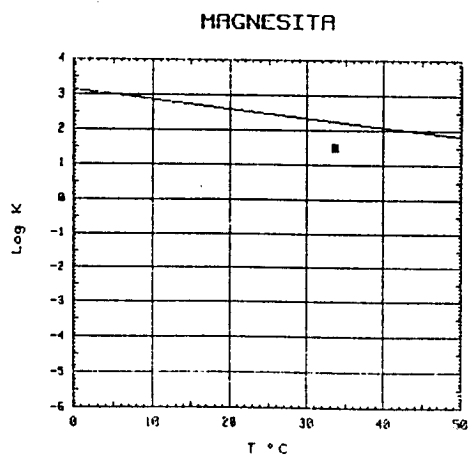
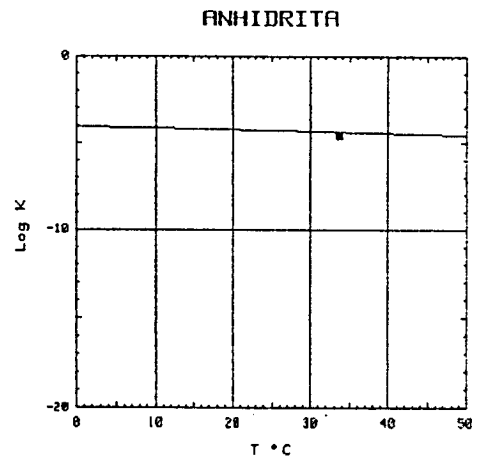
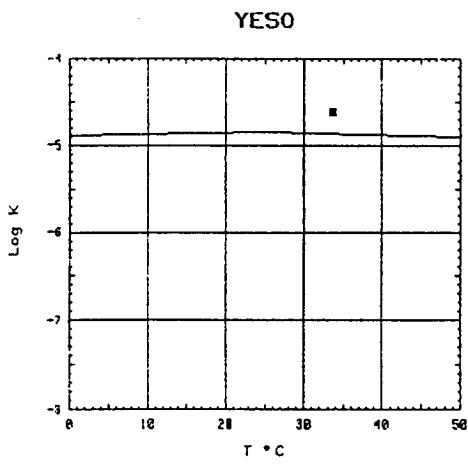
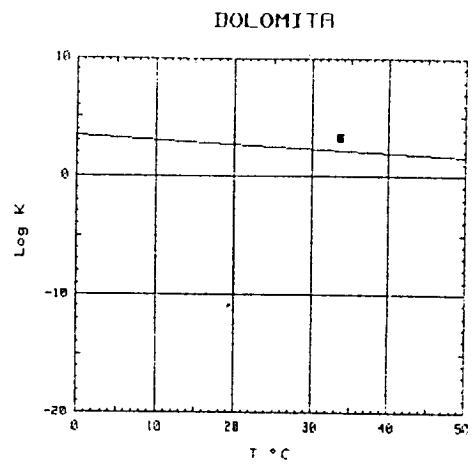
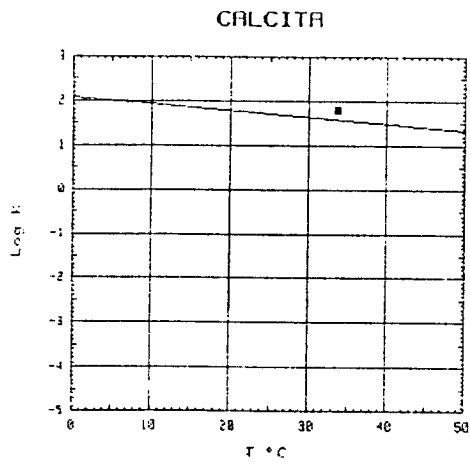
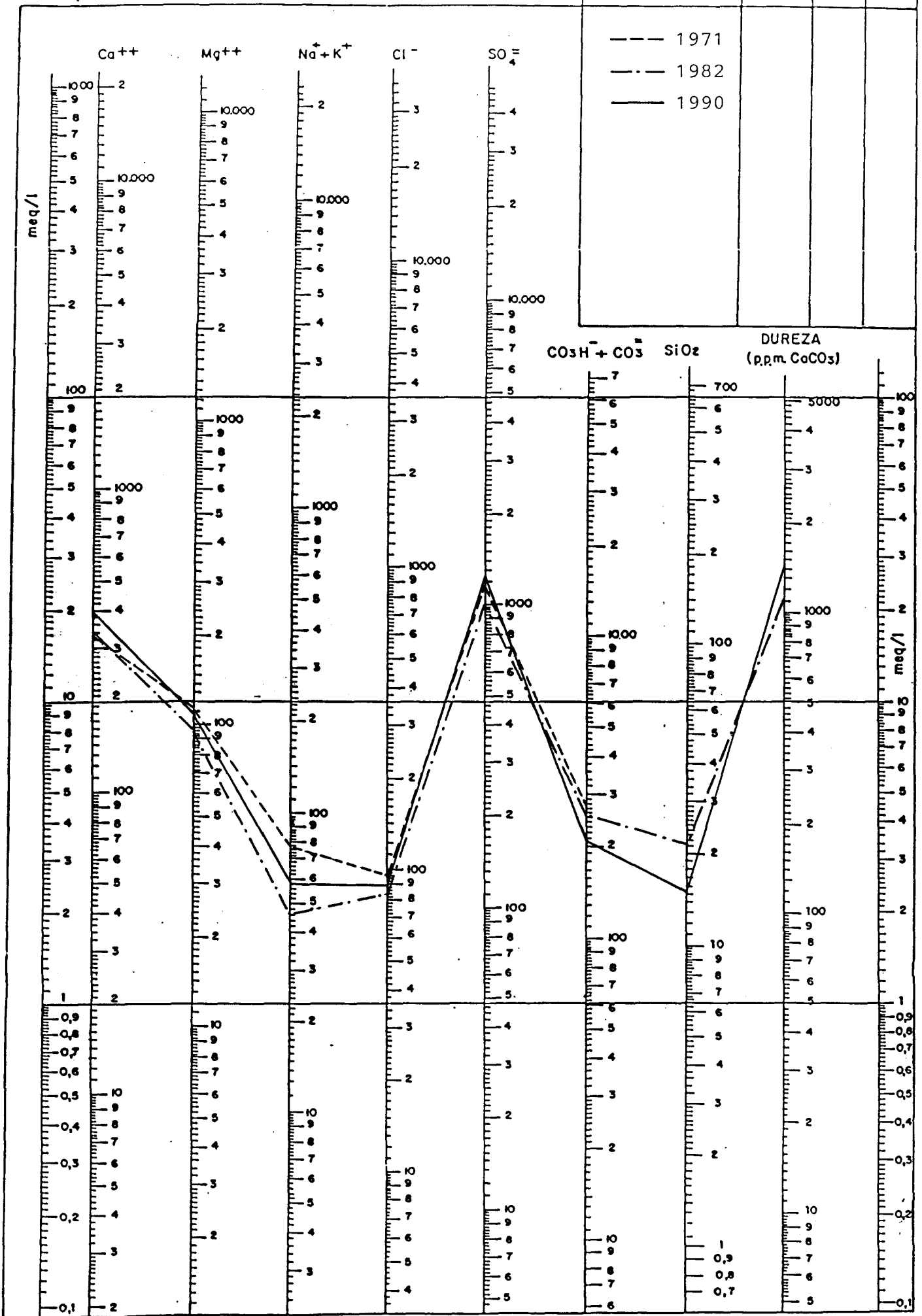


FIG. 21 .- DIAGRAMAS DE SATURACION MUESTRA BAÑOS DE ALICUN DE LAS TORRES

Fig. 22. BALNEARIO DE ALICUN DE LAS TORRES

LEYENDA			
MUESTRA	C μ S/cm	pH	Eh
---			
-.-.-			
—			



**ANALISIS QUIMICO**

\* DENOMINACION: BAÑOS DE ALICUN DE LAS TORRES  
 FECHA : \*

TEMPERATURA (°C): 33.6 CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 2100  
 pH a 33°C: 6.95 DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 1437  
 pH a 18°C: 7.70 Eh campo (mV): 211

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	207.00	3.393	3.393	10.74
CO3=	-	-	-	-
SO4=	1226.00	12.763	25.525	80.81
Cl-	89.00	2.511	2.511	7.95
F-	2.100	.111	.111	.35
NO3-	3.00	.048	.048	.15
SiO2 (H4SiO4)	15.2	.253	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
TOTAL....	1542.310	19.078	31.588	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	52.00	2.262	2.262	7.27
K+	6.00	.153	.153	.49
Ca++	395.00	9.855	19.711	63.38
Mg++	108.00	4.442	8.884	28.57
Fe++	.040	.001	.001	0.00
Li+	.18	.026	.026	.08
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.18
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	0.00
Mn++	.009	0.000	0.000	0.00
Pb	0.0	0.000	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.01
TOTAL....	561.866	16.760	31.097	

FORMULA ANIONICA : SO4= >CO3=+HCO3- >Cl- >F-  
 FORMULA CATIONICA: Ca++ >Mg++ >Na+ >K+

CLASIFICACION: SULFATADA -- CALCICA

(CO3H+CO3)/Ca = .172 Cl/Na = 1.110 (SO4\*Ca)^1/2 = 22.430  
 (CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .119 Cl/(Na+K) = 1.039 (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = 1.267  
 ((CO3H)^2\*Ca)^1/3 = 6.099 SO4/Ca = 1.295 Mg/Ca = .451  
 (CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = 1.011 SO4/(Ca+Mg) = .893 Cl/CO3H = .740

ARCHIVO EN DISCO: MM65 (AMA2-05)

	ppm
R.S. 110°C	1.946
D.Q.O.	1,1
P2O5	0,04
CN-	-
Cd	<0,001
Cr	0,012
As	-
Se	-
Hg	-

## ANALISIS DE GASES

MANANIAL  
 DENOMINACION: ALICUN DE LAS TORRES      TEMPERATURA (°C):      33.6  
 ALICUOTA: \*      CAUDAL (l/s):      \*  
 FECHA: \*

GASES	% VOL	% PESO	gr/l	P(atm) GAS (C.N.)
CO2	4.7000	7.1057	9.248E-02	4.700E-02
CH4	<.001	.0012	1.609E-05	1.000E-05
H2	.0010	.0001	9.000E-07	1.000E-05
N2	85.9000	82.5479	1.074E+00	8.590E-01
O2	9.4000	10.3442	1.346E-01	9.400E-02
He	.0070	.0010	1.251E-05	7.000E-05
H2S	-	-	-	-
SO2	-	-	-	-
CO	-	-	-	-
HCl	-	-	-	-

PESO ESPECIFICO (g/dm3):      1.3015

ARCHIVO EN DISCO:      GR3

## 5.- AREAS DE PROTECCIÓN

### 5.1.- JUSTIFICACIÓN DE PROPUESTA DE ÁREA DE PROTECCIÓN

El balneario de Alicún de las Torres posee un perímetro de protección actualmente en vigencia de 44 hectáreas de superficie, otorgado por Orden Ministerial el 29 de Julio de 1973, pero que considerando la dinámica del manantial se considera insuficiente para garantizar la cantidad y calidad de sus aguas. Por ello, la dirección del balneario a través de diversos estudios geológicos encomendados en dicho sector (Del Valle Cardenete, J.L. 1988), ha estimado conveniente realizar una propuesta de ampliación del perímetro de protección vigente, a las siguientes coordenadas:

	<u>Vertice</u>	<u>Longitud</u>	<u>Latitud</u>
(*)	1	3° 07' 00" W	37° 31' 00" N
	2	3° 04' 40" W	37° 31' 00" N
	3	3° 04' 40" W	37° 28' 00" N
	4	3° 07' 40" W	37° 28' 00" N
	5	3° 07' 40" W	37° 28' 40" N
	6	3° 07' 00" W	37° 28' 40" N

(\*) Proyecto aún sin aprobar. Datos facilitados por el Director del balneario.

### 5.2.- PRINCIPALES FOCOS DE CONTAMINACIÓN

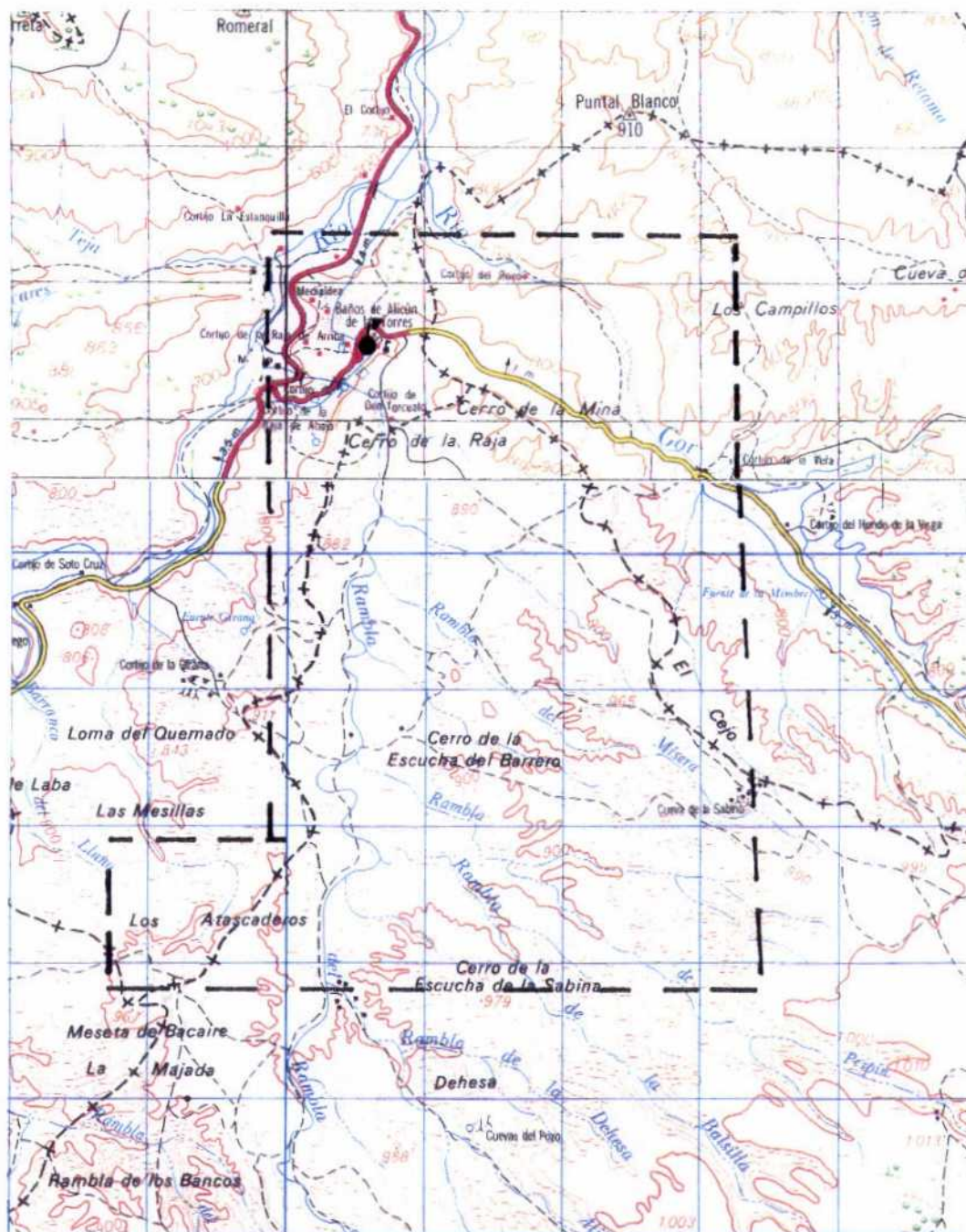
En las inmediaciones de los baños no se han observado actividades que representen focos potenciales de contaminación.

## 6.- BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

- Cruz Sanjulián, J; Garcia Rossell, L y Garrido Blasco, J.- "Agua



BAÑOS DE ALICUN DE LAS TORRES



E/1:50.000

LEYENDA

- Propuesta de área de protección inmediata
- Manantial

termales de la provincia de Granada". BGM.Tomo LXXXIII-III (1972) pgs.266-275.

- Doz Gómez y Builla Alegre (1887).- "Elementos de Hidrología Médica".
- ITGE (1913).- "Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España".
- ITGE (1983).- "Proyecto para la realización de estudios hidrogeológicos locales en la cuenca del Guadalquivir y baja del Guadiana. Abastecimiento a Villanueva de las Torres."
- ITGE .- Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (971) 21-39 -Cuevas del Campo-.
- ITGE (1974-75).- "Inventario general de manifestaciones geotérmicas en el territorio nacional."
- ITGE (1984).- "Estudio geológico-geotérmico de la Depresión de Granada y área de Lanjarón."
- Del Valle Cardenete, J.L. (1988).- "Informe hidrogeológico y propuesta de un perímetro de protección del balneario de Alicún de las Torres."