



Instituto Tecnológico  
Geominero de España



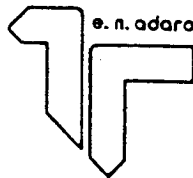
JUNTA DE ANDALUCIA  
D. G. DE INDUSTRIA, ENERGIA Y MINAS

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 II



PRIMERA FASE

1990-1991

35747

**BANOS DE ZUJAR-FUENTE DEL AGUA AMARGUILLA**

## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

Los Baños de Zújar y la fuente del Agua Amarguilla están situadas en el borde noroccidental de la formación del Jabalcón y al noroeste del pueblo de Zújar, a una cota aproximada de 620 y 640 m. respectivamente.

Su acceso se realiza desde el propio núcleo urbano de Zújar, tomando la carretera que con dirección al Embalse del Negratín nos conduce a Cortes de Baza, siguiendo el cauce del río Guadiana Menor.

Los manantiales ya eran conocidos en la antigüedad, teniéndose referencias durante la época romana e incluso anterior a ésta (íbera). Su redescubrimiento ó reapertura, data, con cierta seguridad del siglo XVIII bajo la jurisdicción de los Monjes Jerónimos, pasando posteriormente y durante la desamortización, a propiedad estatal. Su declaración de Utilidad pública y autorización para su apertura ó explotación, es anterior a 1869, según consta en el libro "Colección legislativa de baños y aguas minero-medicinales", publicado en Madrid en el año 1892 por D. Carlos Menéndez, Jefe de negociado de salud y por D. Joaquín María Aleixandre, Médico Director Numerario de establecimientos balnearios.

Desde esa fecha hasta nuestros días, el balneario y la fuente (parte integral del primero) pasan por diversos propietarios hasta el 17 de Junio de 1940, donde es adquirido por los hermanos Pitro Pagés que lo explotan como tal hasta la década de los setenta, pasando con

posterioridad a los terrenos adquiridos por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en la construcción del embalse del Negratín.

De antaño, desarrollaron gran actividad como balneario termal -T' 38 y 40°C y caudal superior a 116 l/s-, adquiriendo gran fama entre los agüistas locales por sus propiedades balneoterápicas especialmente indicadas en el tratamiento de enfermedades de la piel y de las vías respiratorias.

De igual forma, los baños de Zújar figuran en las relaciones de aguas minero medicinales de 1870, 1913, 1928, 1947 y 1986 ,con la clasificación de Cloruradas-sódicas-sulfurosas; así como en Madoz (1852) en su Diccionario Geográfico Tomo Granada, pg.319.

En la actualidad, el conjunto de los baños y la fuente, se encuentran en un notable estado de deterioro y abandono, con la particularidad de que en un futuro próximo formarán parte del denominado embalse del Negratín.

El antiguo balneario está alojado al pie de una formación carbonatada karstificada del Lias subbético. La fuente por su parte, se localiza a unos 800 m al suroeste de los baños, y drena una galería de características litológicas similares .

Tanto los baños de Zújar como la Fuente del agua amarguilla se encuentran encuadrados dentro de la hoja topográfica a escala 1:50.000 (972) 22-39 -Cúllar-Baza-, definidas por las coordenadas UTM x/516160 e y/4160970 -Fuente del Agua Amarguilla-, y x/516420 e y/4161340 -Baños de Zújar-.

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

Desde el punto de vista geológico, el manantial surge del contacto de un afloramiento carbonatado karstificado perteneciente a la unidad del



Jabalcón, con el neógeno cuaternario de la formación Guadix-Baza (figs. 23 y 24).

El Jabalcón constituye un relieve aislado que sobresale de forma brusca sobre la extensa depresión de Guadix-Baza.

En su mayor parte, está formado por calizas y/o dolomías liásicas que presentan cierta complicación a la hora de su clasificación y posterior correlación.

La geología del Jabalcón ha sido estudiada sucesivamente por Fallot y Solé-Sabaris (1957), Durand-Delga y Foucault (1968) -asignándolo como perteneciente a la Dorsal Bética-, y Cruz-Sanjulián y Rossell (1971), para los cuales formaría parte del Subbético interno de García Dueñas (1967). Tampoco ha faltado quien lo ha atribuido recientemente a parte de la cobertera Malaguide (Roep, 1980).

De acuerdo con los datos de Cruz Sanjulián y G. Rossell (1971), se han diferenciado dentro de la formación carbonatada del Jabalcón dos series de acuerdo con su posición estratigráfica. Por una parte, distinguimos la serie norte, y por otra la sur.

#### **A) Serie Norte**

Se encuentra delimitada entre los sectores comprendidos entre el Norte de la Ermita de la Virgen y los Baños de Zujar. Comprende litologías con edades atribuidas entre el Lias inferior-Eoceno-Oligoceno.

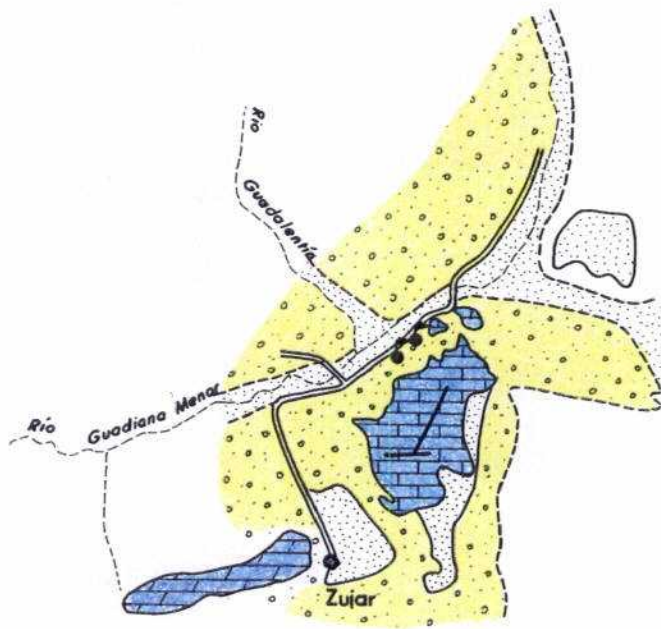
##### **- Dolomías-Lias inferior**





Afloran en el extremo norte del Jabalcón, sobre los Baños de Zujar. Litológicamente, están representados por dolomías grises con potencia superior a los 150 m. Atendiendo a criterios de carácter estratigráfico se le ha asignado como pertenecientes al Lias inferior.

FIG. 23

BAÑOS DE ZUJAR/FTE. AMARGUILLA

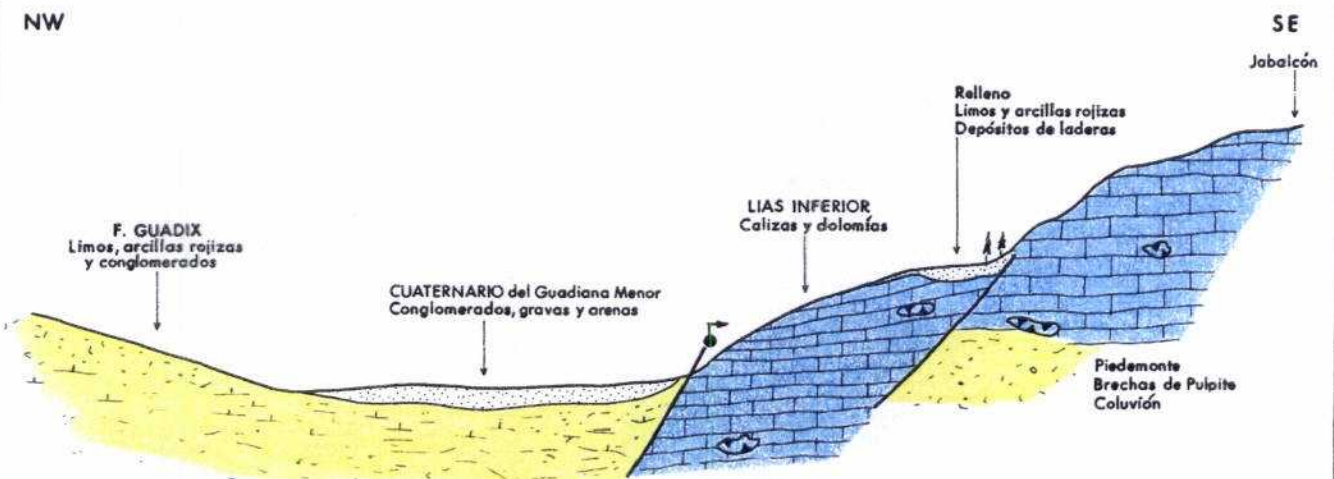
A. ESQUEMA GEOLOGICO GENERAL



-  Terrazas, aluvial, piedemontes, etc. .... CUATERNARIO
-  Conglomerados, arenas, calizas y margas.  
Limos y arcillas rojizas. .... NEOGENO DE LA F. GUADIX
-  Calizas blancas y grises.  
Dolomías, alternan margas ..... LIAS INFERIOR
-  Calizas y dolomías ..... TRIAS MEDIO-SUP. ALPUJARRIDE

ESCALA - 1:200.000

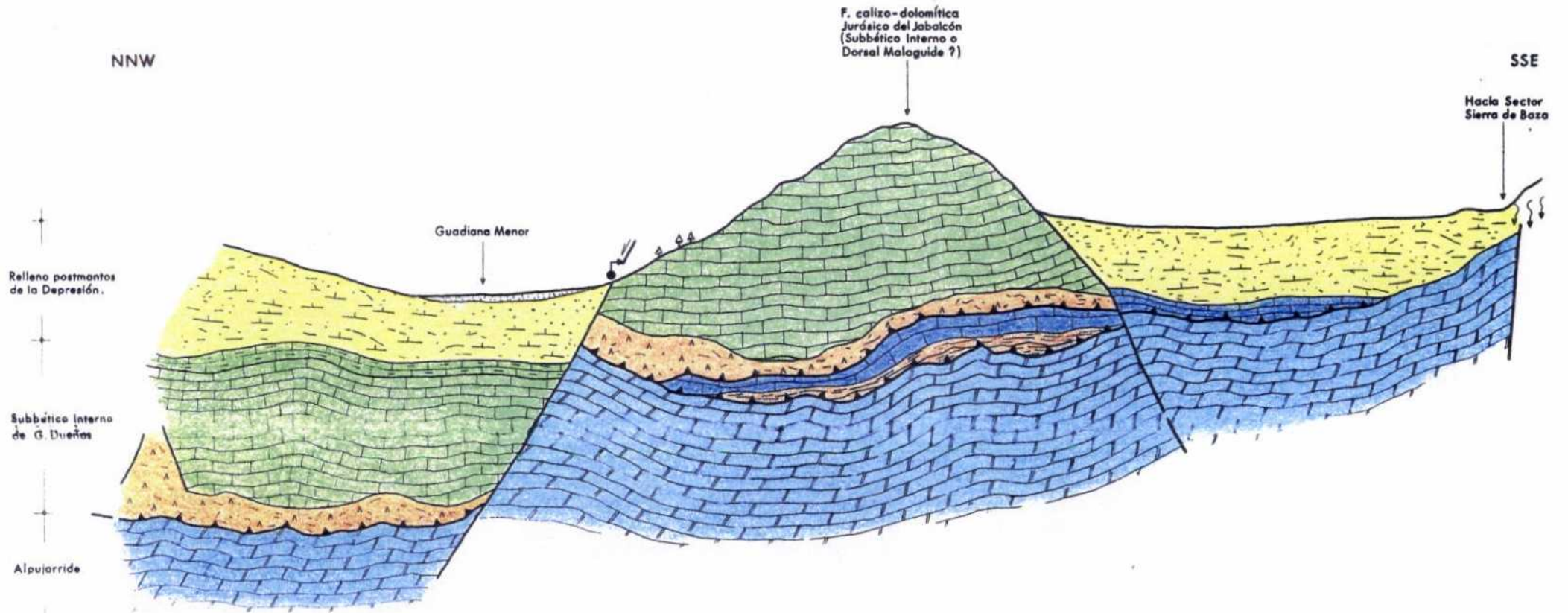
B. CORTE GEOLOGICO ESQUEMATICO











ESCALA - 1:2.000

FIG. 24

BAÑOS DE ZUJAR/FTE. AMARGUILLA  
 CORTE GEOLOGICO APROXIMATIVO EN PROFUNDIDAD



- |                                                                                     |                                                                                                         |                                                                                       |                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <p><b>M. POSTMANTOS</b></p>                                                         |                                                                                                         | <p><b>C. MALAGUIDE O U. AFINES AL MISMO</b></p>                                       |                                                            |
|  | Terrazas. Aluvial. Limos y arcillas..... CUATERNARIO                                                    |  | Calizas y/o dolomías..... JURASICO                         |
|  | Conglomerados, calizas lacustres, margas, arenas, limos y arcillas rojizas. .... NEOGENO F. GUADIX-BAZA |  | Areniscas, conglomerados y arcillas rojas ..... PERMOTRIAS |
| <p><b>SUBBETICO INTERNO</b></p>                                                     |                                                                                                         | <p><b>C. ALPUJARRIDE (S. DE BAZA)</b></p>                                             |                                                            |
|  | Margocalizas, rosadas y verdes..... CRETACICO                                                           |  | Calizas y/o dolomías..... TRIAS MEDIO-SUPERIOR             |
|  | Calizas y dolomías grises y blancas..... JURASICO. LIAS INFERIOR                                        |                                                                                       |                                                            |
|  | Arcillas versicolores con yesos..... TRIAS KEUPER                                                       |                                                                                       |                                                            |

ESCALA - ALEATORIA

- Calizas masivas-Lias inferior medio

Constituyen gran parte de la formación del Jabalcón. Están constituidos por calizas masivas de tonos claros que adquieren potencias en torno a los 450 m.

- Calizas grises con silex. Lias medio-superior

Se trata de una secuencia de unos 30 m. constituida por calizas micriticas grises, arcillosas, de grano fino y con desarrollo de nódulos de silex hacia techo. Se encuentran aparentemente concordantes con el término anterior.

- Calizas con bancos de silex. Lias superior-Dogger

Está constituido por un paquete de calizas esparíticas, con intraclastos y bancos de silex interestratificados, cuyas potencias oscilan entre 15 y 30 metros.

- Calizas nodulosas-rosadas. Kimmeridgiense-Tithónico

Constituye un nivel de difícil observación. En la cumbre del Jabalcón está representado por un paquete de escasos metros de potencia. Presenta un color rojizo, carácter noduloso o brechoide y microfacies características del kimmeridgiense-Tithónico.

- Areniscas marrones. Eoceno-Oligoceno

Se trata de un nivel de difícil delimitación y observación, ya que aflora muy puntualmente. Está constituido por una secuencia de areniscas marrones, grises y amarillentas, con gran cantidad de cuarzo. Su potencia no excede de los 4 metros. Presenta cemento carbonatado con fracción arcillosa. Analisis de microfacies han permitido datar edades comprendidas entre el Eoceno-Aquitaniense.

**B) Serie Sur**

Comprende el extremo meridional del Jabalcón. Esta separada por la ermita con respecto a la serie norte y limitado al N y al S por dos fallas normales de dirección E-W que lo configuran como un horst.

Distinguimos de muro a techo:

**- Calizas masivas-Lias inferior**

Son muy similares a la de la serie norte y constituyen la mayor parte de este sector.

**- Calizas nodulosas rosadas-Kimmeridgiense-Tithónico**

Están apoyadas directamente sobre las calizas del Lias inferior y afloran unicamente en la ladera sur de la ermita. Fallot y Solé señalan la existencia de fauna de ammonoides que datan dicho nivel.

**- Margas con niveles brechoides-Cretácico inferior**

Están mal representados y de difícil observación a escala de afloramiento. En su conjunto, corresponden a una secuencia de margas y margocalizas algo silíceas, de tonalidad clara y muy fracturadas. Los niveles brechoides contienen fragmentos heterométricos de diferente naturaleza.

**- Margas rosadas con niveles brechoides-Cretácico superior**

Constituyen las famosas capas rojas del subbético. Están formadas por margas y margocalizas de tonalidad salmón con niveles brechoides de naturaleza carbonatada y cemento margo-arcilloso.

Un hecho significativo a nivel estratigráfico es la ausencia del Cretácico y algunos pisos del Jurásico en la serie Norte, y la falta de términos correspondiente al Lias superior, Dogger-Malm inferior-medio y Cretácico en la sur. Esto se atribuye a la probable existencia de lagunas

estratigráficas o causas tectónicas.

### Materiales postorogénicos

Comprenden la totalidad de los materiales que rellenan la depresión de Guadix-Baza. Está fundamentalmente representada por materiales de edad neogeno y cuaternario. En el sector de los baños, y próximos o, rodeando al Jabalcón, los materiales de relleno están casi exclusivamente constituidos por material detrítico. Presentan cierta ritmicidad en la que el ciclo asimétrico está constituido por conglomerados, arenas y lutitas. La base de cada ciclo presenta formas muy irregulares con frecuente aparición de paleocanales y niveles de conglomerados. Los niveles detríticos gruesos son tanto más potentes y abundantes a medida que nos acercamos al borde de la cuenca.

Su edad es básicamente pliocuaternaria con un predominio de la sedimentación fluvial.

Es de destacar en el sector de estudio la presencia del aluvial del Guadiana Menor próximo al contacto con los materiales carbonatados de Los Baños.

### Materiales alpujárrides

No se encuentran en el sector de Los Baños aunque sí afloran al sur del Jabalcón ; el contacto entre ambos no es observable. Corresponden en su conjunto a secuencias de dolomías compactas y oscuras, algo recristalizadas, y con una potencia no superior a los 200 m., a pesar de que en otros sectores, está próximo a los 500 m. (Sierra de Baza).

De cualquier forma y a grosso modo, el alpujárride en este sector se encuentra representado por un conjunto inferior de filitas y cuarcitas del Permo-Trias y uno superior de naturaleza carbonatada, esencialmente calizas y/o dolomías, de edad Trias medio-superior.

## 2.1.- TECTÓNICA

La estructura principal del Jabalcón es la de un sinclinal de dirección aproximada N-S que pasa por su cumbre. Cruz-Sanjulián y Rossell señalan como significativo un anticlinal vergente al W-SW que constituiría su flanco occidental.

La estructura a su vez, queda complicada por la existencia de una falla inversa de dirección E-W que constituye el límite Norte de la banda Cretácica, así como la densa red de fallas normales que compartimentan la estructura en bloques.

El contacto Alpujárride-Jabalcón está oculto bajo el relleno postmantos de la depresión, aunque muy presumiblemente se admite la superposición a modo de manto de éste sobre el alpujárride por un fenómeno de retrocabalgamiento. En tal caso el Jabalcón podría representar un klippe o un frente de cabalgamiento.

## 3.- HIDROGEOLOGÍA

### 3.1.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

#### Acuífero subbético o dorsalinano

Estaría básicamente representado por el propio Jabalcón. El mayor interés hidrogeológico de dicha formación se centraría en las secuencias de calizas y dolomías del Lías, de alta permeabilidad y con desarrollo de fracturación y karstificación importantes. Dada su superficie, no justificaría en un principio ni su caudal, ni su gradiente (termal, de origen profundo).



### Acuífero Alpujárride

Dado el caudal de los Baños -próximos a lo 100 l/seg-, su claro regimen de circulación profunda con un predominio de facies sulfatadas-cloruradas, la proximidad y posición estructural con respecto a la Sierra de Baza, dirección de flujo subterráneo y la características hidrogeológicas del propio Jabalcón -volumétricamente insuficiente-, hace que consideremos de especial importancia a la hora de la probable interpretación de los mismos, la relación de éstos con el acuífero alpujárride.

#### 3.1.1.- Características hidrogeológicas del acuífero de la Sierra de Baza (alpujárride)

Dicho acuífero está ligado a los materiales carbonatados que constituyen las morfologías más sobresalientes de la Sierra de Baza y áreas limitrofes. Posee en su conjunto una superficie aproximada de unos 272 km<sup>2</sup>.

Litológicamente, está representado por formaciones de calizas-dolomíticas y dolomías del Trias medio-superior que constituyen el material permeable, alcanzando potencias del orden de 500 metros. En dicha secuencia carbonatada, aparecen tramos intercalados de naturaleza margosa y margocaliza. El sustrato impermeable lo constituyen las secuencias basales formadas por filitas, cuarcitas y micaesquistos de edad Paleozoico-Trias inferior. Todos estos materiales se encuentran cabalgantes sobre el Nevado-Filábride que aflora al sur de la unidad y representa el límite meridional de la misma. Una de las unidades de este complejo -Santa Barbara- aparece casi siempre en contacto directo con los mármoles superiores del Nevado-Filábride.

En su conjunto, los alpujárrides en el sector de la Sierra de Baza, manifiestan una complejidad estructural importante caracterizada por la superposición tectónica de, al menos, cuatro mantos denominados Santa Barbara, Quintana, Blanquizaes y Hernan Valle, diferenciaciones efectuadas de acuerdo a criterios estructurales y litoestratigráficos.



Estas circunstancias, junto a la existencia de importantes redes de fracturas de direcciones predominantes N60E y N20W, condicionan sin duda una compartimentación en subunidades con un comportamiento hidráulico insuficientemente conocido y de características más o menos independientes.

En determinados sectores, el acuífero es libre de modo que las áreas de descargas están localizadas a través de manantiales que se encuentran en el contacto de formaciones permeables carbonatadas con formaciones impermeables pelíticas. Sin embargo, en los bordes oriental, septentrional y occidental, los materiales alpujárrides carbonatadas contactan con formaciones del neógeno cuaternario, que poseen tramos de elevada permeabilidad, hacia los que se produce un flujo subterráneo, de forma que la descarga se produce por manantiales situados a relativa distancia de la zona de recarga.

Ejemplos característicos lo constituyen los manantiales de las Siete Fuentes (920 m) y de la Fuente de San Juan (900 m), situados en el borde nororiental del acuífero, en las proximidades de Baza. Ambos surgen en conglomerados y areniscas de edad plioceno, aproximadamente a 1 Km de distancia del contacto con unidades alpujárrides.

La facies hidroquímica es en ambos casos bicarbonatada sulfatada cálcica con contenidos salinos de 530 y 670 mg/l en Siete Fuentes y Fuente de San Juan respectivamente.

Los caudales son de igual forma de 200-250 y 70-100 l/seg, lo que supone una aportación conjunta que puede evaluarse en torno a los 10 hm<sup>3</sup>/año.

En otros casos, los manantiales surgen en relación con afloramientos carbonatados del alpujárride, de dimensiones reducidas y relativamente alejados de los principales núcleos de la unidad. Un ejemplo lo constituye el manantial de Fuente Grande (cotas de 840 y 860 m), al este de Zujar, en el extremo septentrional del acuífero con un caudal próximo a los 100 l/seg y una aportación del orden de 3 hm<sup>3</sup>/año,

claramente superiores a las que justificaría la superficie de los afloramientos dolomíticos en los que surgen. De igual forma, se han captado mediante sondeos surgentes en las inmediaciones de Zujar, niveles conglomeráticos de algunos metros de espesor a unos 80 m. de profundidad (cota 760 m) incluido en el seno de una secuencia limoso-arcillosa impermeable del Plioceno. Todas estas circunstancias sugieren inevitablemente la relación de los manantiales y los niveles conglomeráticos confinados con el área de recarga alpujárride de la Sierra de Baza. Las características hidroquímicas de los manantiales y de los sondeos surgentes son similares, corresponden en su conjunto a facies bicarbonatada-sulfatada magnésico cálcica con un contenido en sólidos disueltos del orden de 800 mg/l.

En el sector central del acuífero se localizan los manantiales del nacimiento del río Gor y Cerro Negro, con aportaciones globales del orden de 2 hm<sup>3</sup>/año.

En el borde occidental del acuífero se encuentran, entre otras surgencias, la de San Torcuato, al SE de Hernán Valle, en el contacto entre las dolomías y los materiales cuaternarios.

La alimentación principal del acuífero se efectúa a través de la infiltración directa por precipitaciones sobre los afloramientos permeables fundamentalmente por fracturación. A partir de la superficie de la unidad y de los datos pluviométricos, pueden estimarse los recursos medios en torno a los 35 hm<sup>3</sup>/año.

Las aportaciones por salidas están estimadas en unos 15 hm<sup>3</sup>/año. Las extracciones por bombeo son muy poco significativas. Se reducen a un sondeo para abastecimiento a Charches, al sur del área y los existentes en las cercanías de Baza, cuantificables en su conjunto en 1 hm<sup>3</sup>/año. Todo ello supone que unos 19 hm<sup>3</sup> deben aportarse lateralmente hacia otros sectores, bien hacia los materiales pliocuaternarios de la Depresión Guadix-Baza, o a través de surgencias de tipo Baños de Zujar.

#### 4.- HIDROQUÍMICA

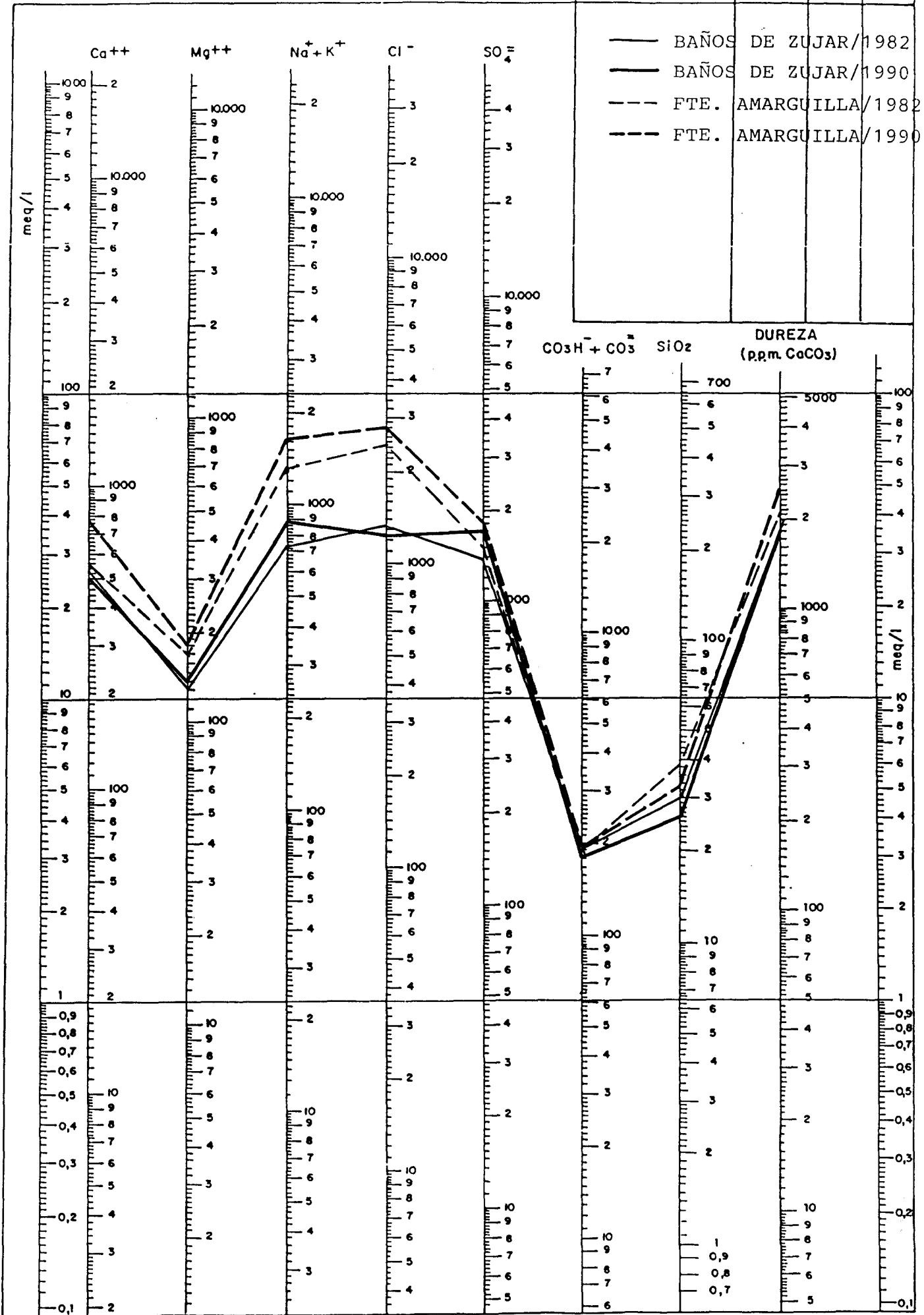
Dado que la descripción geológica engloba ambas surgencias -Baños de Zújar y Fte. Amarguilla- en un mismo contexto, se ha considerado oportuno aplicar inicialmente el mismo criterio para el estudio de sus características hidroquímicas. Evidentemente ello no presupone la coincidencia de ambos análisis. De hecho, el diagrama logarítmico de la fig. 25 refleja los perfiles hidroquímicos de ambas muestras, y a través de ellos las importantes diferencias detectadas. Sobre la base de un nivel de mineralización muy superior en la Fte. Amarguilla (9.400  $\mu\text{Sm}$ ) respecto a los Baños (5.890  $\mu\text{S/cm}$ ), el citado diagrama pone de manifiesto que las diferencias más apreciables corresponden a los cationes alcalinos y alcalinotérreos.

Tampoco existe coincidencia en los aniones  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^-$  y  $\text{Cl}^-$ , ni en el contenido en  $\text{SiO}_2$ . Respecto a esta última especie hay que señalar que la concentración más elevada -32,9 mg/l- corresponde a la muestra de menor temperatura: 26 °C de Fte. Amarguilla frente a 39 °C y 26,2 mg/l  $\text{SiO}_2$  de los Baños.

En conclusión, si bien la proximidad de ambos manantiales sugiere una génesis común, la disparidad de su composición contradice -al menos parcialmente- esta teoría. Según el corte de la fig. 24, existen evidencias geológicas suficientes para justificar un almacén de naturaleza carbonatada; sin embargo, en la misma figura se hace patente la presencia de materiales de origen evaporítico en la base de los mantos de corrimiento, a los que es preciso invocar para justificar el origen de la fuerte componente salina de ambas muestras. En tal sentido, los diagramas de saturación respecto a caliza y dolomita (fig. 26) indican un estado de sobresaturación del agua, sin duda relacionado con el aporte de alcalinotérreos proveniente de la disolución de evaporitas. Este último proceso tiene una influencia distinta sobre una y otra muestra, que define en un caso -Los Baños- un carácter sulfatado-clorurado sódico, y en el otro -Fte. Amarguilla- una facies netamente clorurada sódica. Ambas se encuentran sobresaturadas en yeso, y en situación de cuasi-equilibrio respecto a anhidrita.

FIG. 25

LEYENDA			
MUESTRA	C μ S/cm	pH	Eh
—	BAÑOS DE ZUJAR/1982		
—	BAÑOS DE ZUJAR/1990		
- - -	FTE. AMARGUILLA/1982		
- - -	FTE. AMARGUILLA/1990		



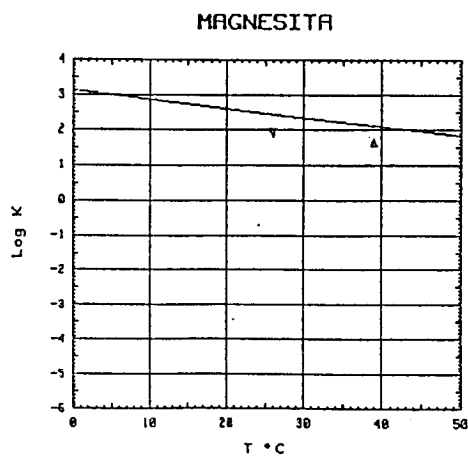
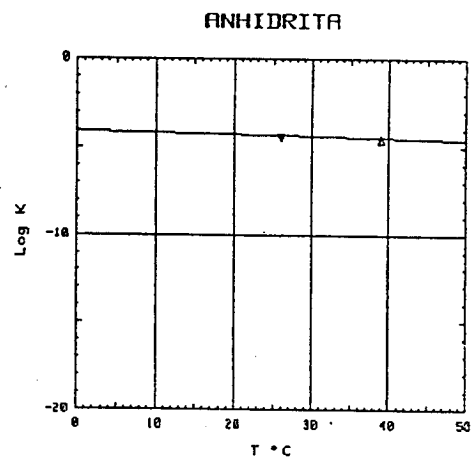
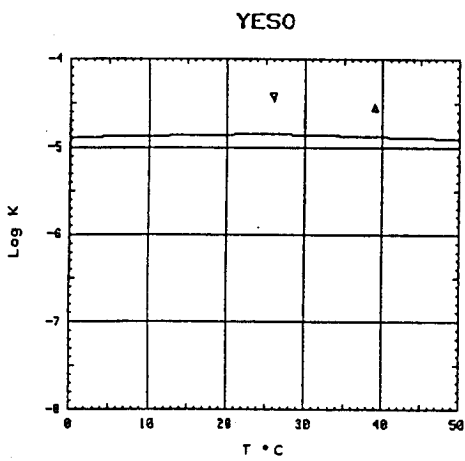
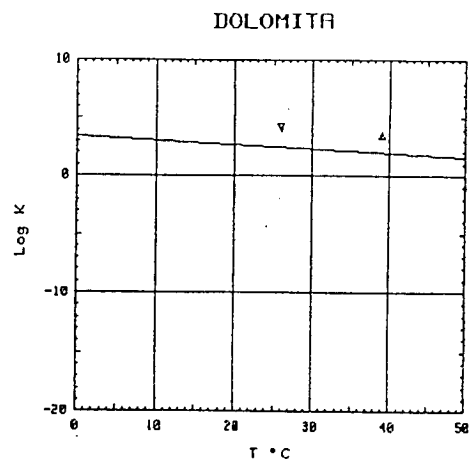
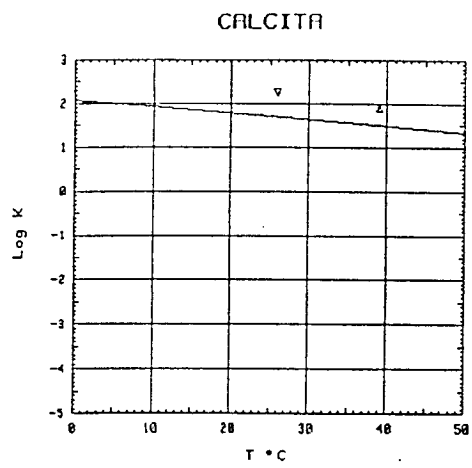


FIG. 26.-DIAGRAMAS DE SATURACION MUESTRAS BAÑOS DE ZUJAR ( $\Delta$ ) Y FTE. AMARGUILLA ( $\nabla$ ).

La temperatura constituye otro de los rasgos diferenciadores de las muestras, con una variación de 13°C. Sin datos isotópicos y con un modelo geológico tan complejo como el presente, resulta difícil determinar si la muestra más caliente lo es en virtud de un origen más profundo que la fría, o bien si ésta última resulta de un proceso de mezcla con aguas más someras. Un factor adicional -no precisamente clarificador-, viene dado por el hecho de que el agua más fría es justamente la más mineralizada y la de mayor contenido de SiO<sub>2</sub>. Estas hipótesis son sólo algunas de las muchas que podrían proponerse en base a los datos de que se dispone actualmente.

En lo que respecta a microcomponentes, destaca el elevado contenido de litio de la Fte. Amarguilla -0,94 mg/l- (la concentración de este elemento suele incrementarse paralelamente al aumento del contenido salino de origen evaporítico). Asimismo es preciso señalar los apreciables niveles de cadmio, cromo y plomo de las muestras, y la presencia de cianuros en la correspondiente a Los Baños

	<u>Cd</u>	<u>Cr</u>	<u>Pb</u>	<u>CN</u>
Baños de Zújar	4	66	100	2
Fte. Amarguilla	4	171	100	-

(en µg/l)

La estabilidad temporal de ambas muestras se manifiesta con claridad en el diagrama logarítmico anteriormente citado (fig. 25), en el que se representa junto con el análisis actual, otro correspondiente a muestras recogidas en 1982, tanto para Los Baños como para Fte. Amarguilla. En la gráfica se aprecia el paralelismo existente entre los perfiles hidroquímicos de un mismo punto para ambas fechas, confirmando las diferencias de composición entre ambas surgencias antes apuntadas.

El análisis de gas disponible corresponde solamente al manantial de Los Baños por lo que no es posible efectuar comparaciones con la Fte. Amarguilla. El análisis pone de manifiesto su carácter predominantemente nitrogenado, con una presencia importante de oxígeno (contaminación por aire atmosférico) que podría atribuirse a las condiciones de la surgencia. La concentración de CO<sub>2</sub> (4,9%) y de las restantes especies -CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub> y He-

**ANALISIS QUIMICO**

\*  
DENOMINACION: BAÑOS DE ZUJAR  
FECHA : \*

TEMPERATURA (°C): 39.0      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 5890  
pH a 39°C: 6.88      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 1829  
pH a 18°C: 7.70      Eh campo (mV): 127

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	178.00	2.917	2.917	3.95
CO3=	-	-	-	-
SO4=	1714.00	17.843	35.685	48.35
Cl-	1243.00	35.065	35.065	47.51
F-	1.200	.063	.063	.09
NO3-	3.00	.048	.048	.07
SiO2(H4SiO4)	26.2	.436	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	1.080	.023	.023	.03
TOTAL.....	3166.480	56.396	73.803	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	861.00	37.454	37.454	50.34
K+	17.00	.435	.435	.58
Ca++	500.00	12.475	24.950	33.53
Mg++	139.00	5.717	11.434	15.37
Fe++	.070	.001	.003	0.00
Li+	.46	.066	.066	.09
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.07
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	0.00
Mn++	.012	0.000	0.000	0.00
Pb	.1	0.000	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
TOTAL.....	1518.252	56.169	74.401	

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

CLASIFICACION: SULFATADA CLORURADA -- SODICA

(CO3H+CO3)/Ca = .117    Cl/Na = .936    (SO4\*Ca)^1/2 = 29.839  
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .080    Cl/(Na+K) = .925    (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = 1.126  
(CO3H)^2\*Ca^1/3 = 5.966    SO4/Ca = 1.430    Mg/Ca = .458  
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = 1.061    SO4/(Ca+Mg) = .981    Cl/CO3H = 12.019

ARCHIVO EN DISCO: MMG6 (AMA2-06)

	ppm
R.S. 110°C	4.950
D.Q.O.	1,3
P2O5	0,04
CN-	0,002
Cd	0,004
Cr	0,066
As	-
Se	-
Hg	-

**ANALISIS QUIMICO**

\*  
DENOMINACION: FTE. AMARGUILLA  
FECHA : \*

-----  
TEMPERATURA (°C): 26.0                      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 9400  
pH a 26°C: 7.05                              DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 2664  
pH a 18°C: 7.90                              Eh campo (mV): -41  
-----

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
=====				
HCO3-	193.00	3.163	3.163	2.64
CO3=	-	-	-	-
SO4=	1819.00	18.936	37.872	31.56
Cl-	2792.00	78.762	78.762	65.65
F-	3.200	.168	.168	.14
NO3-	1.00	.016	.016	.01
SiO2(H4SiO4)	32.9	.547	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
TOTAL....	4841.110	101.594	119.982	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
=====				
Na+	1624.00	70.644	70.644	56.70
K+	29.00	.742	.742	.60
Ca++	769.00	19.187	38.373	30.80
Mg++	178.00	7.321	14.642	11.75
Fe++	.050	.001	.002	0.00
Li+	.94	.135	.135	.11
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.04
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	0.00
Mn++	.050	.001	.002	0.00
Pb	.2	.001	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
TOTAL....	2601.810	98.052	124.599	

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

CLASIFICACION: CLORURADA -- SODICA

(CO3H+CO3)/Ca =	.082	Cl/Na =	1.115	(SO4*Ca)^1/2 =	38.122
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.060	Cl/(Na+K) =	1.103	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	1.063
((CO3H)^2*Ca)^1/3 =	7.268	SO4/Ca =	.987	Mg/Ca =	.382
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	.774	SO4/(Ca+Mg) =	.714	Cl/CO3H =	24.899

ARCHIVO EN DISCO: MM67 (AMA2-07)

	ppm
R.S. 110°C	7.277
D.Q.O.	1,8
P2O5	0,03
CN-	-
Cd	0,004
Cr	0,171
As	-
Se	-
Hg	-



ANALISIS DE GASES

MANANTIAL  
 DENOMINACION: BAÑOS DE ZUJAR  
 ALICUOTA: \*  
 FECHA: \*

TEMPERATURA (°C):  
 CAUDAL (l/s):

39.0  
 \*

GASES	% VOL	% PESO	gr/l	P (atm) GAS (C.N.)
====				
CO2	4.9000	7.4257	9.642E-02	4.900E-02
CH4	.0210	.0260	3.379E-04	2.100E-04
H2	.0012	.0001	1.080E-06	1.200E-05
N2	87.6000	84.3821	1.096E+00	8.760E-01
O2	7.4000	8.1627	1.060E-01	7.400E-02
He	.0250	.0034	4.468E-05	2.500E-04
H2S	-	-	-	-
SO2	-	-	-	-
CO	-	-	-	-
HCl	-	-	-	-

PESO ESPECIFICO (g/dm3): 1.2984

ARCHIVO EN DISCO: GR4

estaría relacionada con el origen profundo del agua, si bien su presencia probablemente haya experimentado cierta dilución por aire.

## 5.- AREAS DE PROTECCIÓN

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

A pesar de su antigüedad y características particulares (considerable caudal), no se tiene constancia ni en la Jefatura de minas del Distrito provincial, ni en ningún otro documento oficial, de la solicitud por parte de sus antiguos propietarios de una delimitación de perímetro de protección.

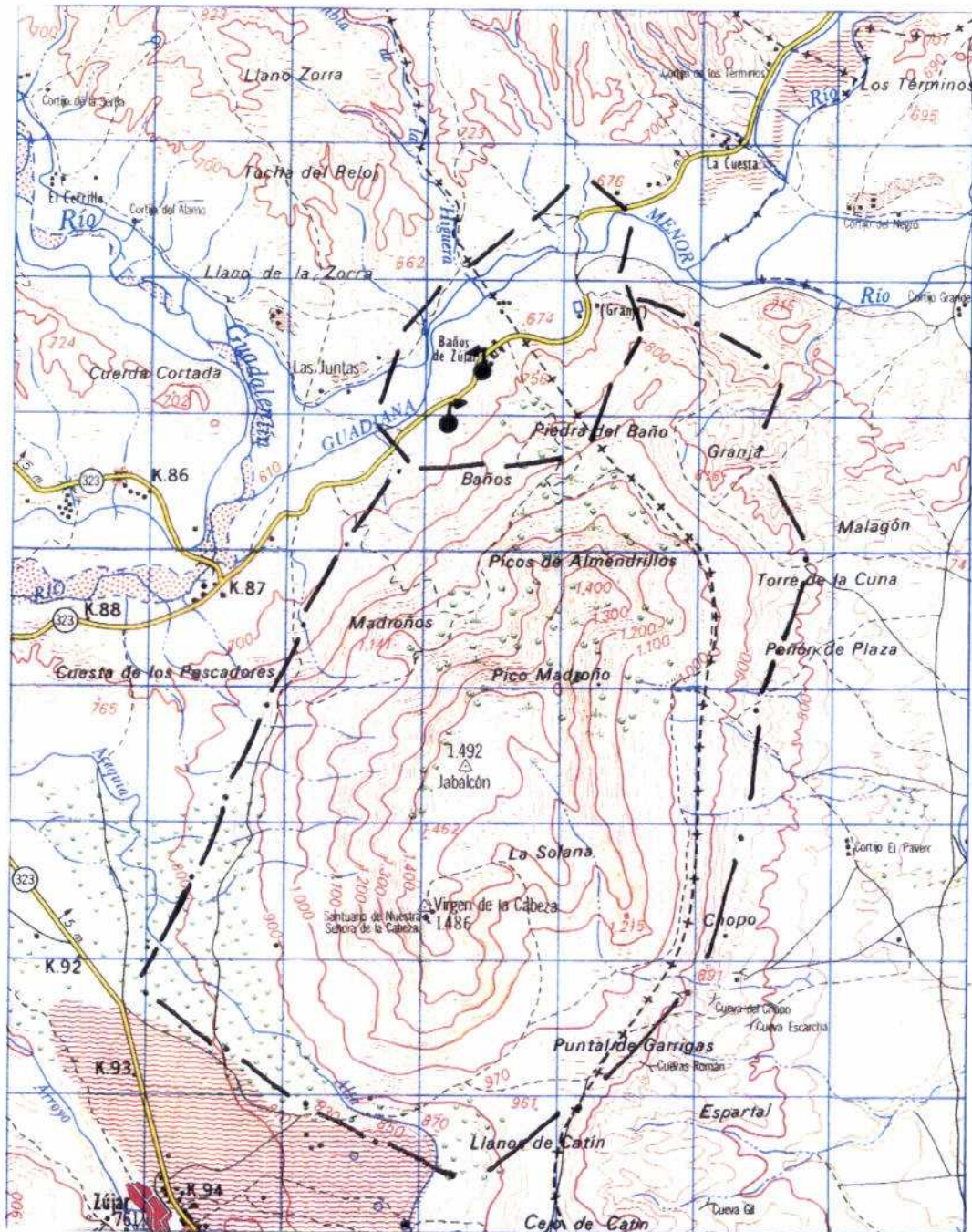
El establecimiento de una propuesta de área de protección, se ha elaborado en base a los siguientes aspectos:

- Zonas de recargas
- Principales sistemas de fracturas.
- Red fluvial: se ha considerado los probables aportes laterales del río Guadiana Menor a su paso por dicho sector.

### 5.2.- POSIBLES FOCOS CONTAMINANTES

En el entorno de los baños y la fuente, no se observan actividades que pudieran potencialmente representar riesgo de contaminación, aunque si se advierte de la probable influencia directa o indirecta de la utilización de abonos agrícolas que pudieran ocasionar ciertos elementos contaminantes que afectarían el entorno del manantial. Tal es el caso de las pequeñas terrazas fluviales que se aprovechan en este sentido en las inmediaciones de los baños.

BAÑOS DE ZUJAR - FUENTE AGUA AMARGUILLA



E/1:50.000

LEYENDA

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

**6.- BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA**

- Cruz Sanjulián, J. y Garcia Rossell, L. (1972).- "Características hidrogeológicas del sector del Jabalcón (Granada)". BGM. Tomo LXXXIII-I pgs.68-80.
- Cruz Sanjulián, J. (1970).- "Estudio geológico e hidrogeológico del sector Zújar-Jabalcón." Tesis de Licen. Univ. de Granada.
- Cruz Sanjulián, J.; Garcia Rossell, L. (1972).- "Nota sobre la estratigrafía, estructura y posición tectónica del Jabalcón y sectores adyacentes (Granada). Cuadernos de Geología Univ. de Granada.
- Doz Gómez y Builla Alegre (1887).- "Elementos de Hidrología médica".
- ITGE (1913).- "Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España".
- ITGE (1975).- "Inventario general de manifestaciones Geotérmicas en el territorio nacional".
- ITGE (1984).- "Estudio geológico-geotermico de la Depresión de Granada y área de Lanjarón."
- ITGE (1990).- "Atlas hidrogeológico de la provincia de Granada."
- ITGE.- Mapa Geológico nacional a escala 1:50000 (972) 22-39 -Cúllar-Baza- (sin publicar).

ALICÓN DE ORTEGA

## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

El manantial de Alicún de Ortega está situado al oeste del pueblo del mismo nombre y en el margen izquierdo del río Guadahortuna, a su paso por dicha localidad.

El acceso se realiza a través de la carretera comarcal que une las poblaciones de Villanueva de las Torres con Alicún de Ortega, a la entrada de esta última localidad y a unos 300m. por encima del núcleo urbano.

En su conjunto, corresponde a una captación realizada sobre una formación carbonatada muy karstificada y frecuentemente fisurada que alimenta un depósito de abastecimiento localizado en las proximidades del mismo.

En relación a sus precedentes históricos, existe cierta confusión al respecto pues a menudo se han agrupado junto a los del balneario de Alicún de las Torres a relativa poca distancia del mismo. Dichos precedentes se remontan a la relación por provincias de aguas minero-medicinales del ITGE de 1913, donde bajo la denominación de Baños de Alicún de Ortega aparece una somera descripción que recuerdan en cierta medida a su análogo de Alicún de las Torres.

No obstante y con posterioridad, se posee un claro exponente en el Inventario nacional de Geotermismo en el territorio nacional del ITGE del

año 1975, y en el Inventario nacional de puntos de aguas minero-medicinales, industriales, y de bebidas envasadas del ITGE en el año 1986, con la clasificación de Bicarbonatadas-cálcicas.

El manantial aparece encuadrado dentro de la hoja topográfica a escala 1:50.000 (971) 21-39 -Cuevas del Campo-, definido por las coordenadas UTM x/487720 e y/4162450, a una cota aproximada de 800 m.

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

Desde el punto de vista geológico, el manantial surge a favor de una fractura enclavada en materiales dolomíticos del subbético alóctono, en las proximidades al contacto con el neógeno-cuaternario de la Depresión de Guadix-Baza (figs. 27 y 28). Parece también evidente su probable relación con el triásico infrayacente.

Parte de este contacto queda enmascarado por la existencia de un depósito de ladera constituido en su conjunto por grandes cantos de naturaleza carbonatada englobada en una matriz limoso-arcillosa.

El subbético medio de las Zonas externas de las Cordilleras Béticas en la zona objeto de estudio está caracterizado por las siguientes litologías:

### Serie de los Oqueales

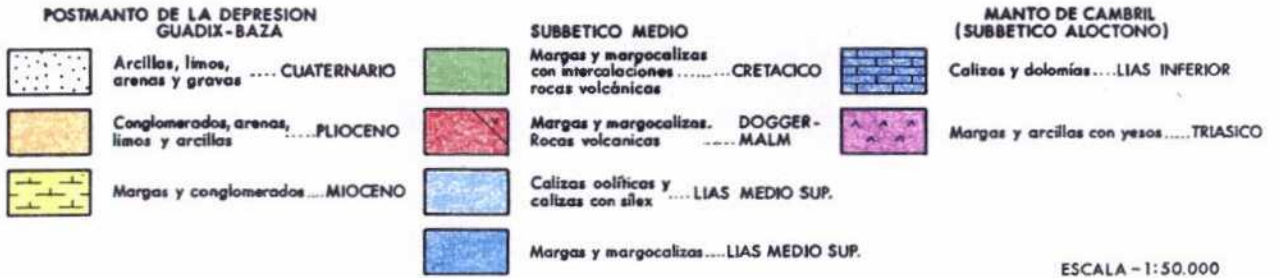
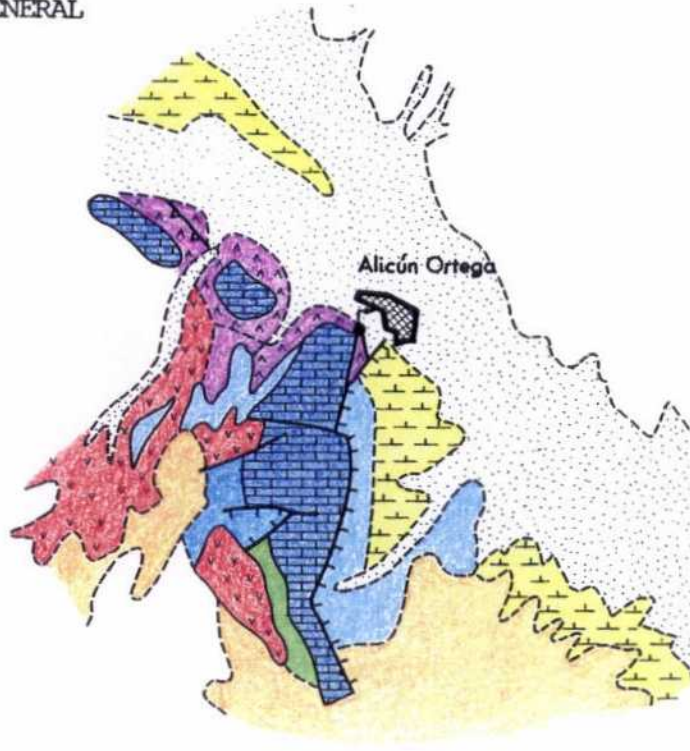
Corresponde a un conjunto de edad Dogger-Malm con la siguiente sucesión:

- Calizas masivas con silex.
- Margocalizas blancas.
- Niveles de volcanitas.
- Calizas tableadas.



FIG. 27  
ALICUN DE ORTEGA

A. ESQUEMA GEOLOGICO GENERAL



B. CORTE GEOLOGICO ESQUEMATICO

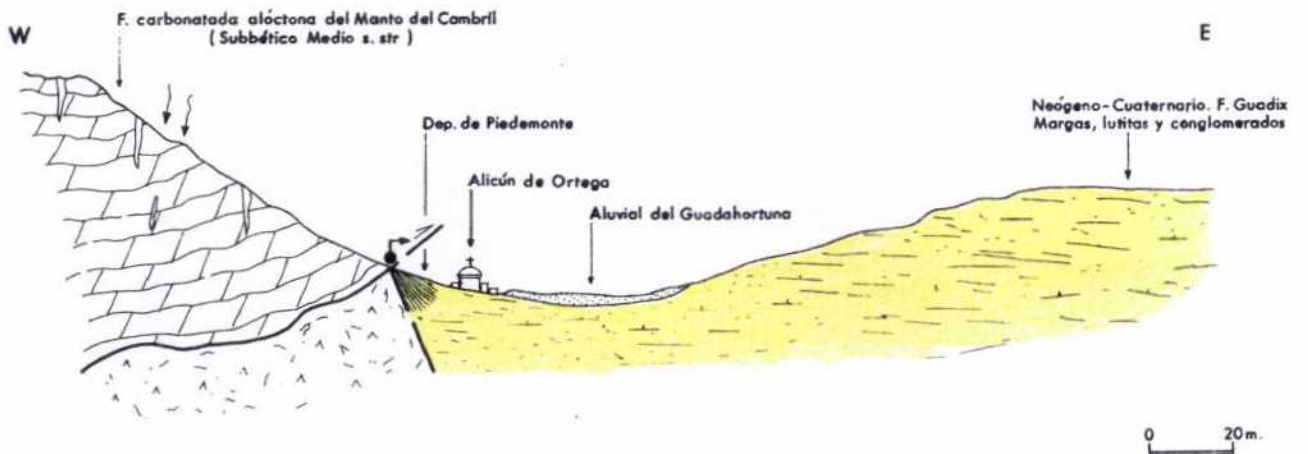
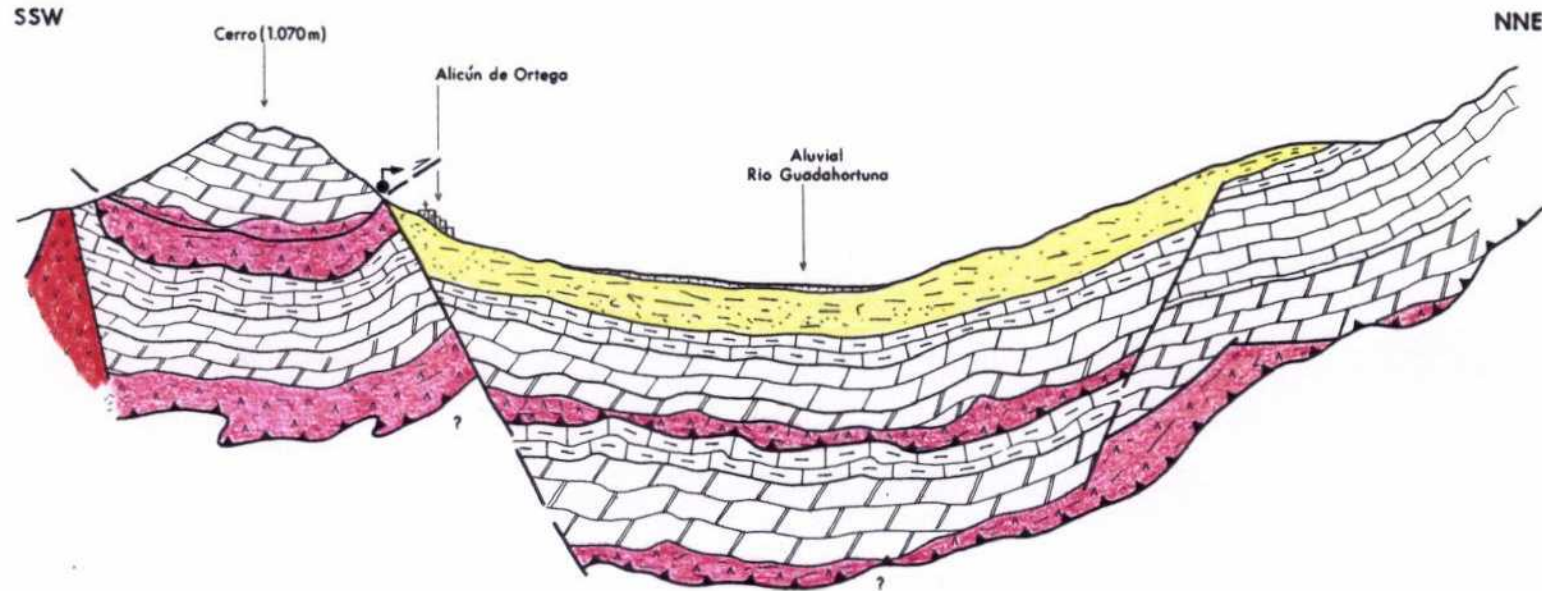








FIG. 28  
ALICUN DE ORTEGA  
CORTE GEOLOGICO APROXIMATIVO EN PROFUNDIDAD






**PLIOCUARTERARIO DE LA F. GUADIX-BAZA**

-  Aluvial. Depósitos de ladera..... CUATERNARIO
-  Conglomerados, calizas, arenas y lutitas..... NEOGENO (F. GUADIX)

**D. SUBBETICO ALOCTONO (MANTO DEL CAMBRIL)**

-  Calizas y dolomías..... LIAS INFERIOR
-  Arcillas abigarradas con yesos..... TRIAS KEUPER

**D. SUBBETICO MEDIO S. STR**

-  Margas y margocalizas rosadas y verdes..... CRETACICO  
Rocas volcánicas
-  Calizas y dolomías..... LIAS INFERIOR
-  Arcillas abigarradas con yesos..... KEUPER

Posee una potencia media de 170 m.

Serie de Alicún de Ortega

Está constituida por los siguientes términos:

- Margas y margocalizas de edad Lias medio-superior. Posee una potencia de 75 m.
- Calizas grises y crema, oolíticas y/o arenosas, con abundantes sílex en el techo y a muro. Existen intercalaciones de tramos de margocalizas y margas así como de rocas volcánicas. La potencia total es superior a 90 m. y su edad Dogger.
- Calizas grises y blancas, oolitas y pisolíticas, con nódulos de sílex. Existen niveles de r. volcánicas de 10 m. de espesor. La potencia es de 80 m y su edad atribuible al Dogger-Malm.
- Alternancia de margas y margocalizas con niveles calizos en la base así como sills y coladas volcánicas. Se le atribuyen al neocomiense y posee una potencia superior a 200 m.
- Margas y margocalizas bentoníticas de tonalidad verdosa con pequeñas intercalaciones de yesos y areniscas. A muro existe un nivel de conglomerados de unos 10 m. de espesor y con cantos de naturaleza caliza y volcánica. Posee una potencia superior a los 60 m y una edad atribuible al Barremiense-Aptense-Cenomaniense.
- Alternancia de margas y margocalizas de tonalidades rojizas y blancas. La potencia de este tramo es de unos 45 m. Su edad Senonense.
- Alternancia de margas y margocalizas con algunos episodios calizos. Su potencia es superior a 50 m. y su edad Eocena.

Aparecen dos hechos significativos en dicha sucesión y es la ausencia de materiales triásicos y dolomías del Lias inferior. De igual forma son también característicos las abundantes manifestaciones

volcánicas que abarcan desde el Jurásico medio al Cretácico inferior.

### Manto de Cambil

Corresponde a un elemento alóctono de gran envergadura que cabalga y sobrepasa a los materiales del Subbético medio.

En la zona de estudio está bastante bien representada ya que forma el relieve del cerro y formaciones calizas del oeste de Alicún.

La serie está integrada por los siguientes materiales de muro a techo:

- Margas y arcillas versicolores con yesos del Trias Keuper.
- Dolomias grises y amarillentas con aspecto masivo o estratificación gruesa muy trituradas, que forman el relieve más importante de la zona (Cerro).

### Materiales neógenos y cuaternarios

Corresponde a litologías pertenecientes a la Formación Guadix-Baza. Fundamentalmente está constituido por los siguientes términos:

#### - Mioceno:

Comprende la siguiente sucesión:

- Margas arenosas silíceas. Potencia máxima 30 m.
- Conglomerados y calizas arenosas bioclásticas con cantos de rocas volcánicas y megaestratificación cruzada. Su potencia media es de 40 m.
- Areniscas, arenas y margas blanco-amarillentas en superficie y azuladas en corte fresco. Se dispone de forma discordante sobre el anterior y posee una potencia de 20-30 m.
- Margas con algunos niveles de margocalizas y calizas arenosas. La

potencia es superior a 200 m.

- Plioceno:

Comprende la mayor parte de los terminos de la Formación Guadix. Constituye dos tramos:

- Tramo superior de unos 180 m de naturaleza conglomerática rojiza.
- Tramo inferior, constituido por calizas grises, oquerosas, arenosas y con intercalaciones lutíticas-conglomeráticas. La potencia es de unos 20 m.

- Cuaternario:

Constituido por depósitos aluviales y acumulaciones coaluviales. Litológicamente, está caracterizado por asociaciones de lutitas, arenas y gravas con frecuentes cambios de facies lateral. Existe un predominio de cantos de naturaleza caliza y silicea. La potencia media de estos depósitos es de unos 15 m.

## 2.1.- TECTÓNICA. ESTRUCTURA.

El subbético medio en el área de estudio se caracteriza por un desarrollo de pliegues de directriz variable E-O y NE-SW.

Los materiales de naturaleza margosa están muy plegados y afectados por gran número de fracturas, algunas de salto importante.

Con anterioridad a la fase principal de plegamiento debió de acontecer la translación del Manto de Cambil que dispuso en su actual situación a las formaciones dolomíticas del cerro. Estos materiales sufrieron plegamiento junto a los del Subbético medio.

Por su parte, los materiales neógenos se situaron de forma discordante sobre los anteriores siendo afectados posteriormente por suaves plegamientos de direcciones Norte-Sur.

### 3.- HIDROGEOLOGÍA

Desde el punto de vista hidrogeológico, existen diferentes materiales permeables de interés hidrogeológico:

- Dolomías y calizas del cerro (mantos Cambil)
- Calizas oolíticas y calizas con síles del Dogger-Malm (Subbético medio)
- Zona de alteración de las rocas volcánicas
- Conglomerados y areniscas del Mioceno
- Conglomerados, arenas y gravas del Plioceno
- Depósitos aluviales del Cuaternario

Señalar en este sentido que existe un desigual comportamiento en todos estos materiales ya que algunos como las areniscas y conglomerados del Mioceno y los materiales del Plioceno del SW de Alicún de Ortega presentan escasa entidad.

#### 3.1.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Existen dos unidades hidrogeológicas fundamentales en la zona objeto de estudio de especial interés, correspondientes en ambos casos a acuíferos subbéticos:

- Unidad hidrogeológica del Cerro
- Unidad hidrogeológica de los Oqueales

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

#### Unidad Hidrogeológica del Cerro

Está constituida por la formación calizo-dolomítica del manto del Cambil que conforma el relieve del Cerro al Sur de Alicún de Ortega.

Dicha unidad posee una extensión aproximada de 1,2 Km<sup>2</sup> y una potencia superior a 200 m.

La base impermeable está constituida por materiales margo-arcillosos triásicos y por materiales margosos, jurásicos y cretácicos, del subbético medio. Sus bordes en los sectores occidentales y meridionales están sellados por estas mismas litologías, mientras que en el borde oriental lo están por materiales miocenos. En el borde norte, existen acumulaciones de pie de monte, permeables, en contacto directo con la unidad.

La cota de emergencia de los manantiales se situa en 800 m. (Alicún de Ortega = 3-4 l/s).

La circulación subterránea se realiza pues en sentido sur-norte.

La alimentación principal procede de las infiltraciones de agua de lluvia y en menor cantidad por la infiltración de la escorrentía superficial en la cabecera del cauce del Barranco de la Higuera.

La pluviometría media anual de la zona oscila en torno a los 450 mm con máximos en épocas húmedas en 700 mm y mínimos en épocas secas en 200 mm.

Si consideramos un coeficiente de infiltración del orden del 50% de la pluviometría, la alimentación media de la unidad estaría en 0,27 Hm<sup>3</sup>/año.

El drenaje se efectúa a través de su borde Norte por diversos manantiales (Alicún de Ortega y otros) y probablemente por salidas ocultas a través del pie de monte situado en las proximidades de los manantiales que nos ocupa. Los caudales medios oscilan entre 1-3 l/seg con escasas variaciones.

El total de salidas se estiman en 4 l/seg que suponen un volumen anual de 0,126 Hm<sup>3</sup>. Las salidas no controladas a través del pie de monte

se cifran en 0,144 Hm<sup>3</sup> que suponen un caudal continuo del orden de 4-5 l/seg.

### Unidad Hidrogeológica de los Oqueales

En su conjunto, está fundamentalmente constituida por secuencias de calizas oolíticas y calizas con silex, de edad Dogger-Malm, que configuran el relieve de los oqueales, al Norte de Alamedilla.

La extensión de la citada unidad está estimada en 1 Km<sup>2</sup> y posee una potencia media de 170 m. Se encuentran rodeada en sus bordes por materiales pliocenos, bajo los cuales aparecen los materiales margosos del Lias superior y del Cretácico.

Debido a la actuación de fracturas de salto en dirección, el afloramiento aparece individualizado con respecto a otras formaciones similares.

La alimentación fundamental se efectúa a través de la infiltración por agua de lluvia y por el flujo procedente de los materiales pliocenos que recubren parte de la unidad.

Con una pluviometría en torno a los 450 mm/año y un coeficiente de infiltración del 40%, se estima un volumen anual infiltrado de 0,18 Hm<sup>3</sup>/año.

Las salidas por manantiales supone una cifra anual del orden de 0,25 Hm<sup>3</sup>/año.

Un hecho significativo es que ninguno de los manantiales existentes está directamente relacionado con las calizas, sino con el plioceno conglomerático-arenoso de forma que pudiera existir un flujo de las formaciones carbonatadas a los pliocenos.

### Otros acuíferos

Existe otros acuíferos de cierto interés motivado fundamentalmente por su gran extensión, localizados en las terrazas aluviales del río Alicún y proximidades.

En general, corresponden a materiales detríticos tipo arenas y gravas con intercalaciones lutíticas y frecuentes cambios de facies. Poseen potencias medias en torno a los 15 m. en las proximidades de Alicún.

Los mecanismos principales de alimentación del acuífero se efectuarían a través de las infiltraciones por agua de lluvia, escorrentía superficial, infiltración de cauces con cursos permanentes de agua y de la infiltración por regadío.

### 4.- HIDROQUÍMICA

Muestra de naturaleza sulfatada cálcica-sódica, pH en campo de 7,22 y una temperatura de 23°C. La conductividad alcanza 2.990  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Si bien la captación (galería) se emplaza directamente en materiales carbonatados, la influencia sobre el agua de las evaporitas del Keuper infrayacente (ver corte geológico fig. 28) resulta evidente. Según se aprecia en la fig. 29, la muestra aparece sobresaturada respecto a calcita, dolomita y yeso (el reconocimiento de visu del manantial detectó la presencia de precipitados de carbonatos y sulfatos), y subsaturada en anhidrita.

Las relaciones iónicas  $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3 / \text{Ca}$  y  $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3 / \text{Ca} + \text{Mg}$  ofrecen valores muy bajos -0,15 y 0,10 respectivamente-, debido al aporte de alcalinotérreos procedentes de la disolución de evaporitas. Por el contrario, el coeficiente  $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3 + \text{SO}_4 / \text{Ca} + \text{Mg}$  resulta igual a la unidad, como en tantos otros manantiales de similares características (acuíferos



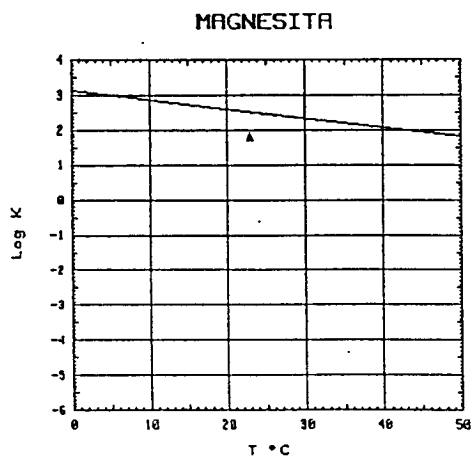
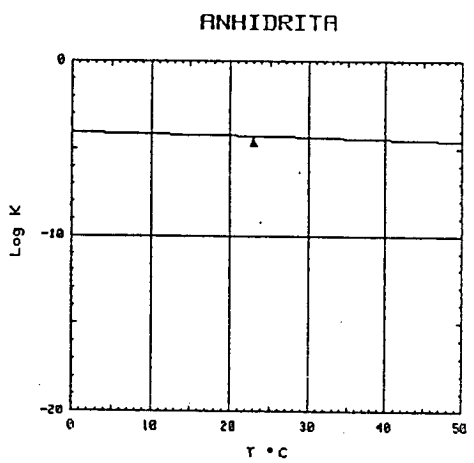
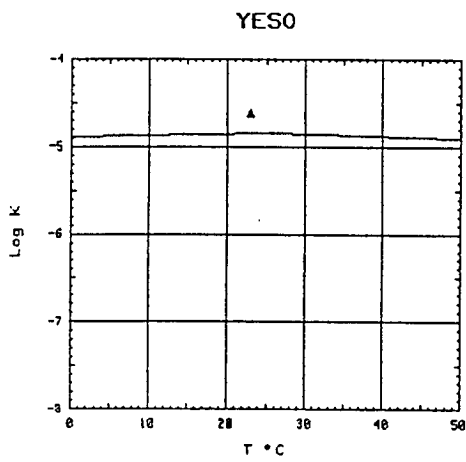
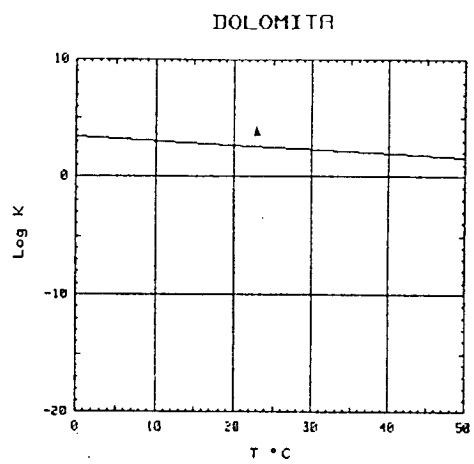
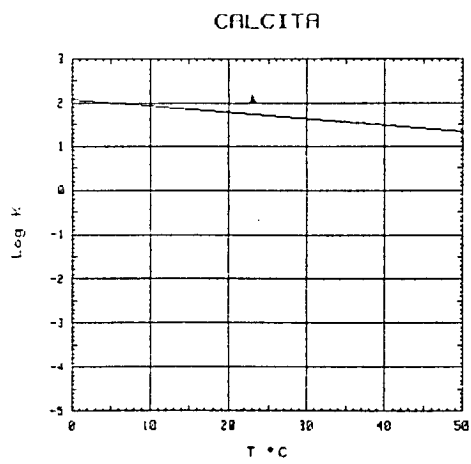


FIG. 29.- DIAGRAMAS DE SATURACION MUESTRA ALICUN DE ORTEGA

carbonatados con influencia salina) descritos en el presente estudio.

En lo que respecta a la temperatura de salida del agua -23°C-, es preciso tener en cuenta que con cierta frecuencia y debido a la conductividad térmica de los materiales evaporíticos, suele producirse un ligero incremento de la temperatura del agua en contacto con los mismos.

En la fig. 30 se comparan los perfiles hidroquímicos correspondientes a los dos análisis disponibles de este punto: 1982 y 1990. Si bien la concentración de las especies mayoritarias es ligeramente inferior a la muestra 1982, el paralelismo de ambas -la constancia en el tiempo de su composición- resulta evidente.

## **5.- AREAS DE PROTECCIÓN**

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

En la actualidad el manantial de Alicún de Ortega no posee perímetro de protección a pesar de que su caudal junto al de otras surgencias adyacentes alimenta un depósito destinado al abastecimiento urbano.

El establecimiento de la propuesta de área de protección presentada se ha realizado considerando los siguientes aspectos:

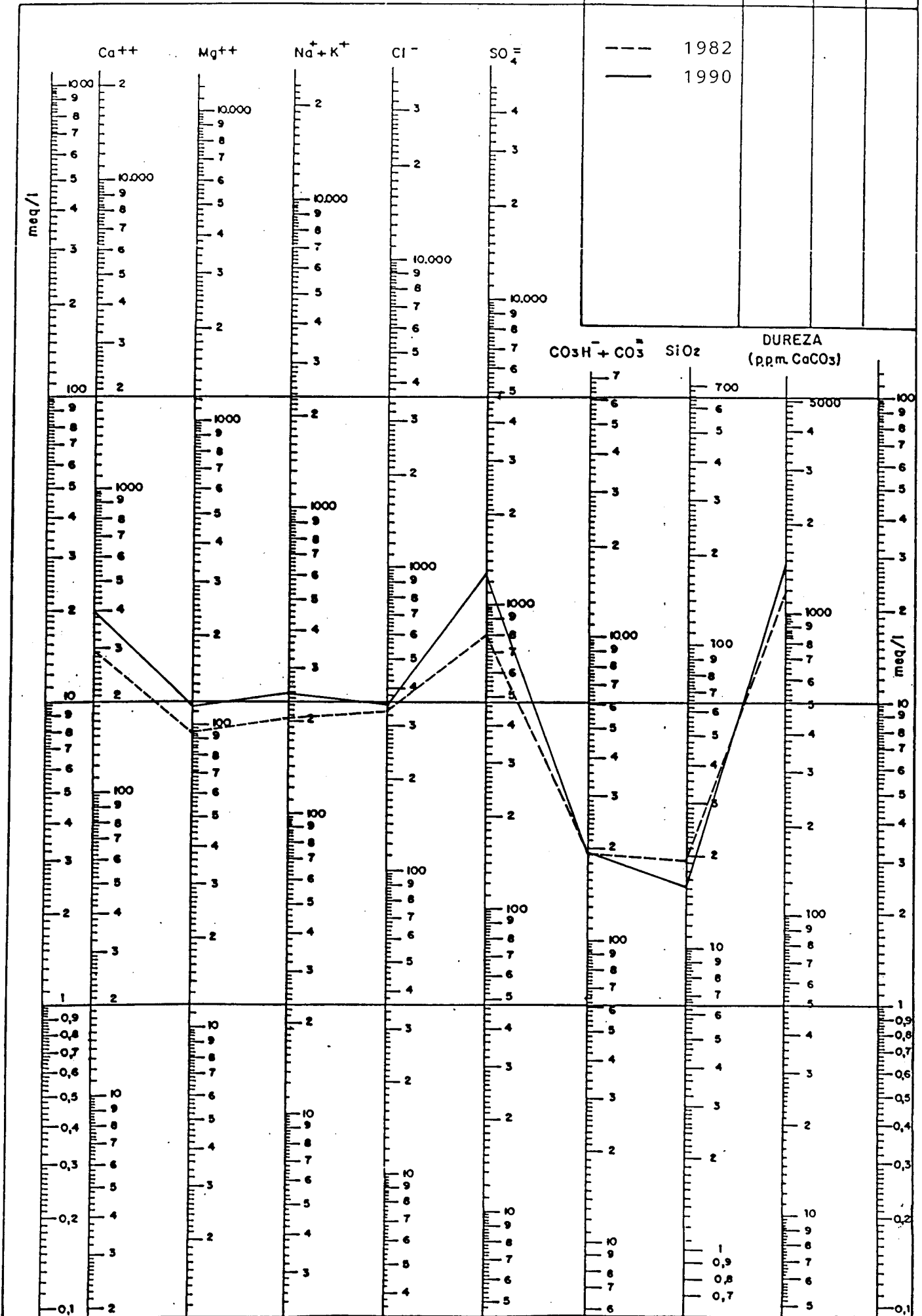
- Zonas de recarga
- Sistemas principales de fracturación

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

Como principal foco potencial de contaminación a controlar hay que señalar la instalación del vertedero municipal al Noroeste del manantial.

Fig. 30.-ALICUN DE ORTEGA

LEYENDA			
MUESTRA	C μ S/cm	pH	Eh
---	1982		
—	1990		



# ANALISIS QUIMICO

\*  
DENOMINACION: ALICUN DE ORTEGA  
FECHA: \*

TEMPERATURA (°C): 23.0      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 2990  
pH a 23°C: 7.22      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 1469  
pH a 18°C: 7.90      Eh campo (mV): 225

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	187.00	3.065	3.065	7.63
CO3=	-	-	-	-
SO4=	1297.00	13.502	27.004	67.20
Cl-	354.00	9.986	9.986	24.85
F-	1.800	.095	.095	.24
NO3-	2.00	.032	.032	.08
SiO2(H4SiO4)	16.1	.268	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
TOTAL....	1857.910	26.948	40.182	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	239.00	10.397	10.397	26.00
K+	11.00	.281	.281	.70
Ca++	396.00	9.880	19.760	49.41
Mg++	115.00	4.730	9.460	23.65
Fe++	.040	.001	.001	0.00
Li+	.23	.033	.033	.08
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.14
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	0.00
Mn++	.020	0.000	.001	0.00
Pb	.1	0.000	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
TOTAL....	762.000	25.343	39.993	

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

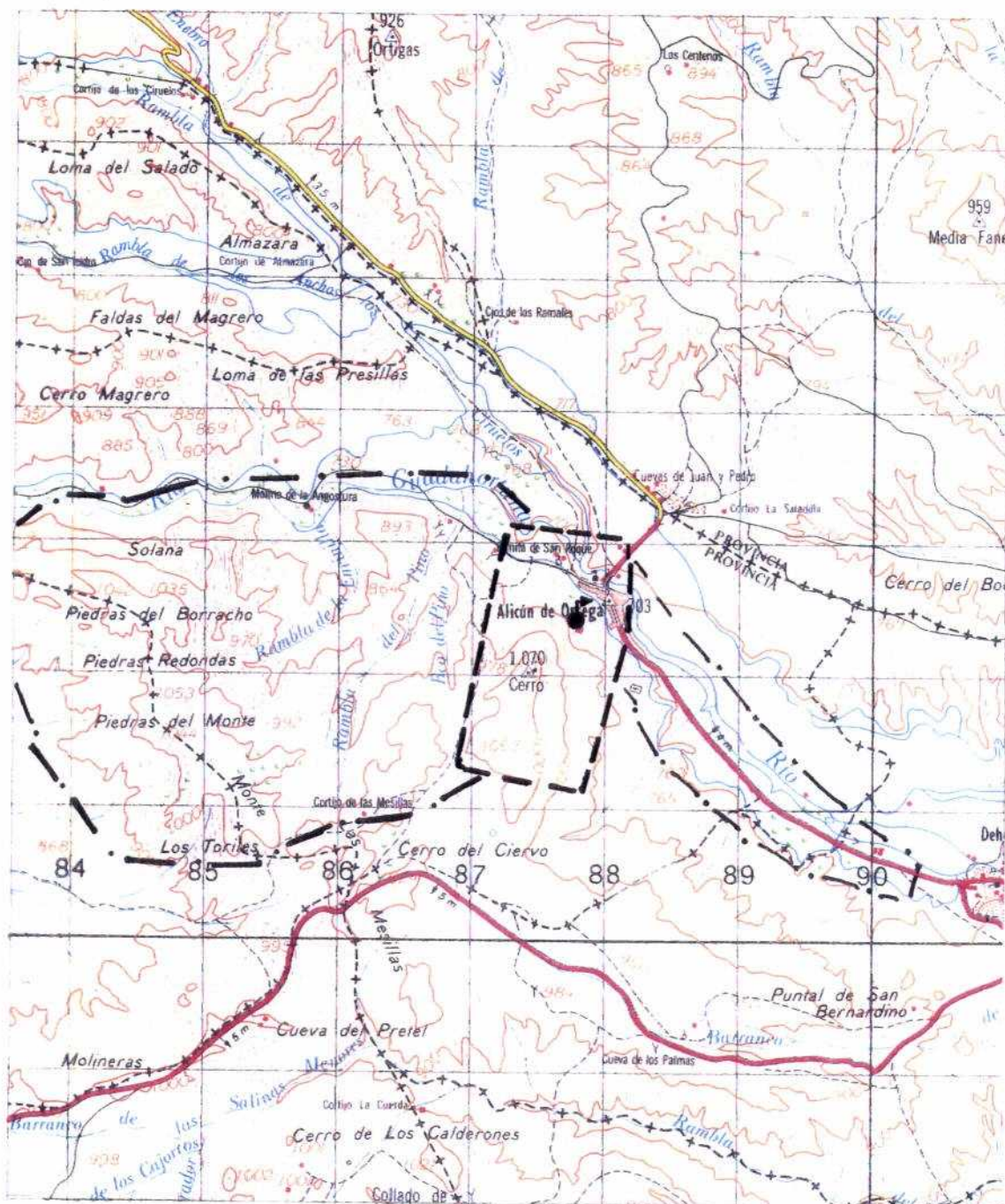
CLASIFICACION: SULFATADA -- CALCICA SODICA

(CO3H+CO3)/Ca =	.155	Cl/Na =	.961	(SO4*Ca)^1/2 =	23.100
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.105	Cl/(Na+K) =	.935	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	1.215
-((CO3H)^2*Ca)^1/3 =	5.704	SO4/Ca =	1.367	Mg/Ca =	.479
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	1.029	SO4/(Ca+Mg) =	.924	Cl/CO3H =	3.258

ARCHIVO EN DISCO: MMGB (AMA2-08)

	ppm
R.S. 110°C	2.610
D.Q.O.	1,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02
CN-	-
Cd	0,002
Cr	0,034
As	-
Se	-
Hg	-

# ALICUN DE ORTEGA



E/1:50.000

## LEYENDA

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

**6.- BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA**

- ITGE (1913).- "Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España".
- ITGE (1975).- "Inventario general de manifestaciones geotérmicas en el territorio nacional".
- ITGE (1982).- "Proyecto para la realización de estudios hidrogeológicos especiales en las provincias de Granada y Jaén. Abastecimiento a Alicún de Ortega".
- ITGE (1986).- "Informe sobre las aguas minero-medicinales, industriales y de bebidas envasadas existentes en España".
- ITGE.- Mapa Geológico nacional a escala 1:50.000 (971) 21-39 - Cuevas del Campo- (sin publicar).

CORTIJO LOS BANUELOS

## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

El manantial del Cortijo Los Bañuelos se encuentra situado a unos 2,5 km. al SE de la población de Diezma y en las proximidades del río Fardes, a una cota aproximada de 1060 m.

El acceso se realiza partiendo del propio núcleo urbano, en dirección al paraje conocido como los Bañuelos, en el margen izquierdo del río Fardes.

Dadas sus características termales fue utilizado con cierta asiduidad por las gentes del lugar como terapéutico, especialmente indicadas en el tratamiento de las afecciones cutáneas. Los antecedentes históricos de los bañuelos son poco conocidos pues tan sólo figura un precedente en el Inventario general de manifestaciones geotérmicas del territorio nacional del ITGE de 1975, con la clasificación de Sulfatada-Clorurada-cálcico-magnésicas.

Actualmente presenta un notable grado de deterioro y abandono lo que condiciona su fuerte cobertura vegetal que imposibilita su observación.

Su escaso caudal (2 l/s) alimenta una alberca situada en las



proximidades del mismo donde se aprovecha para regadío.

Geográficamente, el manantial de los bañuelos está encuadrado dentro de la hoja topográfica a escala 1:50000 (1010) 20-41 -La Peza-, definido por las coordenadas UTM x/471550 e y/4128610.

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

Desde el punto de vista geológico, el manantial surge a favor de una fractura enclavada en materiales pertenecientes al Complejo Maláguide, con predominio de facies permo-triásicas a techo, y calizas alabeadas y filitas devono-carbonífera, a muro. Dicha secuencia aparece en parte enmascarada por materiales de naturaleza lutítica de la Depresión de Guadix (fig. 31 y 32).

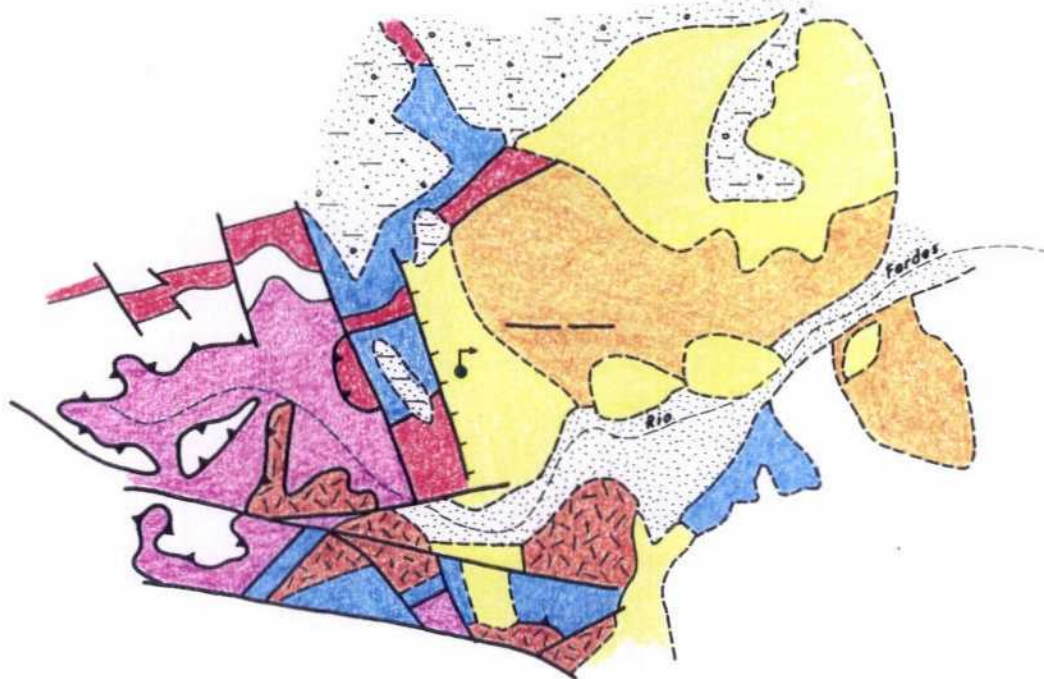
El Complejo Maláguide en este sector, está constituido por los siguientes términos:

### Paleozoico

- Filitas, cuarcitas y conglomerados con potencias medias en torno a los 20 m. La edad es silúrico.
- Metapelitas coloreadas y calizas grises o claras de disposición alternante. La potencia de este término es de 75 m y su edad silúrico sup-devónico inferior.
- Grauwackas, pizarras, conglomerados y calizas alabeadas del Devono-Carbonífero. Constituye un tramo muy detrítico y con un espesor total de 350 m.
- Conglomerado de Marbella con cantos de diferente naturaleza y muy heterométricos. Su edad es Viseense.

FIG. 31  
CORTIJO LOS BAÑUELOS

A. ESQUEMA GEOLOGICO GENERAL



- |                              |                                                                          |                       |                                                                                                |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>M. POSTMANTOS</b>         |                                                                          | <b>C. MALAGUIDE</b>   |                                                                                                |
|                              | Aluvial. Gravas y conglomerados ..... HOLOCENO                           |                       | Areniscas rojizas, conglomerados y limos ..... PERMO-TRIAS                                     |
|                              | Arcillas, gravas y conglomerados ..... PLEISTOCENO                       |                       | Calizas alabeadas, filitas azules grisáceas y cuarcitas. Grauwackas ..... DEVONICO-CARBONIFERO |
|                              | Limos y arcillas. Niveles lacustres con yesos ..... MIOCENO MEDIO SUP.   | <b>C. ALPUJARRIDE</b> |                                                                                                |
| <b>COBERTERA SUPRABETICA</b> |                                                                          |                       | Esquistos biotíticos con andalucita ..... TRIASICO                                             |
|                              | Margas y arcillas. Calizas detríticas y conglomerados ..... MIOCENO INF. |                       | Dolomías y calizas. Mármoles ..... TRIASICO MEDIO-SUP.                                         |

ESCALA - 1:25.000

B. CORTE GEOLOGICO ESQUEMATICO

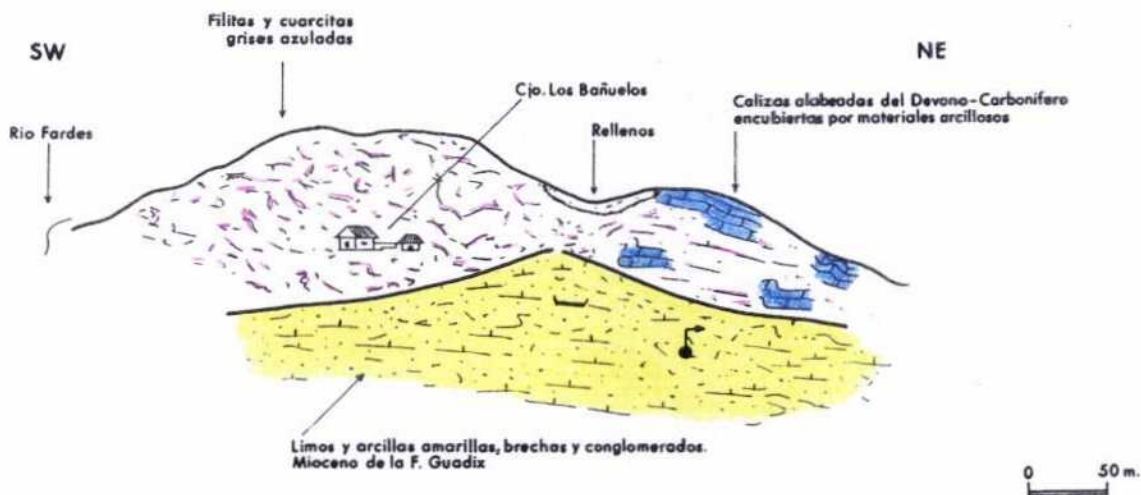
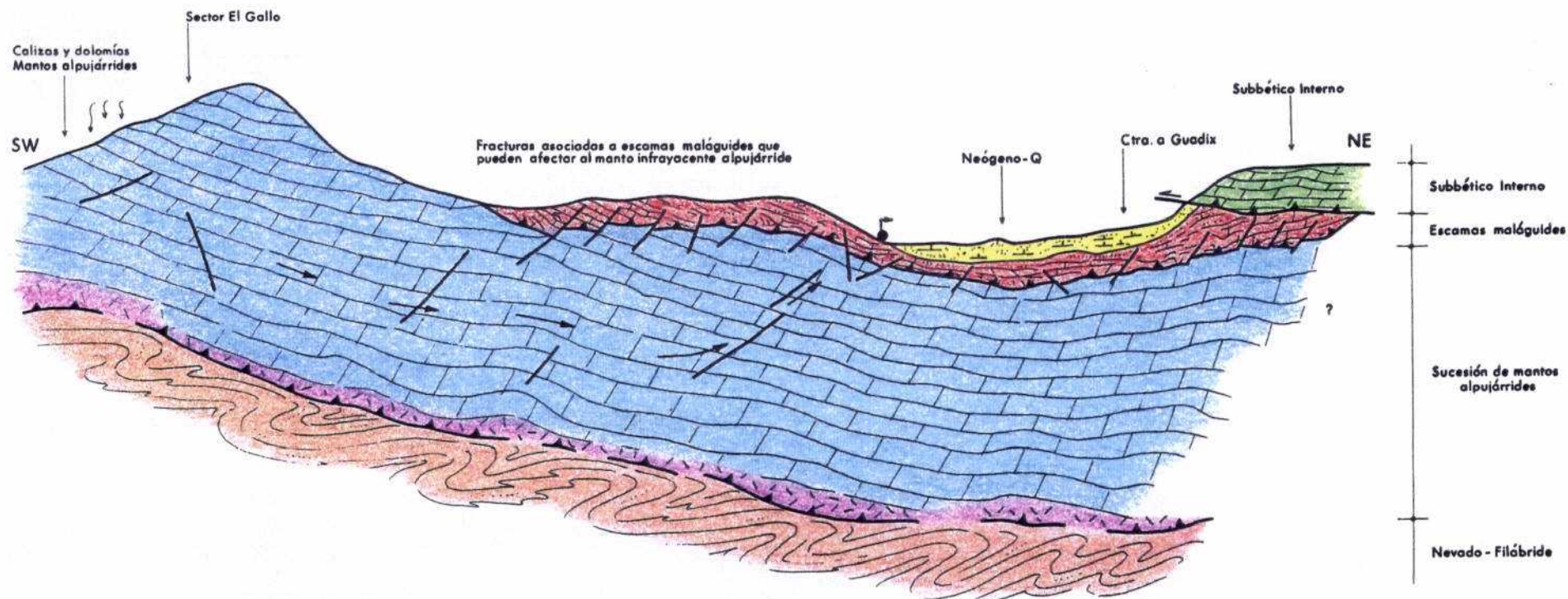




FIG. 32

CORTIJO LOS BAÑUELOS



CORTE GEOLOGICO APROXIMATIVO EN PROFUNDIDAD





TERRENOS POST-MANTOS (DEPRESION DE GUADIX)

-  Gravos, arcillas y costras calcáreas. Conglomerados..... CUATERNARIO
-  Limos y arcillas con niveles lacustres con yesos..... NEOGENO MIOCENO MEDIO-SUPERIOR





MANTO SUBBETICO Y AFINES

-  Margas rojas, calizas detríticas, conglomerados
-  Calizas ooespéricas masivas blancas

C. MALAGUIDE

-  Areniscas, conglomerados y limos rojos..... PERMO-TRIAS
-  Calizas alabeadas, grauwackas, filitas y cuarcitas..... DEVONO-CARBONIFERO

MANTOS ALPUJARRIDES (SUCESION GENERAL)

-  Calizas y dolomías. Mármoles..... TRIAS MEDIO-SUPERIOR
  -  Filitas y cuarcitas..... PERMO-TRIAS
- C. NEVADO- FILABRIDE
-  Mármoles cipolínicos
  -  Micasquistos con granate

### Permo-Trias

- Conglomerados rojos con intercalaciones areniscosas y pelíticas. Aparece de forma discordante sobre el resto de la secuencia Maláguide.

### Trias

Constituye un paquete carbonatado de pequeño espesor con frecuentes intercalaciones margo-areniscosas. Las litologías aquí representadas son las siguientes, de muro a techo:

- Margas coloreadas con potencias máximas en torno a los 30 m.
- Dolomías grises mal estratificadas dispuestas en gruesos bancos y de potencia variable.

En determinados sectores, existen además pequeñas alternancias de calizas claras, dolomías marrones, margocalizas y calizas arenosas.

Dadas las características y situación del manantial, asociado a la extraordinaria complejidad estructural del sector (escamas maláguides) e invocando un régimen de circulación profunda que justifiquen su termalismo moderado y probable almacén, se ha estimado conveniente la enumeración y descripción de términos pertenecientes al manto infrayacente alpujárride.

### C. Alpujárride

Como se explicó en anteriores ocasiones, el alpujárride en este sector viene definido por la existencia de diferentes mantos que se van sucediendo de acuerdo con el grado de metamorfismo que desarrollan. De cualquier forma y en conjunto, la secuencia alpujárride en este sector se encuentra constituida por los siguientes miembros:

- Filitas, cuarcitas y calcoesquistos en la base, con desarrollo de pequeñas esquistosidades. Los espesores varían de acuerdo con su



posición tectónica. Su edad es Permo-Trias.

- Calizas recristalizadas, dolomías e intercalaciones de calcoesquistos y mármoles. A menudo aparecen dolomías carniolares. Tanto las intercalaciones arcillosas como las areniscas y esquistos son abundantes, condicionando a menudo su comportamiento hidráulico. La edad de este conjunto es Trias medio superior y su potencia variable de acuerdo con su posición estructural.

### Materiales postmantos

Se encuentra integrado por un conjunto de materiales de marcado interés a la hora de las posibles salidas a través de ellos de acuíferos de mayor entidad.

Los materiales que constituyen el relleno de la Depresión en este sector, y que en parte enmascaran el contacto entre Maláguide y Alpujárride, están definidas por las siguientes litologías:

- Limos grises con yesos y eventualmente calizas lacustres. Su edad es Serravaliense.
- Calcarenitas bioclásticas y arenas de tipo molasas. Presentan una potencia variable y alternan de forma rítmica.
- Margas blancas con intercalaciones areniscosas y conglomeráticas. Su edad es Tortoniense superior.
- Conglomerados y arenas pertenecientes a la formación Guadix, muy heterométricas y poligénicas. Poseen potencias superiores a los 200 m. De acuerdo con los datos de Vera, su edad es Plio-Pleistoceno.

Por último, señalar todas aquellas formaciones cuaternarias recientes que recubren parte de determinadas litologías y poseen cierta extensión; tal es el caso de los depósitos de pie de monte, derrubios, depósitos travertínicos y aluviales.

## 2.1.- TECTÓNICA. ESTRUCTURA.

La tectónica del sector viene marcada por la extraordinaria complejidad que representa las estructuras de corrimientos asociado a etapas de intensa fracturación (escamas maláguides), consecuencia de las proximidades entre zona Bética y Subbética.

Los materiales alpujárrides cabalgan unidades subbéticas situadas en las posiciones más septentrionales del sector. Estas se encuentran integradas por formaciones carbonatadas permeables, que aparecen en forma de ventanas tectónicas. El conjunto alpujárride a su vez, es cabalgado por el Maláguide, que delimita los contactos hacia el norte con litologías subbéticas.

Posteriormente a las principales etapas que configuran la estructuración de los sucesivos mantos, acontecen durante el neógeno fases compresivas que generan pliegues, fallas inversas y fallas de componente direccional. Muchos de estos episodios se han prolongado hasta el cuaternario donde han actuado junto a etapas distensivas.

## 3.- HIDROGEOLOGÍA

La hidrogeología del sector está definida por la presencia de diferentes unidades o acuíferos de cierto interés hidrogeológico, condicionado en parte por los mecanismos de tectónica local.

### 3.1.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Vamos a definir fundamentalmente dos unidades o acuíferos de cierto potencial hidrogeológico.

### Acuífero Maláguide

Dadas sus características litológicas, constituye un acuífero de menor potencial hidrogeológico que el alpujárride, aunque se ve extraordinariamente favorecido por el intenso sistema de fracturación al que se ve sometido. Son de cierto interés aquellas formaciones carbonatadas y areniscosas del Permo-Trias -a partir del cual surge el manantial-, aunque debido a su escaso espesor, se condiciona en cierta medida su potencial hidrogeológico. Se trata de materiales fundamentalmente permeables por fracturación. Las secuencias filíticas y conglomeráticas paleozoica constituirían el muro impermeable de la misma. La alimentación principal se efectúa a través de la infiltración directa de las precipitaciones.

### Acuífero Alpujárride

Corresponde a un acuífero de marcado interés hidrogeológico pero con un fuerte condicionante representado por el grado de compartimentación que experimenta. No todos los mantos poseen la misma entidad hidrogeológica. Los que presentan un mayor potencial dada su extensión, son los mantos del Zujeiro y de la Alfaguara, que puedan corresponder con los de las Víboras y Trevenque en otros sectores.

A menudo, dichas formaciones alcanzan potencias de hasta 1000 m de espesor y con una extensión aproximada de 213 Km<sup>2</sup>. Fundamentalmente corresponden a formaciones calizas y/o dolomíticas con intercalaciones arcillosas y mármoles. Los fenómenos de karstificación no está excesivamente desarrollados a diferencia de los de fracturación.

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

### Otros acuíferos

Señalar en este apartado la existencia de formaciones detríticas pliocuaternarias en el seno de la formación Guadix que eventualmente pudieran actuar como salidas de acuíferos de potencial hidrogeológico mayor.

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

Se desconoce de forma detallada las características y funcionamiento de ambas unidades.

Existen algunos datos en relación a la unidad alpujarride que indican recargas del orden de 71 Hm<sup>3</sup>/año. Las descargas visibles en la cabecera del río Fardes se estiman en 10-15 Hm<sup>3</sup>/año, a través de una serie de surgencias al sur de Diezma. En función de tales cifras, se supone una descarga hacia los materiales neógenos y cuaternarios de los bordes de 20 Hm<sup>3</sup>/año.

La alimentación se efectúa principalmente a través de la infiltración directa por precipitaciones y en menor cuantía por percolación de los cursos superficiales.

### 4.- HIDROQUÍMICA

Agua de naturaleza sulfatada cálcica, en equilibrio respecto a anhidrita según se desprende de la correspondiente gráfica de saturación (fig. 33), y sobresaturada en calcita, dolomita y yeso. Estos datos así como el nivel de mineralización del agua (conductividad = 3.110  $\mu$ S/cm), indican la existencia de un proceso de disolución de evaporitas, y más concretamente de yeso/anhidrita. Estos materiales aparecen como intercalaciones en las areniscas y limos rojos del Permo-Trías Malaguide en que aflora el manantial. Sin embargo la posibilidad, apuntada en la



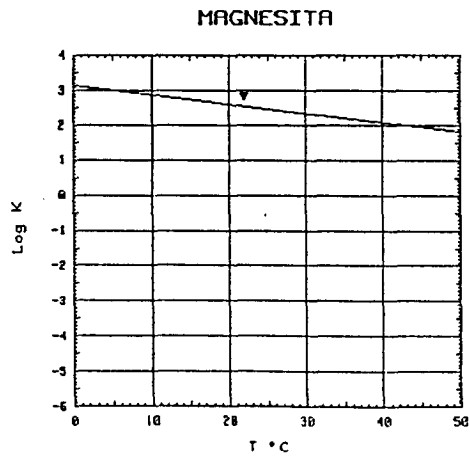
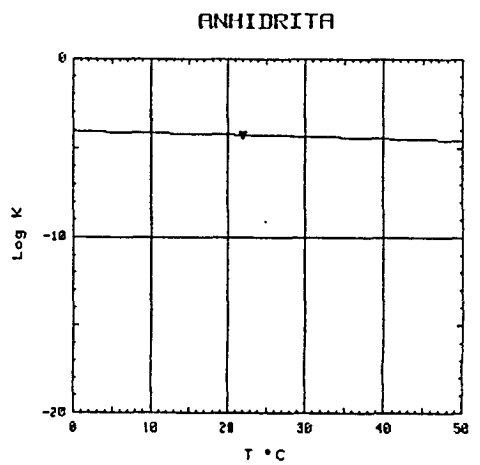
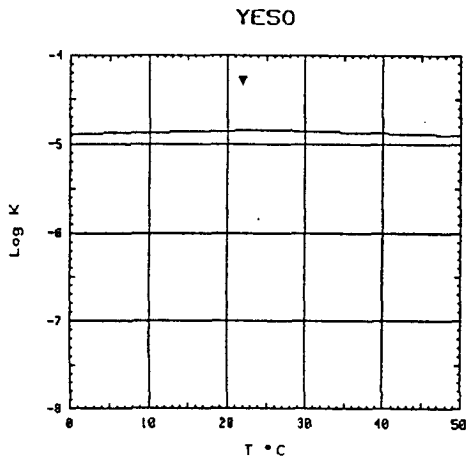
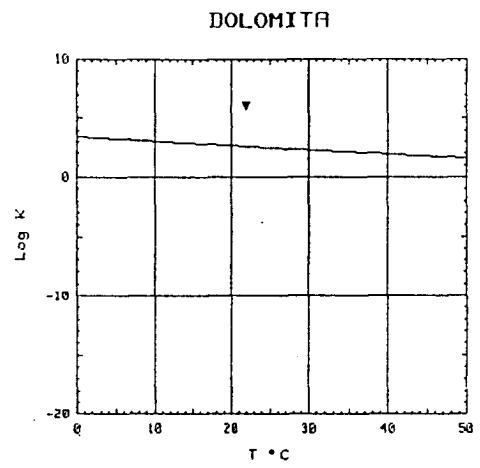
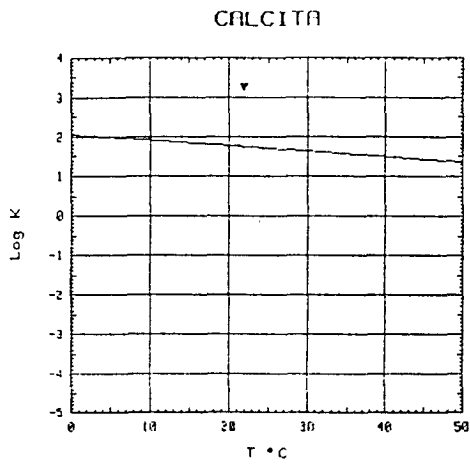


FIG. 33.-DIAGRAMAS DE SATURACION MUESTRA CORTIJO LOS BAÑUELOS

descripción geológica, de interconexión entre estos materiales y la formación alpujárride infrayacente en la que son frecuentes las evaporitas, sugiere que dicha formación también se hallaría en disposición de influir sobre la componente salina del agua.

La temperatura medida  $-22^{\circ}\text{C}$  no corresponde con la real, puesto que no se midió en el punto de surgencia debido a su inaccesibilidad. Datos anteriores asignan al manantial una temperatura de  $32^{\circ}\text{C}$ .

En lo que respecta a microcomponentes hay que destacar la presencia de trazas de cadmio ( $1\ \mu\text{g}/\text{l}$ ), así como  $2\ \mu\text{g}/\text{l}$  de cianuros.

Los perfiles hidroquímicos correspondientes a la muestra actual, y a otra correspondiente a 1975 de cuyo análisis se dispone, se representan en la fig. 34. Si bien la muestra de 1990 presenta mayor mineralización -la concentración de todos los iones mayoritarios excepto  $\text{HCO}_3^-$  es mayor que en la del 82-, el paralelismo entre ambos perfiles resulta evidente. Estas variaciones, atribuibles al influjo diferencial de las facies evaporíticas (muy solubles), son frecuentes en surgencias ligadas a estos materiales, como se comprobará a lo largo de este estudio.

## 5.- AREAS DE PROTECCIÓN

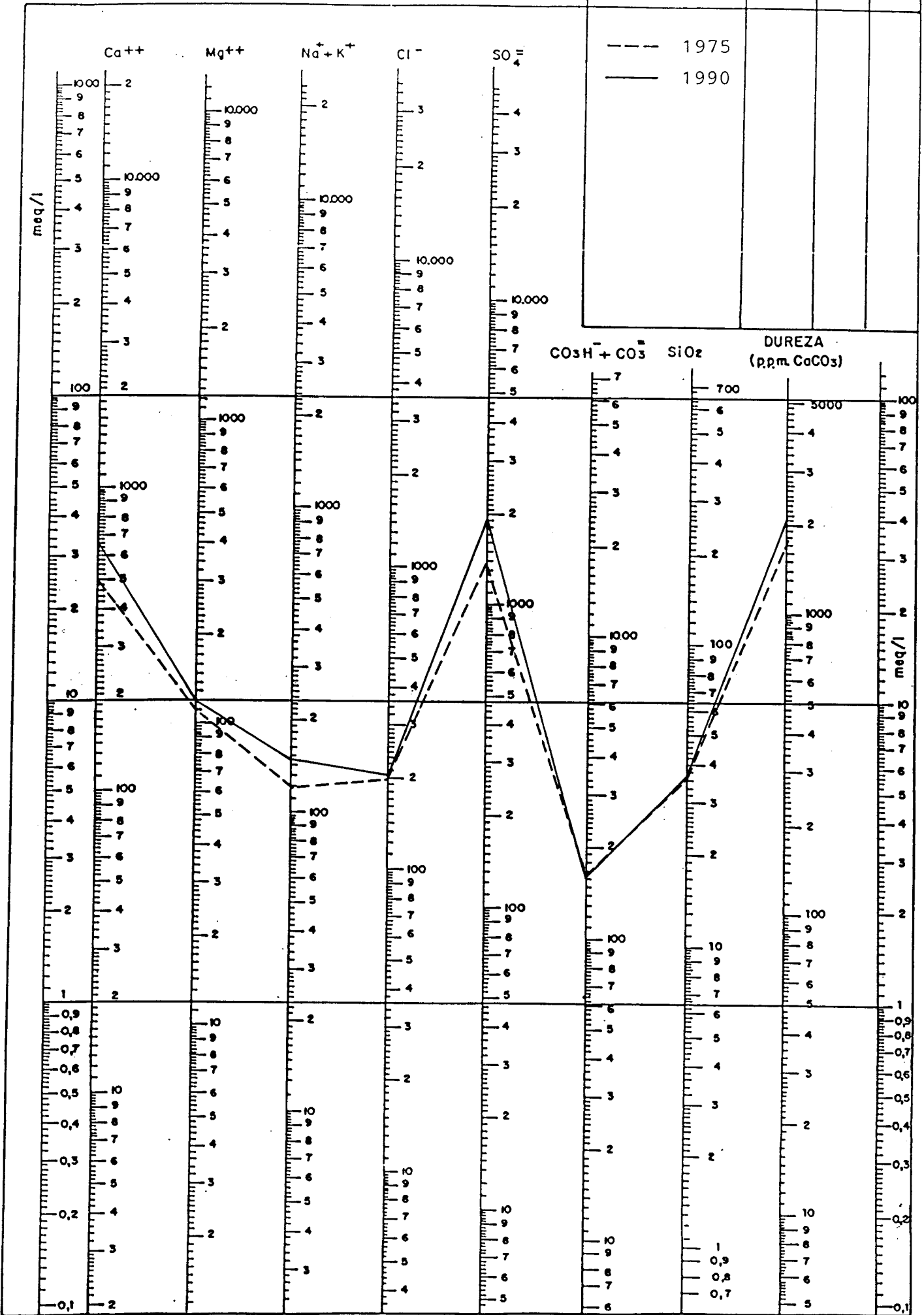
### 5.1.- JUSTIFICACIÓN DE PROPUESTA DE AREA DE PROTECCIÓN

El establecimiento de una propuesta de área de protección para dicho sector, se ha elaborado teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Principales sistemas de fracturas; corresponde a un sector de enorme complejidad estructural y con un comportamiento muy desigual desde el punto de vista hidrogeológico.
- Zonas de recarga; selección de probables almacenes y

Fig. 34.-CORTIJO LOS BAÑUELOS

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



# ANALISIS QUIMICO

\*  
 DENOMINACION: CORTIJO LOS BAÑUELOS  
 FECHA: \*

TEMPERATURA (°C): 22.0      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 3110  
 pH a 22°C: 7.42      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 2196  
 pH a 18°C: 7.70      Eh campo (mV): 41

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	151.00	2.475	2.475	5.08
CO3=	-	-	-	-
SO4=	1937.00	20.164	40.328	82.79
Cl-	204.00	5.755	5.755	11.81
F-	2.800	.147	.147	.30
NO3-	<5.0E-1	.008	.008	.02
SiO2 (H4SiO4)	36.9	.614	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
TOTAL....	2332.210	29.164	48.714	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	131.00	5.699	5.699	11.42
K+	14.00	.358	.358	.72
Ca++	662.00	16.517	33.034	66.18
Mg++	130.00	5.347	10.694	21.42
Fe++	.020	0.000	.001	0.00
Li+	.49	.071	.071	.14
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.11
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	0.00
Mn++	.032	.001	.001	0.00
Pb	.1	0.000	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
TOTAL....	938.242	28.013	49.916	

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

CLASIFICACION: SULFATADA -- CALCICA

(CO3H+CO3)/Ca = .075    Cl/Na = 1.010    (SO4\*Ca)<sup>1/2</sup> = 36.499  
 (CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .057    Cl/(Na+K) = .950    (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = 1.179  
 ((CO3H)<sup>2</sup>\*Ca)<sup>1/3</sup> = 5.871    SO4/Ca = 1.221    Mg/Ca = .324  
 (CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = .979    SO4/(Ca+Mg) = .922    Cl/CO3H = 2.325

ARCHIVO EN DISCO: MMB9 (AMA2-09)

	ppm
R.S. 110°C	3.157
D.Q.O.	1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03
CN-	0,002
Cd	0,001
Cr	0,022
As	-
Se	-
Hg	-

LOS BAÑUELOS (DIEZMA)



E/1:50.000

LEYENDA

- — — — — Propuesta de área de protección inmediata
- - - - - Area de protección remota
- ♣ Manantial

comportamiento hidráulico.

- Red fluvial. Representada en su mayor parte por elcauce del río Fardes.

## 5.2.- POSIBLES FOCOS DE CONTAMINACIÓN

En el entorno del manantial, se han observado pequeñas actividades de naturaleza agrícola que afectan directamente al manantial ya que en parte, este se encuentra obstruido por tierra de labor y posterior cultivo.

De igual forma, se señala la hipotética influencia de vertidos líquidos urbanos procedentes de la población de Diezma hacia el río Fardes, aunque en general, el peligro de contaminación potencial en este sentido es muy bajo.

## 6.- BIBLIOGRAFIA SELECCIONADA

- Garcia Dueñas, V y Navarro-Vila, F(1976).-"Alpujarrides, Maláguides y otras unidades alóctonas al norte de Sierra Nevada." Bol.Soc.Geol.France 18, pgs. 641-648.
- ITGE(1974-75).-"Inventario general de manifestaciones geotérmicas en el territorio nacional."
- ITGE(1984).-"Estudio geológico-geotermico de la Depresión de Granada y área de Lanjaron."
- ITGE.- Mapa Geológico nacional a escala 1:50000 (1010) 20-41 -La Peza-.
- ITGE(1990).-"Atlas hidrogeológico de la provincia de Granada."

- PEN-ADARO(1982-83).-"Estudio geoquimico de las manifestaciones termales de Granada, Almería y Murcia."

BAÑOS DE LA MALA - LAS DELICIAS



## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1.-LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA Y DATOS HISTÓRICOS

Los baños de La Malá se encuentran situados en las proximidades del borde meridional de la Depresión de Granada y al noroeste del pueblo del mismo nombre, a una cota aproximada de 730 m.

Su acceso se realiza a través de la carretera comarcal que une Granada con la Malá, tomando la pista que partiendo de la última localidad nos conduce al paraje conocido como "Los baños", próximo a las salinas de la población.

Las primeras referencias que se tienen de los mismos, datan de las épocas cartaginesas y romana, aunque en realidad alcanzaron su mayor esplendor durante la dominación árabe (Véase Faruk Aladel-Reneses Cesteros en "Malaha...un paraíso en el olvido". Referencia en ficha de Inventario correspondiente ).

Con posterioridad, y a lo largo del siglo XIX y principios del XX, gracias a la dedicación del Dr.D. Manuel Rodríguez Carreño (periodo 1846-49) el balneario adquiere especial importancia como consecuencia de la afluencia masiva de visitantes que se registran durante este periodo. Al final del siglo XIX, debido a circunstancias económicas y políticas, comienza una etapa de paulatina decadencia de la villa y su balneario hasta nuestros días, en la que el ayuntamiento de la localidad y bajo la supervisión de D.José Matute Benavides, ha emprendido una labor de

reconstrucción y limpieza de su entorno. Circunscrita a este entorno, se localizan el conjunto de surgencias de "Las Delicias ", famosas de antaño pero actualmente casi desaparecidas.

Su declaración de utilidad pública se remonta a 1870 , donde aparece en el listado de establecimientos balnearios de la Dirección General de Sanidad editado por ANET , aunque se desconozca con exactitud su fecha de publicación. De igual forma Doz Gómez y Builla Alegre (1887) en su "Elementos de Hidrología Médica", las clasifica como ferruginosas, de sabor estíptico y salado e indicadas en el Herpetismo, cloro-anemia y escrofulismo.

Con posterioridad los baños de la Malá aparecen en las relaciones de aguas minero-medicinales de 1913, 1928, 1947 y 1986, con la clasificación de bicarbonatadas cálcicas-ferruginosas.

Poseen en su conjunto una marcada finalidad terapéutica con especial indicación en todas aquellas afecciones de componente dermatológico y sistema nervioso.

Las aguas no utilizadas son conducidas a una alberca para su posterior distribución agrícola (Mancomunidad de Regantes de La Malá).

Desde el punto de vista geográfico, tanto los baños de la Malá como las Delicias están encuadrados dentro de la hoja topográfica a escala 1:50000 (1026) 19-42 -El Padul- definidos por las coordenadas UTM x/435460 e y/4106950 -Baños de la Malá-; y x/435830 e y/4107260 -Baños de las Delicias-.

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

Desde el punto de vista geológico los baños de La Malá se localizan en el contacto de un afloramiento dolomítico del trias medio-superior alpujárride con el neógeno postmantos de la Depresión de Granada

(fig. 35 y 36).

Corresponde en su conjunto a una cuenca sedimentaria, limitada en dicho sector, por secuencias carbonatadas que constituyen en su mayor parte la fuente de alimentación de los sedimentos de la Depresión. A menudo, los materiales neógenos recubren y enmascaran gran parte del afloramiento alpujárride, dificultando así su observación (fig. 37).

Litológicamente, el alpujárride aquí representado está constituido por secuencias de dolomías y calizas de tonalidades grisáceas-azuladas con pequeñas intercalaciones de filitas, adquiriendo todo su conjunto una apariencia milonítica dada la intensa fracturación que lo afecta.

El afloramiento de los baños está casi exclusivamente constituido por una secuencia de materiales carbonatados del Trias medio-superior pertenecientes al manto del Trevenque.

Dicha unidad, conforma la mayor parte de los relieves que limitan y ocupan el sector más meridional de la Depresión de Granada.

Como ya se ha dicho, la formación carbonatada está compuesta principalmente por dolomías afectadas por una intensa fracturación, en algunos casos brechificadas y de aspecto milonítico. En algunos puntos, forman auténticas "kakiritas", frecuentes en diversas unidades de los mantos alpujárrides.

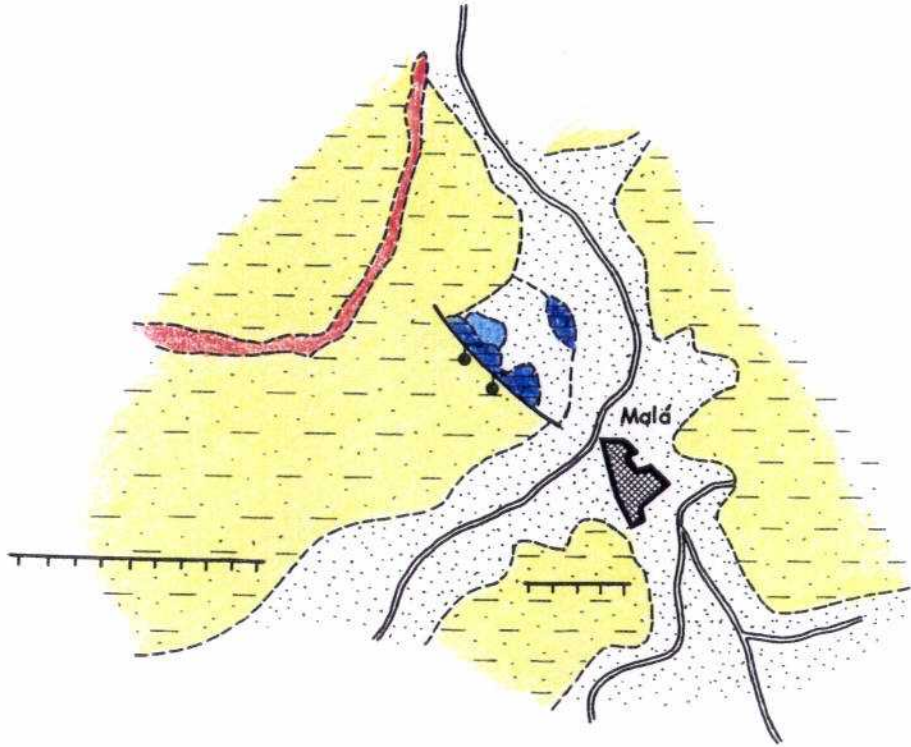
Posee una potencia media estimable superior a 500 m.

#### **Materiales postorogénicos (neógeno de la Depresión)**



Constituyen el relleno fundamental de la Depresión de Granada y se sitúa de forma discordante respecto a la unidad alpujárride. Asociado a los niveles del Messiniense existen depósitos salinos que son utilizados para su posterior explotación en las denominadas "salinas de La Malá", próximas al lugar de localización del manantial.

FIG. 35  
BAÑOS DE LA MALA



A. ESQUEMA GEOLOGICO GENERAL



M. POSTMANTOS

-  Aluvial, gravas, conglomerados, arenas, etc. .... CUATERNARIO
-  Limos, arcillas, arenas e intercalaciones de yesos ..... MESSINIENSE SUP.

SUSTRATO BETICO (C. ALPUJARRIDE)

-  Dolomias y mármoles dolomíticos ..... TRIAS MEDIO - SUP.
-  Filitas y cuarcitas gris azuladas ..... PERMO-TRIAS INF.

ESCALA - 1 : 25.000

B. CORTE GEOLOGICO ESQUEMATICO

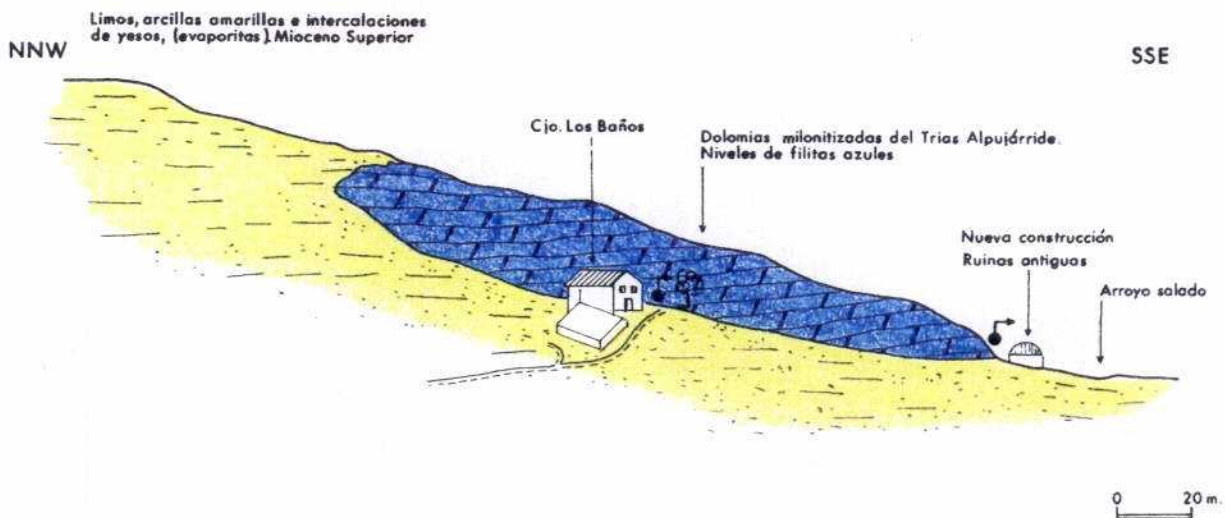
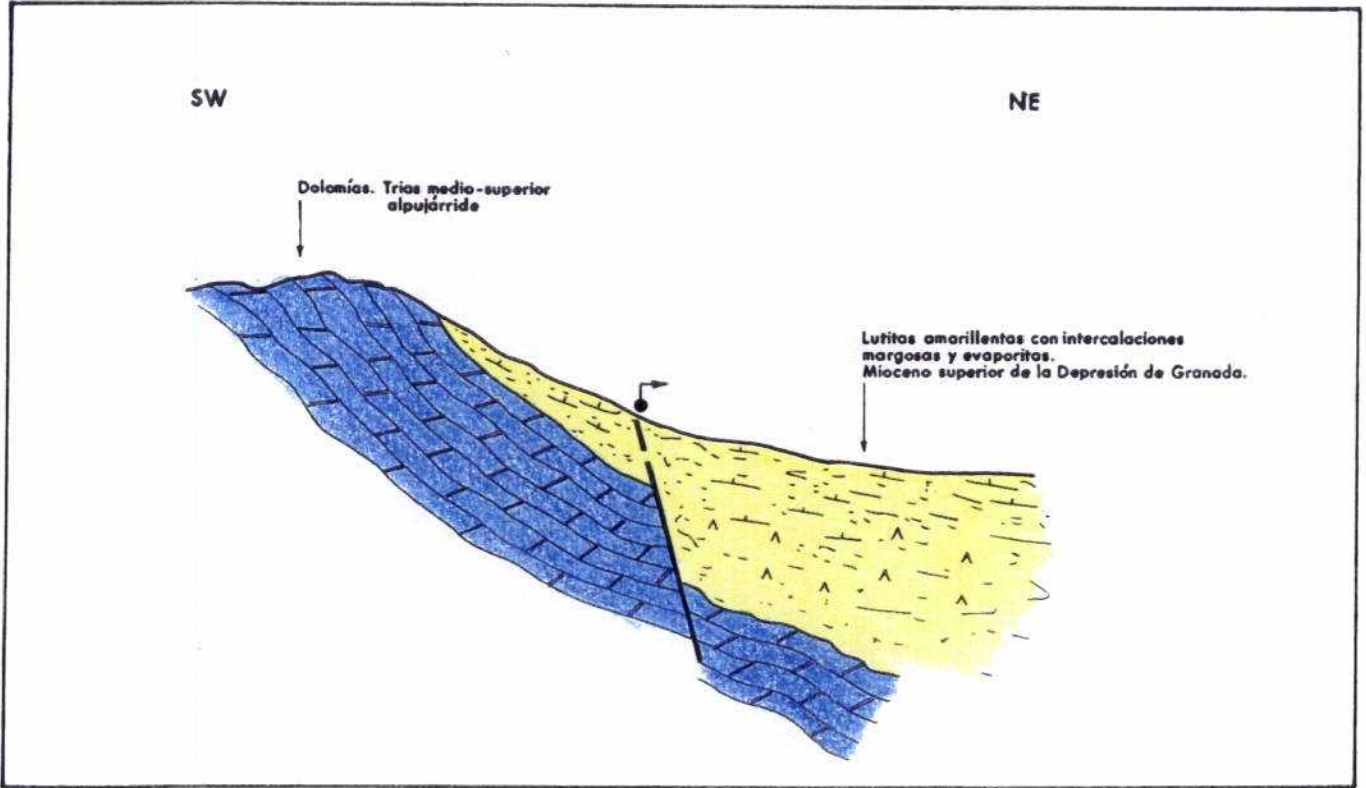


FIG. 36  
LAS DELICIAS  
CORTE GEOLOGICO ESQUEMATICO



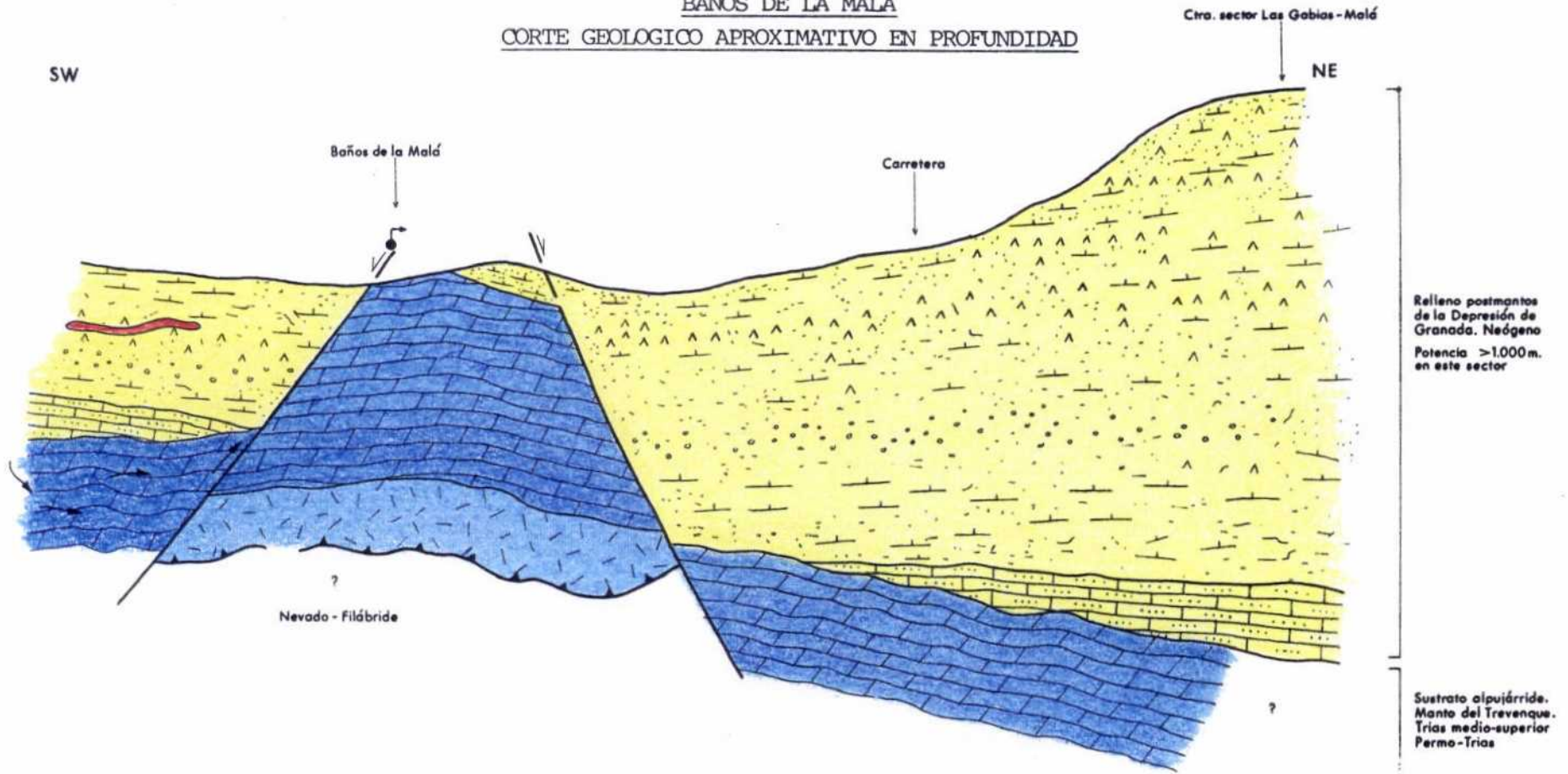
0 50 m.













FIG. 37

BAÑOS DE LA MALA

CORTE GEOLOGICO APROXIMATIVO EN PROFUNDIDAD



-  Aluvial. Gravas, arenas y conglomerados ..... CUATERNARIO
-  Lutitas, conglomerados y calizas ..... PLIOCENO
-  Calizas lacustres. Margas con yesos ..... MIOCENO TERMINAL
-  Turbiditas. Limos con yesos. Arenas. Sal. Depósitos de celestina ..... MIOCENO SUP.
-  Conglomerados. Block formación ..... TORTONIENSE
-  Margas grises. Facies marinas ..... TORTONIENSE

-  Calcarenitas bioclásticas y conglomerados ..... TORTONIENSE
-  Arcillas y limos con lignitos. Calizas lacustres ..... MIOCENO MEDIO
- ALPUJARRIDE (MANTO DEL TREVENQUE)**
-  Dolomias y mármoles dolomíticos. Calizas ..... TRIAS MEDIO SUP.
-  Filitas azules y cuarzitas ..... PERMO-TRIAS

ESCALA - ALEATORIA EN PROFUNDIDAD

Hacer especial hincapié en este sentido, en los espectaculares desarrollos que adquieren los depósitos evaporíticos en las inmediaciones de los baños e inmediaciones del pueblo.

La distribución de las litofacies y de las potencias están muy condicionadas por el desarrollo tectónico.

En su conjunto, abarcan edades comprendidas entre el Tortonense y el Holoceno.

Se han diferenciado pues en este sector, tres tramos fundamentales:

- Tortonense inferior-medio

Está constituido básicamente por secuencias de calcarenitas bioclásticas con gran proporción de cantos de naturaleza silicea y carbonatada. El tamaño de grano disminuye hacia el centro de la depresión, pasando de gravas y conglomerados a arena fina e, incluso, limos. Presenta muy escasa matriz y cemento esparítico.

Posee una potencia media aproximativa comprendida entre los 10 y los 100 metros de acuerdo con su posición en relación a las alpujárrides.

- Tortonense superior

Está representado por varios términos de diferente naturaleza.

Hacia la base predominan los conglomerados que, pasan gradualmente a secuencias de limos y arcillas amarillentas, ampliamente representadas en las proximidades de los baños.

A menudo aparecen intercalaciones evaporíticas constituidas por yesos y/o anhidritas.

Puntualmente existen depósitos de celestina que vienen siendo

explotados (Montevives y Escuzar).

Asociados a estos aportes detríticos, aparecen niveles de areniscas más o menos compactas con pequeñas intercalaciones de yesos.

La potencia total de este tramo oscila entre los 250-500 m.

- Tortonense superior-messiniense

Ocupa gran parte del área que circunscribe al manantial. Presenta cierta similitud de facies con el apartado descrito anteriormente.

Corresponde en su conjunto a una alternancia de margas, algo limosas de cierta ritmicidad y carácter turbidítico. Frecuentemente se intercalan niveles de yesos. Asociados a estos depósitos, aparecen niveles salinos que son explotados en las proximidades del pueblo (salinas de la Malá).

La potencia de dicho paquete se estima en unos 400 metros.

- Cuaternario

Por otra parte habría que señalar aunque de menor importancia los depósitos cuaternarios correspondientes al aluvial del arroyo del salado. En su conjunto corresponden a depósitos de naturaleza detrítica-arcillosa que proceden del desmantelamiento de los relieves circundantes. Son en general de poca extensión y escasa representación.

## 2.1.- TECTÓNICA

Estos procesos están definidos fundamentalmente por una estructura de fractura, que se superpone a la alpina propia de los terrenos alpujárrides. En este sentido, señalar que la neotectónica no solo afecta a dichos terrenos sino que también lo hace con los materiales postorogénicos.



El Complejo Alpujárride en dicho sector, está afectado por una intensa fracturación, además de poseer una estructura en apilamiento de varios mantos que superponen unas unidades a otras. Por su parte los materiales pertenecientes al Mioceno y depósitos más modernos, ocultan el contacto y se disponen discordantemente, sobre materiales correspondientes a las zonas Béticas y Subbética.

En el sector de los baños, las dolomías están fuertemente fracturadas por fallas de diferente naturaleza y dirección. Dicha unidad, se oculta bajo los depósitos postorogénicos de la depresión conformando estructuras en asociación con fallas que definen la cuenca intramontañosa (sistemas de horst y graben intracuenca).

Estos accidentes en profundidad condicionan en gran parte la potencia media de los materiales de relleno. Es precisamente en relación a una de estas estructuras (horst) a la que presumiblemente se asocien las manifestaciones termales de los baños.

Por su parte, los materiales pertenecientes al relleno de la depresión presentan fracturas, aunque en general de menor envergadura que las anteriores. La presencia de pliegues en dichas litologías, se asocian fundamentalmente al desarrollo de fenómenos diapíricos que originan abombamientos en las unidades superiores. De cualquier modo, la intensidad de la deformación de los materiales postorogénicos dista mucho de la del Complejo Alpujárride, afectado extensamente durante la orogenia Alpina.

### 3.- HIDROGEOLOGÍA

Tenemos fundamentalmente dos conjuntos que presentan diferente comportamiento hidrogeológico:

Por una parte el formado por los materiales carbonatados (calizas y/o dolomías) del Complejo Alpujárride, permeables por fracturación; y por otra, el conjunto detrítico del Mioceno superior, con permeabilidad

variable en función del tamaño de grano y grado de fracturación. Señalar en este sentido la baja permeabilidad de los depósitos lutíticos-margosos del Messiniense.

Los materiales cuaternarios apenas presentan interés, con permeabilidades medias y bajas de acuerdo a su posición o sector.

### 3.1.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Dentro de la zona objeto de estudio, podemos diferenciar dos unidades principales de acuerdo con su comportamiento hidrogeológico y naturaleza.

Por una parte la unidad carbonatada del alpujárride y por otra la unidad detrítica-arcillosa de los materiales de relleno de la depresión.

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

##### Unidad carbonatada alpujárride

La unidad hidrogeológica que constituyen las calizas y dolomías alpujárrides tienen una mayor extensión hacia el Sur, Este y Oeste, que la superficie que nos ocupa.

El área más importante de descarga de la unidad se sitúa en las inmediaciones de la turbera del Padul en relación con las fallas de borde del sistema. Allí aparecen numerosos manantiales y obras de captación con descargas continuas en conjunto superior a los 200 l/seg. La cota de los puntos de agua más importante se encuentran entre los 727 y los 736 metros.

Sin embargo, al Oeste de Escuzar, existen dos sondeos emplazados en materiales tortonienses pero que afectan a las dolomías triásicas

alpujárrides a distintas profundidades, en las que el nivel piezométrico se sitúa entre los 825 y 835 metros de cota absoluta.

Esta diferencia de unos 100 metros entre la zona de descarga de Padul y el nivel de los sondeos parece indicar la existencia de una desconexión de importancia entre dichas zonas pertenecientes a la misma unidad. Esto se explica a través de una supuesta compartimentación motivada por niveles de menor permeabilidad intercalados, como pudieran ser las filitas del tramo inferior pelítico de las unidades alpujárrides, interpuestas mediante discontinuidades estructurales.

Como ya se ha indicado anteriormente es en relación a dicha unidad la aparición del manantial termal de La Malá a favor de una fractura localizada en un supuesto horst intracuena oculto en parte por el relleno postorogénico de la depresión. El manantial con un caudal aproximado de unos 8 l/s y una cota de 730 m. puede estar relacionado con este sistema de descargas.

De igual forma, alineadas con el afloramiento alpujárride de La Malá, en dirección aproximada Este-Oeste, existen otras dos manifestaciones hidrogeológicas: las salinas de La Malá en relación con materiales del Messiniense y la antigua sima termal del yacimiento de celestina de Montevives hoy día seco.

En definitiva, parece existir una conjunción entre la aportación de aguas más o menos profundas provenientes de las calizas y dolomías triásicas, la presencia de un gran sistema de fracturación en profundidad y por último la existencia en los sedimentos postorogénicos atravesados en el ascenso de importantes núcleos salinos que aportan a las aguas altas concentraciones iónicas.

#### Materiales postorogénicos

Dentro de este gran conjunto, existe una gran variedad de comportamiento hidrogeológico.

Se pueden considerar permeables todos aquellos depósitos detríticos del tortoniense inferior y medio; los depósitos aluviales son también permeables de forma local.

Esto a excepción de pequeños niveles detríticos o areniscosos intercalados en las secuencias evaporíticas son prácticamente impermeables.

Bajo los limos con yesos del Messiniense aparecen los materiales calcareníticos del Tortoniense medio que constituyen un acuífero confinado bajo estos (permeabilidad intergranular). Dicho paquete representa en determinados sectores acuífero de interés.

En zonas cercanas al borde de la Depresión o afloramientos dolomíticos aislados aparecen manantiales de cierta entidad que ponen de manifiesto su probable relación con el acuífero carbonatado infrayacente a favor de fracturas o niveles más permeables.

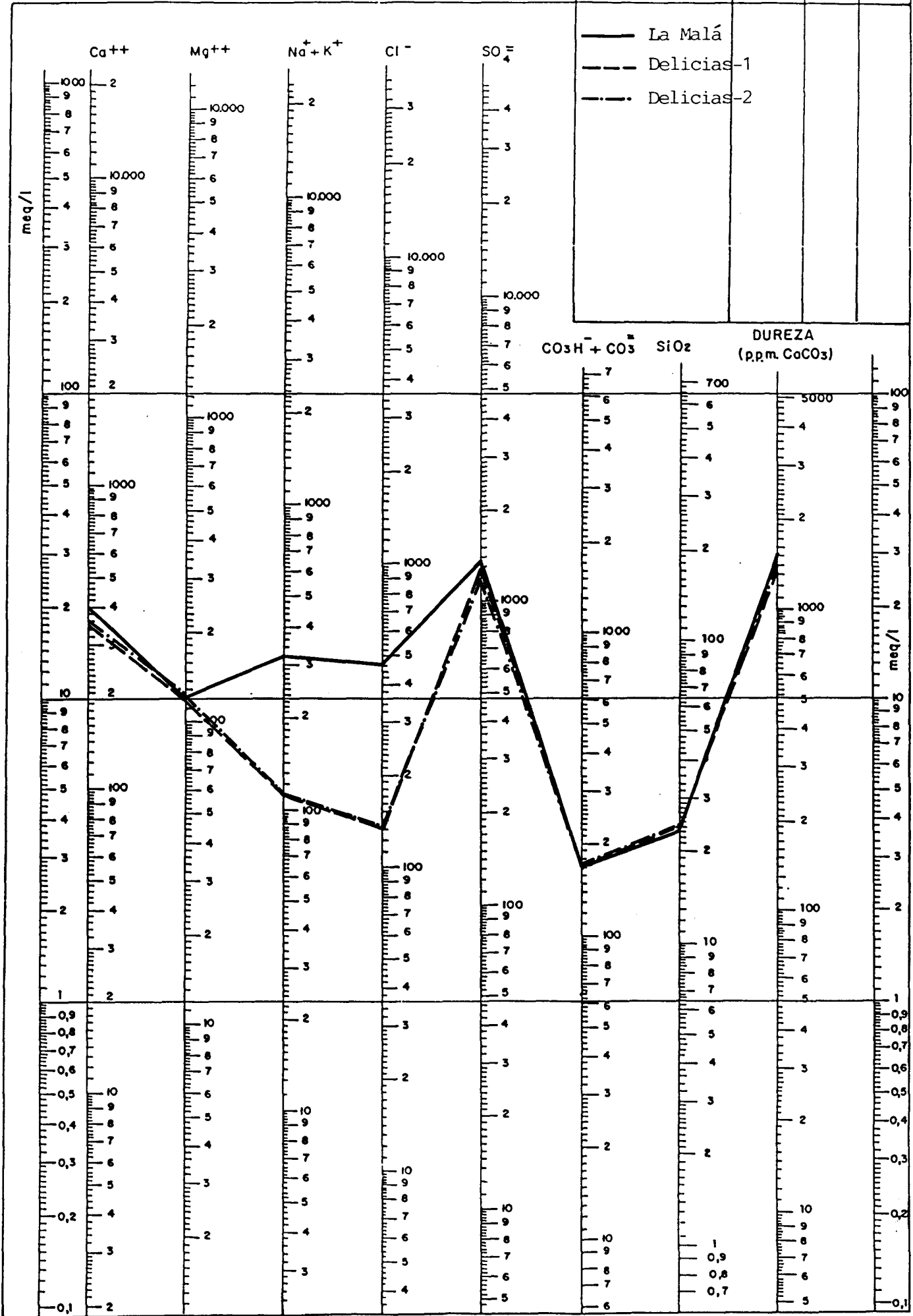
#### 4.- HIDROQUÍMICA

A fin de mantener la coherencia respecto a los apartados precedentes, se han agrupado bajo el mismo estudio hidroquímico los manantiales de La Malá y Las Delicias. Todos ellos son sulfatados cálcicos, si bien con cierto carácter clorurado sódico en el primero de ellos.

El diagrama logarítmico de la fig. 38, ofrece una visión inicial comparativa de sus correspondientes perfiles analíticos. A primera vista se observa la gran coincidencia entre las dos muestras de Las Delicias, así como las diferencias respecto al manantial de Los Baños. Las más significativas de estas últimas se aprecian a través de los datos siguientes:

FIG. 38.- BAÑOS DE LA MALA - LAS DELICIAS

LEYENDA			
MUESTRA	C μ S/cm	pH	Eh
— La Malá			
- - - Delicias-1			
- · - Delicias-2			



	Cond. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$	$\text{Na}^+$	$\text{Ca}^{2+}$
La Malá	3.300	1.360	470	307	409
Delicias-1	2.250	1.280	129	103	354
Delicias-2	2.270	1.260	130	101	355

(conc. en mg/l)

En el caso de los microcomponentes, se observan también algunas discrepancias:

	<u>Cd</u>	<u>Cr</u>	<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Pb</u>	<u>CN</u>
La Malá	4	38	20	39	80	2
Delicias-1	<1	8	40	11	49	-
Delicias-2	<1	14	70	14	47	-

(conc. en  $\mu\text{g}/\text{l}$ )

Las diferencias esenciales corresponden pues al contenido en cloruros, sodio y, en menor medida, calcio. Ello significa que la componente evaporítica en el agua de los Baños, se encuentra más influenciada por materiales tipo halita que en el caso de Las Delicias.

Los diagramas de saturación representados en la fig. 39, indican que en todos los casos existen condiciones de sobresaturación respecto a calcita, dolomita y yeso, y una situación de subsaturación pero próxima al equilibrio para la anhidrita. En lo que respecta a la halita, la subsaturación respecto a este mineral tan soluble es notable, si bien lógicamente lo es en menor medida para la muestra de mayor contenido en ClNa (La Malá).

La relación iónica  $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3 + \text{SO}_4 / \text{Ca} + \text{Mg}$  es unitaria para las tres muestras. Por el contrario, los índices típicos de formaciones carbonatadas  $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3 / \text{Ca}$  y  $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3 / \text{Ca} + \text{Mg}$  ofrecen valores muy bajos.

La presencia de depósitos de origen evaporítico en los materiales postorogénicos que rellenan la Depresión de Granada, es sin duda muy frecuente. Más concretamente, en las proximidades de Los Baños se

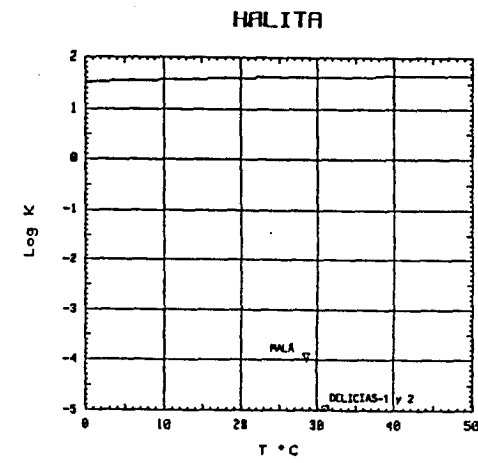
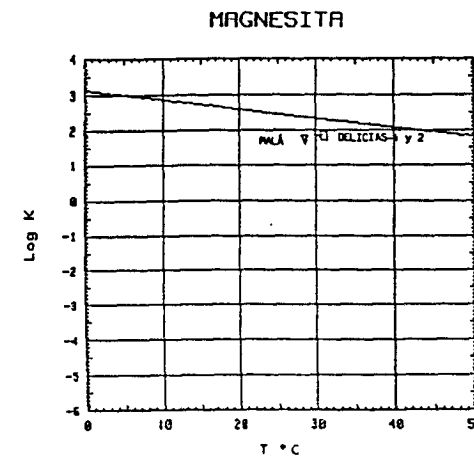
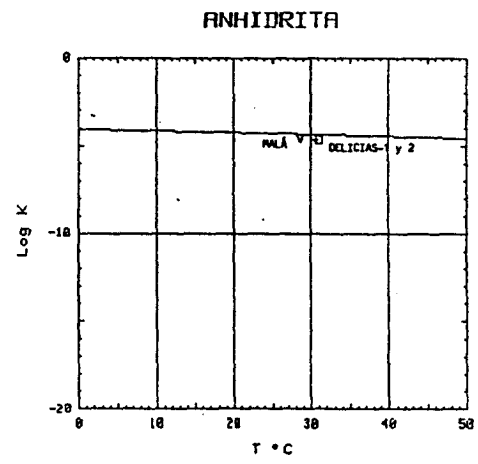
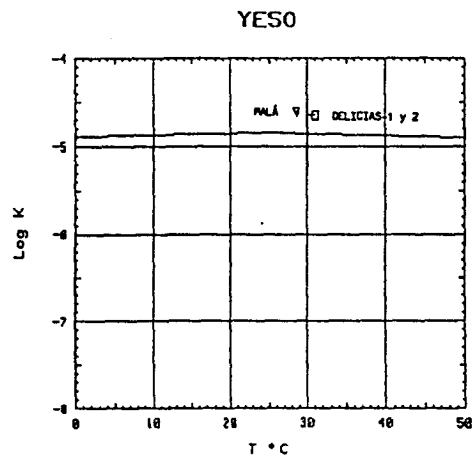
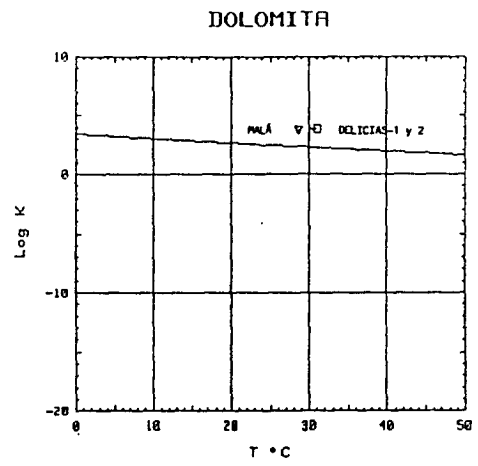
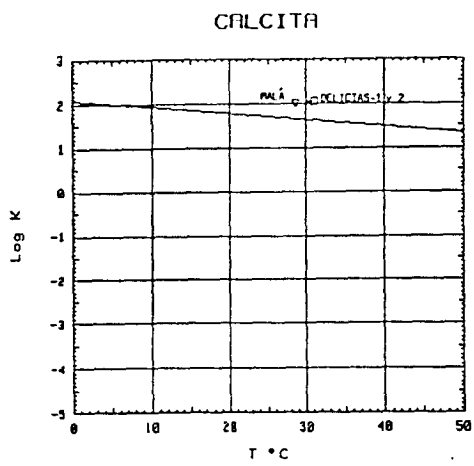


FIG. 39.- DIAGRAMAS DE SATURACION MUESTRAS LA MALA ( $\nabla$ ), DELICIAS-1 (+) Y DELICIAS-2 ( $\square$ ).

encuentran las denominadas "Salinas de La Malá", que explotan los niveles del Messieniense. En consecuencia, existe sobrada justificación geológica para el carácter salino de los manantiales en cuestión, siendo precisamente su aportación diferencial a la composición del agua, la responsable de fijar las diferencias entre las muestras de Los Baños y las del Grupo de Las Delicias.

El muestreo de gas realizado corresponde exclusivamente a los Baños. El gas se compone fundamentalmente de nitrógeno (95,6%). El contenido de oxígeno es bajo (2,3%), lo que podría estar relacionado con una pérdida de este gas -supuesto aire atmosférico inicial- por reacción con el medio. No obstante también es preciso considerar que la solubilidad del  $O_2$  disminuye en paralelo con el incremento de salinidad del agua.

El gas presenta un pequeño contenido de  $CO_2$  (2,1%), y concentraciones también bajas de  $CH_4$ ,  $H_2$  y He.

En lo que respecta a análisis realizados con anterioridad al actual, solamente se dispone de datos en el caso de los Baños. En el diagrama logarítmico de la fig. 40 se comparan dos perfiles hidroquímicos de muestra de este punto correspondientes a 1974 y 1990. Como en tantos otros casos de aguas en contacto con facies de origen evaporítico, se observan variaciones de concentración en todos los iones mayoritarios excepto  $HCO_3^-$ , las cuales resultan poco importantes en la medida que permiten reconocer sin dificultad un perfil de composición estable en el tiempo.

## 5.- AREAS DE PROTECCIÓN

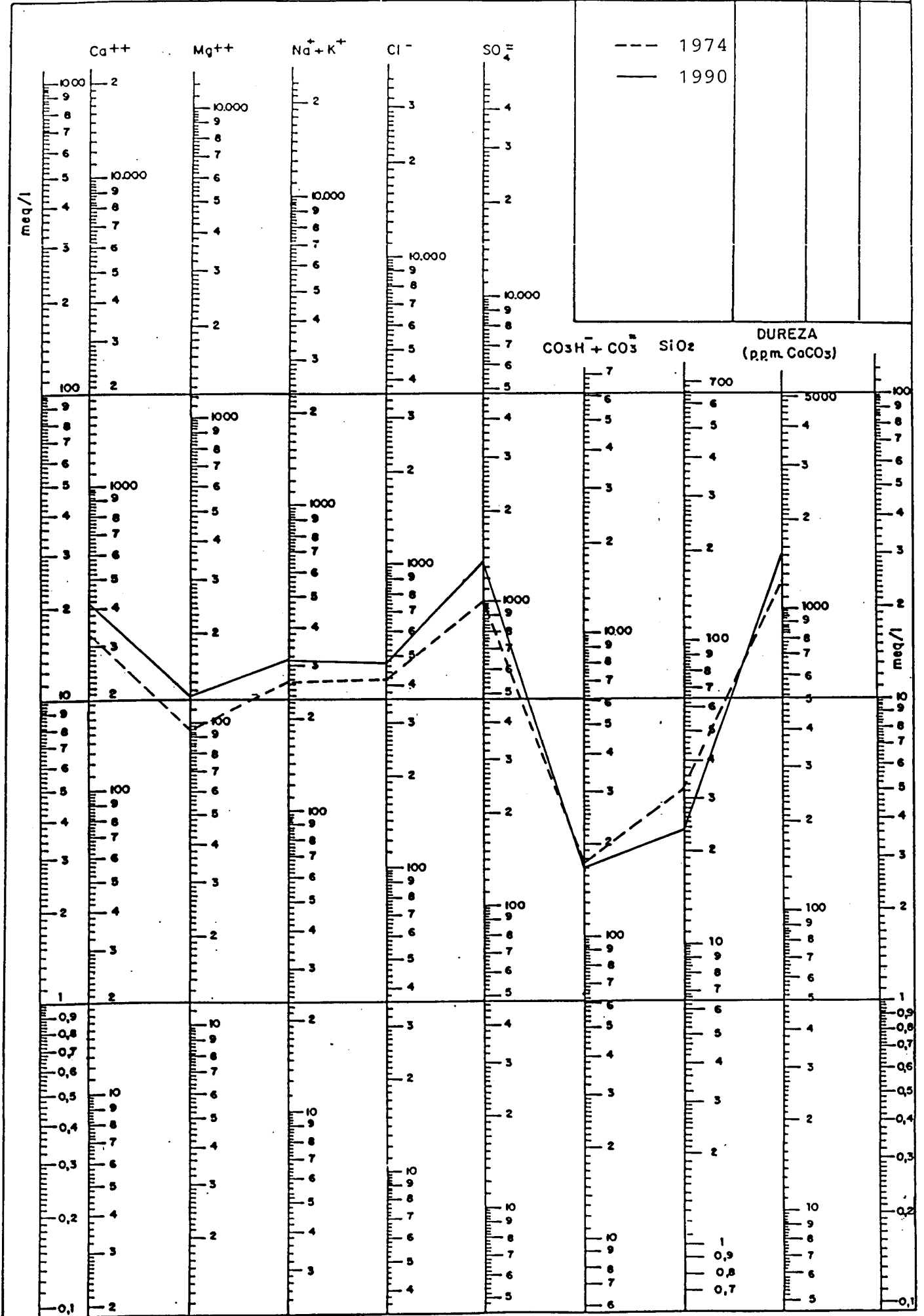
### 5.1.- JUSTIFICACIÓN DE PROPUESTA DE AREA DE PROTECCIÓN

En la actualidad, los baños de la Malá no poseen perímetro de protección a pesar de que en la zona donde se ubican los manantiales



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

Fig. 40.-BAÑOS DE LA MALA



**ANALISIS QUIMICO**

\*  
DENOMINACION: BAÑOS DE LA MALA  
FECHA: \*

TEMPERATURA (°C): 28.6      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 3300  
pH a 28°C: 7.01      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 1530  
pH a 18°C: 7.80      Eh campo (mV): -16

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	167.00	2.737	2.737	6.15
CO3=	-	-	-	-
SO4=	1360.00	14.158	28.315	63.67
Cl-	470.00	13.259	13.259	29.81
F-	2.800	.147	.147	.33
NO3-	1.00	.016	.016	.04
SiO2(H4SiO4)	23.5	.391	-	-
E	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
TOTAL....	2024.310	30.708	44.475	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	307.00	13.355	13.355	30.25
K+	10.00	.256	.256	.58
Ca++	409.00	10.205	20.409	46.23
Mg++	122.00	5.018	10.036	22.73
Fe++	.020	0.000	.001	0.00
Li+	.20	.029	.029	.07
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.13
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	0.00
Mn++	.039	.001	.001	0.00
Pb	.1	0.000	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
TOTAL....	848.949	28.884	44.145	

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

CLASIFICACION: SULFATADA -- CALCICA SODICA

(CO3H+CO3)/Ca =	.134	Cl/Na =	.993	(SO4*Ca)^1/2 =	24.039
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.090	Cl/(Na+K) =	.974	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	1.222
((CO3H)^2*Ca)^1/3 =	5.347	SO4/Ca =	1.387	Mg/Ca =	.492
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	1.020	SO4/(Ca+Mg) =	.930	Cl/CO3H =	4.844

ARCHIVO EN DISCO: MM610 (AMA2-10)

	ppm
R.S. 110°C	3.107
D.Q.O.	1,1
P2O5	0,03
CN-	0,002
Cd	0,004
Cr	0,038
As	-
Se	-
Hg	-

# ANALISIS QUIMICO

\*  
DENOMINACION: DELICIAS-1  
FECHA : \*

-----  
 TEMPERATURA (°C): 30.6                      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 2250  
 pH a 30°C: 7.09                              DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 1380  
 pH a 18°C: 7.70                              Eh campo (mV): 40  
 -----

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	171.00	2.803	2.803	8.43
CO3=	-	-	-	-
SO4=	1290.00	13.325	26.650	80.16
Cl-	129.00	3.639	3.639	10.95
F-	2.800	.147	.147	.44
NO3-	<5.0E-1	.008	.008	.02
SiO2(H4SiO4)	23.7	.394	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
TOTAL....	1607.010	20.317	33.247	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	103.00	4.481	4.481	13.89
K+	9.00	.230	.230	.71
Ca++	354.00	8.832	17.665	54.77
Mg++	119.00	4.894	9.789	30.35
Fe++	.040	.001	.001	0.00
Li+	.20	.029	.029	.09
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.17
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	0.00
Mn++	.011	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	0.00
TOTAL....	585.910	18.488	32.254	

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

CLASIFICACION: SULFATADA --- CALCICA

$(CO3H+CO3)/Ca = .159$      $Cl/Na = .812$      $(SO4*Ca)^{1/2} = 21.697$   
 $(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .102$      $Cl/(Na+K) = .773$      $(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = 1.354$   
 $((CO3H)^2*Ca)^{1/3} = 5.177$      $SO4/Ca = 1.509$      $Mg/Ca = .554$   
 $(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = 1.073$      $SO4/(Ca+Mg) = .971$      $Cl/CO3H = 1.298$

ARCHIVO EN DISCO: MM617 (AMA2-17-1)

	ppm
R.S. 110°C	2.100
D.Q.O.	1,3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,04
CN-	-
Cd	<0,001
Cr	0,008
As	-
Se	-
Hg	-

# ANALISIS QUIMICO

\*  
DENOMINACION: DEICIAS-2  
FECHA: \*

TEMPERATURA (°C): 31.0      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 2270  
pH a 31°C: 7.08      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 1391  
pH a 18°C: 7.70      Eh campo (mV): -170

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	172.00	2.819	2.819	8.57
CO3=	-	-	-	-
SO4=	1260.00	13.117	26.233	79.78
Cl-	130.00	3.667	3.667	11.15
F-	2.900	.153	.153	.46
NO3-	<5.0E-1	.008	.008	.02
SiO2 (H4SiO4)	23.7	.394	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
TOTAL....	1589.110	20.158	32.861	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	101.00	4.394	4.394	13.57
K+	9.00	.230	.230	.71
Ca++	355.00	8.857	17.715	54.70
Mg++	121.00	4.977	9.953	30.74
Fe++	.070	.001	.003	.01
Li+	.20	.029	.029	.09
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.17
NH4+	.010	.001	.001	0.00
Mn++	.014	0.000	.001	0.00
Pb	0.0	0.000	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
TOTAL....	586.941	18.509	32.383	

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

CLASIFICACION: SULFATADA -- CALCICA

(CO3H+CO3)/Ca =	.159	Cl/Na =	.835	(SO4*Ca)^1/2 =	21.557
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.102	Cl/(Na+K) =	.793	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	1.339
((CO3H)^2*Ca)^1/3 =	5.202	SO4/Ca =	1.481	Mg/Ca =	.562
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	1.050	SO4/(Ca+Mg) =	.948	Cl/CO3H =	1.301

ARCHIVO EN DISCO: MMG18 (AMA2-17-2)

	ppm
R.S. 110°C	2.111
D.Q.O.	1,1
P2O5	0,04
CN-	-
Cd	<0,001
Cr	0,014
As	-
Se	-
Hg	-

## ANALISIS DE GASES

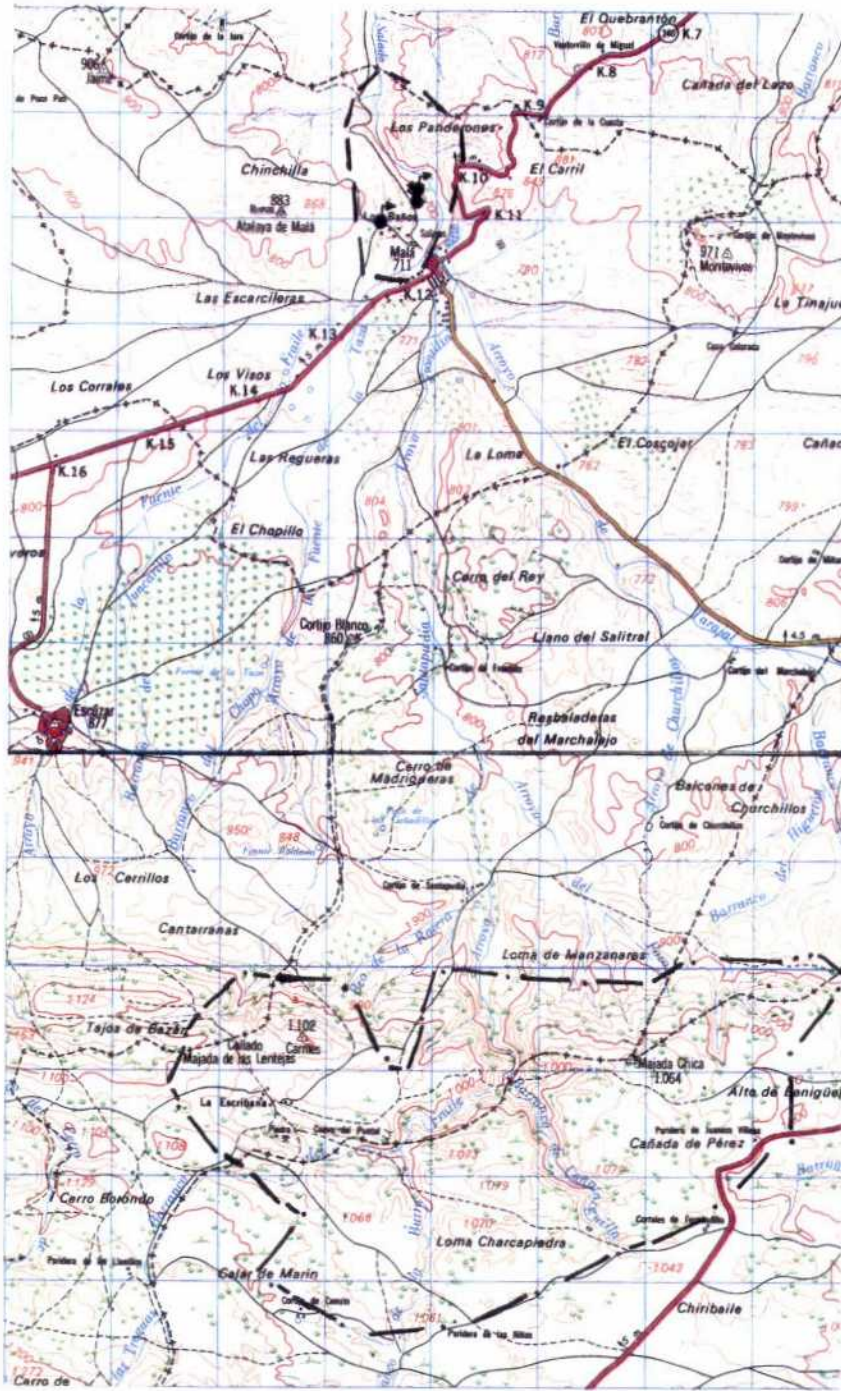
MANANTIAL: TEMPERATURA (°C): 28.6  
 DENOMINACION: BAÑOS DE LA MALA CAUDAL (l/s): \*  
 ALICUOTA: \*  
 FECHA: \*

GASES	% VOL	% PESO	gr/l	F(atm) GAS (C.N.)
CO2	2.1000	3.2528	4.132E-02	2.100E-02
CH4	.0230	.0291	3.701E-04	2.300E-04
H2	<.001	.0001	9.000E-07	1.000E-05
N2	95.6000	94.1235	1.196E+00	9.560E-01
O2	2.3000	2.5931	3.294E-02	2.300E-02
He	.0098	.0014	1.751E-05	9.800E-05
H2S	--	--	--	--
SO2	--	--	--	--
CO	--	--	--	--
HCl	--	--	--	--

PESO ESPECIFICO (g/dm<sup>3</sup>): 1.2703

ARCHIVO EN DISCO: GR5

BAÑOS DE LA MALA



LEYENDA

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

existen focos de contaminación puntualmente activos.

El establecimiento de una propuesta de área de protección se ha elaborado en base a los siguientes datos:

- Hipotéticas zonas de recarga.
- Principales sistemas de fracturas.
- Situación con respecto a los principales focos de contaminación.

## 5.2.- PRINCIPALES FOCOS DE CONTAMINACIÓN

Hemos diferenciados dos tipos principales de posibles mecanismos de contaminación:

- Urbanos; a pesar de las características hidrogeológicas del manantial, se advierte la presencia, al NE del mismo, del vertedero del pueblo, en las proximidades del arroyo salado y de carácter poco controlado.
- Agrícola, constituye un sector de notable tradición en este sentido. Se advierte del uso desmesurado de abonos químicos.

De igual forma, constituiría un ejemplo de contaminación puntual la reciente construcción de la carretera de circunvalación de Santafé que ha destrozado gran parte del afloramiento y de algunas pequeñas surgencias que se encontraban alineadas a lo largo de la fractura a partir de la cual se originan los Baños.

## 6.- BIBLIOGRAFIA SELECCIONADA

- Hernandez Ramirez, R. y Cañadas Mercado, M. (1969).-"Estudio hidrogeológico del complejo La Malahá-Montevives (Granada)."Lab. de Hidrogeología Univ. de Granada.

- 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 la Malá(Granada)."
- ITGE(1980).-"Mapa Geológico de España a escala 1:50000 (1026) 19-42 -El Padul-.
- ITGE(1984).-"Estudio geológico-geotérmico de la Depresión de Granada y área de Lanjarón."
- Reneses Cesteros, S. y Faruk Aladel, H.(1986).-"Malaha´....un paraíso en el olvido." Catedra de Medicina Legal y Patología General Univ. de Sevilla.



FUENTE EL MESÓN (ALGARINEJO)

## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

La fuente del Mesón de Algarinejo se encuentra situada en el núcleo urbano del mismo nombre, y a una cota aproximada de 613 m.

Sus aguas constituyen la principal fuente de abastecimiento del pueblo y no se le conoce otra utilidad aparte de la ya mencionada de consumo.

Sus antecedentes históricos se remontan a 1913 donde en la relación por provincias de aguas minero-medicinales del ITGE, aparece un manantial bajo la denominación de "Algarinejo" y con la clasificación de sulfurosa-fría, sin que se conozcan más datos.

La fuente aparece encuadrada dentro de la hoja topográfica a escala 1:50.000 (1008) 18-41 -Montefrío-, definida por las coordenadas UTM x/413160 e y/3976520.

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

Desde el punto de vista geológico, el manantial se encuentra alojado en secuencias de margocalizas y calizas del Lías superior, pertenecientes al Subbético medio central de las Cordilleras Béticas

(fig. 41).

El Subbético medio en el sector de estudio está constituido por los siguientes términos:

### **Trias**

Está caracterizado por la siguiente secuencia:

- Dolomías grises de grano fino de aspecto carniolar. La potencia media oscila en torno a los 20 m.
- Arcillas y margas abigarradas con niveles de yeso.
- Dolomías grises de grano fino, algo brechificadas y laminadas, dispuestas en estratos de 40-70 m no bien definidas.

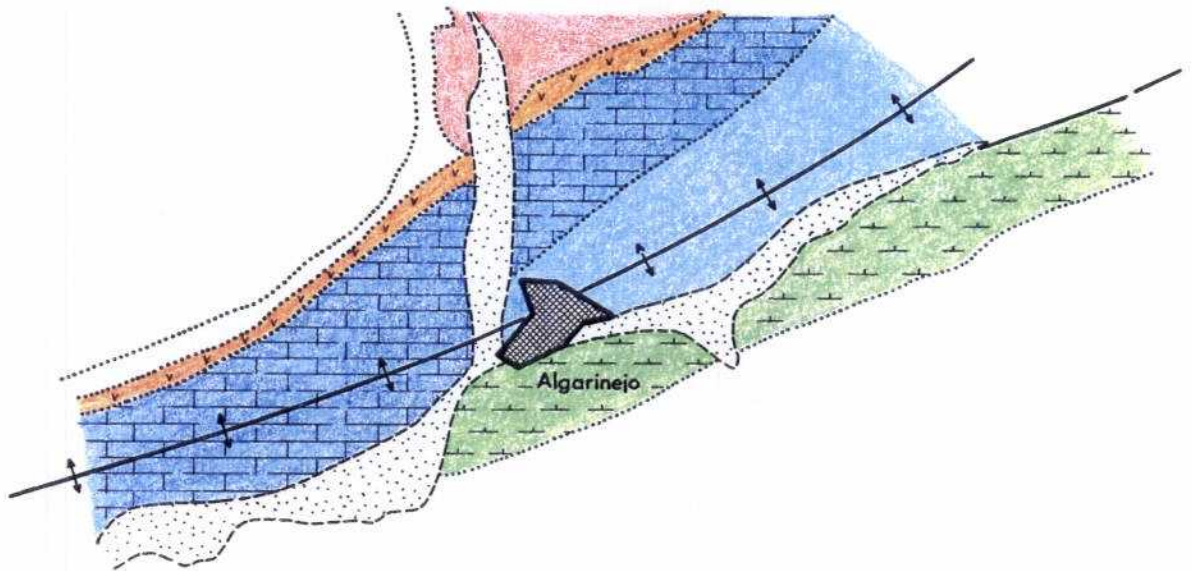
### **Jurásico**







Comprende un conjunto bastante bien definido y representado por las siguientes litologías:

- Calizas micríticas y oolíticas del infracariense con desarrollo de hard ground y niveles de rocas volcánicas a techo. Posee una potencia media de 200 m.
- Rocas volcánicas de carácter brechoide y vacuolar dispuestas a techo de las calizas liásicas.
- Calizas margosas, margas, margocalizas y calizas nodulosas con potencias que oscilan entre 250-300 m. Su edad es Lías superior.
- Calizas nodulosas rojizas con abundante fauna. Desarrollo de pliegues "slumping" y potencia del orden de 25 m. Su edad es Domeriense-Toarciense.

FIG. 41  
FTE. EL MESON

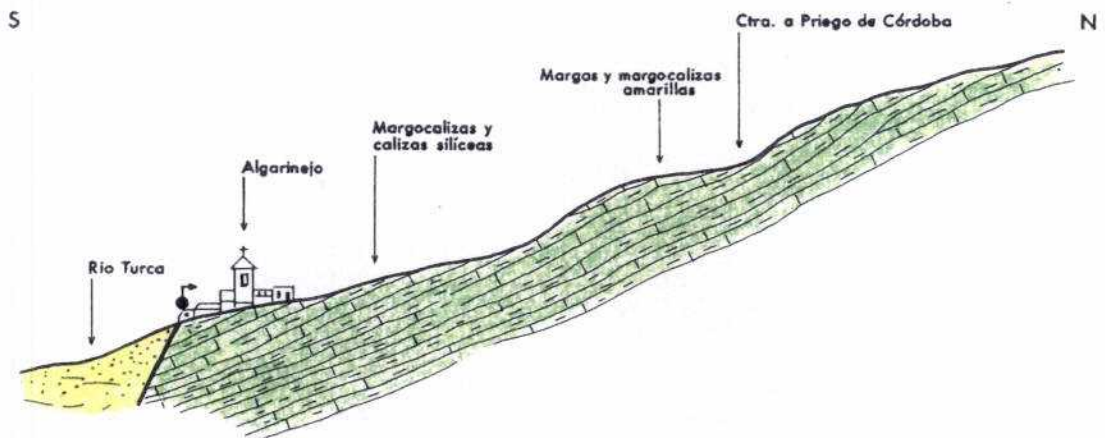
A. ESQUEMA GEOLOGICO GENERAL






- |                                                                                     |                                              |                                                                                     |                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|   | Aluvial y terrazas.....HOLOCENO              |   | Rocas volcánicas.....BAJOCENSE<br>Ofitas                   |
|  | Margas y margocalizas.....CRETACICO          |  | Margas y margocalizas blancas amarillentas.....AALENENSE   |
|  | Margocalizas y margas silíceas.....BAJOCENSE |  | Margocalizas y calizas silicificadas oscuras.....TOARCENSE |

ESCALA - 1: 25.000

B. CORTE GEOLOGICO ESQUEMATICO



- |                                                                                     |                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| CUATERNARIO                                                                         |                                                |
|  | Aluvial y terrazas..... HOLOCENO               |
| M. SUBBETICOS                                                                       |                                                |
|  | Margas y margocalizas amarillas..... AALENENSE |
|  | Margocalizas y calizas síliceas..... TOARCENSE |

0 150m.

- Margas y margocalizas amarillentas con intercalaciones carbonatadas de varios mts. de espesor. A techo se localizan intrusiones subvolcánicas de naturaleza básica. La potencia máxima de este nivel es bastante variable. Su edad es Lías superior-Aalenense.
- Margocalizas y margas silíceas de tonalidades verdosas bien estratificadas. En algunos casos, constituyen auténticas radiolaritas. También se localizan niveles de sílex y filamentos.
- Margas rojas con niveles silíceos de radiolaritas. Su potencia oscila entre 20-100 m y poseen una edad Bathonense-Callovienne.
- Turbiditas calcáreas con nódulos de sílex y margas amarillentas-rojizas. La potencia media de este tramo oscila entre 70-150 m y su edad es Malm.

### Cretácico

La serie cretácica en este sector abarca los siguientes términos:

- Margas y margocalizas claras con potencias superiores a los 300 m. Son atribuidas al Cretácico inferior-medio.
- Margas y margocalizas rosadas con intercalaciones turbidíticas. Posee una potencia media que oscila entre 50-100 m. Su edad es Cretácico superior-Paleógeno.

### Paleoceno-Oligoceno

Está representado por los siguientes tramos:

- Margas claras con niveles turbidíticos e intercalaciones calizas y/o calcarenitas. Posee una potencia media de 300 m y abarca edades comprendidas desde el Paleoceno superior-Eoceno inferior.
- Calizas bioclásticas y conglomerados del Oligoceno superior-Mioceno inferior.

### Materiales postorogénicos de la Depresión del Granada

Están caracterizados por aquellos materiales depositados posteriormente a las principales etapas de compresión que dieron origen a los orógenos actuales.

Litológicamente se diferencian los siguientes términos:

- Arenas y margas verdoso-amarillentas del Mioceno medio. Desarrollo de potencias en torno a los 300 m.
- Calcarenitas bioclásticas y margas con niveles conglomeráticos de edad Tortoniense superior.
- Yesos laminados, margas y margocalizas con niveles de lignitos de edad Turolense superior.
- Conglomerados, arenas y lutitas de edad plio-cuaternaria.

Además existen otros depósitos con edades comprendidas entre el Pleistoceno-Holoceno, del tipo conos de deyección, brechas, arcillas rojas, derrubios y aluvial.

#### 2.1.- TECTÓNICA. ESTRUCTURA.

La zona objeto de estudio, viene definida en conjunto por las consecuencias de la orogenia alpina. Se caracteriza por el desarrollo de una serie de etapas tectónicas en las que se forman una sucesión de mantos de cabalgamiento, donde el dominio subbético medio actuó como autóctono relativo. Asociado a esta etapa compresiva se producen pliegues de dirección N60E de marcada vergencia norte.

Concretamente, el manantial de Algarinejo se encuentra en relación con un anticlinal, cuyo flanco meridional se encuentra en parte afectado por fracturas que se asocian al accidente de Montefrío (sigue las trazas

del río Turca en las proximidades a Algarinejo).

### 3.- HIDROGEOLOGÍA

#### 3.1.- UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

##### Acuífero subbético

Se tienen pocos datos en relación al funcionamiento hidráulico del acuífero subbético en el sector de Algarinejo. Parece evidente la naturaleza del manantial ligada a secuencias calizas y margosas del Lías subbético. La permeabilidad de este conjunto se ve acrecentada por los mecanismos de fracturación a los que se ve sometido. El muro del acuífero lo constituyen los niveles más margosos de este paquete.

La alimentación principal se efectúa a través de la infiltración directa del agua de lluvia y por las infiltraciones laterales del cauce fluvial del río Turca, a su paso por dicha localidad.

La fuente con un caudal aproximado de 1 l/s. presenta ligeras oscilaciones en relación a los meses de mayor estiaje.

### 4.- HIDROQUÍMICA

Agua bicarbonatada cálcica muy poco mineralizada (336  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), fría (13,5°C) y de pH = 7,52.

Tanto la temperatura como la escasa mineralización apuntan a un probable origen somero del agua. Los diagramas de saturación (fig. 42) indican que el equilibrio se establece en facies de tipo dolomítico, mientras que para calcita se observa subsaturación. Tampoco se alcanza el equilibrio para las fases evaporíticas: yeso, anhidrita y magnesita (siempre en condiciones de subsaturación), lo que denota la nula

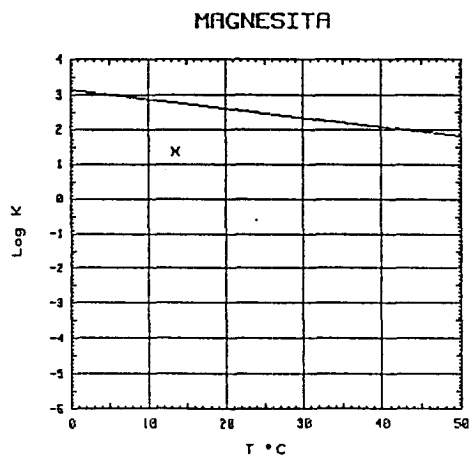
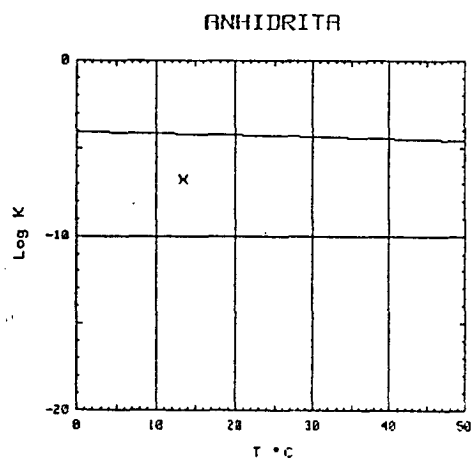
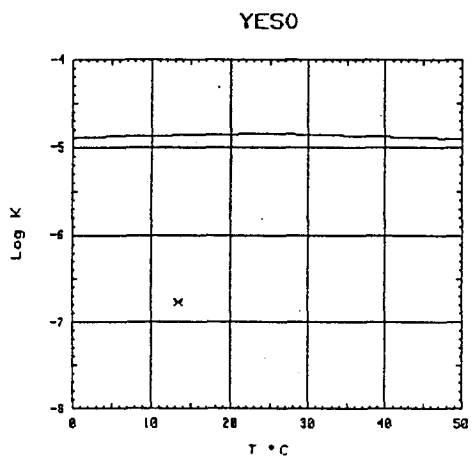
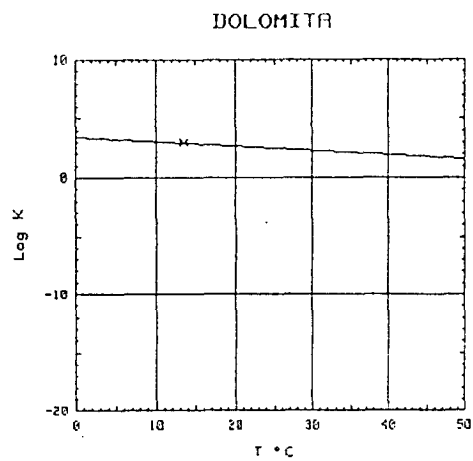
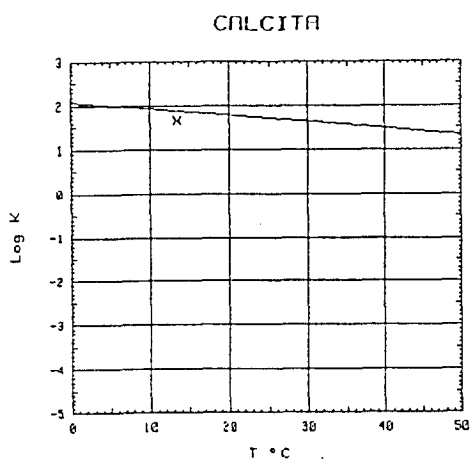


FIG. 42.-DIAGRAMAS DE SATURACION MUESTRA FTE. EL MESON



# ANALISIS QUIMICO

\*  
DENOMINACION: FTE. EL MESON  
FECHA : \*

TEMPERATURA (°C): 13.5      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 336  
pH a 13°C: 7.52      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 147  
pH a 18°C: 8.00      Eh campo (mV): 276

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	147.00	2.409	2.409	70.70
CO3=	-	-	-	-
SO4=	31.00	.323	.645	18.94
Cl-	7.00	.197	.197	5.79
F-	<5.0E-1	.026	.026	.77
NO3-	8.00	.129	.129	3.79
SiO2(H4SiO4)	10.9	.181	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	.01
TOTAL....	204.410	3.266	3.408	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	13.00	.566	.566	15.63
K+	2.00	.051	.051	1.41
Ca++	39.00	.973	1.946	53.80
Mg++	12.00	.494	.987	27.29
Fe++	.010	0.000	0.000	.01
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.20
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	1.54
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.02
Mn++	.025	0.000	.001	.03
Pb	0.0	0.000	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	.04
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.04
TOTAL....	66.718	2.112	3.618	

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

CLASIFICACION: BICARBONATADA --- CALCICA

-(CO3H+CO3)/Ca = 1.238      Cl/Na = .349      (SO4\*Ca)^1/2 = 1.121  
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .821      Cl/(Na+K) = .320      (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = .329  
(CO3H)^2\*Ca)^1/3 = 2.244      SO4/Ca = .332      Mg/Ca = .507  
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = 1.041      SO4/(Ca+Mg) = .220      Cl/CO3H = .082

ARCHIVO EN DISCO: MMG12 (AMA2-12)

	ppm
R.S. 110°C	198
D.Q.O.	1
P2O5	0,03
CN-	-
Cd	<0,001
Cr	0,005
As	-
Se	-
Hg	-

influencia de este tipo de materiales.

El contenido en  $\text{SiO}_2$  de la muestra es bajo, como corresponde a su también baja temperatura. Asimismo, la concentración de todos los microcomponentes analizados es escasa, en muchos casos inferior al límite de detección.

En conclusión, todos los indicios apuntan a un agua de escaso tiempo de tránsito, cuya composición al menos en lo referente a las especies analizadas, no presenta especial utilidad terapéutica salvo quizás, su escaso nivel de mineralización.

## **5.- AREAS DE PROTECCIÓN**

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

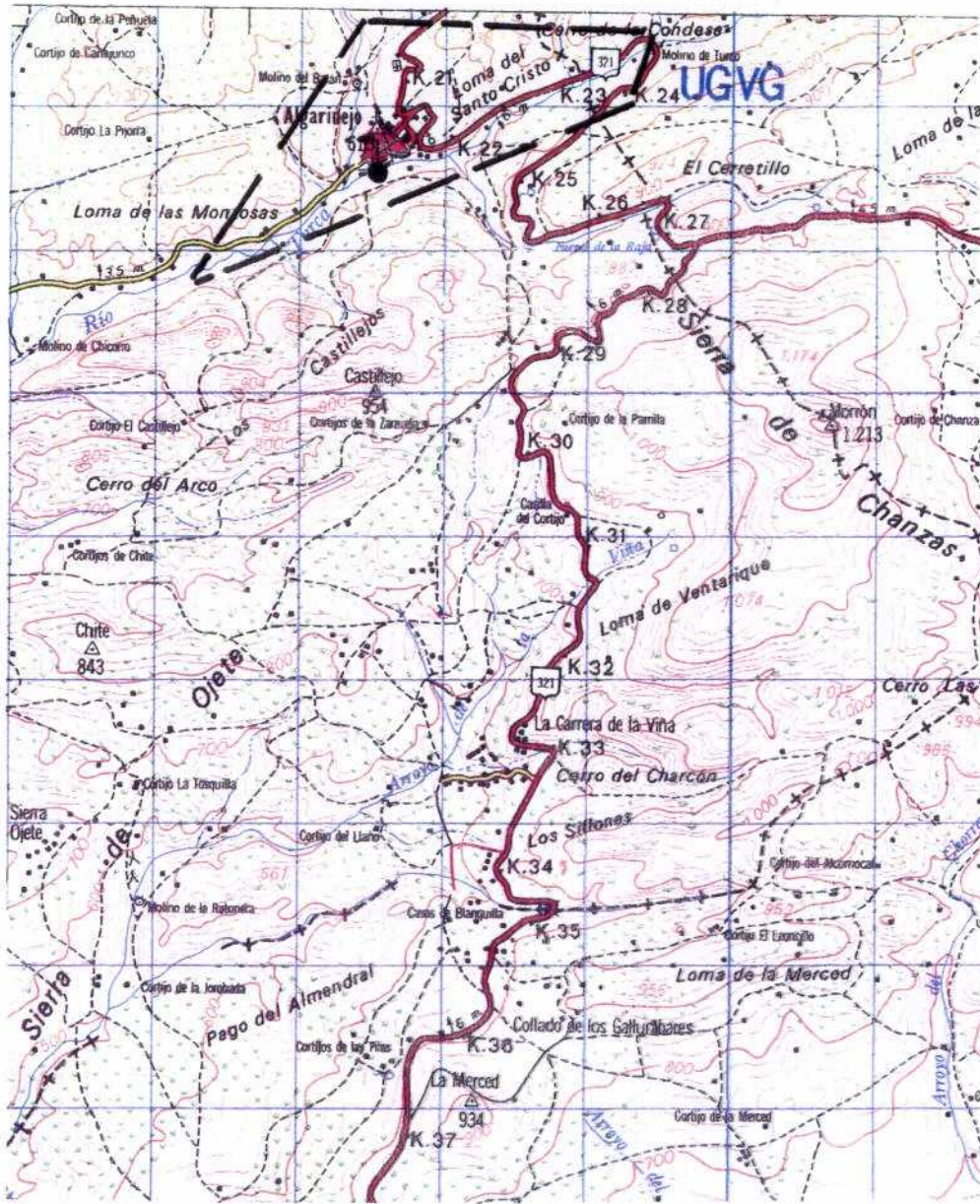
La propuesta de área de protección para el manantial de Algarinejo resulta especialmente complicada por enclavarse en pleno núcleo urbano. El trazado de la propuesta se ha elaborado teniendo en cuenta los principales sistemas de fracturas, posibles zonas de recarga y la red fluvial, especialmente importante en este sector y representada por el cauce del río Turca (aportes laterales).

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

Como actividades potencialmente contaminantes, se señalan el vertido de residuos procedentes del propio núcleo urbano hacia el cauce del río Turca y la tradición agrícola, especialmente representativa en este sector

PLANO 10

ALGARINEJO



E/1:50.000

LEYENDA

— — — Propuesta de área de protección

● Manantial

**6.- BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA**

- Dabrio, J.C y Vera, J.A (1970).- "Características sedimentarias del Jurásico subbético en la región de Algarinejo-Rute". Act. Geol. Hisp.V, pg.8-11.
- ITGE (1913).- "Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España".
- ITGE (1988).- Mapa Geológico nacional a escala 1:50000 (1008) 18-41 -Montefrío-.
- Vera, J.A (1965).- "Nuevos datos estratigráficos acerca de la región de Montefrío (Zona Subbética)". Est. Geol. Vol-20, pg.221-227.

**EL BAÑO SULFUROSO DE ALOMARTES**

## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

El manantial del "baño sulfuroso de Alomartes" se encuentra situado al Oeste de esta población y en las proximidades del borde suroccidental de la Sierra de Parapanda, a una cota aproximada de 710 m.

El acceso se realiza desde la población de Alomartes tomando la pista que conduce al paraje conocido como cortijo del baño sulfuroso, a unos 2,5 km. de la mencionada localidad.

En su conjunto corresponde a un antiguo manantial en el interior de un cortijo que abastece una alberca utilizada en el pasado con marcada finalidad terapéutica (recomendadas por los médicos de la población). Las aguas del manantial estaban especialmente recomendadas en el tratamiento de afecciones dermatológicas y reumáticas.

Tan sólo existe una única referencia histórica en las relaciones de aguas minero-medicinales de 1913 y 1986 del ITGE mencionandolas como "Aguas de Alomartes" y de características sulfurosas frías. También Madoz(1852), hace una pequeña mención junto con el manantial del Hachuelo en su Diccionario Geográfico tomo Granada pg. 207.

Actualmente presenta un notable estado de deterioro y abandono

cuyo uso exclusivo es el de regadío.

El baño sulfuroso de Alomartes está encuadrado dentro de la hoja topográfica a escala 1:50000 (1008) 18-41 -Montefrío-, caracterizado por las coordenadas UTM x/416450 e y/4124550 .

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

Desde el punto de vista geológico el manantial del baño de Alomartes se encuentra alojado en materiales pertenecientes al dominio subbético de las zonas externas de las Cordilleras Béticas. Esta zona viene definida por una serie de materiales mesozoicos y cenozoicos que constituyen el contacto entre el dominio subbético y el borde septentrional de la Depresión de Granada (fig. 43).

Concretamente, el manantial surge a favor de materiales pertenecientes al Lias superior subbético constituido en su conjunto por margocalizas, calizas nodulosas y margas, en las proximidades al contacto con un afloramiento del Trias Keuper.

Desde el punto de vista estratigráfico, el dominio Subbético en el sector de Sierra Parapanda-Peñas Bermejas está constituido por los siguientes términos:

### Triásico

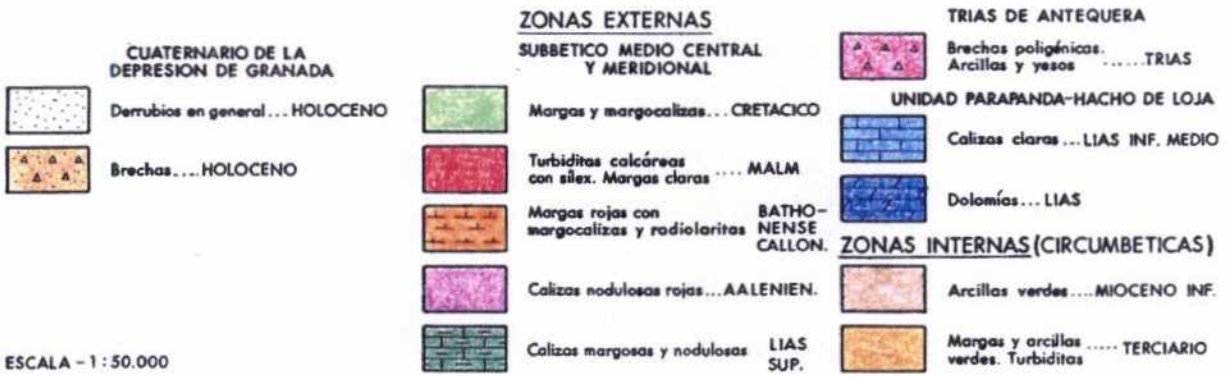
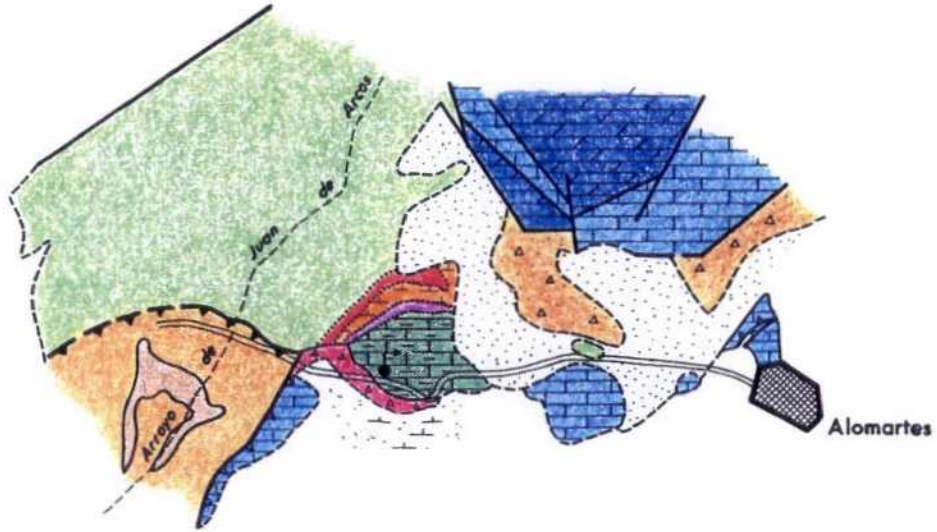
Se encuentra escasamente representado, a excepción de algunos pequeños afloramientos de carácter puntual en las proximidades del manantial que nos ocupa, y con los que pudiera estar relacionado. Litológicamente está caracterizado por el desarrollo de las ya conocidas facies del Trias germano-andaluz con predominio de arcillas versicolores, yesos, niveles silíceos y brechas poligénicas.



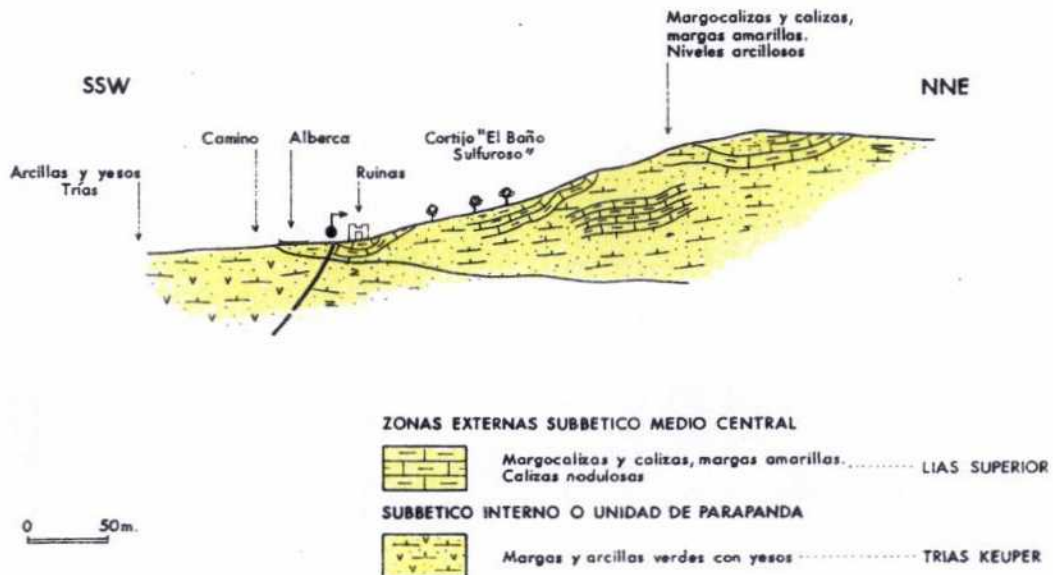
FIG. 43

BAÑO SULFUROSO DE ALOMARTES

A. ESQUEMA GEOLOGICO GENERAL



B. CORTE GEOLOGICO ESQUEMATICO





### Jurásico

La serie jurásica en este sector, está caracterizada por la presencia de litologías pertenecientes a dos dominios subbéticos; por una parte el subbético interno de la Sierra de Parapanda y por otra el subbético medio-meridional del sector Peñas Bermejas. A grandes rasgos están caracterizados por la aparición de materiales con edades comprendidas entre el Infralías-Lias medio (S. Parapanda), y el Dogger-Malm-Cretácico (Peñas Bermejas).

Para el sector de S. de Parapanda, se han diferenciado los siguientes tramos, de muro a techo:

- Dolomías grises con niveles de sílex. Su edad es infralías. Entre los niveles dolomíticos a veces aparecen intercalaciones margosas amarillentas.
- Calizas claras con nódulos de sílex dolomíticos que pasan a oolíticas y pisolíticas a techo (Lias inferior-medio).

La potencia total de todo el tramo dolomítico -calizas del infralías y del Lias inferior-medio es de aproximadamente 650-700 m.

Por su parte, la serie subbética en el sector de Peñas Bermejas se encuentra representada por los siguientes materiales, de muro a techo:

- Calizas margosas, nodulosas, margocalizas y margas del Domerense-Toarcense.
- Calizas nodulosas rojas del Dogger.
- Margas rojas con niveles de margocalizas silíceas "radiolaritas" del Toarcense-Dogger.
- Turbiditas calcáreas con sílex, margas amarillentas y rojizas del Malm.

Sobre este paquete jurásico reposa una potente serie cretácica,

de predominancia margosa y margocaliza, con tonos verdosos, blanquecinos y rosados.

Dicho tramo margoso plástico actuará como capa de despegue sobre la que cabalgarán en toda esta zona el tramo calizo-dolomítico jurásico de la Unidad de Parapanda.

### Materiales postorogénicos

Se encuentran constituidos por facies de ambientes lacustres y fluviales del Plioceno, así como por diversos tipos de depósitos cuaternarios.

Los materiales pliocenos vienen representados en el sector septentrional por arcillas rojas y conglomerados de origen fluvial, con frecuentes cambios de facie a margas, limos blancos y calizas. Su potencia media oscila entre 50-75 m.

Por su parte, el cuaternario está caracterizado por la presencia de depósitos de tipo brechoide, derrubios de ladera, coluviales, conos de deyección y depósitos aluviales, localizándose preferentemne en los bordes de la Sierra de Parapanda. Su potencia en general, no sobrepasa los 8-10 m.

### 2.1.- TECTÓNICA

Para el área de estudio, existen dos estructuras básica claramente diferenciadas, que son por una parte las unidades carbonatadas jurásicas del dominio subbético -ocupantes de los relieves más accidentados- y por otra los materiales postorogénicos de la Depresión de Granada.

Las unidades carbonatadas jurásicas responden en conjunto a unas estructuras de corrimiento cuyo resultado ha sido que materiales del subbético interno se encuentran flotando sobre los tramos margosos y

margocalizas del subbético medio meridional tras una considerable traslación, que parece ser aconteció durante el Oligoceno superior-Mioceno inferior.

A grandes rasgos la Sierra de Paraganda constituye una escama o cuerpo aislado de un manto de corrimiento de mayor entidad, cuya estructura se ha visto complicada por los fenómenos de karstificación y/o fracturación que en ocasiones originan una compartimentación en bloques. La estructura de la sierra parece responder a la de un anticlinal de dirección predominante ENE-OSO, y cierta vergencia Oeste. Asimismo, está considerado como asimétrico dada la menor inclinación del flanco meridional con-respecto al septentrional.

En cuanto al sistema de fracturas, se distinguen principalmente tres familias de direcciones predominantes NE-SO, N-S, NO-SE y E-O. Mayoritariamente corresponden a fallas de régimen normal pertenecientes a un solo sistema. Es de destacar en asociación a estas fracturas el gran desarrollo del diaclasado vertical en estos materiales.

Los contactos entre los dos dominios subbéticos son admitidos como de carácter anormal y de tipo cabalgamiento.

### 3.- **HIDROGEOLOGÍA**

Para la zona objeto de estudio, vamos a diferenciar dos unidades hidrogeológicas principales:

- Unidad perteneciente al Subbético Interno de la Sierra de Parapanda.
- Unidad perteneciente al Subbético medio-meridional del sector de Peñas Bermejas.

### 3.1.- UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

#### Unidad de la Sierra de Parapanda

Como ya se indicó anteriormente, existe un claro predominio de las formaciones carbonatadas, con dolomías grisáceas de edad Rhetiense en la base y calizas claras con sílex que pasan a pisolíticas y oolíticas a techo, de edad Lias inferior-medio. En general, la permeabilidad de este conjunto es alta.

La potencia total de este tramo oscila entre 650-700 m.

#### Unidad del sector Cortijo Peñas Bermejas

Corresponde al sector de Peñas Bermejas y se localiza en las proximidades del manantial. A grandes rasgos y en general, esta caracterizado por el mayor desarrollo de las secuencias de margas y margocalizas, y en menor proporción calizas nodulosas.

La permeabilidad de todos estos materiales suelen ser bajos a excepción del tramo de calizas nodulosas del Dogger que lo es de alta pero considerando su escaso volumen, su interés hidrogeológico se reduce notablemente. De igual forma, son consideradas como de baja permeabilidad la serie margosa y margocaliza del Cretácico.

Precisamente en relación con esta unidad, se localiza el manantial del baño sulfuroso aunque dadas sus características físico-químicas (Véase apartado IV) se le asigna más probablemente un origen en relación al Trias próximo aflorante.

#### Otros acuíferos de interés

Bajo este apartado, se menciona brevemente la presencia de depósitos postorogénicos de pequeña entidad, alojados principalmente en

el borde septentrional de dicho sector y cuyas permeabilidades oscilan entre media-baja y alta . Estas son fundamentalmente el pliocuaternario de la depresión, esencialmente constituido por litologías del tipo arcillas rojas, conglomerados y margas (permeabilidad media-baja), y el recubrimiento cuaternario de los bordes de la Sierra de Parapanda, caracterizado por depósitos de tipo derrubios de ladera, brechas y coluviones (alta permeabilidad). Localmente dichos recubrimientos se encuentran en conexión hidráulica con el acuífero carbonatado de la Sierra de Parapanda.

La potencia de estos depósitos es muy variable, en general oscila entre los 8-10 m (depósitos cuaternarios) y los 50-75 m (depósitos pliocenos).

### **3.1.1.- Características hidrogeológicas**

Los materiales que presentan mayor interés hidrogeológico en la zona bien sea motivado por permeabilidades por fracturación o por porosidad intergranular son:

- Formación carbonatada del subbético interno; fundamentalmente calizas y dolomías con edades comprendidas entre el Lias inferior-medio.
- Formación detrítica cuaternaria del tipo derrubios de ladera, conos de deyección y aluviales.

Además existen otras litologías de menor entidad que actúan como acuitardo tal es el caso de los conglomerados del plioceno y las calizas nodulosas y margosas del Dogger (sector de Peñas Bermeja), aunque considerando su entidad superficial, su interés se ve considerablemente reducido.

El mayor interés hidrogeológico de todo el sector está básicamente centrado en las calizas y dolomías del Infralias y Lias inferior-medio que constituyen un acuífero carbonatado con permeabilidad por fracturación y/o

karstificación. El acuífero principal de la sierra de Parapanda así como algunos de los pequeños afloramientos próximos, constituyen isleos tectónicos que reposan de forma colgada sobre un substrato impermeable y plástico formado por los materiales margosos cretácicos del subbético medio s str.

La superficie aflorante de este acuífero es de unos 16 Km<sup>2</sup> y poseen una potencia media de unos 650 m.

Los límites superficiales del acuífero están definidos por el contacto en frente de cabalgamiento existente entre las calizas y dolomías jurásicas y los materiales del autóctono relativo.

La recarga fundamental se efectúa a través de la infiltración directa de agua de lluvia favorecida por los mecanismos de karstificación y/o fisuración que condicionan la actuación de los bloques en relación al gradiente hidráulico.

Los recursos anuales están cuantificados en unos 3-5 Hm<sup>3</sup>/año. Las salidas principales se localizan en los bordes meridionales de la sierra, del orden de 2-2,5 Hm<sup>3</sup>-año.

Por su parte, los depósitos detríticos cuaternarios actúan como un acuífero de permeabilidad por porosidad intersticial, cuya recarga procede en su mayor parte de la infiltración directa de las precipitaciones y de las interconexiones laterales con los depósitos fluviales pliocenos.

El manantial del baño sulfuroso de Alomartes, alojado en secuencias de comportamiento hidrogeológico (permeabilidad) media-baja y considerando sus características físico-químicas, posición y escaso caudal (0,5 l/seg), se considera muy improbable su relación con el acuífero carbonatado de la Sierra.

#### 4.- HIDROQUÍMICA

Agua sulfatada-clorurada cálcica-sódica, de fuerte mineralización (4.630  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y pH en campo básico (8,3). Se trata de un manantial sulfhídrico frío (14,4 °C), con abundante presencia de algas filamentosas blancas, testimonio de un proceso de reducción bacteriana de sulfatos.

El muestreo hubo de realizarse a cierta distancia de la surgencia, debido a la inaccesibilidad de esta última. De ahí que, aunque la presencia de  $\text{H}_2\text{S}$  hace prever condiciones reductoras, el Eh medido es de 244 mV. Asimismo hay que señalar que el escaso caudal del manantial (0,5 l/seg), facilita el estancamiento del agua y su consiguiente reequilibrio con aire.

Los diagramas de saturación respecto a calcita, dolomita y yeso (fig. 44) evidencian condiciones de sobresaturación. Por el contrario, la muestra se halla ligeramente subsaturada en anhidrita. Existe pues una clara componente evaporítica, que según el corte geológico de la fig. 43 podría atribuirse al Triásico de la Unidad de Parapanda, conectada hidrogeológicamente con el manantial.

En lo que respecta a microcomponentes, cabe mencionar la concentración de cromo de la muestra: 4 mg/l.

El único análisis anterior al actual de que se dispone corresponde al año 1966. La representación de ambos sobre un diagrama de Schoeller-Berkaloff (fig. 45), pone de manifiesto importantes diferencias principalmente en el contenido de alcalinos y alcalinotérreos, así como en los iones  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ . Puesto que el punto de referencia es un análisis de hace 24 años de cuya fiabilidad no se tienen datos, la interpretación de variaciones de tal magnitud -cualitativamente no resultan excepcionales- no tendría más carácter que el de la mera especulación.

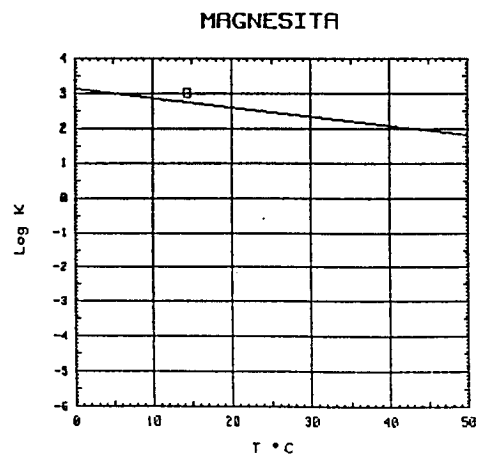
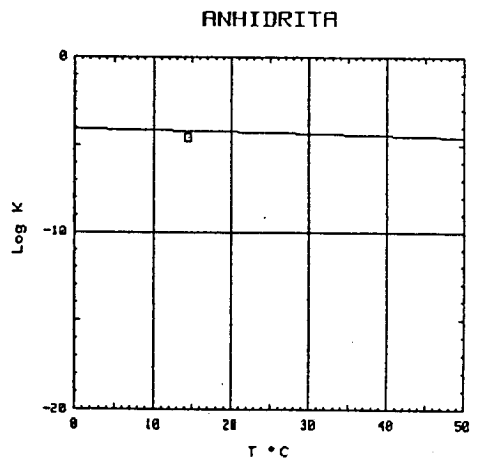
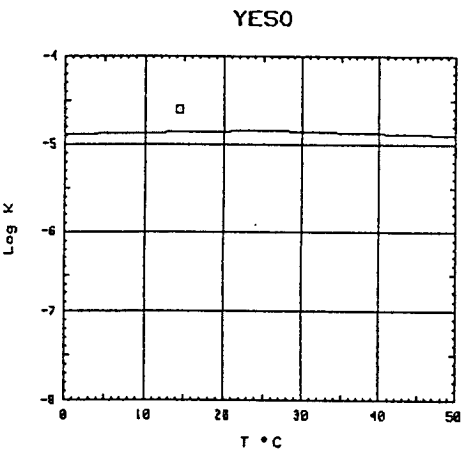
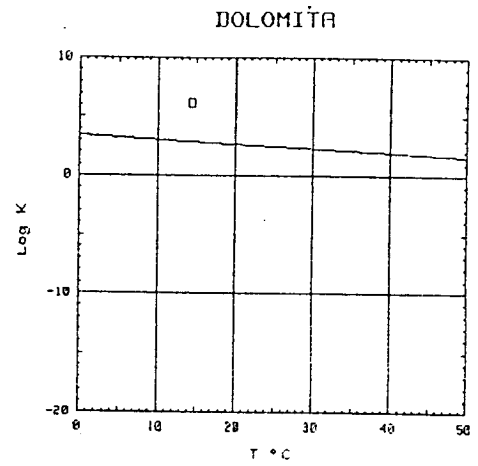
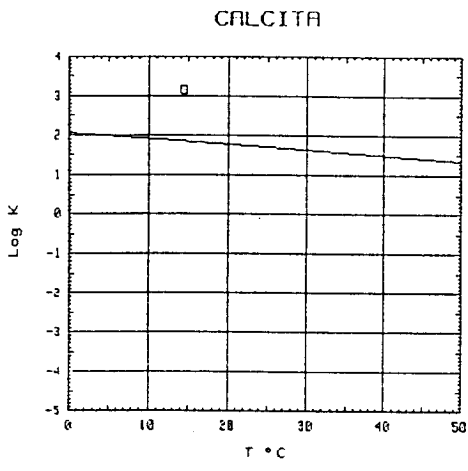
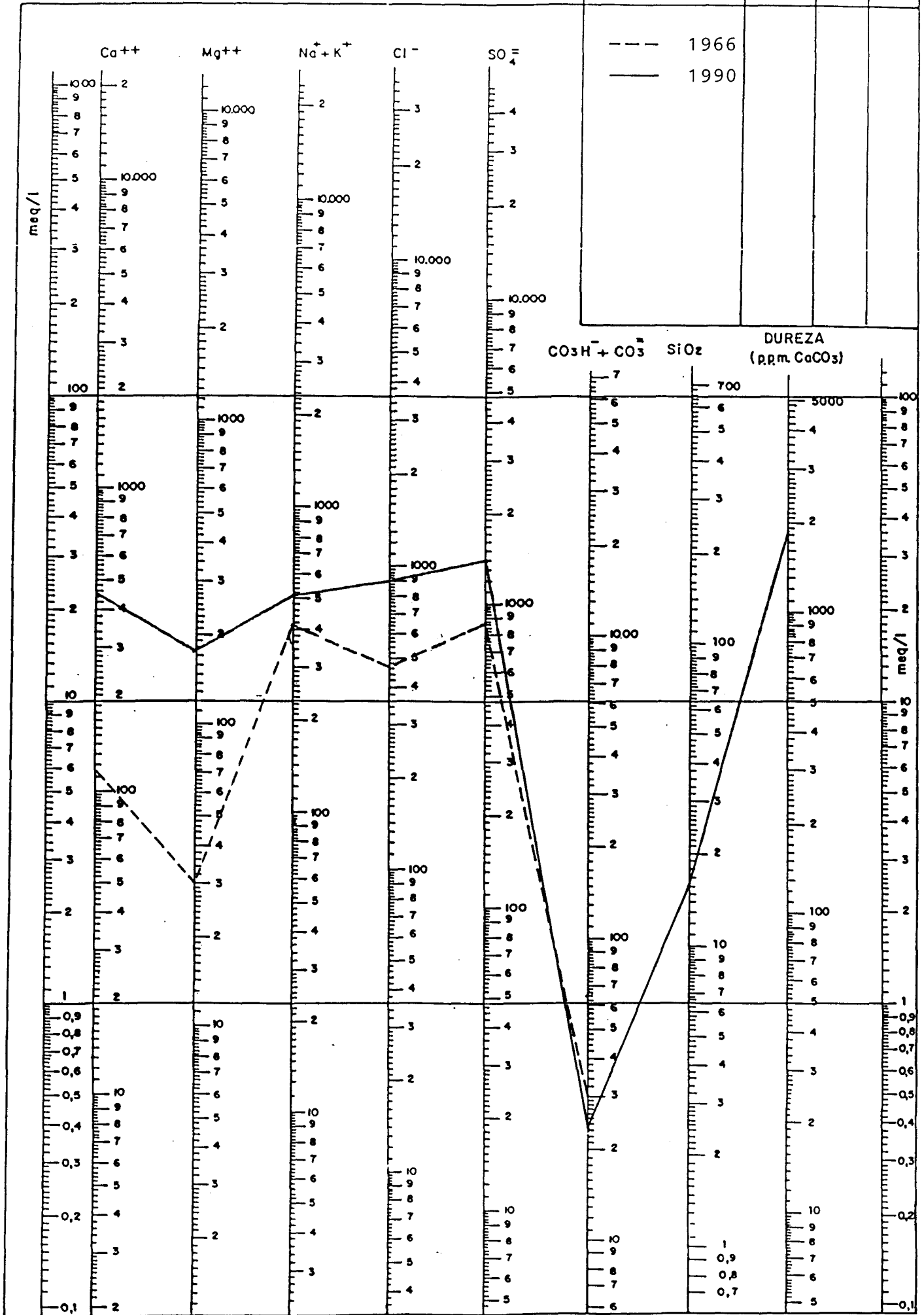


FIG. 44.-DIAGRAMAS DE SATURACION MUESTRA BAÑO SULFUROSO DE ALOMARTES



Fig. 45.-BAÑO SULFUROSO DE ALOMARTES

LEYENDA			
MUESTRA	C μ S/cm	pH	Eh
---	1966		
—	1990		



# ANALISIS QUIMICO

\*  
 DENOMINACION: BAÑO SULFUROSO DE ALOMARTES  
 FECHA : \*

-----  
 TEMPERATURA (°C): 14.4                      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 4630  
 pH a 14°C: 8.27                              DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 1850  
 pH a 18°C: 7.70                              Eh campo (mV): 244  
 -----

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	232.00	3.802	3.802	6.50
CO3=	-	-	-	-
SO4=	1400.00	14.574	29.148	49.84
Cl-	900.00	25.389	25.389	43.41
F-	1.300	.068	.068	.12
NO3-	5.00	.081	.081	.14
SiO2 (H4SiO4)	16.1	.268	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
TOTAL.....	2554.410	44.183	58.489	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	507.00	22.055	22.055	37.26
K+	11.00	.281	.281	.48
Ca++	450.00	11.228	22.455	37.93
Mg++	174.00	7.157	14.313	24.18
Fe++	.010	0.000	0.000	0.00
Li+	.23	.033	.033	.06
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.09
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	0.00
Mn++	.027	0.000	.001	0.00
Pb	.1	0.000	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
TOTAL.....	1142.938	40.775	59.198	

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

CLASIFICACION: SULFATADA CLORURADA -- CALCICA SODICA

$(CO3H+CO3)/Ca = .169$      $Cl/Na = 1.151$      $(SO4*Ca)^{1/2} = 25.584$   
 $(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .103$      $Cl/(Na+K) = 1.137$      $(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = 1.218$   
 $((CO3H)^2*Ca)^{1/3} = 6.873$      $SO4/Ca = 1.298$      $Mg/Ca = .637$   
 $(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = .896$      $SO4/(Ca+Mg) = .793$      $Cl/CO3H = 6.677$

ARCHIVO EN DISCO: MM613 (AMA2-13)

	ppm
R.S. 110°C	3.830
D.Q.O.	1,3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03
CN-	-
Cd	0,004
Cr	0,056
As	-
Se	-
Hg	-

## 5.- AREAS DE PROTECCIÓN

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

De acuerdo con las características hidrogeológicas del manantial, el establecimiento de una propuesta de área de protección se ha elaborado considerando los siguientes factores:

- Zona de fractura; contacto entre Trias y formaciones carbonatadas a partir del cual surge el manantial.
- Zonas de recarga.

La red hidrográfica en este sector, es de escasa importancia limitándose a pequeños arroyos secos o sin cursos permanentes de agua de tercer y cuarto orden.

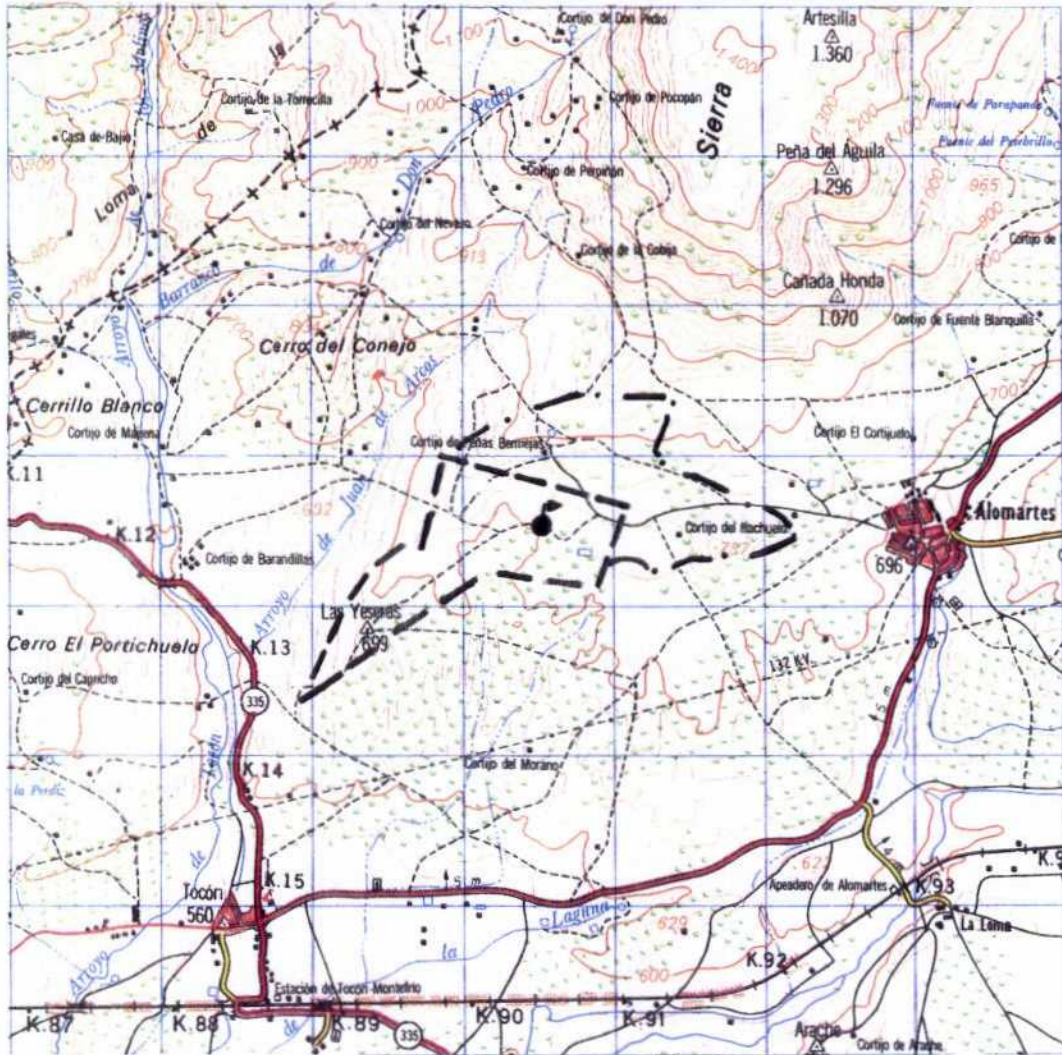
### 5.2.- PRINCIPALES FOCOS DE CONTAMINACIÓN

La ausencia en las inmediaciones del manantial de cualquier tipo de actividad de carácter urbano o industrial hace que tan sólo la agrícola constituya un factor a tener en cuenta, dada la notable tradición en este sentido de dicho sector.

## 6.- BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

- ITGE(1913).-"Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España".
- ITGE(1987-88).-"Proyecto para estudios de asesoramiento técnico en materia de aguas subterráneas a las administraciones públicas. Cuenca del Guadalquivir. Investigación hidrogeológica en la comarca de los Montes Orientales-Alomartes. Tomo I.

BAÑO SULFUROSO DE ALOMARTES



E/1:50.000

LEYENDA

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

- ITGE.- Mapa Geológico nacional a escala 1:50.000 (1008) 18-41  
-Montefrío-.
- Vera, J.A(1966).-"La unidad de Parapanda-Hacho de Loja. Su individualización estratigráfica y tectónica en la zona Subbética." Acta Geológica Hispánica Vol.I pg.3-6.

FUENTE EL CASTAÑO (DÚDAR)

## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

El manantial del Castaño de Dúdar se encuentra situado al S de esta localidad y en las proximidades del río de Aguas Blancas, a una cota aproximada de 900 m.

Su acceso se realiza desde el propio núcleo urbano tomando la pista que con dirección a la urbanización de Aguas Blancas nos conduce al paraje conocido como el Castaño, sito frente al pueblo.

En su conjunto corresponde el típico manantial frío algo ferruginoso, utilizado en el abastecimiento de la localidad. En las proximidades de la fuente existe un sondeo de pequeño diametro surgente, que origina abundantes precipitados de hierro a su salida.

Como referencia histórica más significativa habria que reseñar su aparición en las relaciones de aguas minero-medicinales de 1913 y 1986 del ITGE, donde bajo la denominación de " Aguas de Dúdar" se menciona la existencia de cuatro manantiales que brotan en el estrato-cristalino clasificados como ferruginosos, y sin que se conozcan mas datos.

Geográficamente, el manantial está enmarcado dentro del margen inferior izquierdo de la hoja militar a escala 1:50.000 (1010) 20-41 -La Peza-, definido por las coordenadas UTM x/457150 e y/4115410.

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

Desde el punto de vista geológico, el manantial se encuentra localizado en materiales pertenecientes al relleno postmantos de la Depresión de Granada.

Litológicamente está caracterizado por el desarrollo de secuencias de tipo conglomerático, muy heterométrica, sin distribución uniforme y frecuentemente alternante con niveles limosos-arenosos de tonalidades amarillentas. Los conglomerados son básicamente de naturaleza esquistosa, marmórea o gnéisica (fig. 46).

La sucesión estratigráfica de la Depresión de Granada en este sector, se encuentra representada por las siguientes litologías:

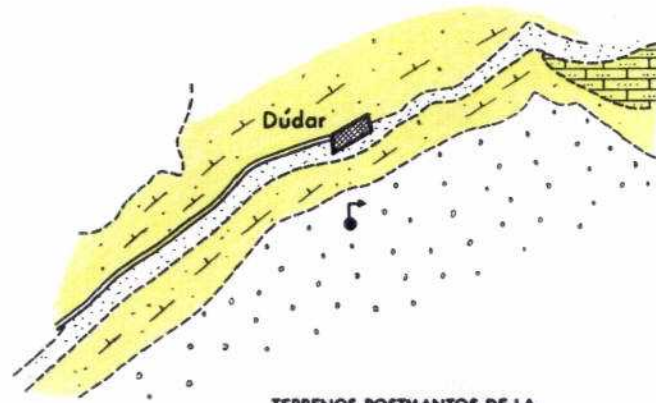
- Limos con yesos y niveles de calizas lacustres. Posee una potencia variable que puede alcanzar el centenar de metros. Su edad es Serravaliense-Tortonense.
- Calcarenitas bioclásticas y arenas de potencia variable. Su edad es Tortonense.
- Limos arcillosos con intercalaciones de yesos y eventualmente lignitos. Son frecuentes los cambios de facies lateral. La potencia oscila en torno a los 200 m. y su edad es Messiniense.
- Formación Pinos-Genil. Constituida por niveles limosos que engloban conglomerados muy heterométricos. Son de edad plioceno y alcanzan potencias en torno a los 100 m.
- Conglomerados de matriz limosa frecuentemente heterométricos. Se encuentran situados por encima de la formación Pinos-Genil de forma discordante. Su edad es cuaternario.

A todo este conjunto se le superpone otros de edad más reciente, bien relacionado con la red fluvial o con formas de erosión actual.







FIG. 46  
FTE. EL CASTAÑO

A. ESQUEMA GEOLOGICO GENERAL

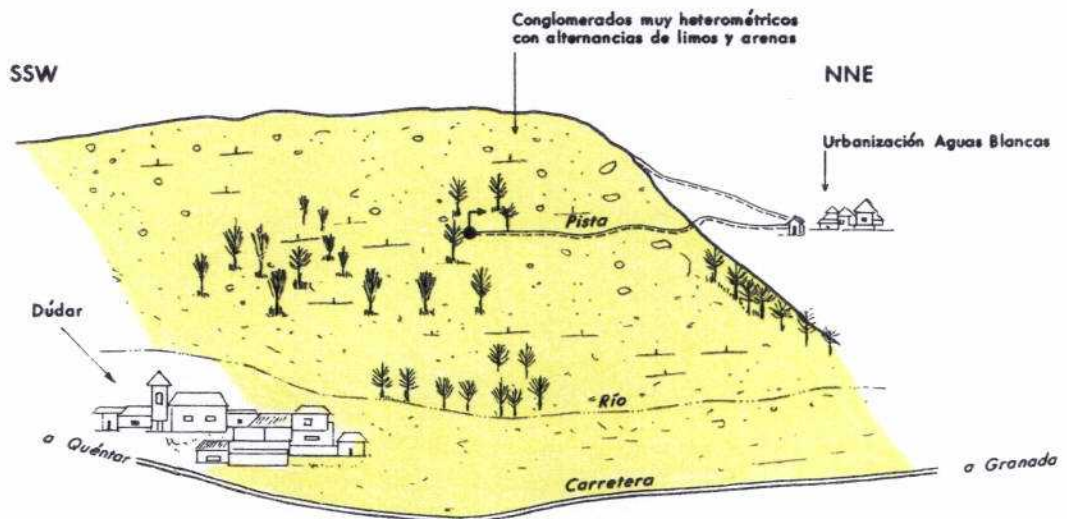


TERRENOS POSTMANTOS DE LA  
DEPRESION DE GRANADA



-  Aluvial ..... HOLOCENO
-  Conglomerados heterométricos con limos arenosos ..... PLOCENO
-  Limos, arenas y conglomerados ..... MIOCENO SUP.
-  Calcarenitas bioclásticas ..... TORTONIENSE

ESCALA - 1:50.000

B. CROQUIS GEOLOGICO ESQUEMATICO



MATERIALES POSTOROGENICOS DE LA  
DEPRESION DE GRANADA. F. PINOS- GENIL

-  Conglomerados heterométricos con limos arenosos ..... PLOCENO
-  Limos y arenas con niveles de conglomerados ..... MIOCENO SUP.

0 30 m.

### 2.1.- TECTÓNICA

No existe caracteres tectónicos relevantes en este sector, únicamente mencionar el carácter discordante de las formaciones neógenas-cuaternarias sobre el dominio alpujarride.

### 3.- HIDROGEOLOGÍA

Desde el punto de vista hidrogeológico, el manantial surge de formaciones conglomeráticas-arenosas pertenecientes a la formación Pinos Genil, en general, de baja permeabilidad aunque muy condicionada por los frecuentes cambios de facies.

El pequeño acuífero se encuentra fundamentalmente ligado a los niveles más detríticos intercalados entre las secuencias más limosas.

La alimentación principal se efectúa a través de la acción directa del agua de lluvia e infiltración por los mecanismos de escorrentía superficial.

La fuente con un caudal variable comprendido entre 1-2 l/s y una cota de 900 m., se encuentra en relación directa con estos mecanismos de recarga.

### 4.- HIDROQUÍMICA

Muestra de escasa mineralización (345  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), bicarbonatada cálcica y de pH básico (8,01). Carece de indicios de termalismo (11,5°C, 16,5 mg/l  $\text{SiO}_2$ ).

Se trata de agua probablemente de circulación somera, afectada por un proceso de contaminación por nitratos (48 mg/l) que evidencia una

recarga procedente del riego agrícola.

Los diagramas de saturación (fig. 47) indican que no existe un equilibrio bien definido para ninguna de las especies minerales consideradas. Sólo calcita y dolomita se aproximan al nivel de saturación, si bien el agua aparece sobresaturada en ambos casos. Como cabe esperar de una muestra de tan baja mineralización, todas las especies restantes manifiestan un marcado estado de subsaturación.

Finalmente cabe señalar la ausencia de concentraciones apreciables entre los microcomponentes analizados.

## 5.- AREAS DE PROTECCIÓN

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

Corresponde a un sector donde se localizan multitud de pequeñas fuentes de escaso caudal al SE del pueblo de Dúdar. La propuesta de área de protección se ha establecido de acuerdo con sus características hidrogeológicas, en:

- Zonas de recarga
- Red fluvial

### 5.2.- POSIBLES FOCOS DE CONTAMINACIÓN

De acuerdo con los datos aportados en el capítulo IV, existen serios indicios de contenidos en nitratos que se aproximan al límite de la tolerancia (48 mg/l) , muy en relación directa con la actividad agrícola que se registra por encima del mismo. La contaminación puede transmitirse bien a través del arroyo del Cortijillo , por alimentación lateral del cauce a su paso por dicho paraje, o por la infiltración directa de los

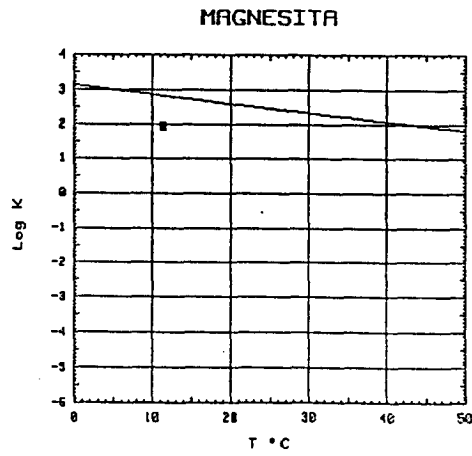
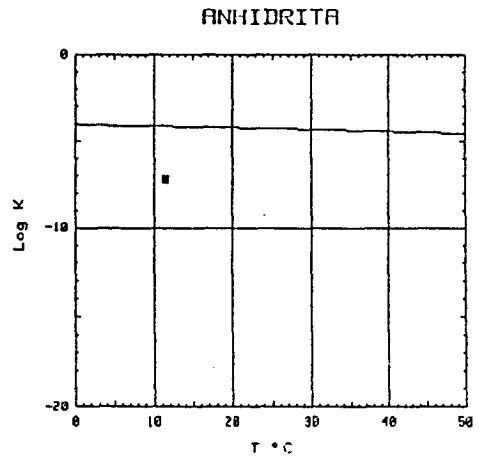
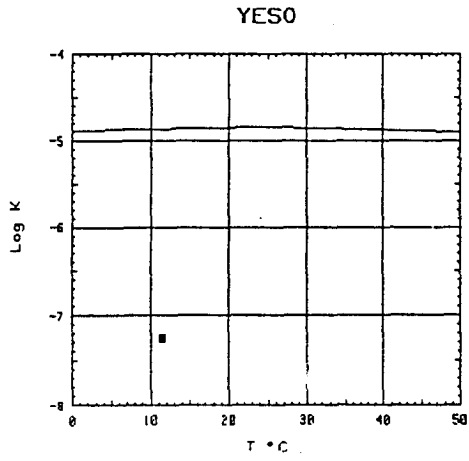
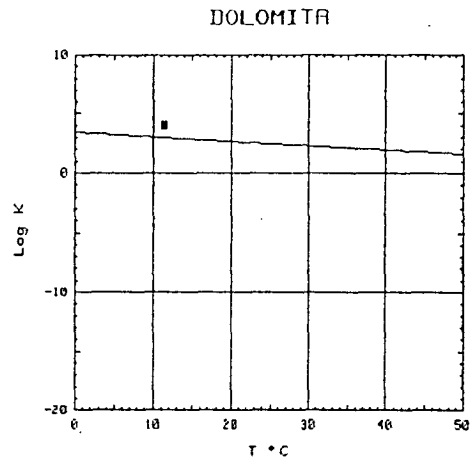
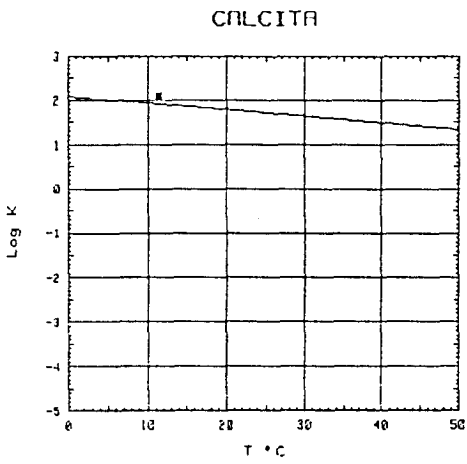


FIG. 47.- DIAGRAMAS DE SATURACION MUESTRA FTE. EL CASTAÑO

**ANALISIS QUIMICO**

\* DENOMINACION: FTE. EL CASTAÑO  
 FECHA : \*

TEMPERATURA (°C): 11.5      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 345  
 pH a 11°C: 8.01      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 170  
 pH a 18°C: 8.00      Eh campo (mV): 260

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	196.00	3.212	3.212	74.60
CO3=	-	-	-	-
SO4=	10.00	.104	.208	4.84
Cl-	3.00	.085	.085	1.97
F-	<5.0E-1	.026	.026	.61
NO3-	48.00	.774	.774	17.98
SiO2(H4SiO4)	16.3	.271	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	.01
TOTAL....	273.810	4.473	4.306	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	5.00	.218	.218	5.87
K+	1.00	.026	.026	.69
Ca++	40.00	.998	1.996	53.87
Mg++	17.00	.699	1.398	37.74
Fe++	.020	0.000	.001	.02
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.19
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	1.50
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.01
Mn++	.010	0.000	0.000	.01
Pb	0.0	0.000	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	.04
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.04
TOTAL....	63.719	1.969	3.705	

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

CLASIFICACION: BICARBONATADA -- CALCICA

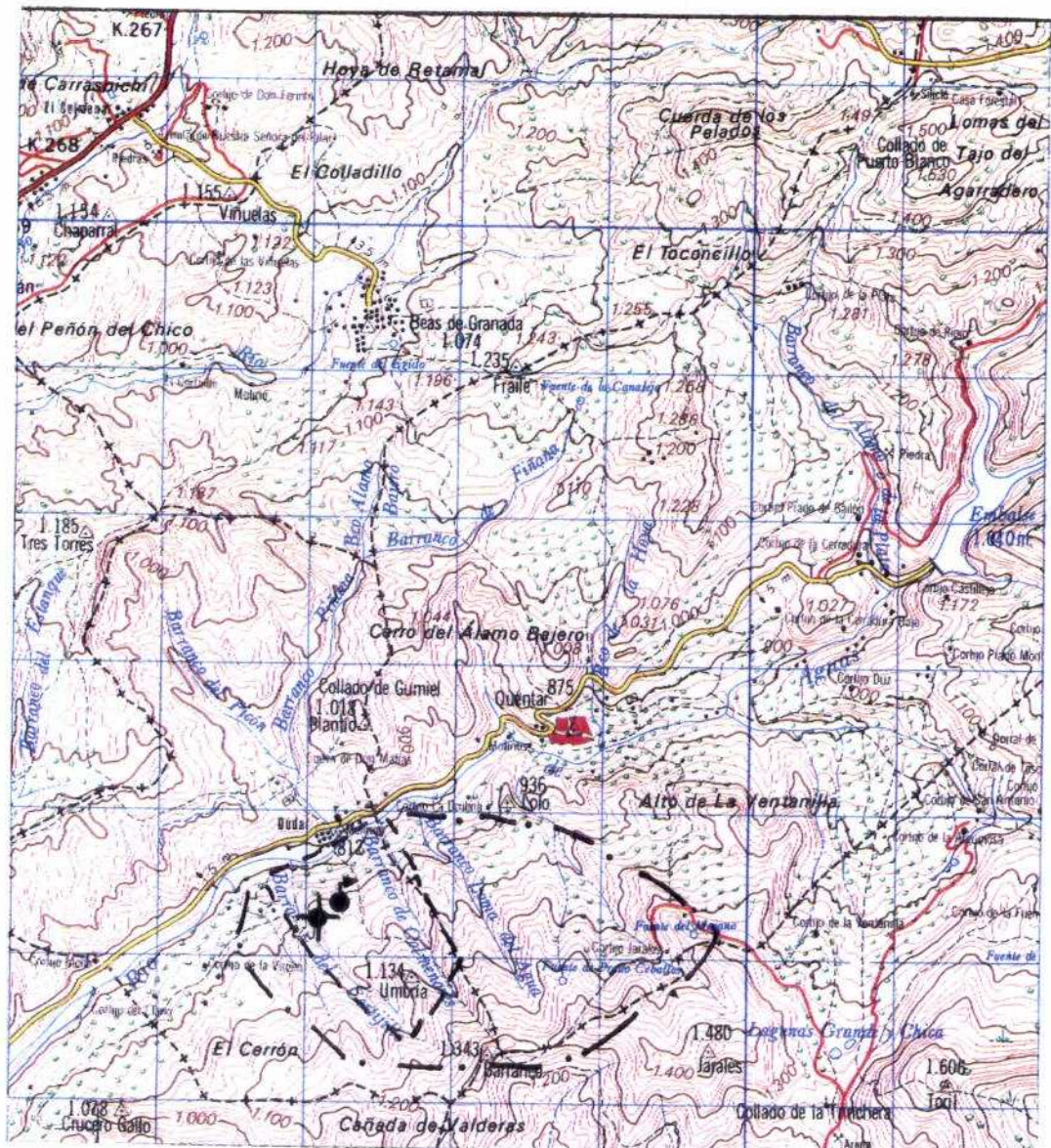
-(CO3H+CO3)/Ca =	1.609	Cl/Na =	.389	(SO4*Ca)^1/2 =	.645
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.946	Cl/(Na+K) =	.348	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	.131
((CO3H)^2*Ca)^1/3 =	2.741	SO4/Ca =	.104	Mg/Ca =	.701
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	1.008	SO4/(Ca+Mg) =	.061	Cl/CO3H =	.026

ARCHIVO EN DISCO: MMG14 (AMA2-14)

	ppm
R.S. 110°C	282
D.Q.O.	1,1
P2O5	0,03
CN-	-
Cd	<0,001
Cr	0,006
As	-
Se	-
Hg	-






DUDAR



E/1:50.000

LEYENDA

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

excedentes de regadío sobre los tramos de mayor permeabilidad.

No olvidemos que la fuente constituye el principal abastecimiento del pueblo.

#### 6.- BIBLIOGRAFIA SELECCIONADA

- Dabrio, C.J y Ruiz Bustos, A. (1979).- "Los conglomerados de la Blockformation y su significado en la evolución neógena de la Depresión de Granada". C. R Somm. Soc. Fr. Fasc. 2 pgs. 53-55.
- ITGE (1913).- "Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España.
- ITGE (1978).- Mapa Geológico nacional a escala 1:50000 (1026) 19-42 -El Padul-.
- Rodriguez Fernández, J. (1982).- "El Mioceno del sector central de las Cordilleras Béticas". Tesis doctoral Univ. de Granada.

**BALNEARIO DE ALHAMA DE GRANADA**

---



## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

El balneario de Alhama de Granada se encuentra situado al NE de esta localidad y en las proximidades del río Alhama, a una cota aproximada de 780 m.

Su acceso se realiza a través de la carretera que partiendo del propio núcleo urbano se dirige en dirección al balneario, a unos 2 km de dicha localidad.

La historia de los Baños se remonta a la época romana, de la cual data la cimentación, alcanzando verdadera importancia durante la árabe donde se procedió a su edificación. Sus antecedentes históricos son abundantes pues figura en las relaciones de los documentos de aguas minero-medicinales de 1870, 1913, 1928, 1947 y 1986 ,con la clasificación de Oligometálicas, Sulhídricas calcicas-magnésicas , así como en Madoz(1852) en su Diccionario Geográfico, Tomo Granada pg.20.

Doz Gómez y Builla Alegre en su "Elementos de Hidrología Médica" de 1887 mencionan los baños como el resultado total de los manantiales del Baño Fuerte, de la Reina, los Remedios y de San José, de características inodora e insípida y aptas para la bebida una vez fría. Continúan el citado párrafo con su aplicación en los procesos reumáticos, neuralgias y

neurosis, clasificándolas como Bicarbonatadas-calcicas.

El balneario de Alhama de Granada consta como declarado de Utilidad Pública en el listado de establecimientos balnearios de la Dirección General de Sanidad de 1870 editado por ANET, aunque se desconoce con exactitud su fecha de publicación.

Sus aguas están fundamentalmente indicadas en el tratamiento de enfermedades óseas y respiratorias, registrándose la máxima afluencia de visitantes durante los meses de verano. Exteriormente el balneario vierte directamente su caudal al río Alhama.

Tanto el balneario nuevo -surgido a raíz del terremoto de Andalucía de 1884- como el viejo, están encuadrados dentro de la hoja topográfica a escala 1:50000 (1025) 18-42 -Loja-, caracterizados por las coordenadas UTM x/412650 e y/4097610 -balneario viejo-, y x/413050 e y/4098950 -balneario nuevo-.

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

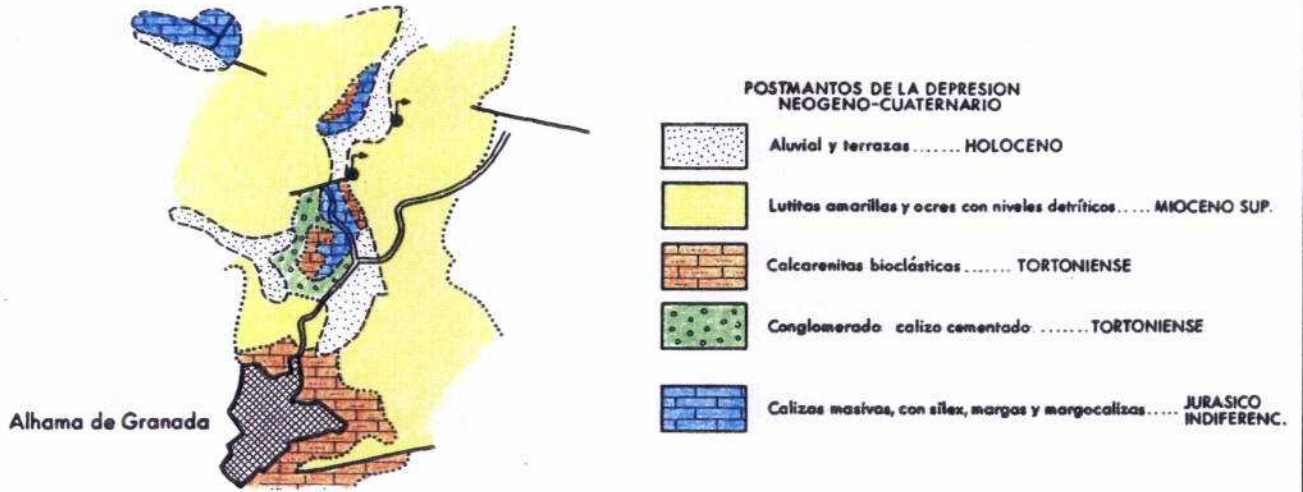
Desde el punto de vista geológico, el manantial surge a favor de una fractura localizada en materiales carbonatados jurásicos, pertenecientes a la denominada Dorsal Bética o zona circumbética, en las inmediaciones del borde más meridional de la Depresión de Granada (figs. 48 y 49).

El Complejo dorsaliano en este sector se encuentra escasamente representado y con afloramientos de pequeña extensión, en general asignados al Liásico. En las inmediaciones de los Baños, la serie liásica dorsaliana está constituido por los siguientes tramos:

- 20 m. de calizas masivas blancas y amarillentas con abundante fauna.

FIG. 48  
BALNEARIO DE ALHAMA DE GRANADA

A. ESQUEMA GEOLOGICO GENERAL



ESCALA - 1: 50.000

B. CORTE GEOLOGICO ESQUEMATICO

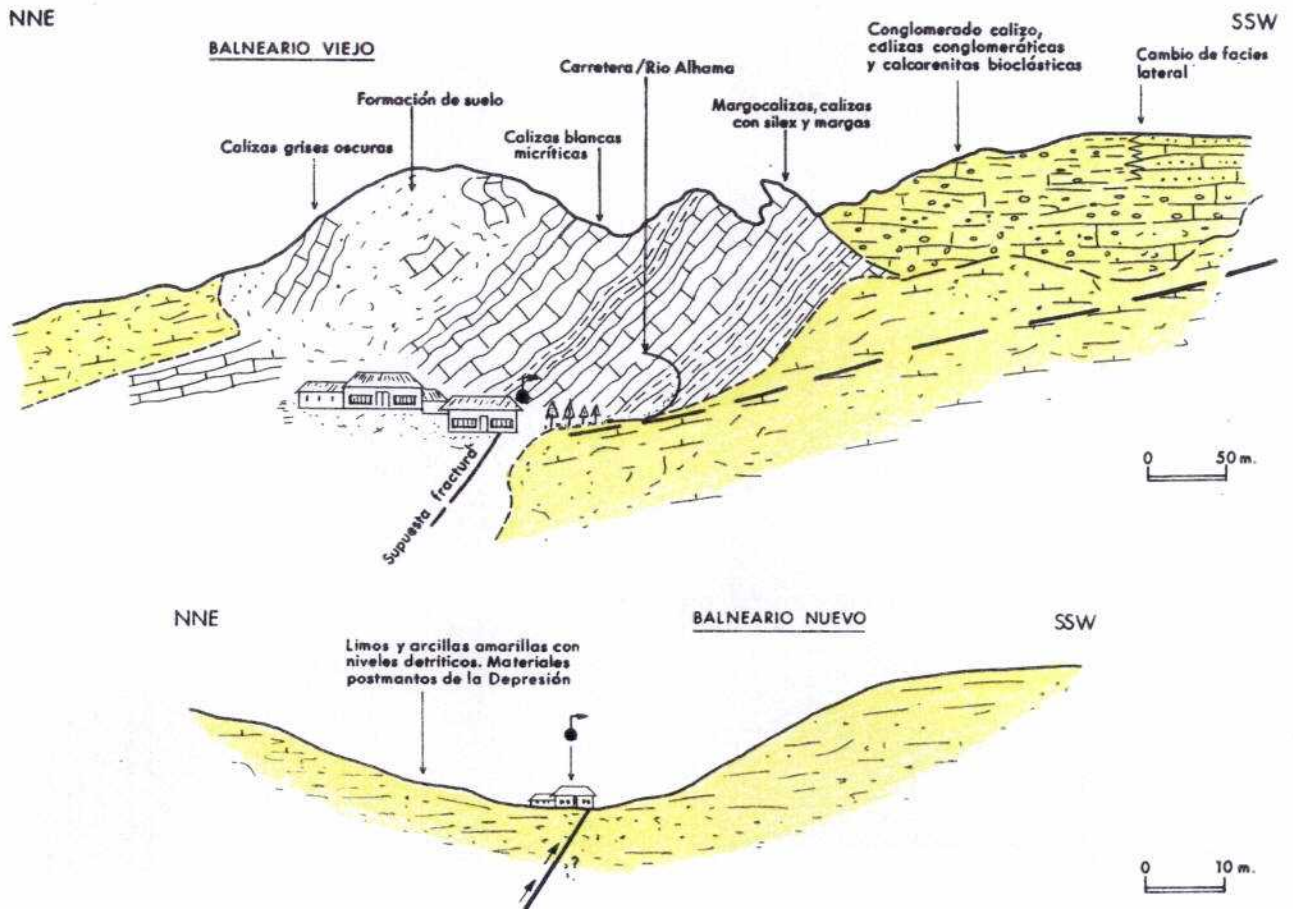
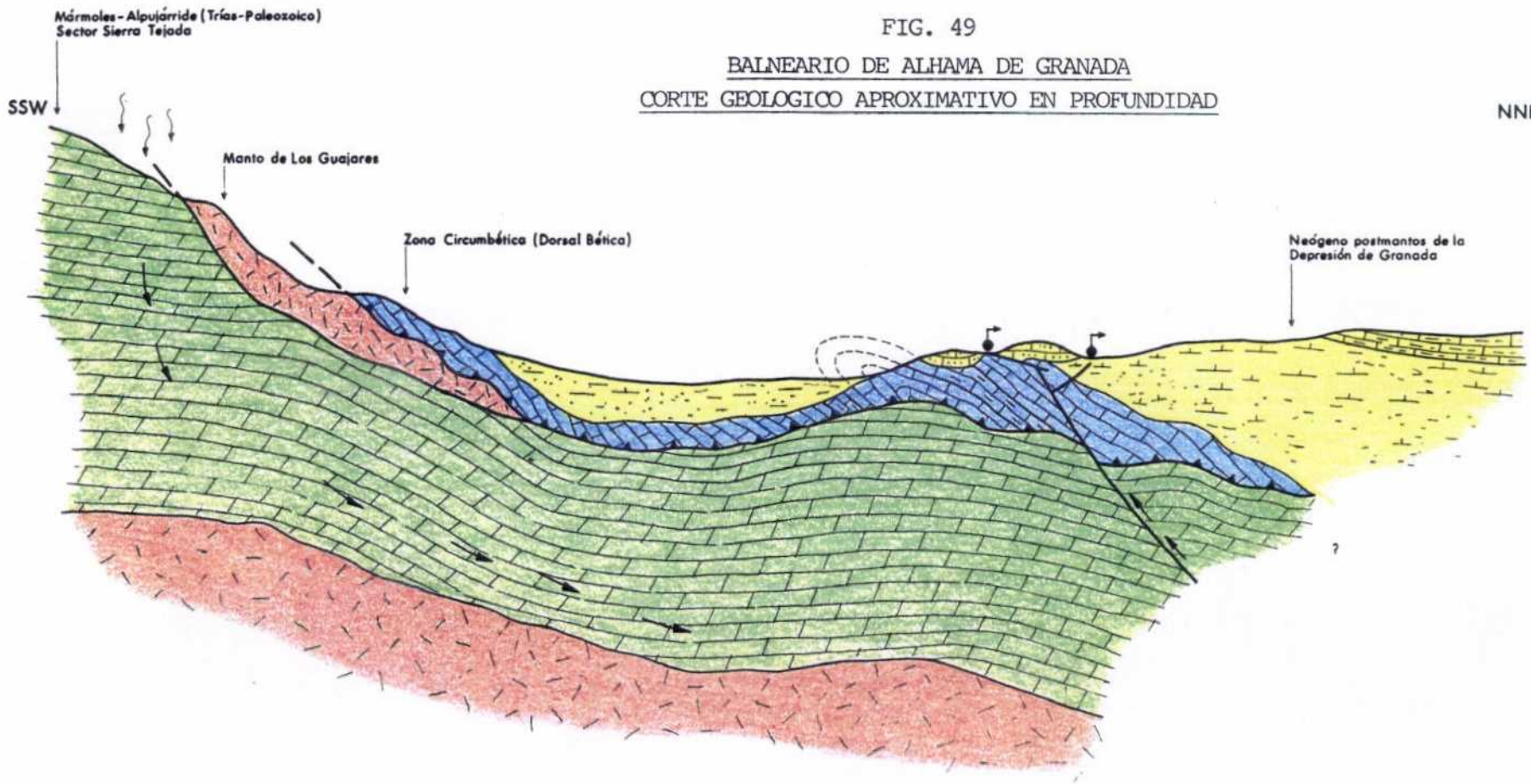









FIG. 49

BALNEARIO DE ALHAMA DE GRANADA  
CORTE GEOLOGICO APROXIMATIVO EN PROFUNDIDAD

NNE



- C. DORSAL BÉTICA**
-  Calizas masivas con sílex, margocalizas y margas
- C. ALPUJARRIDE**
-  Mármoles y/o esquistos
  - Tramo superior: Mármoles
  - Tramo basal: Micaesquistos
  -  Micaesquistos, anfibolitas y cuarcitas basales

- DEPOSITOS POSTOROGENICOS DE LA DEPRESION DE GRANADA**
-  Calizas lacustres. Margas con yesos..... MIOCENO TERMINAL
  -  Conglomerados heterométricos.....TORTONIENSE SUP.
  -  Margas grises.....TORTONIENSE
  -  Calcarenitas bioclásticas y conglomerados.....TORTONIENSE INF.

- 5 m. de calizas margosas de caracter noduloso, de edad Hettangiense medio.
- 35 m. de margas alternantes con calizas nodulosas. Igualmente pertenecientes al Hettangiense medio.
- 7 m. de calizas nodulosas con intercalaciones margosas, de tonalidad amarillenta y rosada. La edad es Sinemuriense.
- 13 m. de calizas beiges de carácter noduloso.
- 20 m. de calizas masivas grises claras.
- 2 m. de calizas margosas y margas del Domerense.
- 16 m. de calizas grises mal estratificadas con niveles de sílex a techo.

De igual forma y dadas las características físico-químicas del manantial ( 42° C y 107 l/s), de claro regimen de circulación profunda asociado a su posición geográfica y tectónica, con respecto a las grandes alineaciones carbonatadas e invocando una probable conexión con algunos de sus acuíferos, describimos fundamentalmente las litologías pertenecientes a los dominios subbético interno (Sierra Gorda) y alpujárride (Sierra Tejeda).

#### Subbético Interno

El Subbético interno en el sector de Sierra Gorda, está representado por un conjunto de materiales que abarcan edades comprendidas entre el Triás y el Eoceno-Oligoceno. Esquemáticamente, la serie subbética en dicho sector está caracterizada por las siguientes litologías:

- Dolomías grises brechificadas con intercalaciones margosas. Localmente alcanzan potencias en torno a los 200 m. La edad de este paquete no está muy definida, habiéndosele atribuido al Triás.
- Calizas blancas oolíticas y pisolíticas de edad Lías medio-superior. La



potencia de este tramo es de 800 m.

- Calizas nodulosas brechoides a menudo con superficies de interrupción sedimentaria. Abarcan edades comprendidas entre el Dogger-Malm y Cretácico.
- Calizas micríticas crema con filamentos y abundantes nódulos de sílex. La potencia que alcanzan oscila entre 30-50 m y se asignan al Dogger.
- Calizas nodulosas, con margas, sílex y niveles turbidíticos. La edad de este conjunto es Malm-Berriasense.
- Margas y margocalizas de tonos claro con abundante fauna. La edad de este tramo es Berriasense-Cenomaniense.
- Margas y margocalizas rosadas con intercalaciones turbidíticas. Abarcan edades comprendidas entre el Maestrichtense al Paleoceno-Eoceno inferior. Su potencia es de 350 m.
- Margas verdosas del Eoceno-Oligoceno.

### Alpujárride

El Complejo alpujárride en el sector de Sierra Tejeda constituye un gran conjunto dentro del cual, se han diferenciado varias unidades que, a su vez, se hallan constituidas por diversos mantos de corrimientos superpuestos. Desde el punto de vista estratigráfico, la unidad de Sierra Tejeda está definida por un potente conjunto basal, caracterizado fundamentalmente por micaesquistos de diversas tonalidades con intercalaciones anfibolíticas y cuarcíticas y potencia que en ocasiones supera los 1000 m.m. La parte alta de la serie se encuentra representada por una potente formación carbonatada, cuya litología viene definida por mármoles dolomíticos con numerosas intercalaciones de calcoesquistos y micaesquistos, en los que se observan frecuentes cambios laterales. Su potencia supera los 1500 m.

El contacto con los esquistos subyacentes es siempre neto y sin

transición litológica, aunque de geometría variable, ya que en ocasiones se sitúan los esquistos basales sobre los mármoles.

### Materiales postorogénicos

Representa un conjunto bien representado en las inmediaciones de los baños, caracterizado en su mayor parte por la presencia de formaciones neógeno-cuaternaria que constituyen el borde mas meridional de la Depresión de Granada.

Esquemáticamente dichos materiales se pueden agrupar en los siguientes tramos:

- Conglomerados cementados de cantos calizos con cemento calcáreo o matriz calcarenítica. Se encuentra muy desarrollado en las proximidades de los Baños. Su edad es Tortoniense inferior.
- Calcarenitas bioclásticas con estratificaciones cruzadas de grandes dimensiones. Su edad es Tortoniense.
- Lutitas ocreas con niveles detríticos. Presentan frecuentes cambio de facies y abundante microfauna que datan un Tortoniense superior.
- Margas azuladas y calizas bioclásticas oquerosas de edad Tortoniense.
- Yesos seleníticos con intercalaciones lutíticas. Su edad está comprendida entre el Tortoniense superior-Messiniense superior.
- Lutitas y conglomerados, margas y margocalizas con lignitos, calizas y margocalizas del Tuoliense superior.
- Conglomerados y arenas de Moraleta, limos blancos y conglomerados, arcillas y limos rojos, margas y calizas del Tuoliense superior-Pleistoceno.
- Conglomerados, arcillas rojas, depósitos de ladera aluvial, brechas y travertinos del Pleistoceno-Holoceno.

## 2.1.- TECTÓNICA

La tectónica en el sector de Alhama de Granada está fundamentalmente definida por el contacto entre zonas Internas y Externas, enmascaradas por el relleno postmantos de la Depresión de Granada.

### Tectónica de la Dorsal

Está representada por el sector de los Baños de Alhama, y se caracteriza por la existencia de un anticlinal de marcada vergencia sur, cuyo flanco meridional se encuentra invertido.

De igual forma, parece probable la existencia de un cabalgamiento de dichas litologías sobre el alpujárride o maláguide, aunque éste último no llegue a aflorar.

### Subbético interno

La tectónica del subbético interno aquí representado (Sierra Gorda), constituye a grandes rasgos una morfología en domo elongado según la dirección N-S, que es el resultado de la superposición de dos fases tectónicas que originan pliegues de dirección N150E -pliegues anticlinales asimétricos vergentes al SO-, y N30-50E -pliegues abiertos-.

En cuanto a fracturación, existe un sistema sinéctico al principal plegamiento, de plano vertical y direcciones N-S y NW-SE. Otro sistema de fallas normales de dirección WSW-ENE atribuibles a una fase de descompresión, son observables en los borde N y E de la Sierra. Globalmente y al ser afectada por la orogenia principal, se admite que el desplazamiento de la unidad hacia el norte es un hecho evidente.

### Materiales de la Depresión de Granada

La tectónica de la Depresión se encuentra definida por la



existencia de un sistema de fracturas de régimen distensivo, que se agrupa en tres familias principales, E-O, N100-130E y N50-60E.

### **Alpujárride**

La tectónica del C. Alpujárride en dicho sector, está representada por la existencia de una estructuración en mantos a la que acompaña el desarrollo de un metamorfismo regional con esquistosidades de flujo.

Los materiales de dicha unidad (Sierra Tejada) se hallan intensamente plegados en varias fases, siendo en su mayor parte pliegues anteriores a la inversión del contacto mármoles-micaesquistos. En conjunto la estructura interna de esta unidad se presenta como un bloque monoclinal buzante hacia el norte en el extremo oriental, y que progresivamente hacia el oeste, pasa a invertirse a la vez que es cabalgado por unidades del manto de los Guájares.

## **3.- HIDROGEOLOGÍA**

Desde el punto de vista hidrogeológico existen en la zona de estudio diversos acuíferos de verdadero interés con los que pudiera relacionarse el manantial.

### **3.1.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS**

De acuerdo con su pertenencia a los diferentes dominios, distinguimos:

#### **Acuífero Subbético**

Se encuentra representado por el acuífero kárstico de Sierra

Gorda.

El sistema acuífero de Sierra Gorda posee una superficie de 323 Km<sup>2</sup> y está constituido esencialmente por calizas y calizas dolomíticas liásicas notablemente karstificadas de potencia desconocida. Debido a que se encuentra rodeado por formaciones impermeables de la Depresión, hidrogeológicamente está individualizadas salvo por el borde oriental en el que el Lías desaparece bajo su cobertura mesozoica y neógena.

En la parte meridional del sistema del polje de Zafarraya, de unos 191 km<sup>2</sup> de superficie, constituye una cuenca endorreica que recibe aportaciones pluviométricas de una cuenca de aproximadamente 150 Km<sup>2</sup>, así como caudales procedentes del arroyo de la Madre y Sierra Tejada.

Las formaciones suprayacentes del Lías en el polje consisten en margas y maciños terciarios y en un aluvial cuaternario; este último alberga un manto freático explotado por numerosos pozos.

#### Acuífero alpujárride

Está fundamentalmente caracterizado por el acuífero carbonatado superior de la Unidad de Sierra Tejada, con una superficie permeable del sistema de unos 90 Km<sup>2</sup>.

Los mármoles de la parte superior de la serie constituyen un sistema hidrogeológico bien delimitado en sus bordes por materiales impermeables; la secuencia inferior, de naturaleza esquistosa, constituirá el muro impermeable. Por el sur, los esquistos basales de la unidad lo separan de las unidades carbonatadas de Camillas de Albaida, las Alberquillas y la Herradura.

Por el oeste, desde Canillas de Aceituno hasta el norte de Alcaucín, los esquistos del manto de los Guajares sellan el sistema. En el sector norte de Alcaucín (Alcazar), a esta formación carbonatada se le superponen localmente los "mármoles de las Fuentes" pero sin que se

posibilite la conexión hidráulica.

El borde norte del sistema por su parte está limitado por el contacto con los materiales impermeables del Manto de Guajar, y de la unidad de venta Palmia que lo cabalgan hacia el sur.

En el extremo oriental, sector de Játar, el sistema queda delimitado por el contacto con el terciario de la Depresión de Granada, a través del cual podría existir comunicación hidrogeológica y alimentación subterránea hacia ellos.

#### Acuífero dorsaliano

A pesar de constituir las litologías a partir del cual surge el manantial, carecería de interés dada su extensión, potencia y escasa representación. Sus características hidrogeológicas son en general poco conocidas.

#### Acuíferos de la Depresión

Globalmente, no existen acuíferos de entidad suficiente que destacar, aunque si presenta cierto interés hidrogeológico las calcarenitas bioclásticas del Tortoniense, permeable por porosidad intergranular; pero, con el inconveniente de su escasa extensión. Son también interesantes las calizas del Turolense y las formaciones detríticas fluviales del Mio-Pliocuaternalio, pero con el condicionamiento de los frecuentes cambios de facies.

De igual forma respecto al acuífero dorsaliano, se poseen pocos datos en relación a sus características y funcionamiento hidráulico.

### 3.1.1.- Características hidrogeológicas. Funcionamientos.

#### Acuífero subbético

La pluviometría del área se estima en unos 860 mm/año, con un período de estiaje entre Junio y Septiembre. En general, la alimentación se efectúa por infiltración directa del agua de lluvia, siendo escasa la escorrentía superficial. De igual forma, el acuífero freático del polje y el arroyo de la madre se descargan por una serie de sumideros hacia el acuífero kárstico. La aportación media de los manantiales es de unos 110 Hm<sup>3</sup>/año, pudiendo variar con la pluviometría entre 72-157 Hm<sup>3</sup>/año. El 53% del caudal surge en el valle del río Frío (cotas 500-530 m), el 36% se drena por la zona de Loja (cotas 445-530 m), un 8% por el manantial de Guaro (cota 703) y un 3% por otras zonas. La infiltración se estima en un 40% de la pluviometría.

Los valores de transmisividad oscilan entre 1500 m<sup>2</sup>/d (valores medios) y 14.000 m<sup>2</sup>/d así como un coeficiente de almacenamiento del orden de 1% o superior. En las zonas más profundas del acuífero, la transmisividad podría alcanzar los 100 m<sup>2</sup>/d y el coeficiente de almacenamiento un valor del orden de 10<sup>-4</sup>.

#### Acuífero alpujárride

La alimentación del sistema se efectúa principalmente a través de la infiltración directa del agua de lluvia y en menor cantidad de las aguas procedentes del deshielo. La descarga se realiza a través de los numerosos manantiales en su mayor parte localizados en los bordes del sistema.

En la vertiente norte destaca como punto de drenaje el Nacimiento del río Alhama con cota de emergencia de 970 mm. Su caudal sufre ciertas oscilaciones situándose la media representativa en 235 l/seg. En el borde oriental, en el contacto con materiales de relleno de la depresión de Granada y a cota comprendida entre los 1000 y 1020 msnm, se sitúan los

manantiales de Játar con caudales medios estimados entre 60-100 l/seg respectivamente.

Por su parte, en el extremo occidental, en el paraje de El Alcazar existen varios manantiales con cota similar al nacimiento del río Alhama, con caudales ligeramente inferiores a 20 l/seg en épocas de máximo estiaje y superior a 200 l/seg el resto del año.

En la vertiente sur como más representativo destaca el manantial de la Fajara con una cota de emergencia próxima a los 420 msnm. Posee un caudal medio de 146 l/seg.

Además de estos puntos de descarga aparecen otros muchos situados a lo largo del sistema, a cotas muy dispares, aunque dado su caudal se consideran de menor entidad en el funcionamiento hidrogeológico global del sistema.

De acuerdo con la superficie permeable del sistema  $-90 \text{ Km}^2-$  y aplicando un coeficiente de infiltración del 38%, se obtienen unos recursos subterráneos medios del orden de  $26,5 \text{ Hm}^3/\text{año}$ .

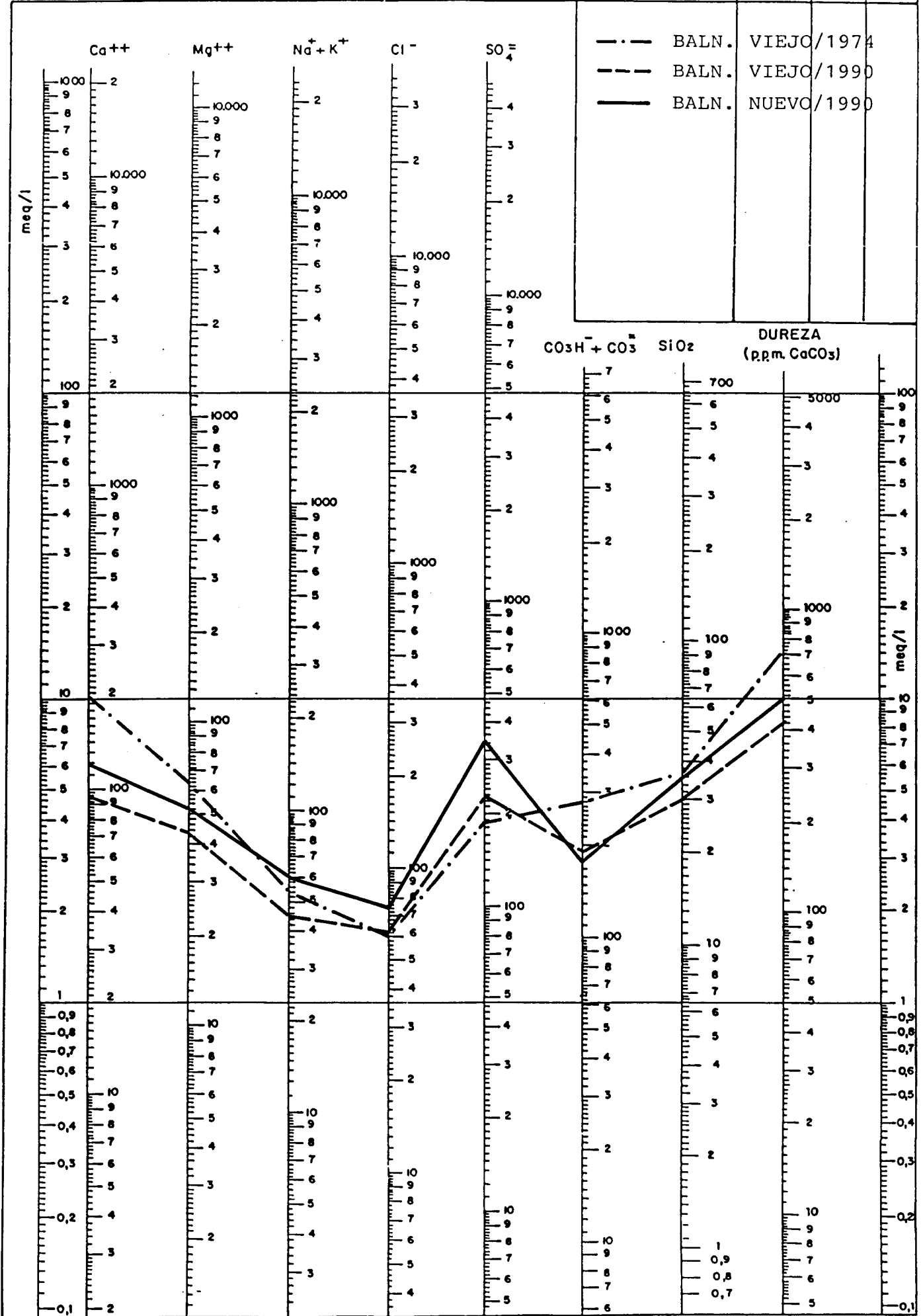
Los caudales de las emergencias más importantes observadas suman aproximadamente 640 l/seg (equivalentes a  $\approx 20 \text{ Hm}^3/\text{año}$ ). La diferencia puede corresponder en su mayor parte a los pequeños manantiales no contabilizados anteriormente y a la descarga no visible a través del borde oriental hacia los acuíferos de la Depresión de Granada.

#### 4.- HIDROQUÍMICA

Las 2 muestras de agua disponibles corresponden a sendas surgencias situadas en la parte antigua(V) y nueva(N) del Balneario. Según se observa en el diagrama logaritmico de la fig. 50, ambas presentan perfiles hidroquímicos totalmente paralelos (a excepción de la columna  $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ , sobre la que se discutirá más adelante), si bien la muestra N

FIG. 50.- BALNEARIO ALHAMA DE GRANADA

LEYENDA			
MUESTRA	C μ S/cm	pH	Eh
--- BALN. VIEJO/1974			
- - - BALN. VIEJO/1990			
— BALN. NUEVO/1990			



(1.046  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) aparece ligeramente más mineralizada que la V (853  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), hecho que podría atribuirse a un proceso de dilución. En ambos casos se trata de agua sulfatada cálcica-magnésica.

En lo que respecta a las concentraciones de  $\text{HCO}_3^-$ , se observa una clara evolución campo  $\rightarrow$  laboratorio de las muestras hacia pH básicos,

	<u>Campo</u>	<u>Lab.</u>	<u><math>\text{CO}_3^{=}</math></u>
Baln. Nuevo	7,53	8,2	8,0
Baln. Viejo	7,48	8,0	-

de forma que, a partir de unos valores de alcalinidad en campo de la muestra N superiores a los de la V, se produce un cambio en las condiciones de pH a resultas del cual, el contenido en  $\text{HCO}_3^-$  de la primera de ellas disminuye respecto al correspondiente a la segunda, y aparecen carbonatos.

La fig. 51 refleja los diagramas de saturación correspondientes a una serie de minerales (ambas muestras ocupan siempre posiciones muy próximas). Yeso, anhidrita y magnesita, es decir, los relacionados con un supuesto origen evaporítico de la muestra, presentan condiciones de subsaturación. Por el contrario, las muestras se encuentran ligeramente sobresaturadas respecto a dolomita, y muy próximas al equilibrio en el caso de la calcita.

El carácter sulfatado cálcico del agua es el rasgo más frecuente en la mayor parte de los manantiales investigados en el presente estudio. La abundancia de evaporitas tanto en los materiales de relleno postmantos, como en diversos niveles de los complejos Nevado Filabride, Alpujárride, etc., aporta en la mayoría de los casos justificación suficiente para tal predominio. No obstante, la elevada solubilidad de estos materiales suele producir mineralizaciones más elevadas que las recogidas en el Balneario. En consecuencia, si bien no debe descartarse la hipótesis de un aporte salino de origen evaporítico, cabe suponer que puesto que se trata de agua termal presumiblemente de origen profundo, se haya producido una evolución en su composición cuyo resultado sería justamente el actual balance iones-

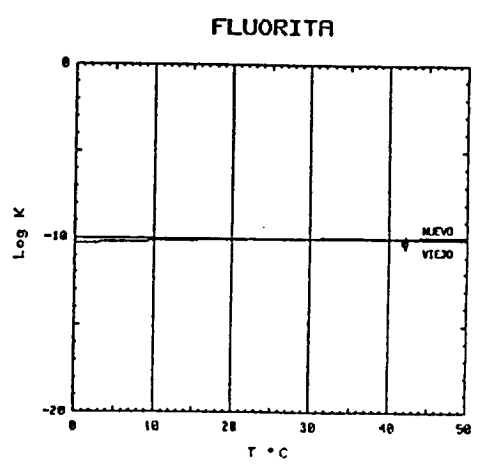
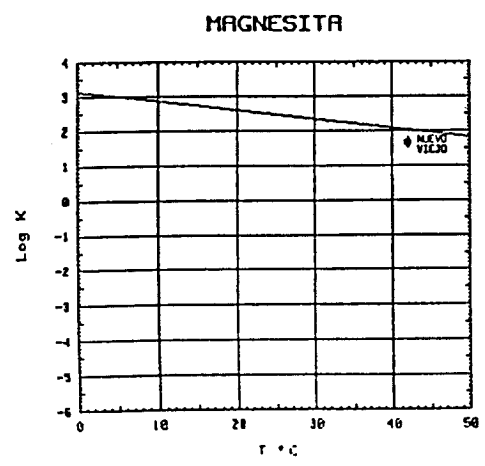
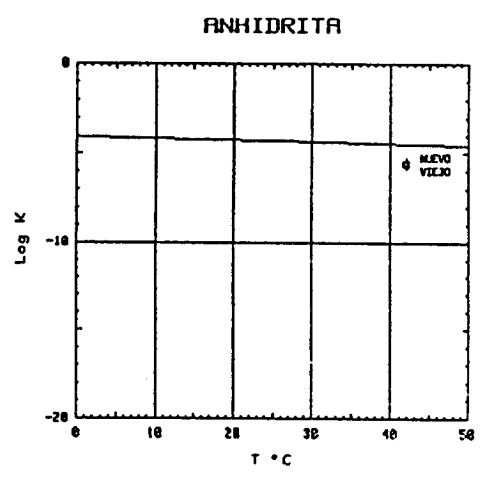
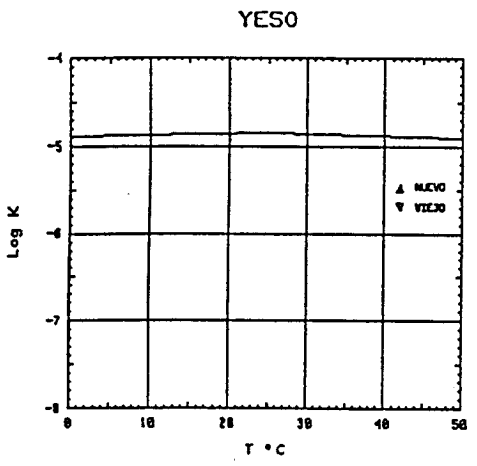
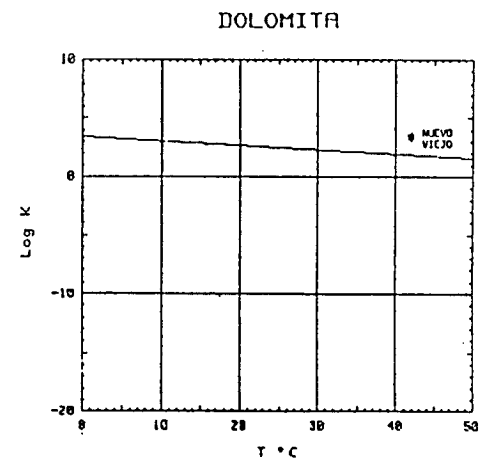
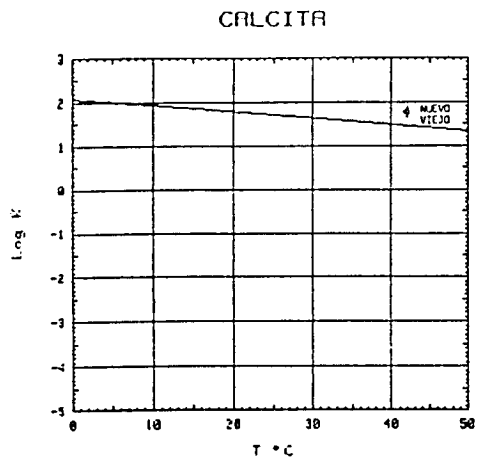


FIG. 51.- DIAGRAMAS DE SATURACION MUESTRAS BALNEARIO ALHAMA DE GRANADA: NUEVO ( $\Delta$ ) Y VIEJO ( $\nabla$ ).



cationes.

Al igual que en las restantes manifestaciones de la Depresión de Granada, el contenido en flúor de las muestras es elevado (5,0 y 3,6 mg/l para 15N y 15V respectivamente). El diagrama de saturación respecto a la fluorita indica que la muestra más mineralizada -N- se encuentra en equilibrio con este mineral, y la V, supuestamente con cierto grado de dilución, se halla ligeramente subsaturada. En lo que respecta a microcomponentes las concentraciones se mantienen en niveles bajos, sin valores destacables.

La estabilidad temporal del agua se valora a partir de la comparación de los diagramas de Schoeller de una muestra del año 1974 y el análisis actual, ambos correspondientes al Balneario Viejo (ver fig. 50). Suponiendo que los datos analíticos de la muestra más antigua sean fiables, y que efectivamente ambos análisis correspondan exactamente al mismo punto de toma, las importantes diferencias detectadas -especialmente cationes mayoritarios y bicarbonatos- podrían ser coherentes con la ausencia de equilibrios bien definidos que manifiestan los diagramas de saturación. La justificación a este comportamiento es difícil de determinar; una hipótesis plausible sería la de la mezcla entre aguas de diferente origen, si bien como se verá a continuación, el bajo contenido de oxígeno en el gas asociado al agua termal -al menos en el Balneario Nuevo- no es precisamente el propio de aguas de infiltración reciente.

El muestreo de gas se realizó sobre la surgencia del Balneario Nuevo. Al igual que en muchas otras manifestaciones de la provincia, el análisis indica una gran riqueza en nitrógeno -93,8% V- y una concentración de oxígeno del 3%. Si bien puede tratarse de aire atmosférico especialmente reducido, no cabe destacar una posible aireación en el punto de surgencia, debido a las características de la misma. Ninguno de los restantes componentes presenta una concentración apreciable.

# ANALISIS QUIMICO

\*  
DENOMINACION: BALN. VIEJO ALHAMA DE GRANADA  
FECHA : \*

-----  
TEMPERATURA (°C): 42.0                      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 853  
pH a 42°C: 7.48                              DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 419  
pH a 18°C: 8.00                              Eh campo (mV): 240  
-----

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
=====				
HCO3-	189.00	3.098	3.098	31.25
CO3=	-	-	-	-
SO4=	229.00	2.384	4.768	48.10
Cl-	63.00	1.777	1.777	17.93
F-	3.600	.190	.190	1.91
NO3-	5.00	.081	.081	.81
SiO2(H4SiO4)	30.5	.508	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
TOTAL....	520.110	8.037	9.913	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
=====				
Na+	38.00	1.653	1.653	16.15
K+	7.00	.179	.179	1.75
Ca++	96.00	2.395	4.790	46.81
Mg++	43.00	1.769	3.537	34.57
Fe++	.010	0.000	0.000	0.00
Li+	.09	.013	.013	.13
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.54
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.01
Mn++	.013	0.000	0.000	0.00
Pb	.1	0.000	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	.01
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.02
TOTAL....	184.783	6.030	10.233	

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

CLASIFICACION: SULFATADA BICARBONATADA -- CALCICA MAGNESICA

$(CO3H+CO3)/Ca = .647$      $Cl/Na = 1.075$      $(SO4*Ca)^{1/2} = 4.779$   
 $(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .372$      $Cl/(Na+K) = .970$      $(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = .988$   
 $((CO3H)^2*Ca)^{1/3} = 3.582$      $SO4/Ca = .995$      $Mg/Ca = .738$   
 $CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = .945$      $SO4/(Ca+Mg) = .573$      $Cl/CO3H = .574$

ARCHIVO EN DISCO: MMG16 (AMA2-15V)

	ppm
R.S. 110°C	668
D.Q.O.	1,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,04
CN-	-
Cd	<0,001
Cr	0,007
As	-
Se	-
Hg	-

# ANALISIS QUIMICO

\*  
DENOMINACION: BALN. NUEVO ALHAMA DE GRANADA  
FECHA : \*

TEMPERATURA (°C): 42.0                      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 1046  
pH a 42°C: 7.53                              DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 509  
pH a 18°C: 8.20                              Eh campo (mV): 251

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	168.00	2.754	2.754	21.78
CO3=	8.00	.133	.267	2.11
SO4=	347.00	3.612	7.225	57.16
Cl-	75.00	2.116	2.116	16.74
F-	5.000	.263	.263	2.08
NO3-	1.00	.016	.016	.13
SiO2(H4SiO4)	36.3	.604	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
TOTAL....	640.310	9.498	12.640	

CACIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	52.00	2.262	2.262	17.86
K+	8.00	.205	.205	1.61
Ca++	117.00	2.919	5.838	46.09
Mg++	52.00	2.139	4.278	33.77
Fe++	.010	0.000	0.000	0.00
Li+	.17	.024	.024	.19
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.44
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	0.00
Mn++	.011	0.000	0.000	0.00
Pb	.1	0.000	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	.01
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.01
TOTAL....	229.891	7.570	12.667	

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

CLASIFICACION: SULFATADA -- CALCICA MAGNESICA

-(CO3H+CO3)/Ca = .517      Cl/Na = .935      (SO4\*Ca)^1/2 = 6.495  
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .299      Cl/(Na+K) = .858      (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = 1.125  
((CO3H)^2\*Ca)^1/3 = 3.537      SO4/Ca = 1.237      Mg/Ca = .733  
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = 1.013      SO4/(Ca+Mg) = .714      Cl/CO3H = .768

ARCHIVO EN DISCO: MMG15 (AMA2-15N)

	ppm
R.S. 110°C	750
D.Q.O.	1,3
P2O5	0,04
CN-	-
Cd	<0,001
Cr	0,008
As	-
Se	-
Hg	-

## 5.- AREAS DE PROTECCIÓN

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

En la actualidad, el balneario de Alhama de Granada no posee perímetro de protección, tan sólo disponen de la jurisdicción de la propiedad donde se ubican los baños.

El establecimiento de una propuesta de área de protección se ha elaborado en base a los siguientes criterios:

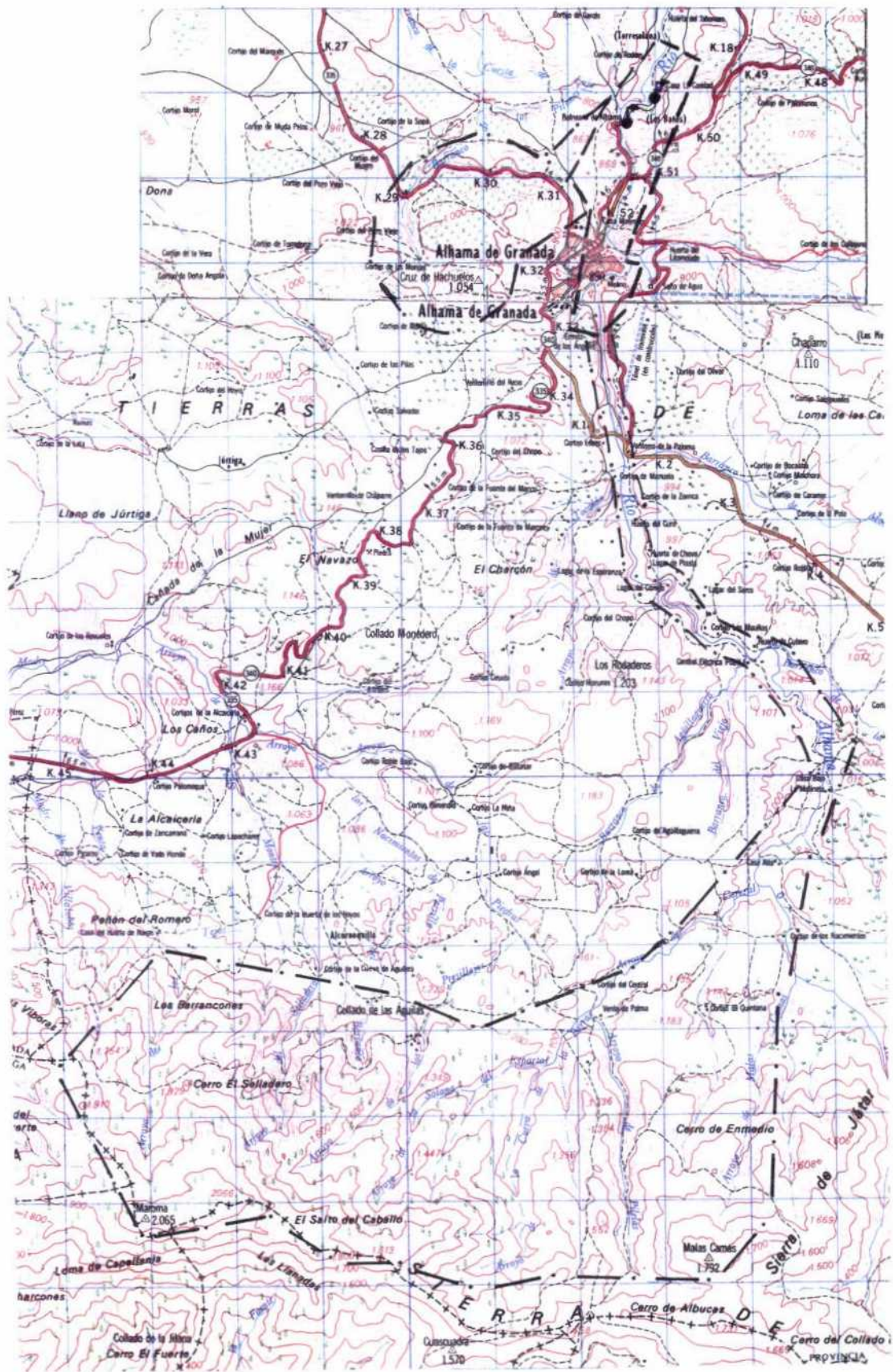
- Hipotéticas zonas de recarga (se trata de un acuífero termal-profundo).
- Red fluvial, con especial atención al curso del río Alhama desde su nacimiento a su paso por el balneario. Dicho río atraviesa fracturas relacionadas con el manantial a la altura de los Baños.
- Situación de los principales y/o posibles focos de contaminación.

### 5.2.- PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Vamos a diferenciar dos tipos principales de probables focos de contaminación:

- Urbanos; derivados en su mayor parte, de aguas de uso doméstico o de infiltración en vertederos incontrolados, a través del río Alhama.
- Agrícolas; dicho sector representa una área de gran tradición en este sentido. Se advierte de los peligros de contaminación a través del uso incontrolado de abonos, pesticidas, etc.

BAÑOS DE ALHAMA DE GRANADA



LEYENDA

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

**6.- BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA**

- Braga, J.C; Martín Algarra, A. y Rivas, P.(1984).-"Hettangiense y Sinemuriense de los baños de Alhama de Granada." Geobios Vol.17 , pg.269-276.
- Doz Gomez y Builla Alegre(1887).-"Elementos de Hidrología Médica".
- Establecimientos-balnearios oficiales declarados de Utilidad Pública. Ministerio de la Gobernación, 1870.
- ITGE(1913).-"Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España.
- ITGE(1982).-"Rasgos hidrogeológicos generales del borde occidental de las Sierras Tejeda y Almijara."
- ITGE(1983).-"Investigación hidrogeológica de la Cuenca Sur de España (Sector occidental). Informe técnico nº 9. Sistema acuífero nº 40. Mesozoico calizo-dolomítico de la Sierra Gorda.
- ITGE(1984).-"Estudio geológico-geotérmico de le Depresión de Granada y área de Lanjarón."
- ITGE(1990).-"Atlas hidrogeológico de la provincia de Granada."
- ITGE(1988).- Mapa Geológico nacional a escala 1:50000 (1025) 18-42 -Loja-.
- Vera, J.A (1969).-"Estudio geológico de la zona Subbética en la transversal de Loja y sectores adyacentes." Mem. IGME. Tomo LXXII.

CORTIJO EL BANUELO DE ZAGRA-LA CERRADURA

## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1.-LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA Y DATOS HISTORICOS

El manantial del bañuelo de Zagra está situado al Oeste de esta localidad y en el borde suroccidental de la Sierra de Ojete, a una cota aproximada de 460 m. A pesar de su estado actual, el manantial ya gozaba de cierta fama en la antigüedad por sus propiedades curativas, especialmente indicadas en aquellas personas que padecían afecciones dermatológicas (Véase Madoz 1852. Tomo Granada, pg. 230)

Su acceso se realiza desde el propio núcleo urbano, tomando la pista comarcal que nos conduce a las inmediaciones del paraje conocido como la Cerradura (antiguo molino de pan).

Actualmente forman parte de los terrenos expropiados por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en la construcción del embalse de Iznajar.

Como antecedente histórico mas representativo, habría que mencionar su aparición en las relaciones de aguas minero medicinales de 1913 y 1986 del ITGE, en la que figuran bajo la denominación de Baños de Zagra sito en el paraje de la Cerradura y con la clasificación de sulfurosas frías.

Desde el punto de vista geográfico, el manantial aparece encuadrado dentro de la hoja topográfica a escala 1:50000 (1007) 17-41



-Rute-, caracterizado por las coordenadas UTM x/393450 e y/4124420.

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

Desde el punto de vista geológico la surgencia se encuentra localizada en el contacto por abombamiento del Trias Keuper con una formación dolomítica fisurada perteneciente al dominio Subbético medio de las Cordilleras Béticas (fig. 52).

Las facies triásicas aquí representadas son las ya conocidas e identificadas de secuencias de arcillas versicolores con intercalaciones de dolomías carniolares e intrusiones subvolcánicas de naturaleza ofítica. Señalar en este sentido la visible relación del manantial con un lentejón subvolcánico muy fisurado.

El Subbético medio de las zonas externas de las Cordilleras Béticas en este sector, esta representado por los siguientes términos:

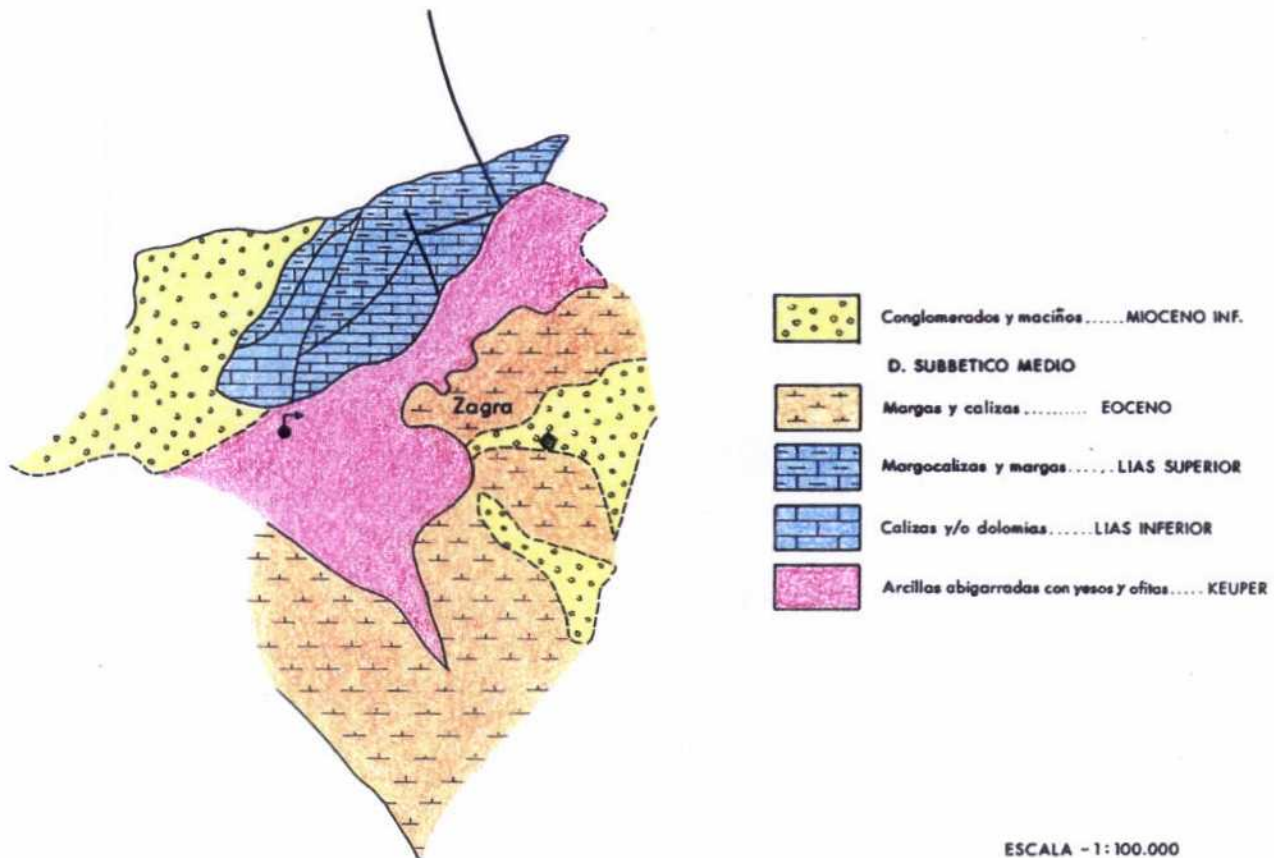
### Trias

Independientemente del Trias de Antequera de naturaleza alóctona con respecto al Subbético medio, el Trias en este sector está representado por las siguientes litologías:

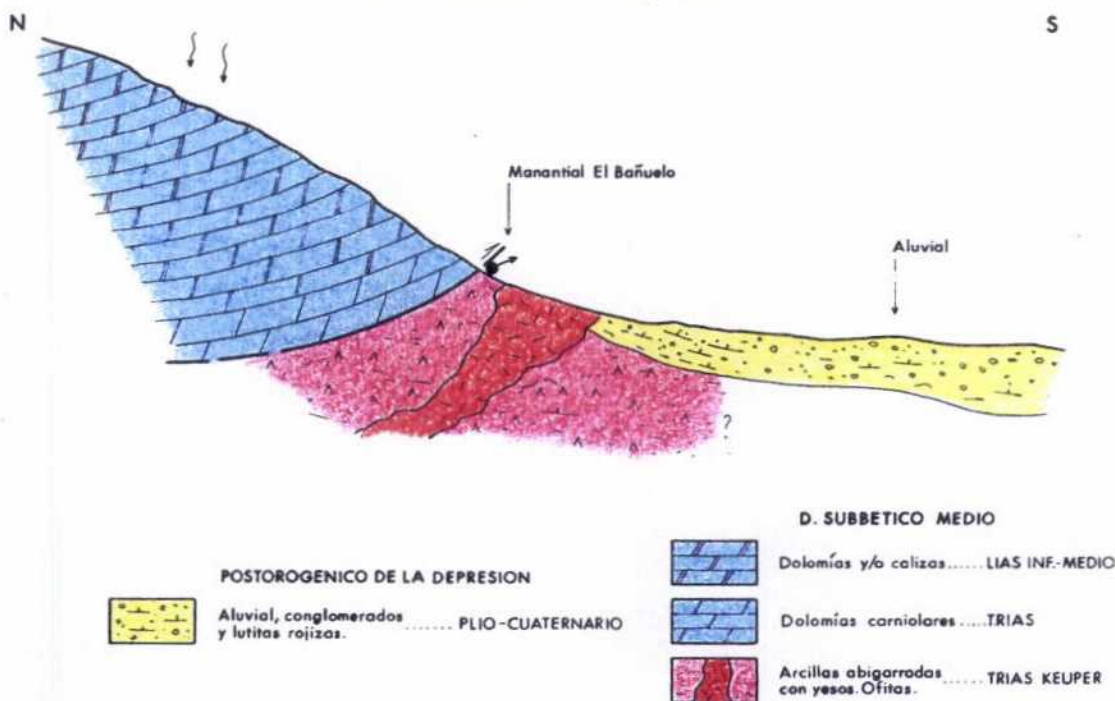
- Dolomías y carniolas de tonalidad grisáceas y ocreas con potencias inferiores a los 20 m.
- Arcillas y margas abigarradas con yesos de tonalidad rojiza.
- Dolomías grises de grano fino a menudo brechificadas.

FIG. 52  
CORTIJO EL BAÑUELO (ZAGRA)

A. ESQUEMA GEOLOGICO GENERAL



B. CORTE GEOLOGICO ESQUEMATICO



### Jurásico

Corresponde a una serie bastante bien representada constituida por los siguientes términos:

- Calizas micriticas y oolíticas con desarrollo de hard-ground y niveles de rocas volcánicas a techo. Posee una potencia de uno 200 m y edad infracarixiense.
- R. volcánicas de carácter brechoide y vacuolar a techo de las calizas liasicas.
- Calizas margosas, nodulosas, margas y margocalizas con potencia media en torno a los 250-300 m de edad Lias superior.
- Calizas nodulosas rojizas con abundante fauna. Fenómenos de slumping y potencias del orden de 25 m. De edad Domerense-Toarciense.
- Margas margocalizas amarillentas y rocas volcánicas con potencias variables y de edad Lias superior-Aalenense.
- Margocalizas y margas silíceas de tonalidades verdosas con potencia media en torno a los 550 m y edad Bajocense.
- Margas rojas con niveles silíceos de radiolaritas, de potencias variables entre 20-100 m y edad Bathoniense-Calloviense.
- Turbiditas calcáreas con nódulos de sílex y margas amarillentas-rojizas. Presentan potencias entre 70-150 m y edad Malm.

### Cretácico

Comprende fundamentalmente dos términos principales:

- Margas y margocalizas de tonalidad blanquecina a gris con potencias superiores estimadas en 300 m. Son atribuidas al Cretácico inferior-medio.

- Margas y margocalizas rosadas con intercalaciones turbidíticas. Su potencia media está comprendida entre 40-120 m. Su edad es Cretácico superior-Paleógeno.

Sobre este conjunto mesozoico yace una amplia secuencia de materiales margosos areniscosos con niveles conglomeráticos y calizos que abarcan edades comprendidas entre el Eoceno-Mioceno medio.

### Materiales postmontos

Constituyen aquellos materiales depositados con posterioridad a la estructuración orogénica de las Cordilleras Béticas.

Se encuentra representado por los siguientes términos:

- Arenas y margas verdoso-amarillentas de edad Mioceno medio. Poseen potencias en torno a los 30 m.
- Calcarenitas bioclásticas y margas, a menudo con intercalaciones conglomeráticas. Su edad es Tortoniense superior.
- Yesos laminados, margas y margocalizas. Eventualmente depósitos de lignito. Su edad es Turolense superior.
- Conglomerados, arenas y lutitas de edad Plio-cuaternario.

Por último mencionar la existencia de depósitos tipo brecha, derrubios en general, trevertinos y aluviales que recubren ciertos relieves y constituyen el cuaternario aquí representado.

### 2.1.- TECTÓNICA. ESTRUCTURA.

La tectónica de la zona de estudio está particularmente definida por el desarrollo de varias etapas que desembocan en la estructuración de

mantos de cabalgamiento en los que actuó como autóctono relativo el subbético medio. Se pueden distinguir al menos cuatro mantos diferenciados; de inferior a superior tenemos:

- Trias de Antequera
- Unidad de Parapanda-Hacho de Loja
- Unidad de Sierra Gorda
- Zona Circumbética

La tectónica comprensiva asociada, desarrolló en el subbético medio pliegues de dirección N60E y vergencia Norte. Posteriormente y durante el neógeno, se producen nuevas fases comprensivas que dan origen a basculamientos y fracturas. Las directrices predominantes de dichas fracturas son las del contacto Zonas Externas con zonas Internas. En definitiva, dichas directrices corresponden a un juego de fracturas de movimiento dextroso que fueron los causantes del acercamiento y colisión entre los dominios.

### 3.- HIDROGEOLOGÍA

Desde el punto de vista hidrogeológico diferenciamos dos formaciones acuíferas principales: Acuífero subbético y acuífero detrítico pliocuaternario.

#### 3.1.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

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

##### Acuífero Subbético

En su conjunto, están constituido por secuencias de calizas y dolomíticas liasicas, fisuradas y a menudo karstificadas.

En general, presentan elevada transmisividad favorecida por los mecanismos de fracturación a los que se someten. En el caso concreto del manantial que nos ocupa parece evidente su recarga a través de estos materiales pero con gran influencia del Trias infrayacente.

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

El manantial del Bañuelo con un caudal de 0,2 l/s (22/2/90) y una cota de 460 m. está directamente controlado por este sistema de recarga, llegando incluso a secarse durante los meses de mayor estiaje.

#### Acuífero plio-cuaternalio

Constituye un acuífero de cierto interés hidrogeológico pero con un fuerte condicionamiento de acuerdo con el tipo de facies. Su transmisividad depende en gran parte de la proporción de matriz y grado de cementación. Presentan permeabilidades debido a porosidad intergranular destacando fundamentalmente las secuencias arenosas y conglomeráticas.

#### **4.- HIDROQUÍMICA**

Agua clorurada sódica fría (18,6°C), con un grado de mineralización importante (4.600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). La asociación del manantial con las evaporitas triásicas a que se hizo referencia en apartados anteriores, justifican plenamente la naturaleza de la muestra.

Los diagramas de saturación (fig. 53) indican que la muestra se halla sobresaturada respecto a calcita y dolomita, subsaturada respecto a anhidrita, magnesita y halita, y prácticamente en equilibrio con yeso.

Si bien el estudio geológico sitúa el área de recarga en las dolomías carniolares triásicas, y existe además una intrusión ofítica

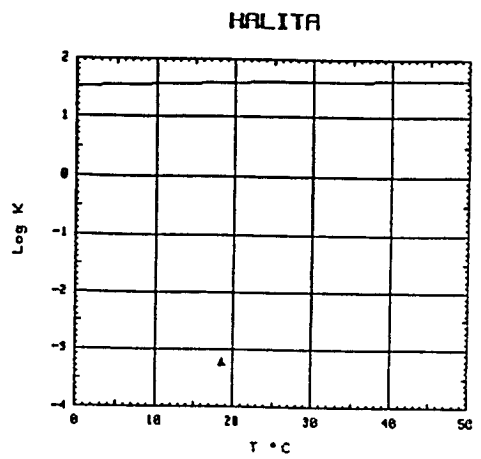
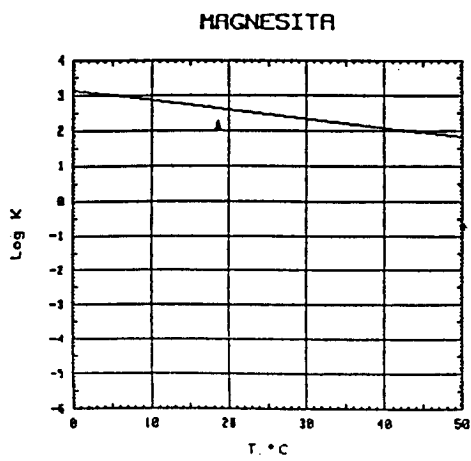
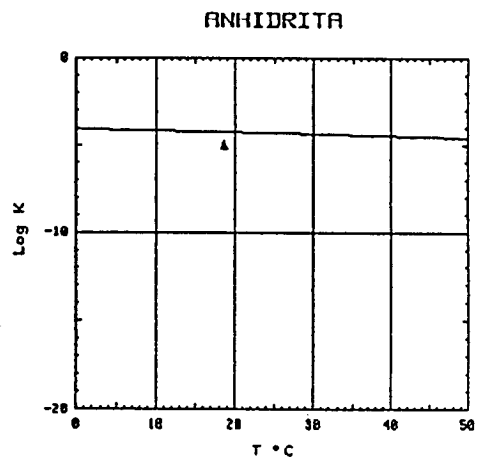
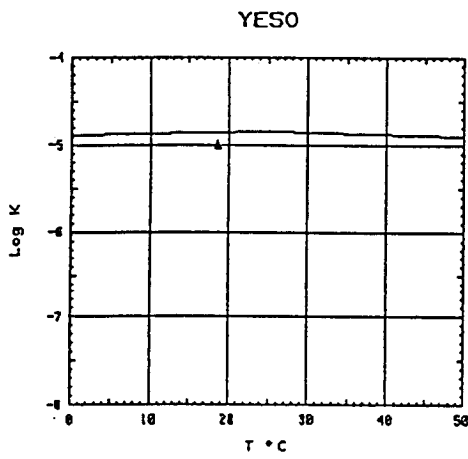
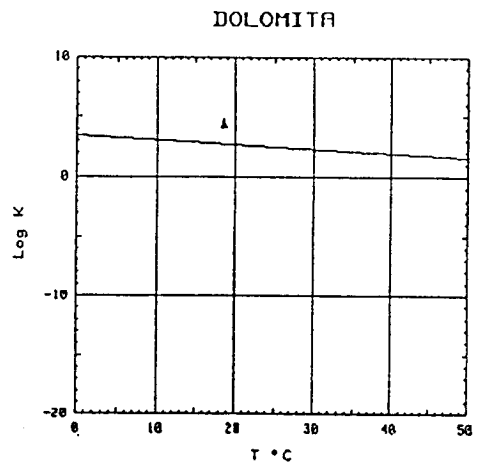
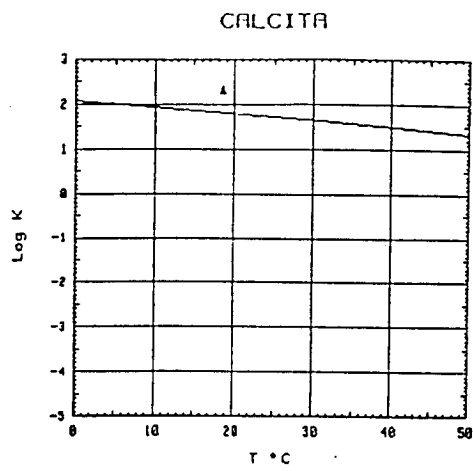


FIG. 53.- DIAGRAMAS DE SATURACION MUESTRA CORTIJO EL BAÑUELO DE ZAGRA

# ANALISIS QUIMICO

\*  
DENOMINACION: CORTIJO EL BAÑUELO DE ZAGRA  
FECHA : \*

TEMPERATURA (°C): 18.6      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 4600  
pH a 18°C: 7.69      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 1050  
pH a 18°C: 7.70      Eh campo (mV): 173

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	221.00	3.622	3.622	7.12
CO3=	-	-	-	-
SO4=	844.00	8.786	17.572	34.53
Cl-	1047.00	29.536	29.536	58.04
F-	.800	.042	.042	.08
NO3-	7.00	.113	.113	.22
SiO2 (H4SiO4)	13.5	.225	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
TOTAL....	2133.310	42.324	50.885	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	733.00	31.886	31.886	60.12
K+	8.00	.205	.205	.39
Ca++	260.00	6.487	12.974	24.46
Mg++	96.00	3.948	7.897	14.89
Fe++	.020	0.000	.001	0.00
Li+	.11	.016	.016	.03
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.10
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	0.00
Mn++	<5.0E-3	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	0.00
TOTAL....	1097.774	42.563	53.037	

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

CLASIFICACION: CLORURADA -- SODICA

(CO3H+CO3)/Ca = .279    Cl/Na = .926    (SO4\*Ca)^1/2 = 15.099  
-(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .174    Cl/(Na+K) = .920    (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = 1.045  
((CO3H)^2\*Ca)^1/3 = 5.542    SO4/Ca = 1.354    Mg/Ca = .609  
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = 1.015    SO4/(Ca+Mg) = .842    Cl/CO3H = 8.154

ARCHIVO EN DISCO: MMG19 (AMA2-18)

	ppm
R.S. 110°C	3.295
D.Q.O.	1
P2O5	0,04
CN-	-
Cd	<0,001
Cr	0,009
As	-
Se	-
Hg	-



asociada al manantial que también puede incidir sobre la composición de la muestra, resulta evidente que el aporte de sales de origen evaporítico constituye el factor definitorio de la naturaleza del agua, enmascarando incluso la influencia de los materiales antes citados.

En lo que respecta a componentes minoritarios, cabe destacar que las concentraciones de flúor (0,8 mg/l) y litio (0,11 mg/l) resultan ciertamente bajas, en comparación con las detectadas en los demás manantiales salinos investigados. Esta circunstancia podría estar relacionada con el hecho de que la surgencia en cuestión, carece de influencia alguna de materiales terciarios de relleno<sup>1</sup>. No obstante, el efecto contrario (materiales terciarios = incremento de flúor y litio) es difícil de evaluar, puesto que en los restantes casos existe un factor temperatura respecto al cual, flúor y litio actúan en principio como indicadores.

## 5.- AREAS DE PROTECCIÓN

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

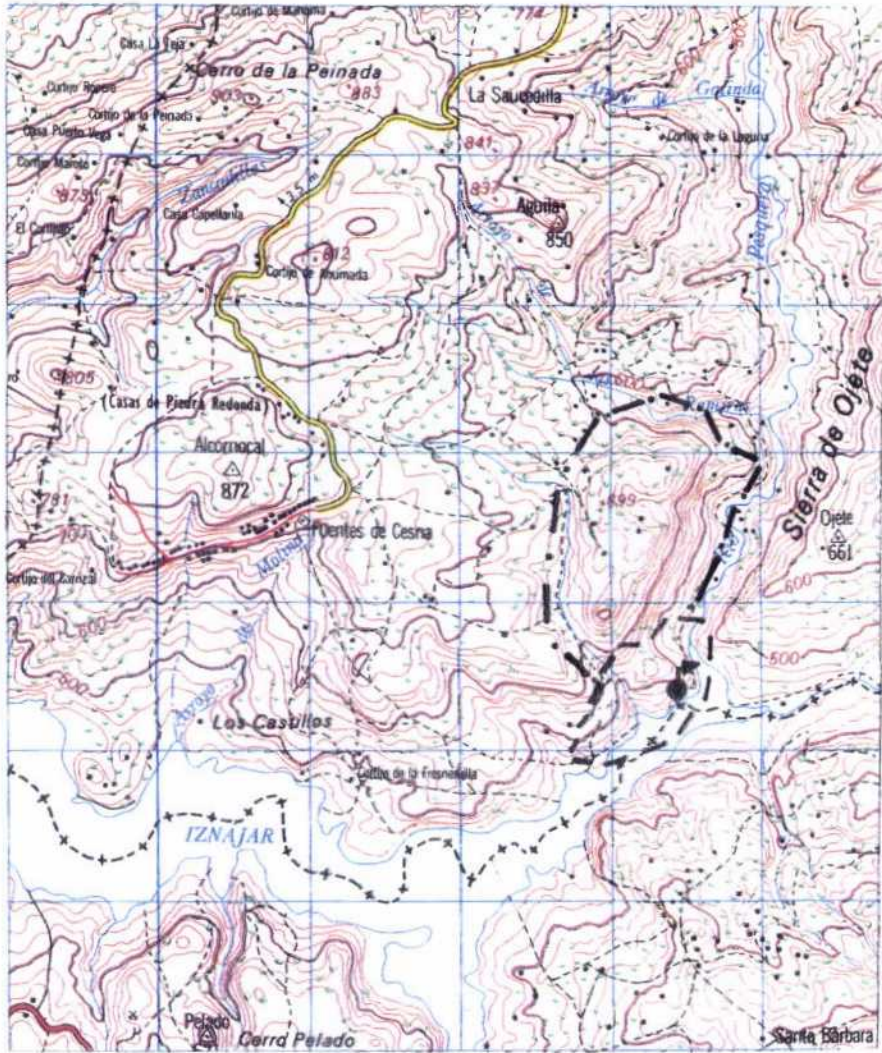
Dado el escaso caudal que arroja el manantial y sus características hidrogeológicas, muy controladas con respecto a la pluviometría local, la propuesta de área de protección se ha elaborado en base a los siguientes aspectos:

- Zonas de recarga
- Fracturación y/o diaclasado

---

<sup>1</sup> La componente evaporítica del agua proviene exclusivamente del Keuper.

LA CERRADURA (ZAGRA)



E/1:50.000

LEYENDA

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

## 5.2.- PRINCIPALES FOCOS DE CONTAMINACIÓN

De acuerdo con la situación y posición del manantial -cabecera del embalse de Iznajar-, no se han observado actividades que puedan representar focos potenciales de contaminación.

## 6.- BIBLIOGRAFIA SELECCIONADA

- Garcia Yebra, R; Rivas, P; y Vera, J.A (1972).-"Revisiones sobre la edad de las coladas volcánicas jurásicas en la región de Algarinejo-Lojilla." Acta Geol.Hisp. vol.7 , pg.133-137.
- ITGE(1913).-"Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España".
- ITGE.- Mapa Geológico nacional a escala 1:50000 (1007) 17-41 -Rute-.
- Vera, J.A(1966).-"Estudio geológico de la zona Subbética en la transversal de Loja y sectores adyacentes". Tesis Univ. de Granada.

**FUENTE AGRIA DE PORTUGOS**

## 1.- INTRODUCCION

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA Y DATOS HISTÓRICOS

El manantial de Fuente Agria de Pórtugos alojada en las estribaciones meridionales de Sierra Nevada, corresponde a un pequeño grupo de surgencias de naturaleza ferruginosa localizada a unos 500 m. al Este del núcleo urbano de Pórtugos, cuyas propiedades minero-medicinales son bien apreciadas y enormemente conocidas por los vecinos de la localidad.

Su acceso se realiza a través de la famosa y accidentada carretera de los Alpujarras granadinas, a la salida de la población anteriormente mencionada, y a pie de carretera. El paraje también conocido como "La Ermita" se encuentra perfectamente acondicionado por el ayuntamiento de la localidad ya que su fácil acceso junto a las características terapéuticas del manantial determinan la continua afluencia de visitantes.

Sus antecedentes históricos son abundantes pues figura en las relaciones de aguas minero-medicinales de 1913, 1947 y 1986, con la clasificación de acidulo-ferruginas, e indicadas en la anemia y enfermedades del aparato sexual femenino. De igual forma, en la Jefatura de Minas del Distrito Provincial de Granada consta como declarada de Utilidad Pública por la Dirección General de Minas y Combustible el 16 de Septiembre de 1959, cuya resolución se publicó en el B.O.E. nº 237 del día 3 de Octubre de 1959.

En la actualidad y de acuerdo con los datos facilitados por algunos vecinos de la población, sus aguas vienen corrientemente siendo utilizadas en el tratamiento de los procesos anémicos y falta de apetito, a menudo recomendadas por los médicos de la población.

Desde el punto de vista geográfico, la fuente está encuadrada dentro de la hoja militar a escala 1:50.000 20-43 (1042) -Lanjarón-, definida por las coordenadas UTM x/472950 e y/4088550, a una cota aproximada de 1260 m.

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

El manantial de Fuente Agria de Pórtugos se origina a favor de una serie de fracturas que afectan directamente a una potente sucesión de micaesquistos grafitosos con feldespatos, cloritoide, biotita y granate de edad paleozóica, perteneciente a la Unidad del Manto del Veleta dentro del dominio Nevado-Filábride (Fig. 54).

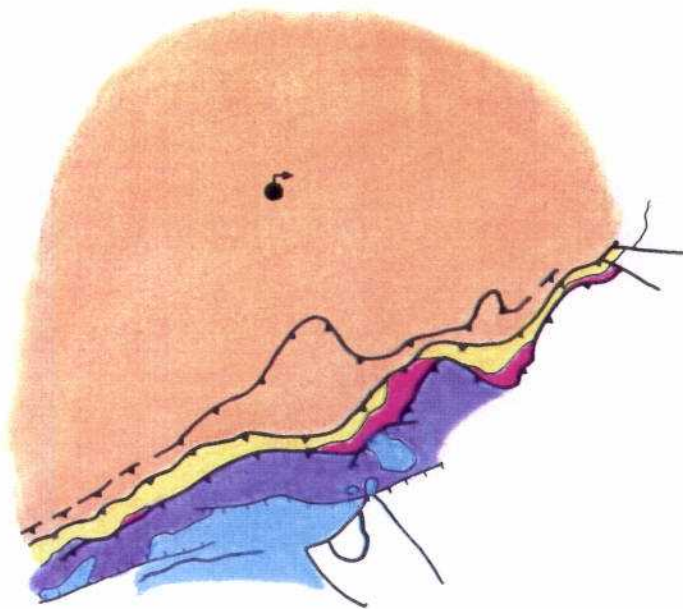
A escala de campo, conviene reseñar la existencia de una importante red de diaclasado que afecta muy directamente a dicha formación y a partir de la cual se desarrollan mineralizaciones de sulfuros de hierro diseminados, que en superficie pasan a carbonatos y oxi-hidroxidos de hierro.

El marco geoestructural de la zona de estudio viene caracterizado por la aparición a unos 2 Km al Sur del manantial del contacto entre los dominios Alpujárride-Nevado-Filábride, a pesar de que su origen no parece relacionarse en absoluto con este importante rasgo tectónico.

Litológicamente, la presencia de estos dos dominios en la zona objeto de estudio está caracterizada por los siguientes materiales:






## ESQUEMA GEOLÓGICO GENERAL



ESCALA 1 : 50.000

### LEYENDA

#### C. Nevado - Filábride

-  **Mantos del Veleta y Mulhacén**  
Micasquistos grafitosos con Fd, cloritoide, biotita y granate. Paleozoico.
-  Micasquistos con epidota y turmalina. Gneises.
-  Mármoles cipolinicos. Eoceno.

#### C. Alpujarride



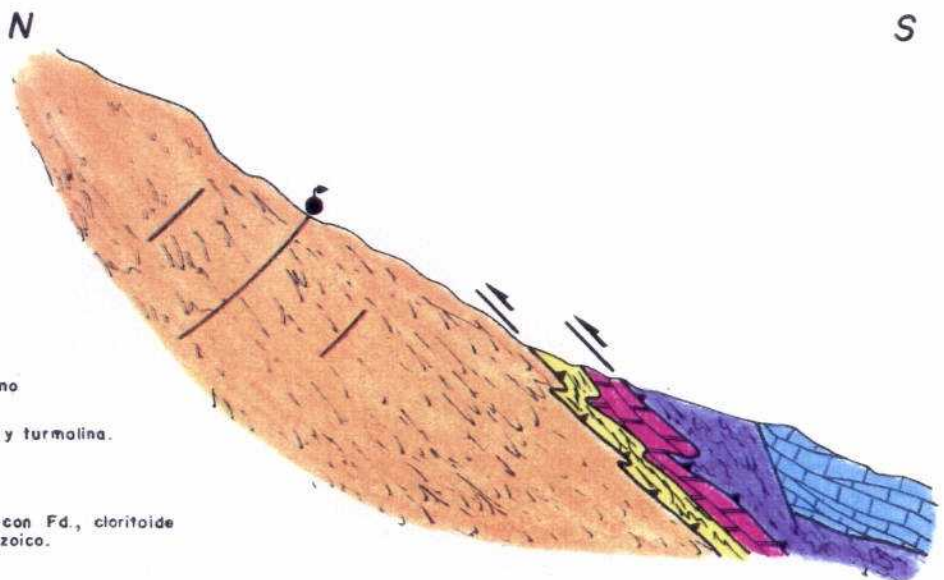
-  **Manto de Castaras**  
Calizas recristalizadas, dolomías y calcoesquistos. Mineralizaciones de Fe y Hg en la base. Trias medio-sup.
-  Filitas y cuarcitas. Localmente yesos y calcoesquistos. Permo-Trias.




FIG. 54.- FUENTE AGRIA DE PORTUGOS

## CORTE GEOLÓGICO APROXIMATIVO EN PROFUNDIDAD





### LEYENDA

#### C. Nevado - Filábride

-  **Manto del Mulhacén**  
Marmoles cipolinicos. Eoceno
-  Micasquistos con epidota y turmalina. Gneises. Paleozoico.
-  **Manto del Veleta**  
Micasquistos grafitosos con Fd, cloritoide biotita y granate. Paleozoico.

#### C. Alpujarride

-  **Manto de Castaras**  
Calizas y dolomias con intercalaciones de calcoesquistos. Mineralizaciones de Fe y Hg en la base. Trias medio-sup.
-  Filitas y cuarcitas. Localmente yesos y calcoesquistos. Permo-Trias.

ESCALA 1 : 50.000

### Complejo Nevado-Filábride

El Complejo Nevado-Filábride está constituido por dos unidades o mantos claramente definidos; por una parte el Manto inferior o del Veleta -a partir del cual surge el manantial- y por otra el Manto superior o del Mulhacén.

La Unidad del Manto del Veleta o unidad inferior está representado por una potente sucesión de unos 2000 m de espesor, de edad paleozoica. Litológicamente se caracteriza por una secuencia de micaesquistos grises grafitosos con biotita y granate y pequeñas intercalaciones de masas de anfibolitas y peridotitas. A menudo, existe una alternancia de micaesquistos feldespáticos, biotíticos y con cloritoide con niveles de esquistos cuarzosos, donde en determinados sectores constituyen auténticas cuarcitas.

La presencia del granate es muy variable pues existen niveles en los que están ausentes y otros en los que se concentra a modos de lechos.

Más hacia el Sur y en contacto mecánico con la unidad inferior Nevado-Filábride o Manto del Veleta, aparecen dos afloramientos de materiales pertenecientes a la unidad superior o Manto del Mulhacén que marcan el contacto entre los dominios Nevado-Filábride-Alpujárride. Estos afloramientos están representados por un paquete superior de mármoles cipolínicos más o menos brechoides, muy triturados y tonalidad amarillenta, y otro inferior de micaesquistos epidóticos con turmalina y anfíbol, muy ricos en clorita e intercalaciones de micaesquistos cuarcíticos.

Dichos afloramientos aparecen de carácter puntual, -en general de pequeña extensión-, y definen el tránsito con la unidad alpujárride del manto de Cástaras.



### Complejo Alpujárride

Está caracterizado por la presencia de uno de los mantos que ocupa la posición tectónica más inferior dentro del edificio alpujárride: Manto de Cástaras.

Los materiales de esta unidad aparecen representados como se ha mencionado, a unos 2 Km al Sur del manantial y están situados en toda su extensión sobre materiales Nevado-Filábride.

Litológicamente se distingue:

#### - Permotrias

Se trata de una formación muy homogénea y tonalidad gris azulada, constituida esencialmente por una sucesión alternante de filitas y cuarcitas con pequeños niveles de calcoesquistos o de filitas ricas en carbonatos. Localmente existen pequeñas intercalaciones de yesos.

Los minerales más frecuentes en dicha formación son cuarzo, mica blanca, clorita, albita, calcita y en menor proporción óxidos de hierro, cloritoide, biotita y turmalina.

#### - Trias medio-superior

Está caracterizado por la presencia de calizas y dolomías bien estratificadas y recristalizadas, -lo que en ocasiones le confiere cierto aspecto mármoleo-, y en cuya base existen intercalaciones de material filitoso así como de pequeños niveles de calizas tableadas amarillentas.

Un hecho muy significativo dentro de esta formación es la aparición de importantes mineralizaciones de hierro y mercurio entre las formaciones de filitas y la de calizas y dolomías, cuya máxima representación lo constituyen los yacimientos del sur de Busquistar y NE de Orgiva. La edad de este conjunto atendiendo a su tipo de facies es atribuida con seguridad al Trias medio-superior.

## 2.1.- TECTÓNICA. ESTRUCTURA.

La tectónica de la zona objeto de estudio viene marcada por el acontecimiento de dos hechos significativos: el contacto entre los dominios Nevado-Filábride y Alpujárride, y la superposición de los distintos mantos de corrimiento que caracterizan a ambos complejos.

En relación con el dominio Nevado-Filábride se observa un cierto paralelismo entre la superficie que marca el contacto entre los Mantos del Mulhacén y del Veleta, al igual que la presencia de fenómenos de estiramiento, despegue y superficies internas de cizalla subparalelas a los contactos principales. La superposición de estas unidades se ha establecido en base a criterios de diferencia de metamorfismo, aparición de determinados niveles de rocas pertenecientes a otras unidades y fenómenos de milonitización a lo largo de las superficies de contacto.

El carácter de manto asignado al del Mulhacén es admitido sin reservas, por su parte el del Veleta, se cuestiona su aloctonía.

La unidad inferior o Manto del Veleta está representada por la Unidad de Peña Caballera, mientras que la superior o Manto del Mulhacén se caracteriza por la subdivisión en dos unidades: Unidad de Soportújar y Unidad de Lanjaron; el contacto entre estas dos unidades es motivo de cierta discusión pues si bien los investigadores holandeses mantienen la hipótesis de su carácter sedimentario discordante, los pertenecientes a la Escuela de Granada proponen la teoría de su separación por contacto mecánico.

Por su parte, la tectónica del complejo Alpujárride en dicho sector viene caracterizada por la sucesiva superposición de mantos con diferente grado de metamorfismo, a saber de abajo a arriba: Manto de Lújar, Cástaras, Alcazar, Murtas y de Adra.

El Manto de Cástaras relativamente próximo a la localización del manantial constituye la posición más inferior del edificio alpujárride en este borde sur de Sierra Nevada. En la parte más meridional de este

conjunto se acuña y desaparece hacia el Sur, dando lugar a la posición más baja del Manto de Lújar cuya relación con respecto al Complejo de Sierra Nevada permanece difusa en dicho sector.

El Manto de Alcazar se encuentra sobre el de Cástaras en el sector más septentrional y sobre el de Lújar en la región meridional. A su vez sobre este se sitúa el manto de Murtas y/o puntualmente los de La Herradura y los Guajares.

### 3.- HIDROGEOLOGÍA

La zona objeto de estudio se caracteriza por la presencia de acuíferos de poca entidad y pequeño interés si bien las calizas del manto de Cástaras cuya relación con el manantial que nos ocupa es nula o inexistente, ofrece ciertas posibilidades.

#### 3.1.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

##### Acuífero Nevado-Filábride

Los materiales que presentan mayor interés hidrogeológico dentro de esta formación son las secuencias de mármoles cipolínicos y conglomeráticos del Trias medio-superior-Eoceno. Eventualmente y a consecuencia de la fracturación local, las formaciones de baja permeabilidad del tipo esquistoso pertenecientes a los niveles inferiores paleozoicos, pudieran incluirse dentro de dicho sistema, tal es el caso de la fuente Agria de Pórtugos directamente relacionada con estas últimas litologías.

##### Acuífero Alpuiárride

Se trata de un acuífero de indudable interés aunque algo

compartimentado y con un funcionamiento hidráulico bastante independiente, de acuerdo con el manto al que corresponda. Su relación con el manantial que nos ocupa es nula e inexistente por lo que no se entrará en más detalles.

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

La fuente Agria de Pórtugos se encuentra en relación directa con las secuencias inferiores esquistosas del Manto del Veleta, en general, de baja permeabilidad y escaso interés hidrogeológico. Las características hidrogeológicas de dicha unidad son poco conocidas pues su interés local radica en su estrecha relación con el grado de tectonización al que se somete. La fuente Agria con un caudal de 1,5 l/seg. medido en Febrero de 1990 está directamente relacionada con la pluviometría local registrándose pequeñas oscilaciones durante los meses de mayor estiaje.

La permeabilidad de esta formación es como consecuencia de los mecanismos de fracturación -en ocasiones muy violentos- que condicionan su comportamiento hidráulico.

La alimentación principal del acuífero se efectúa a través de la infiltración directa de las precipitaciones, y en menor cuantía por las aguas procedentes del deshielo de Sierra Nevada-Alpujarras sobre las formaciones paleozoicas fracturadas y mineralizadas con óxidos y carbonatos de Fe.

## 4.- HIDROQUÍMICA

Agua carbónica ferruginosa de carácter ácido ( $\text{pH}_{\text{campo}} = 5,43$ ) y naturaleza bicarbonatada cálcica-magnésica. El contenido salino es muy bajo ( $264 \mu\text{S/cm}$ ), lo que sugiere un tiempo de tránsito corto. El potencial rédox de la muestra es de 79 mV.

Según la determinación de campo, la muestra presenta un alto contenido en hierro (<10 mg/l), claramente apreciable por la abundante presencia de precipitados de este elemento en el entorno del manantial. La conjunción de bajos niveles de pH y Eh, presencia de CO<sub>2</sub> y abundancia de hierro, factores obviamente interrelacionados desde el punto de vista geoquímico, constituyen una asociación característica de muchos manantiales. La descripción geológica precedente hace referencia a la existencia de mineralizaciones de hierro en los materiales a los que se encuentra asociada la surgencia (el agua presenta también una concentración elevada de magnesio: 1,8 mg/l). La oxidación de los sulfuros metálicos es un proceso que libera iones H<sup>+</sup>, acidificando el agua y favoreciendo en consecuencia la aparición de CO<sub>2</sub>.

Los diagramas de saturación de la Fig. 55 indican que salvo para el cuarzo (contenido en SiO<sub>2</sub>: 22,8 mg/l), el agua se encuentra subsaturada respecto a la totalidad de las especies minerales consideradas. Esta característica es coherente con la baja mineralización de la muestra.

La determinación de DQO alcanza un valor de 6,8 mg/l O<sub>2</sub>, relacionado probablemente con el bajo Eh del agua. En lo que respecta a elementos minoritarios y traza, no se detectan concentraciones apreciables salvo para los ya citados (Fe y Mn).

El bajo pH del agua así como la característica sensación picante que ofrece al saborearla, son rasgos típicos de aguas carbónicas. La determinación de CO<sub>2</sub> realizada in situ confirma estas observaciones, con una concentración obtenida para este gas del 80 %V. Debido a problemas relacionados con la instrumentación de medida de laboratorio (que afectaron a 2 muestras de la campaña), el resultado ofrecido por éste (42 %V) es inferior al valor de campo. En tal sentido, una vez realizada la pertinente corrección, la composición resultante indica contenidos de O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> y H<sub>2</sub> de 3,19, 17 y 0,0052 %V respectivamente (el CO<sub>2</sub> actúa como gas de dilución).

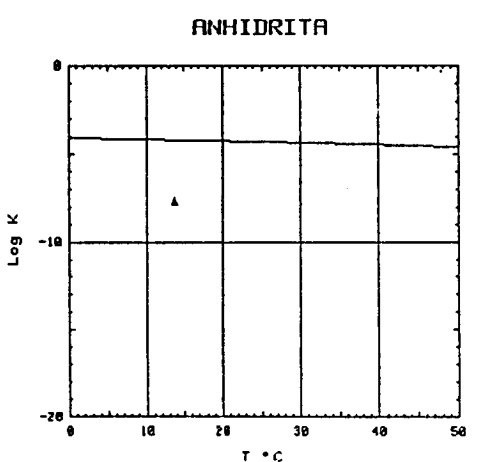
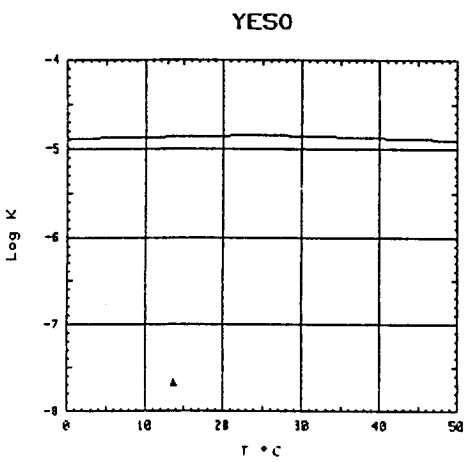
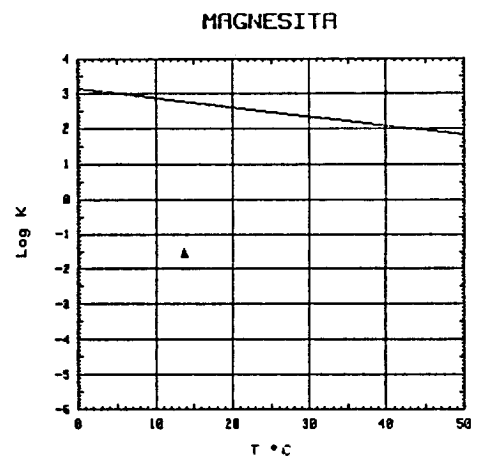
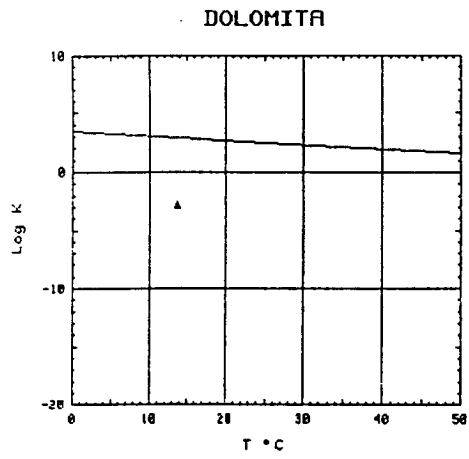
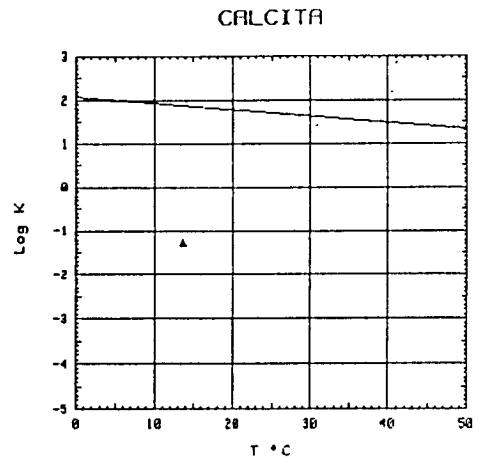
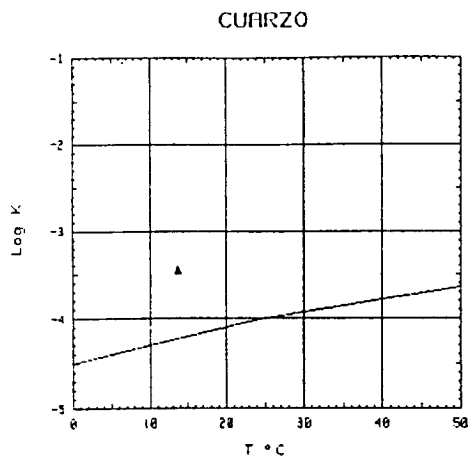


FIG. 55.- DIAGRAMAS DE SATURACION DE FUENTE AGRIA DE PORTUGOS

# ANALISIS QUIMICO

DENOMINACION: FUENTE AGRIA DE PORTUGOS  
 FECHA :

TEMPERATURA (°C): 13.7      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 264  
 pH a 13°C: 5.43      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 47  
 pH a 18°C: 5.30      Eh campo (mV): 79

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	68.00	1.115	1.115	78.68
CO3=	-	-	-	-
SO4=	10.00	.104	.208	14.70
Cl-	2.00	.056	.056	3.98
F-	<5.0E-1	.026	.026	1.86
NO3-	<5.0E-1	.008	.008	.57
SiO2 (H4SiO4)	22.8	.379	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	.02
F2O5	.090	.001	.003	.20
TOTAL....	103.900	1.690	1.417	

## CATIONES

Na+	7.00	.305	.305	21.87
K+	1.00	.026	.026	1.84
Ca++	12.00	.299	.599	43.01
Mg++	4.00	.165	.329	23.63
Fe++	.070	.001	.003	.18
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.52
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	3.99
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.04
Mn++	1.800	.033	.066	4.71
Pb	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	.11
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.11
TOTAL....	26.540	.856	1.392	

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

CLASIFICACION: BICARBONATADA --- CALCICA MAGNESICA

(CO3H+CO3)/Ca =	1.861	Cl/Na =	.185	(SO4*Ca)^1/2 =	.353
-(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	1.201	Cl/(Na+K) =	.171	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	.285
((CO3H)^2*Ca)^1/3 =	.906	SO4/Ca =	.348	Mg/Ca =	.549
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	1.426	SO4/(Ca+Mg) =	.224	Cl/CO3H =	.051

ARCHIVO EN DISCO: MMG30 (AMA2-30)

	ppm
R.S. 110°C	124
D.Q.O.	6,2
CN <sup>-</sup>	-
Od	<0,001
Cr	<0,005
As	-
Se	-
Hg	-



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO - C.S.I.C.  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AMBIENTAL  
JORGE GIRONA SALGADO, 18-26 08034 BARCELONA  
TELÉFONOS 204 06 00 - 205 00 63 TELEX: 97977

### ANÁLISIS DE GASES

MUESTRA: AMA2-30

	<u>%V</u>	<u>%V *</u>
He	<0,001	<0,001
H <sub>2</sub>	0,015	0,0052
O <sub>2</sub>	9,2	3,19
N <sub>2</sub>	49	17
CH <sub>4</sub>	0,001	<0,001
CO <sub>2</sub>	42	80

MUESTRA: FUENTE AGRIA (PORTUGOS)

\* Corregido con el CO<sub>2</sub> campo.



## 5.- AREAS DE PROTECCIÓN

La zona objeto de estudio presenta cierta vulnerabilidad a los efectos contaminantes, como consecuencia de la abundante fracturación que posibilita la infiltración de aguas procedentes de los excedentes de regadío de la zona.

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

La propuesta de área de protección se ha elaborado considerando la importante red de fracturas principales y secundarias que afectan directamente al manantial.

La red hidrográfica en dicho sector es de mediana importancia limitándose a cursos rápidos de agua que vierten sus caudales barranco abajo al río Trevelez.

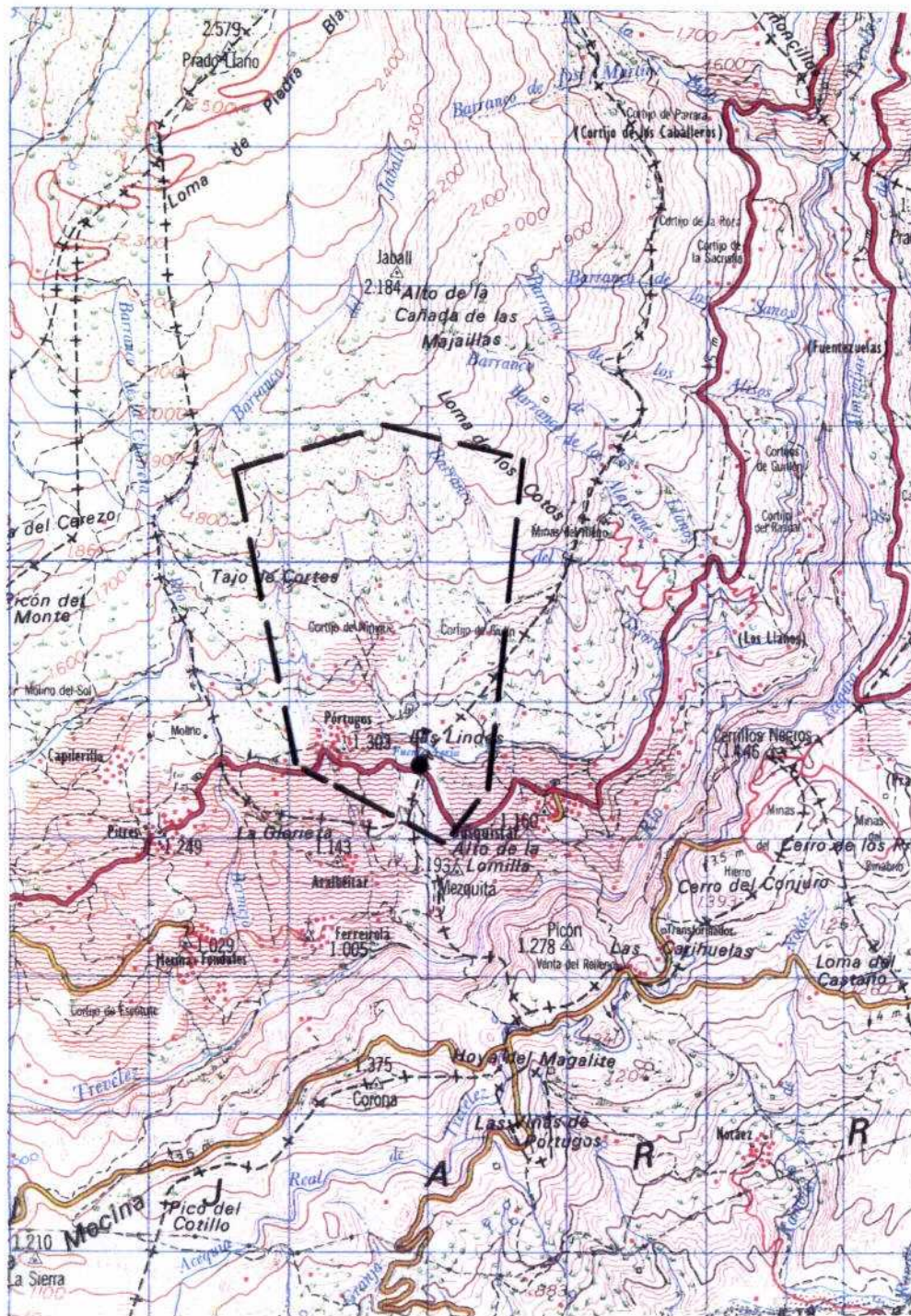
### 5.2.- POSIBLES FOCOS DE CONTAMINACIÓN

Señalar en este sentido la actuación por parte del ayuntamiento de la localidad que ha acondicionado en perfectas condiciones el lugar de ubicación del manantial. Como posible foco a considerar se advierte de la localización de pequeños núcleos de actividad agrícola que pudiera afectar la calidad de sus aguas a través del uso incontrolado de abonos orgánicos.

## 6.- BIBLIOGRAFIA SELECCIONADA

- Diaz de Federico, A. y Puga, E. (1976).- "Estudio geológico del Complejo de Sierra Nevada entre los meridianos de Lanjarón y Pitres". Tecniterrae 9, pp. 26-35.

FUENTE AGRIA DE PORTUGOS



E/1:50.000

LEYENDA

- — — — — Propuesta de área de protección
- ♣ Manantial

- ITGE (1913).- "Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España".
- ITGE (1978). Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 "Lanjarón". (1042) 20-43.
- Puga, E.; Diaz de Federico A. y Fontbote J.M. (1974).- "Definición y características de los Mantos del Veleta y del Mulhacén". (Cordilleras Béticas, España). Univ. de Granada.

**FUENTE DE ACRIVITE-BAZA**

-----

1

## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

La fuente de Acrivite de Baza corresponde a un antiguo manantial situado a unos 500 m al N-NO del núcleo urbano de dicha población, de propiedad municipal, y cuyas características minero-medicinales son bien conocidas y enormemente apreciada por los vecinos de la localidad como parte integral de los históricos "Baños de Baza".

El acceso lo efectuamos a través de la carretera nacional 342 Granada-Baza a la entrada de la última población anteriormente mencionada, y tomando la pista sin asfaltar que parte de ésta en dirección al Cortijo de los Baños.

La fuente aparece situada a una cota aproximada de 830 m., localizada en el margen superior izquierdo de la hoja a escala 1:50.000 (994) 22-40 -Baza-, y definida por las coordenadas UTM x/519900 e y/4150000.

Junto con este manantial, existían en sus proximidades otros dos -El Bancal y La Hedionda- caracterizados en la antigüedad por constituir en conjunto los denominados "Baños de Baza". Su naturaleza sulfhídrica es bien conocida por las gentes de la comarca, como uso tópico en determinadas afecciones de la piel.

El caudal conjunto de la fuente y de otras surgencias adyacentes -Baños de Zamora y La Zurda-, alimentan una alberca que posteriormente es

utilizada en el regadío de la Hoya de Baza.

La fuente de Acrivite de Baza aparece en los listados de las relaciones de aguas minero-medicinal de 1913, 1947 y 1986, bajo la clasificación de sulfurosas e indicadas en el tratamiento de las enfermedades de la piel y reumatismo.

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

Desde el punto de vista geológico, la fuente de Acrivite aparece localizada en el seno de la Depresión de Guadix-Baza, la cual comprende un conjunto de materiales con edades comprendidas entre el Tortonense superior-Cuaternario, depositados con posterioridad a la estructuración fundamental de las Cordilleras Béticas, y con un marcado predominio de las formaciones detríticas (Fig. 56).

Litológicamente, la fuente surge de las proximidades de un contacto discordante entre el Cuaternario de los depósitos aluviales y las margas y margocalizas con yesos del Andaluciense-Plioceno de la Formación Baza, si bien su origen pudiera tener cierta relación con fracturas de corte profundo que llegaran a afectar al zócalo infrayacente y como consecuencia de los procesos de neotectónica local .

Estratigráficamente, la Depresión de Guadix-Baza en este sector está definida por los siguientes materiales; de muro a techo:

### Tortonense

Corresponde a un conjunto de materiales de naturaleza conglomerática que comienza con episodios arcillosos en la base y culmina con un potente conjunto de arenas, limos y margas a techo. Entre estos niveles existen pequeñas intercalaciones de calizas organógenas que junto con la abundante microfauna de los niveles arenosos-margosos permiten



## ESQUEMA GEOLÓGICO GENERAL

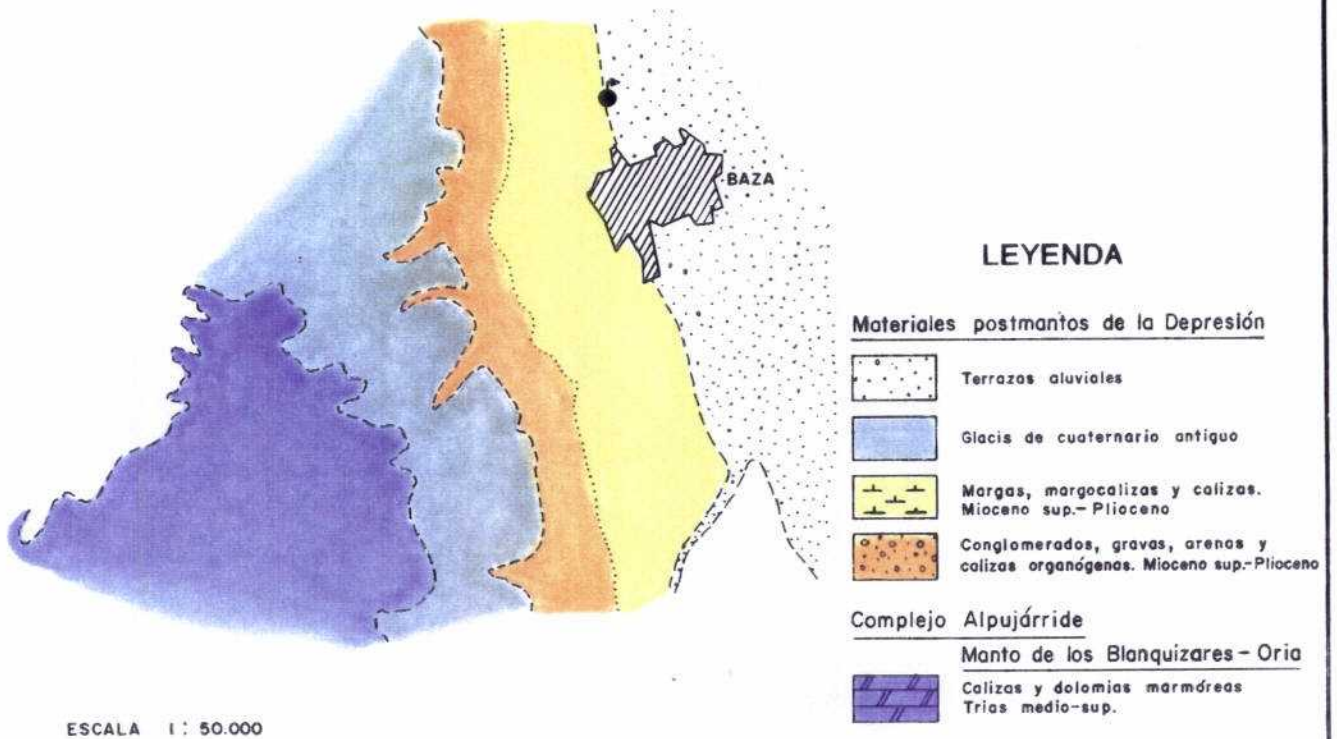
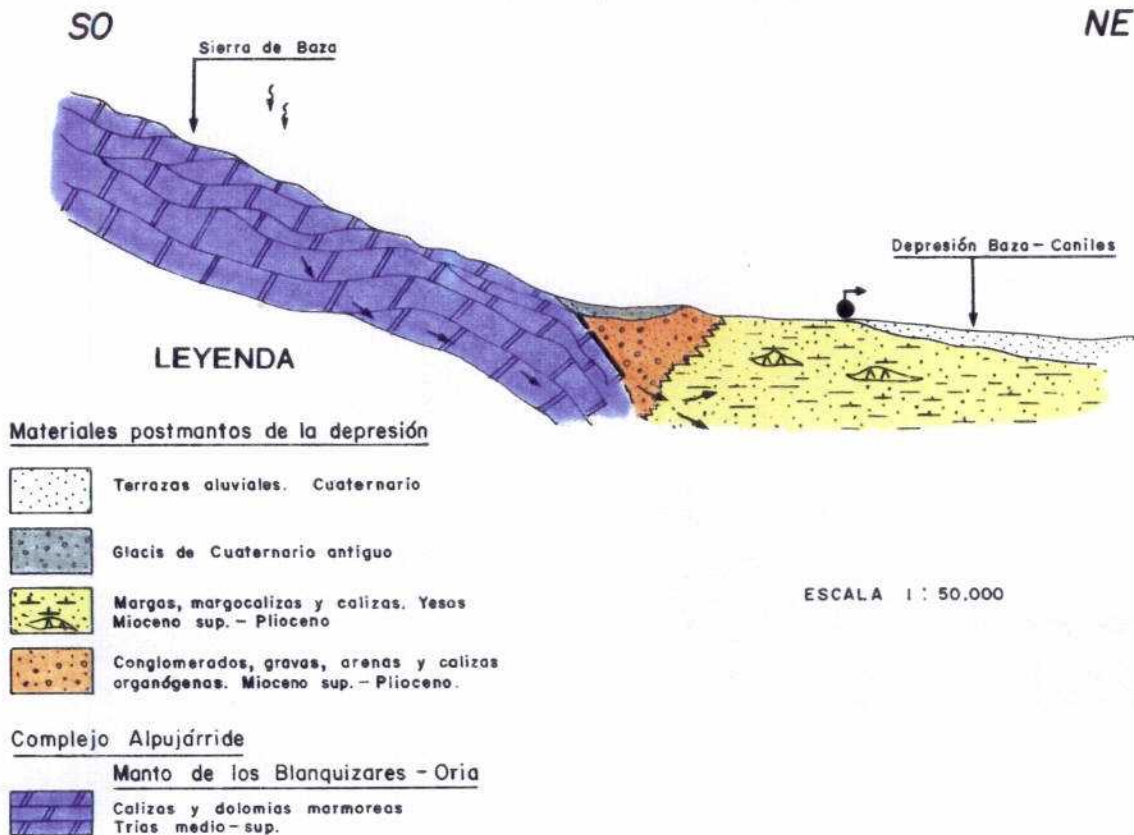


FIG. 56.- FUENTE DE ACRIVITE -BAZA-

## CORTE GEOLÓGICO ESQUEMATICO



datar un Tortoniense tránsito Andaluciense.

### Tortoniense superior-Plioceno

Bajo esta denominación se agrupa la Formación de Serón-Caniles de J.A. Vera (1970), caracterizada por una potente sucesión de unos 100-200 m. de conglomerados de matriz lutítico-arenosa, de tonalidad que oscila entre el rojizo y el gris, y constituido esencialmente por cantos angulares muy heterométricos, de naturaleza metamórfica. Dicha formación cambia hacia las zonas centrales de la Depresión, a facies del tipo arenosas.

### Andaluciense-Plioceno

Representa el techo del conjunto neógeno de la Depresión de Guadix-Baza. Litológicamente está constituido por secuencias de margas y margocalizas con niveles de yeso, y abundante microfauna marina. Dicha formación se considera como un cambio de facies lateral de la Formación Serón-Caniles hacia las zonas centrales de la Depresión. La potencia de este tramo en dicho sector, se ha delimitado en base a datos de geofísica en torno a los 1000 m.

### Cuaternario

Dentro de este gran apartado hemos diferenciado dos depósitos que por su extensión y representación en las inmediaciones del manantial conviene señalar; por una parte los depósitos de Glacis y por otra las terrazas aluviales que ocupan gran parte de la Depresión de Baza. Existen otros depósitos de importancia que afloran a lo largo de dicha Depresión pero que no poseen representación en las inmediaciones de la fuente.

#### - Glacis

Caracterizado por secuencias de conglomerados de matriz arcillosa con



tonalidad rojiza y que constituyen el nivel de colmatación del cuaternario antiguo.

#### - Terrazas Fluviales

Representado por depósitos de cantos, gravas y arenas muy heterométricos que se asocian a los ríos Almanzora y Gallego. Se extienden a todo lo ancho de La Hoya de Baza.

### C. Alpujárride

Dentro de este gran apartado, se ha incluido una única unidad; la perteneciente al Manto de los Blanquizaes-Oria que aflora a unos 3 Km al SO del manantial y del municipio de Baza.

Litológicamente la unidad de los Blanquizaes-Oria en dicho sector, está constituido por: Un conjunto inferior donde predominan las cuarcitas y filitas de tonalidad gris-azulada, de potencia variable y frecuentes intercalaciones de calcoesquistos y calizas amarillentas hacia techo, y un conjunto superior de naturaleza carbonatada fundamentalmente calizas y/o dolomías con intercalaciones de mármoles y calcoesquistos, y potencias variables a consecuencia de fenómenos tectónicos. La edad de esta gran unidad abarca desde el Permo-Trías para el conjunto inferior, al Trías medio-superior para la formación suprayacente.

Concretamente, el afloramiento mas próximo al lugar de ubicación del manantial correspondiente al Manto de los Blanquizaes-Oria, ocupa junto con el de Hernán-Valle, la posición tectónica mas superior del edificio alpujárride en dicho sector.

#### 2.1.- TECTÓNICA. ESTRUCTURA.

La tectónica de la zona objeto de estudio viene representada por el caracter de cuenca intramontañosa de la Depresión de Guadix-Baza, individualizada al final del Mioceno, y una vez que concluyó la

estructuración principal de las Cordilleras Béticas.

La estructura de la misma corresponde a la del típico relleno en cubeta o fosa paulatinamente subsidente, con transgresiones y regresiones marinas, frecuentes cambios de facies, importante aportes detríticos, y adaptación de las capas al funcionamiento periódico de fallas activas que aparecen situadas al borde. Durante esta etapa de distensión final se origina una progresiva individualización de la cuenca y que comprende el momento actual.

Por su parte, la tectónica del complejo Alpujárride y concretamente del manto de los Blanquizares (al SO de la localización del manantial) en dicho sector, viene definida por la existencia de un juego de fallas normales, que hunde progresivamente dichos materiales béticos bajo el relleno postorogénico de la Depresión de Guadix-Baza. Estas fracturas quedan en parte enmascarada por los materiales cuaternarios de relleno de dicha depresión.

### 3.- HIDROGEOLOGÍA

Las características hidrogeológicas del acuífero Baza-Caniles son bien conocidas pues fueron objeto de estudio a través del proyecto hidrogeológico para la mejora de los riegos de la Hoya de Baza llevado a cabo por el ITGE a lo largo de los años 1987-88.

Podemos pues afirmar la existencia de dos acuíferos o formaciones claramente diferenciables; por una parte los depósitos de conglomerados y arenas, eventualmente calizas con edades comprendidas entre el Mioceno-Plioceno -acuífero Mio-Plioceno-, y por otra, las formaciones de tipo terrazas que se depositan a lo largo del margen izquierdo del río de Baza -acuífero cuaternario-. En el último apartado se menciona la existencia del acuífero carbonatado de la Sierra de Baza como importante descarga hacia los materiales de la Depresión.

### 3.1.- UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

De acuerdo con lo anteriormente mencionado se distinguen las siguientes unidades o formaciones principales dentro de este sistema acuífero:

#### Acuífero Mio-Plioceno

Comprende un conjunto de materiales de naturaleza detrítica que se extiende a lo largo de gran parte de la Depresión intramontañosa de Guadix-Baza. Este acuífero ocupa una superficie de 125 Km<sup>2</sup> en el borde oriental de la Sierra de Baza. Los límites de la unidad vienen definidos por las unidades alpujárrides de la Sierra de Baza en su extremo occidental y el nevado-filábride de la Sierra de los Filabres en su borde meridional.

Su límite oriental viene marcado por el tránsito lateral de facies detríticas a formaciones margosas, con niveles evaporíticos en conexión hidráulica con el acuífero principal Mio-Plioceno. En relación con este límite se sitúan las salidas de Siete Fuentes y Fuente de San Juan.

#### Acuífero Cuaternario

Corresponde a todas aquellas formaciones detríticas que se alinean a lo largo del margen izquierdo del río Baza.

Los límites de dicho acuífero están definidos por las formaciones margosas del Mio-Plioceno que actúa como sustrato impermeable. Tan sólo en el sector de Caniles los materiales acuíferos estarían en continuidad con el acuífero Mio-Plioceno, en gran parte favorecido por los depósitos aluviales de los ríos Gallego y Galopón.

#### Acuífero Alpujárride

Bajo este apartado, se mencionan brevemente la existencia de un

acuífero de extraordinaria importancia que en ocasiones actúa como importante descarga hacia tramos de elevada permeabilidad de las formaciones neógenas y cuaternarias de la Depresión, y hacia las que se efectúa un flujo subterráneo.

La superficie total de este acuífero ocupa 272 Km<sup>2</sup> representado en su mayor parte por formaciones carbonatadas de la Sierra de Baza -dolomías y calizas dolomíticas del Trias medio-superior-, que en determinados sectores alcanza espesores del orden de los 500 m. El muro impermeable queda definido por el paquete inferior Permo-trásico de filitas y cuarcitas.

### 3.1.1.- Características hidrogeológicas. Funcionamiento hidráulico

#### Acuífero Mio-Plioceno

Los materiales que poseen mayor interés hidrogeológico en dicha unidad corresponden a las secuencias de conglomerados, arenas y limos, que gradualmente, y tanto en la vertical como en la horizontal, presentan frecuentes cambios de facies, lo que condiciona en ocasiones su comportamiento hidráulico. Los espesores de dichas formaciones son muy variables pues si en las proximidades de Baza y al sur son del orden de los 150-200 m, en las inmediaciones de Caniles alcanza los 500 m.

La piezometría varía de 950 a 900 m.s.n.m. con direcciones de flujo convergentes hacia el sector central de la Depresión de Baza.

La alimentación del acuífero se efectúa principalmente a través de las precipitaciones (300 y 400 mm), y a consecuencia de la escorrentía superficial procedente de los materiales impermeables nevado-filábride meridionales y del flujo lateral de las dolomías alpujárrides del acuífero de la Sierra de Baza.

Las descargas del sistema se realizan bien a través de

manantiales, por bombeo, o hacia los depósitos aluviales cuaternarios con los que existe conexión hidráulica.

### Acuífero Cuaternario

Constituye un acuífero de menor entidad que el anterior -35 Km<sup>2</sup>- aunque de cierta importancia como mecanismo de interconexión con el acuífero infrayacente. Dicho acuífero, está caracterizado por la presencia de formaciones de permeabilidad media-baja de naturaleza conglomerática y matriz arcillosa.

Se trata de un acuífero libre y superficial de espesor medio en torno a los 20 m, aunque localmente alcance los 40-50 m.

Las direcciones de flujo en el acuífero cuaternario aluvial varían entre S-N y SW-NW, con un gradiente del 1,5%.

Precisamente en relación con esta formación y en las proximidades del contacto con el Mio-Plioceno se localiza la fuente de Acrivite (0,25 l/seg. - Marzo/1990) y manantiales adyacentes -Baños de Zamora y La Zurda-, aunque se cuestione en cierta medida su probable implicación genética -a través de zonas de fracturas que afectan al zócalo infrayacente-, con el acuífero alpujárride de la Sierra de Baza (descarga indirecta hacia los tramos detriticos de la Depresión).

### Acuífero Alpujárride

Como se dijo anteriormente se encuentra ligado a los materiales carbonatados que conforman los relieves más acusado de la Sierra de Baza. En la mayor parte de los casos, el acuífero es libre de forma que las áreas de descarga están representados por manantiales situados en los contactos entre el tramo carbonatado superior y la formación pelítica impermeable de base de estas unidades. No obstante, a lo largo de los bordes orientales, occidentales y septentrionales, las formaciones

carbonatadas se ponen en contacto con formaciones neógenas-cuaternarias que poseen tramos de gran permeabilidad hacia las que se produce un flujo subterráneo, de forma que la descarga se realiza a través de manantiales que se sitúan a considerable distancia de estas zonas de contacto. Este es el caso de los manantiales de Siete Fuentes (200-250 l/seg.) y de la Fuente de San Juan (70-100 l/seg), ambas situadas en las proximidades de Baza y en relación con los conglomerados y areniscas del plioceno, a 1 Km de distancia del contacto con la formación alpujárride.

La alimentación principal del acuífero se efectúa a través de la infiltración directa del agua de lluvia sobre los afloramientos permeables.

Las principales descargas se realizan hacia los materiales plio-cuaternarios que posteriormente descargan hacia la red fluvial.

#### 4.- HIDROQUÍMICA

Agua sulfatada cálcica-magnésica de mineralización elevada (1897  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), fuerte carácter reductor (-222 mV), y un  $\text{pH}_{\text{campo}}$  de 7,38. La surgencia presenta un importante desprendimiento de sulfhídrico.

La presencia de  $\text{H}_2\text{S}$  y un alto contenido en  $\text{SO}_4^-$  constituyen una asociación característica, genéticamente ligada a los procesos de reducción bacteriana de la segunda de dichas especies, y que aparece con frecuencia en manantiales con influencia evaporítica como el presente (yesos mio-pliocenos). Según se aprecia en los diagramas de saturación de la Fig. 57, el agua se encuentra próxima a la saturación respecto a yeso y anhidrita, y ligeramente sobresaturada en calcita y dolomita.

Debido probablemente al fuerte carácter reductor del agua, el único compuesto nitrogenado en concentración superior al límite de detección es el ión amonio: 0,3 mg/l. También en relación con el bajo potencial rédox de la muestra, algunos metales pesados manifiestan

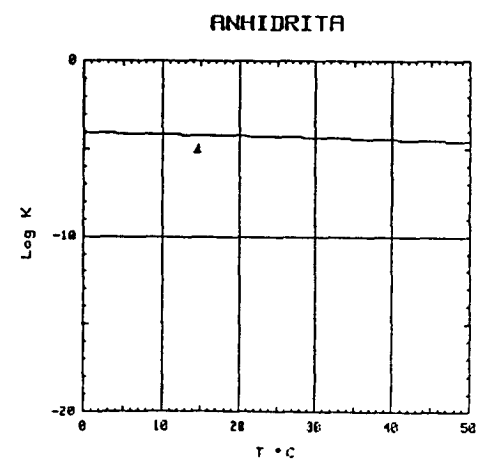
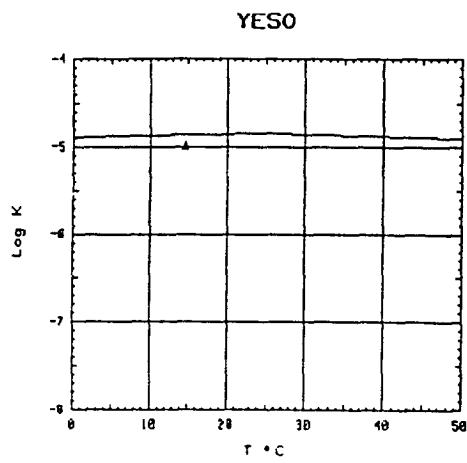
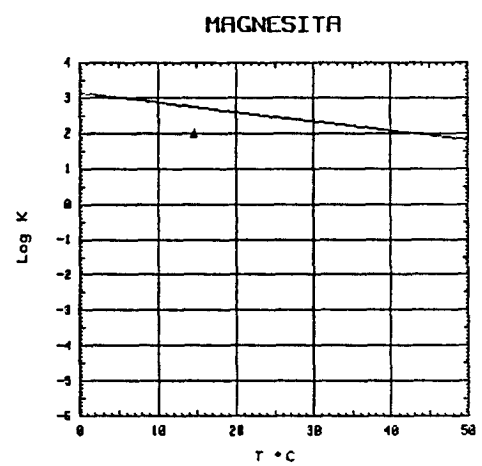
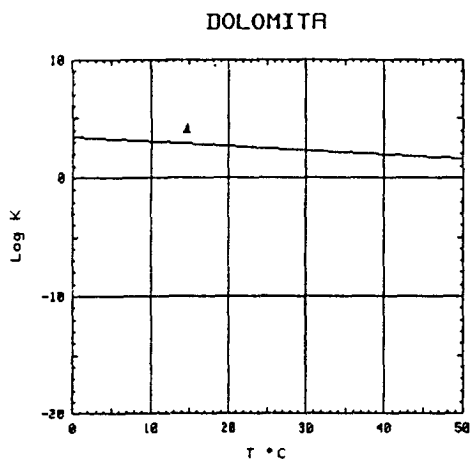
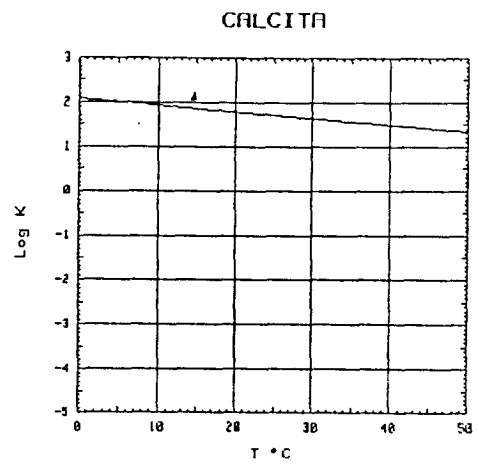
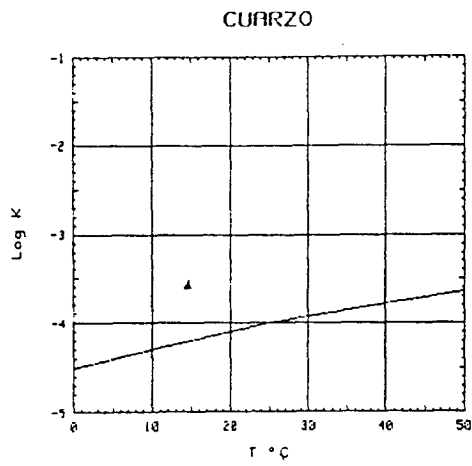


FIG. 57.- DIAGRAMAS DE SATURACION FUENTE DE ACRIVITE

**ANALISIS QUIMICO**

DENOMINACION: FUENTE DE ACRIVITE (BAZA)  
 FECHA :

TEMPERATURA (°C): 14.6      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 1897  
 pH a 14°C: 7.38      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 875  
 pH a 18°C: 7.30      Eh campo (mV): -222

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	129.00	2.114	2.114	9.84
CO3=	-	-	-	-
SO4=	744.00	7.745	15.490	72.07
Cl-	135.00	3.808	3.808	17.72
F-	1.300	.068	.068	.32
NO3-	<5.0E-1	.008	.008	.04
SiO2(H4SiO4)	19.8	.329	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
P2O5	.110	.001	.003	.02
TOTAL....	1029.720	14.075	21.493	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	103.00	4.481	4.481	19.97
K+	17.00	.435	.435	1.94
Ca++	210.00	5.240	10.479	46.70
Mg++	84.00	3.455	6.910	30.79
Fe++	.030	.001	.001	0.00
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.03
Al+++	.900	.033	.100	.45
NH4+	.300	.017	.017	.07
Mn++	.010	0.000	0.000	0.00
Pb	.144	.001	-	-
Zn++	.270	.004	.008	.04
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.01
TOTAL....	415.721	13.673	22.439	

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

CLASIFICACION: SULFATADA -- CALCICA MAGNESICA

(CO3H+CO3)/Ca = .202      Cl/Na = .850      (SO4\*Ca)^1/2 = 12.741  
 (CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .122      Cl/(Na+K) = .775      (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = 1.254  
 ((CO3H)^2\*Ca)^1/3 = 3.605      SO4/Ca = 1.478      Mg/Ca = .659  
 (CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = 1.012      SO4/(Ca+Mg) = .891      Cl/CO3H = 1.801

ARCHIVO EN DISCO: MM632 (AMA2-32)

	ppm
R.S. 110°C	1538
D.Q.O.	1,0
CN-	-
Cd	<0,001
Cr	0,008
As	-
Se	-
Hg	-



contenidos apreciables (Pb, Zn, Cr, etc.). Por último conviene destacar que la concentración de flúor alcanza un valor de 1,3 mg/l (este enriquecimiento es frecuente en aguas ligadas a evaporitas).

## 5.- AREA DE PROTECCIÓN

La zona objeto de estudio presenta notables dificultades a la hora del establecimiento de una propuesta de area de protección. La proximidad del municipio de Baza y la intensa actividad humana que se desarrolla en este sector, genera una cierta cantidad de residuos -especialmente líquidos- que condiciona en cierta medida el quimismo y los efectos contaminantes sobre sus aguas subterráneas. Las extracciones por bombeo también constituyen un factor a considerar.

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

La enorme tradición agrícola de la zona objeto de estudio y gran actividad urbana de este importante término municipal han motivado la existencia de un elevado grado de contaminación en las aguas subterráneas de este sector.

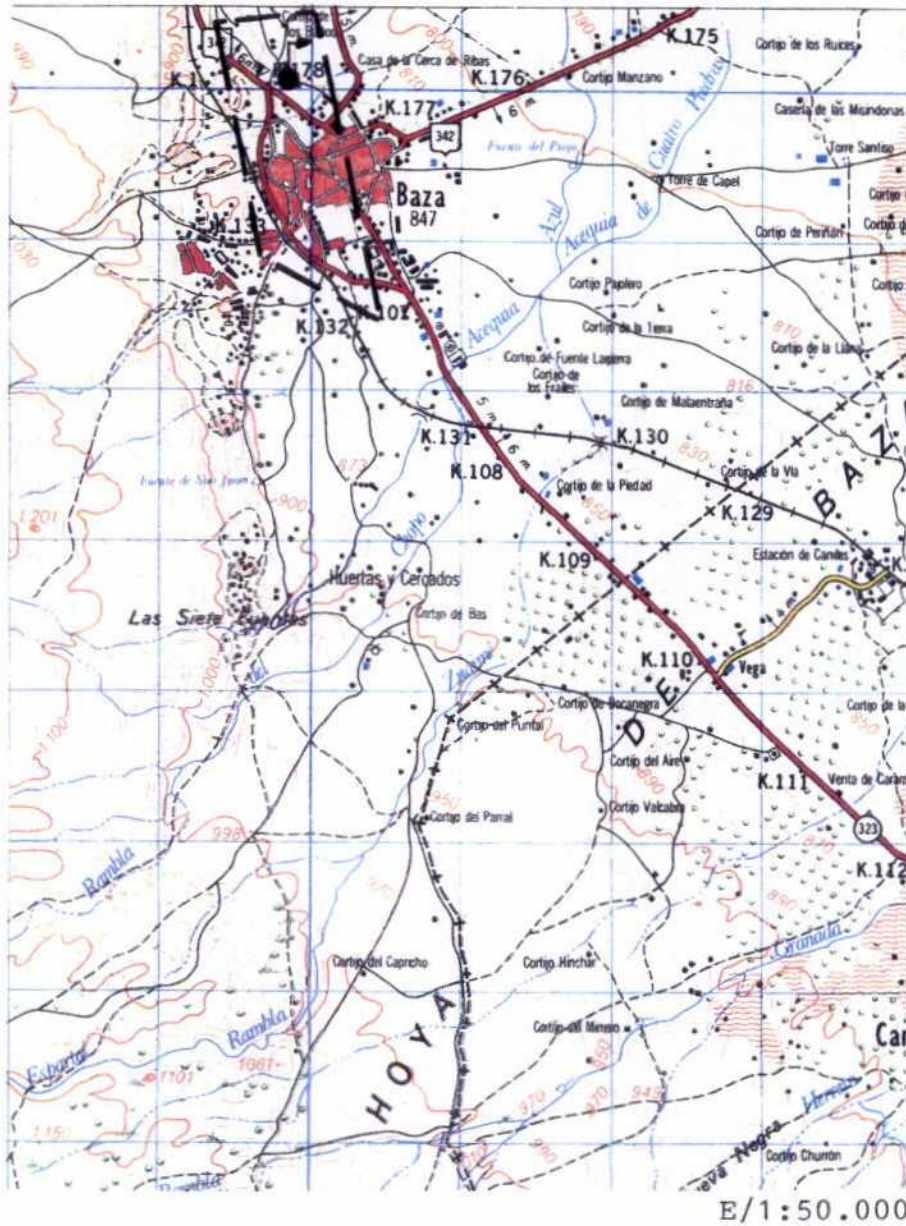
La propuesta de área de protección ha sido ciertamente complicada de establecer considerando el punto de ubicación del manantial, no obstante, se ha realizado teniendo en cuenta las características litológicas de las formaciones permeables y contactos por discordancia. La red hidrográfica, a considerable distancia del mismo, y constituida por el cauce del río Gallego, no afecta de forma directa al manantial.

### 5.2.- POSIBLES FOCOS DE CONTAMINACIÓN



Son dos los principales focos de contaminación a controlar:

PLANO 16

FUENTE DE ACRIVITE -BAZA-



LEYENDA

-  Propuesta de área de protección
-  Manantial

Urbanos, procedentes de los residuos líquidos y sólidos del municipio de Baza y sectores adyacentes.

Agrícolas, derivados del tratamiento del suelo en el regadío de la Hoya de Baza.

Señalar en este sentido que estudios realizados por el ITGE en el acuífero cuaternario de la Depresión han puesto de manifiesto contenidos en nitratos superiores a 50 mg/l a diferencia del acuífero Mio-Plioceno, donde los valores no sobrepasaban los 10 mg/l.

#### 6.- BIBLIOGRAFIA SELECCIONADA

- ITGE (1913).- "Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España".
- ITGE-FAO (1970).- "Nota sobre las posibilidades de explotación del manto acuífero de Baza-Caniles".
- ITGE (1978).- Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (994), 22-40 -Baza-.
- ITGE (1987-88).- "Proyecto hidrogeológico para la mejora de los riegos de la Hoya de Baza. Granada".
- Rubio Campos, J.C.; Delgado Pastor, J.; Castillo Pérez, E.- "Contribución al conocimiento hidrogeológico del acuífero de Baza-Caniles (Granada)".
- Vera, J.A. (1970).- "Estudio estratigráfico de la Depresión de Guadix-Baza". Bol. Geol. Min. T.84, vol. 5, pp. 429-462.

FUENTE DEL RIO -ALBUNOL-

## 1.- INTRODUCCIÓN.

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

La Fuente del Río de Albuñol se encuentra situada a unos 500 m al NW de la población del mismo nombre y a la altura del paraje conocido como Fuente del Río, a pie de la carretera.

Su acceso se efectúa a través de la comarcal 333 Albuñol-Orgiva y a la salida del primer núcleo urbano anteriormente mencionado.

Geográficamente, el manantial aparece encuadrado dentro del margen superior derecho de la hoja topográfica a escala 1:50.000 (1056) 20-44 -Albuñol- a una cota de 300 m, y definido por las coordenadas UTM X/481500 e Y/4072250.

La zona donde se ubica el manantial, corresponde a un paraje donde se desarrolla un amplio cañaveral que bordea el cauce del barranco del Río, y en cuyo lugar encontramos diversas surgencias de naturaleza ferruginosa asociadas a una formación travertínica a partir de la cual emergen.

Bajo la denominación de "Albuñol" existen varias referencias históricas en las relaciones de aguas minero-medicinales de los documentos de 1913, 1947 y 1986 del ITGE, con la clasificación de sulfhídricas y sin que se conozcan mas datos. No obstante como tal "manantial del Río" figura en el Inventario general de manifestaciones geotérmicas del territorio

nacional del ITGE del año 1974-75.

A pesar de su termalismo moderado y carácter ferruginoso, no se le conoce utilidad o aprovechamiento pues sus aguas fluyen directamente hacia la rambla de Albuñol.

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

Desde el punto de vista geológico la Fuente del Río surge del contacto por fractura inversa de una escama perteneciente a una formación de filitas azules y calcoesquistos del Manto del Alcazar de edad Trias inferior, con los micaesquistos grafitosos de la unidad del Manto de Adra de edad Paleozóica. Dicha fractura queda en parte enmascarada por una formación travertínica de carácter ferruginosa que ocupa gran parte de los alrededores del manantial y de la población de Albuñol (Fig. 58).

La formación de dicho travertino se le supone vinculada a dichas surgencias, pues se conocen salidas de similares características en otros sectores que reúnen las mismas condiciones.

Dentro de la zona objeto de estudio diferenciamos dos conjuntos fundamentales a definir; por una parte los materiales pertenecientes a los diferentes mantos alpujárrides aquí representados, y por otra aquellas litologías que caracterizan al cuaternario de relleno.

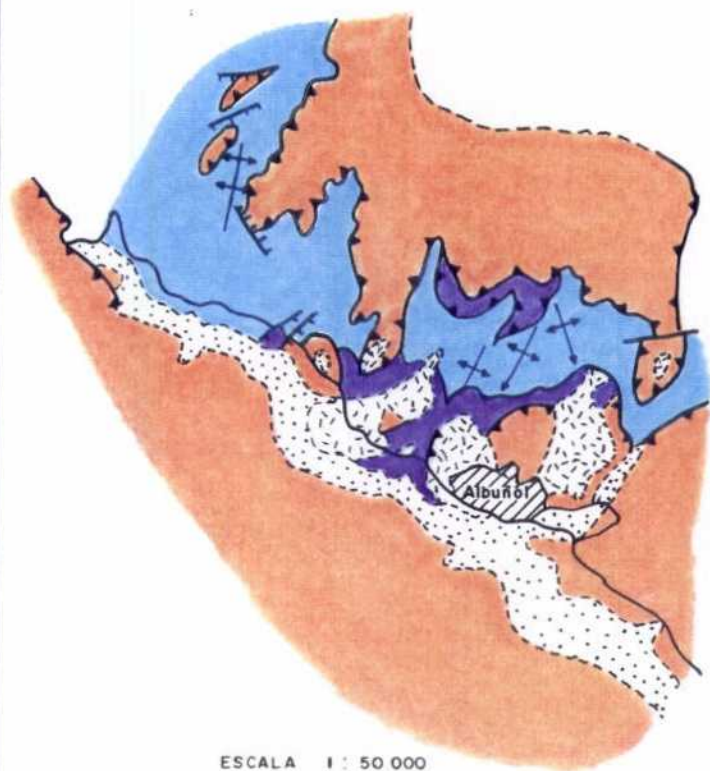
### Complejo Alpujarride

#### - Manto del Alcazar:

Esquemáticamente el Manto del Alcazar en dicho sector está caracterizado por los siguientes tramos :



## ESQUEMA GEOLÓGICO GENERAL



### LEYENDA

#### Cuaternario

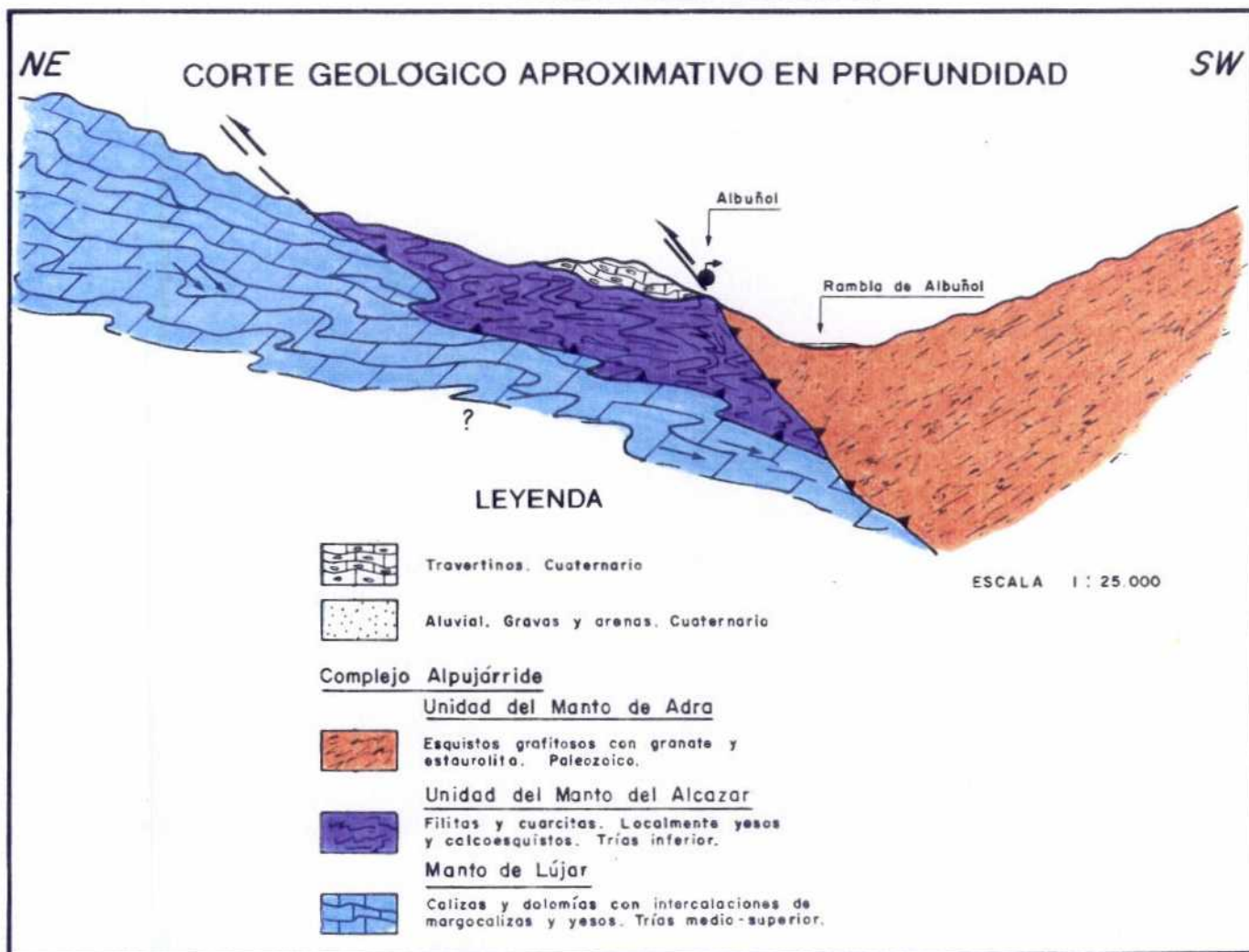
- Aluvial  
Gravas y arenas.
- Travertinos.

#### Complejo Alpujárride

- Unidad del Manto de Adra**  
 Esquistos grafitosos con granate y estaurilita. Paleozoico.
- Unidad del Manto de Alcázar**  
 Filitas y cuarcitas con intercalaciones de yesos y calcoesquistos. Trías inferior.
- Manto de Lújar**  
 Calizas y dolomías con intercalaciones de margocalizas y yesos. Trías medio-superior.

ESCALA 1 : 50 000

FIG. 58.- FUENTE DEL RIO -ALBUÑOL-



### LEYENDA

- Travertinos. Cuaternario
- Aluvial. Gravas y arenas. Cuaternario
- Complejo Alpujárride**
- Unidad del Manto de Adra**  
 Esquistos grafitosos con granate y estaurilita. Paleozoico.
- Unidad del Manto del Alcázar**  
 Filitas y cuarcitas. Localmente yesos y calcoesquistos. Trías inferior.
- Manto de Lújar**  
 Calizas y dolomías con intercalaciones de margocalizas y yesos. Trías medio-superior.

ESCALA 1 : 25 000

### **Paleozoico**

- Calizas amarillentas muy recristalizadas situadas por encima de la serie calizo-dolomítica infrayacente del Manto de Lújar.
- Cuarcitas y esquistos con biotita; a escala de afloramiento se presenta como una formación grisácea con importantes bancos de cuarcitas y delgadas intercalaciones de esquistos, del orden del cm a varios metros.

Los minerales mas frecuentes son Q, Albita, mica blanca, clorita, biotita, epidota, apatito, circón y menas metáticas. Dicho nivel se le asigna a un Paleozóico tardío.

### **Permo-Trias**

La formación anterior cuarzo-esquistosa pasa gradualmente y hacia arriba, a una secuencia de filitas y cuarcitas de tonalidad azulada con intercalaciones de calcoesquistos amarillentos bien recristalizados. Localmente se distinguen niveles que contienen lentejones de yeso intecalados entre el conjunto filítico.

### **Trias medio-superior**

Definido por un paquete inferior de calizas y dolomías basales con cuarzo, mica blanca y pequeñas intercalaciones de calcoesquistos, y uno superior de dolomías, calizas y mármoles con pequeños niveles de calcoesquistos en la base. Este tramo no aparece representado en las proximidades de la zona de estudio.

### **Manto de Lújar**

Bajo este apartado, se menciona una potente sucesión de unos 1000 m de espesor que tiene su máxima expresión en dicho sector en un conjunto de afloramientos que se localizan al Norte de la población de Albuñol. Litológicamente están representados por un conjunto que subyace bajo la formación del Manto del Alcazar constituido por calizas y dolomías



oscuras con pequeñas intercalaciones de margocalizas, yesos, rocas verdes y argilitas pertenecientes al Trias medio-superior. Su posible relación con el manantial de Albuñol se verá en el apartado de Hidrogeología.

### **Manto de Adra**

Representado en dicho sector por el afloramiento paleozóico que aparece por encima de Albuñol y lo largo de la rambla del mismo nombre.

A grandes rasgos esta constituida por una potente sucesión de micaesquistos grafitosos con granate y estaurolita que progresivamente y hacia techo, pasa a una formación de cuarcitas y esquistos cuarcíticos con biotita.

### **Cuaternario**

El cuaternario en nuestra zona de estudio está constituido por dos depósitos que adquieren cierta representatividad localizados en las inmediaciones de Albuñol. Por una parte, tenemos el conjunto de terrenos aluviales que conforman la rambla de Albuñol, litológicamente arenas y gravas que configuran el fondo de la misma, y por otra, las costras o formaciones travertínicas que se sitúan jalonando y enmascarando gran parte de los relieves adyacentes a la población y al manantial.

#### **2.1.- TECTÓNICA. ESTRUCTURA.**

La dinámica de la zona objeto de estudio está especialmente definida por la tectónica de corrimiento entre los diferentes mantos alpujárrides.

Parece claro, que todo el edificio alpujárride constituido por esta sucesión de mantos, a saber, Salobreña, Herradura, Adra, Melicena, Murtas y Alcazar, se habrían trasladado sobre el manto inferior o de Lújar.

Un hecho característico que se relaciona directamente con el manto que nos ocupa -Manto del Alcazar- es su caracter discontinuo, espesor variable y su constitución, básicamente de material muy incompetente, filitas, filitas-cuarcitas y cuarcitas. Este aspecto parece relacionarse con la hipótesis de que dicho manto se encontraba ya pegado a la base del resto y que la traslación por compresión en este caso es un hecho poco probable.

En relación con la estructura interna de dichos mantos, hay que mencionar la existencia de superficies de cizalla más o menos paralelas a las de corrimiento y según las cuales se han producido movimientos diferenciales, de igual forma que la aparición de estrias de fricción y escalones de falla, brechas tectónicas y milonitas, en o cerca de las inmediaciones de las superficies de corrimientos.

En cuanto a la dirección y sentido de las traslaciones, existen ciertas discusiones al respecto aunque en general se admite los valores N160-170E como dirección de traslación más probable. El sentido de los corrimientos permanece aún difuso.

Posteriormente el emplazamiento de los mantos, se desarrolla una fase de suave plegamiento Norte-Sur, de pequeña entidad. El último de los plegamientos importantes que han afectado a la región son los correspondientes a la dirección N80E y que origina pliegues de gran radio tales como la alineación de Sierra Nevada, alineación de Sierra de Lújar-Contraviesa, etc... La última fase tectónica de estos episodios está caracterizada por un desarrollo de las fracturas de regimen normal que en ocasiones funcionan hasta tiempos recientes.

### 3.- HIDROGEOLOGÍA

En un principio, cabría resaltar a priori el posible origen alpujárride de Fuente del Río como consecuencia de su contexto geoestructural y características hidrogeológicas. No obstante, el estudio

de las formaciones acuíferas que afloran en dicho sector constatan aspectos peculiares:

### 3.1.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

#### C. Alpujárride

Dentro del contexto geográfico de Fuente del Río aparecen dos unidades o mantos netamente diferenciados, bien en las proximidades o a cierta distancia del mismo, y que deben tenerse en cuenta a la hora de su interpretación como de interés hidrogeológico. Por una parte tenemos la unidad del Manto de Lújar y por otra la perteneciente al Manto del Alcazar.

La unidad del Manto de Adra carecería de interés pues está constituida en su mayor parte por formaciones impermeables paleozoicas.

#### Manto de Lújar

Constituye el manto más inferior de todo el edificio Alpujárride en dicho sector. Las formaciones de mayor interés hidrogeológico está constituida por las secuencias de dolomías oscuras y calizas con intercalaciones de margocalizas, argilitas, caloesquistos y filitas del Trias medio-superior. El muro de este almacén estaría representado por el tramo infrayacente impermeable de filitas y cuarcitas de edad Permo-Triásica. La potencia de este acuífero calizo-dolomítico supera los 1000 m.

No obstante, las características hidrogeológicas y comportamiento del acuífero estarían directamente relacionadas con el condicionamiento tectónico regional, y la mayor o menor frecuencia de tramos de menor permeabilidad intercalados dentro de la formación acuífera.

### Manto del Alcazar

Aparece dispuesto por encima de la unidad inferior anteriormente mencionada. A pesar de que constituye las litologías a partir del cual surge el manantial del Río, su interés hidrogeológico es indudablemente menor, ya que está constituido en su mayor parte por formaciones de carácter impermeable -filitas, cuarcitas y niveles de yesos-, entre otros de permeabilidad media pero de escasa representación -calcoesquistos-.

El tramo superior de esta unidad, constituido esencialmente por un paquete carbonatado de dolomías, calizas y calcoesquistos de mayor interés hidrogeológico, se encuentra ausente de la zona de estudio.

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

Atendiendo a los criterios anteriormente citados, se considera como de máximo interés hidrogeológico como formación acuífera los tramos carbonatados del Triás medio-superior de la unidad inferior o Manto de Lújar; el Manto del Alcazar con un predominio de litologías impermeables carecería de significado hidrogeológico.

Por otra parte, hay que subrayar que Fuente del Río (2 l/s) junto con otros manantiales del grupo Albuñol -El Molino, Espeñao, La Alberca- a consecuencia de su termalismo moderado -25 a 26°C-, apuntan ciertamente hacia un sistema de circulación profunda puesta de manifiesto en superficie a través de diversas fracturas de gran envergadura ligados a la tectónica local y regional -Mantos de corrimiento-.

No hay que olvidar por otro lado la profundidad media del Manto de Lújar o unidad inferior (2.000 ó 3.000 m) junto con su potencia -en ocasiones superior a los 1000 m- que le confieren características preferenciales como probable almacén de estos manantiales de Albuñol.

La permeabilidad de esta formación es relativamente alta como consecuencia del grado de fracturación que en ocasiones condiciona su

comportamiento hidráulico. La presencia de intercalaciones impermeables dentro de este conjunto restaría puntualmente cierta entidad.

Estudios hidrogeológicos generales para el sistema acuífero de la Sierra de Lújar han puesto de manifiesto valores de recarga natural de 47 hm<sup>3</sup>/a para una superficie permeable de 125 Km<sup>2</sup>. Por el contrario para el sector de Albuñol, para una superficie permeable de unos 18 Km<sup>2</sup> tendríamos valores de recarga natural del orden de 3,5 hm<sup>3</sup>/año.

Con unos valores de precipitación media anual de 650mm., la alimentación principal del sistema se efectuaría por infiltración directa del agua de lluvia sobre las formaciones carbonatadas de la Unidad de Lújar, permeables por fracturación.

#### 4.- HIDROQUÍMICA

Agua sulfatada cálcica de mineralización elevada (2860  $\mu$ S/cm), Eh bajo (72 mV) y un pH<sub>campo</sub> de 7,35. En el entorno del manantial se aprecian depósitos travertínicos ricos en hierro (la determinación en campo de este elemento indica una concentración de 0,4 mg/l).

La influencia de facies yesíferas en el manantial se hace evidente tanto por la naturaleza del agua como por su alto contenido salino. La presencia de travertinos es coherente con la situación de sobresaturación respecto a calcita y dolomita, puesta de manifiesto en la Fig. 59. Asimismo, el agua aparece sobresaturada en yeso y en equilibrio con anhidrita. Según la descripción hidrogeológica previa, existen yesos tanto en la Unidad del Manto del Alcázar como en el Manto de Lújar, ambas en situación de influir sobre la naturaleza del agua.

Como sucede con frecuencia en guas con una fuerte impronta evaporítica, el contenido en flúor -2,2 mg/l- resulta elevado. Entre los restantes componentes minoritarios y traza sólo el plomo alcanza una concentración digna de mención: 0,136 mg/l. Los compuestos nitrogenados

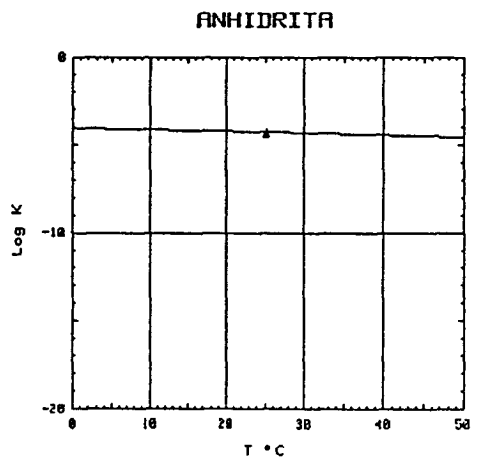
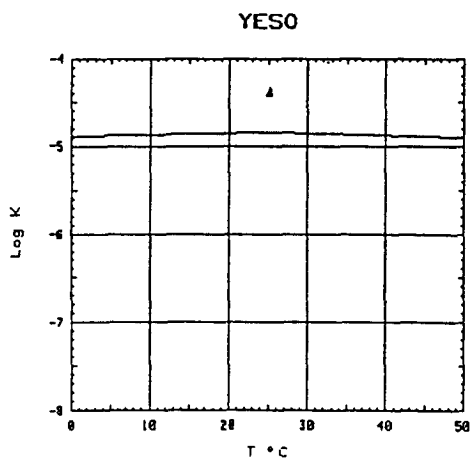
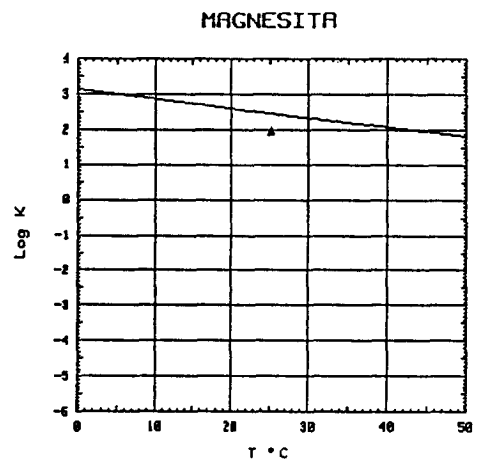
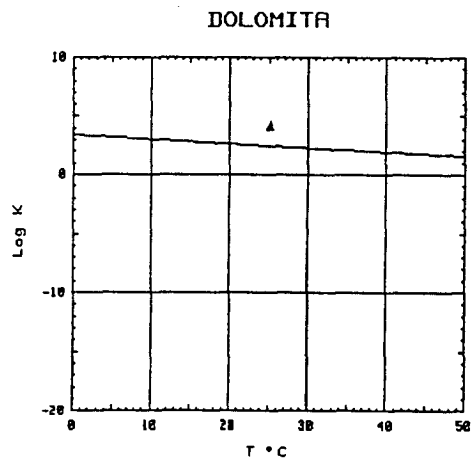
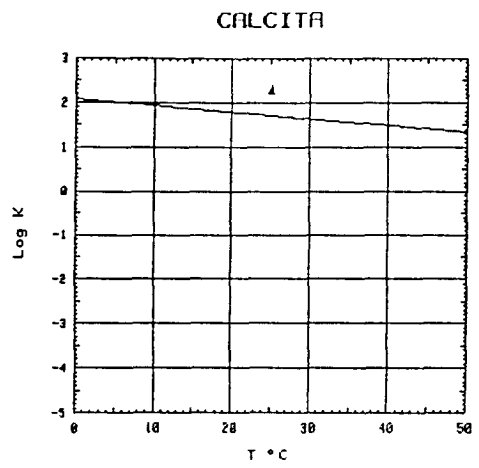
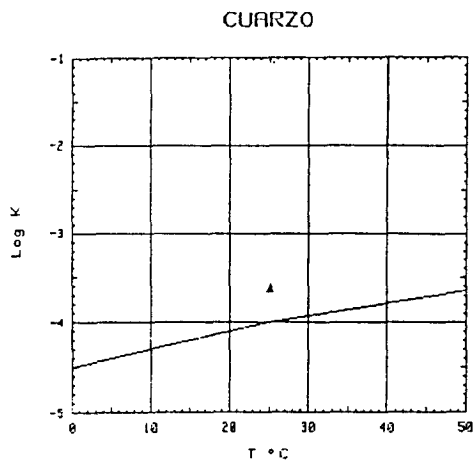


FIG. 59.- DIAGRAMAS DE SATURACION MUESTRA FUENTE DEL RIO -ALBUÑOL-

# ANALISIS QUIMICO

DENOMINACION: FUENTE DEL RIO (ALBUÑOL)  
 FECHA :

TEMPERATURA (°C): 25.2      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 2860  
 pH a 25°C: 7.35      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 1949  
 pH a 18°C: 7.50      Eh campo (mV): 72

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	116.00	1.901	1.901	4.63
CO3=	-	-	-	-
SO4=	1788.00	18.613	37.226	90.66
Cl-	64.00	1.805	1.805	4.40
F-	2.200	.116	.116	.28
NO3-	<5.0E-1	.008	.008	.02
SiO2 (H4SiO4)	18.7	.311	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
P205	.100	.001	.003	.01
TOTAL....	1989.510	22.756	41.060	

## CATIONES

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	65.00	2.828	2.828	6.77
K+	3.00	.077	.077	.18
Ca++	548.00	13.673	27.345	65.49
Mg++	139.00	5.717	11.434	27.38
Fe++	.050	.001	.002	0.00
Li+	.07	.010	.010	.02
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.13
NH4+	.010	.001	.001	0.00
Mn++	.007	0.000	0.000	0.00
Pb	.136	.001	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
TOTAL....	755.873	22.326	41.755	

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

CLASIFICACION: SULFATADA -- CALCICA

(CO3H+CO3)/Ca = .070      Cl/Na = .639      (SO4\*Ca)^1/2 = 31.905  
 (CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .049      Cl/(Na+K) = .622      (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = 1.290  
 ((CO3H)^2\*Ca)^1/3 = 4.624      SO4/Ca = 1.361      Mg/Ca = .418  
 (CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = 1.009      SO4/(Ca+Mg) = .960      Cl/CO3H = .950

ARCHIVO EN DISCO: MM638 (AMA2-38)

	ppm
R.S. 110°C	1996
D.Q.O.	1,0
CN-	-
Cd	<0,001
Cr	<0,005
As	-
Se	-
Hg	-

salvo el  $\text{NH}_4^+$  (0,01 mg/l) se encuentran por debajo del límite de detección.

## 5.- AREAS DE PROTECCIÓN

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

La delimitación de un área de protección para el caso de Fuente del Río se ha hecho ciertamente difícil considerando el probable origen profundo del manantial. No obstante, el establecimiento de dicho área se ha llevado a cabo considerando la hipotética zona de recarga y los principales sistemas de fracturación, así como la pequeña red hidrográfica que circunscribe el entorno del manantial.

### 5.2.- PRINCIPALES FOCOS DE CONTAMINACIÓN

El paraje donde se localiza Fuente del Río se presenta como de gran vulnerabilidad como consecuencia de la inmediata proximidad del núcleo urbano de Albuñol. Las aguas residuales procedentes de esta población deberían de considerarse como factor a tener en cuenta.

Sin embargo, a consecuencia de su origen profundo cuya zona de recarga se sitúa a considerable distancia del mismo junto con la presencia de importantes series impermeables en las inmediaciones del manantial que actuarían como cobertera, alejan cualquier posibilidad en este sentido.

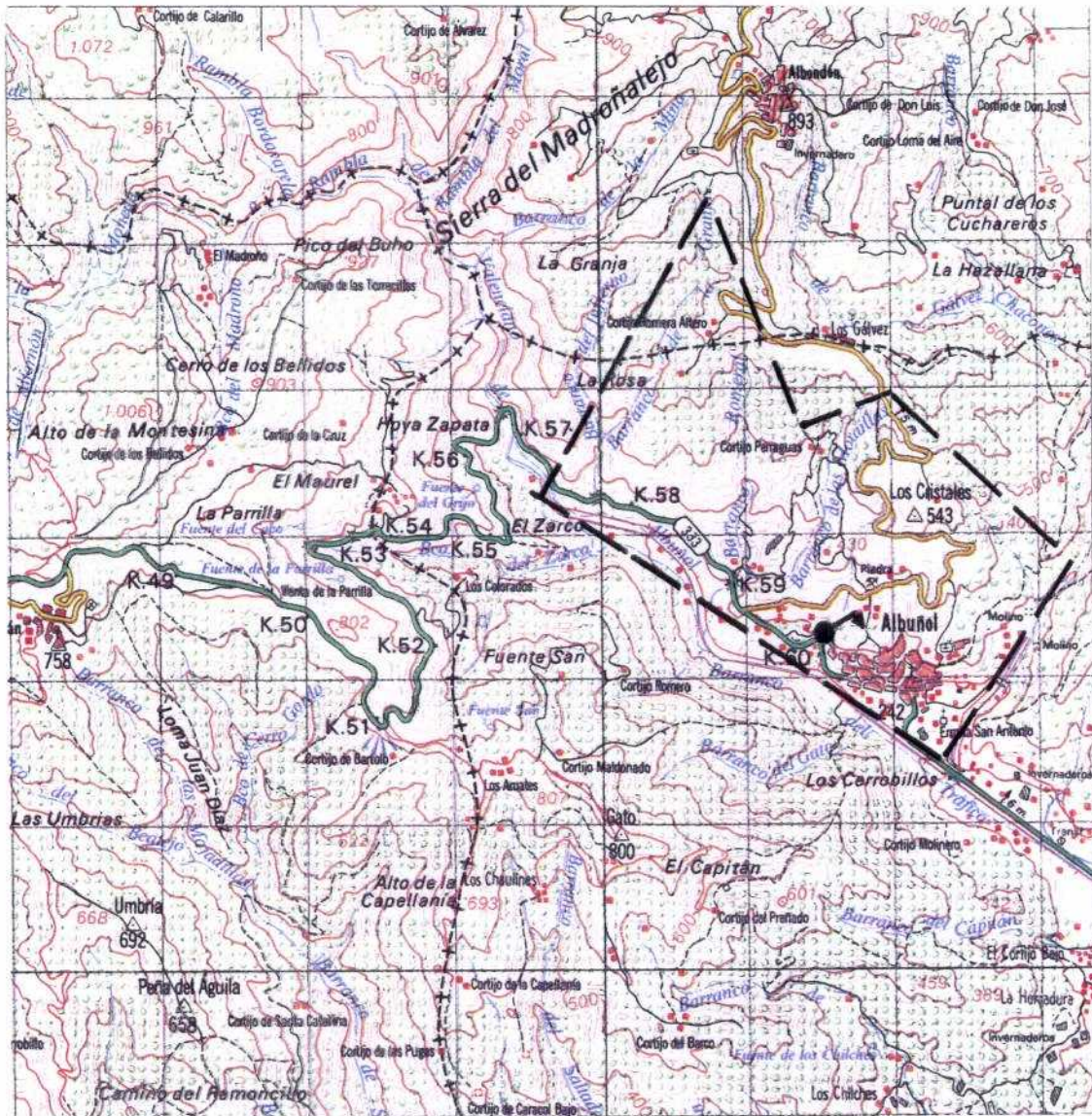
## 6.- BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

- Aldaya, F. (1967).- "Nuevas observaciones en las calizas triásicas de la ventana tectónica de Albuñol (Zona Bética, prov. de Granada)". Notas





PLANO 17

FUENTE DEL RIO -ALBUÑOL-



E/1:50.000

LEYENDA

-  Propuesta de área de protección
-  Manantial

y Com. ITGE nº 101-102, pg. 101-106.

- ITGE (1913).- "Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España".
- ITGE (1983).- "Investigación hidrogeológica de las Cuencas Sur de España (sector occidental).
- ITGE (1984).- "Estudio geológico-geotérmico de la Depresión de Granada y área de Lanjarón.
- ITGE.- Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (1056) 20-44 -Albuñol-.

GRUPO DE DGRCAL: (BACAMIAS Y URQUIZAR)

---

## 1.- INTRODUCCIÓN.

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

El conjunto de manantiales del grupo Dúrcal -Bacamias y Urquizar 1,2,3 y 4- se encuentran localizados en el margen superior derecha de la hoja topográfica a escala 1:50.000 (1041) 19-43 -Dúrcal-, definidos por las coordenadas UTM: X/448150 e Y/4092200 -Baños de Bacamias-, X/448325 e Y/4092550 -Urquizar 1 y 2-, X/448350 e Y/4092650 -Urquizar 3-, y X/448250 e Y/4092425 -Urquizar 4-, a unas cotas comprendidas entre los 660 m de los Baños de bacamias y los 685 m. del grupo Urquizar.

El acceso se efectúa desde el propio núcleo urbano de Dúrcal, tomando la pista que parte de la ermita de San Blas en el centro de la localidad, hasta la confluencia con el río Dúrcal. Los manantiales se sitúan a unos 3 Km. del casco urbano y en las proximidades de la divisoria con el término de Cónchar, paraje conocido bajo el nombre de "Laderas Pechos del Picón".

Estas surgencias poseen un amplio historial, pues bien conocido es a través de la prensa local el proyecto de instalación de una planta embotelladora por parte de la empresa "Agua de Dúrcal S.A", en la que el ayuntamiento de la localidad mantiene una cierta participación.

Las primeras referencias que figuran al respecto aparecen el 28/7/1977, en el que el ayuntamiento de la localidad a través de su Alcalde-Presidente D. Antonio Puertas García presenta un escrito en la Jefatura de Minas de Granada con el fin de declarar los manantiales de

Urquizar y Bacamías como de interés minero-medicinal y susceptibles de explotación. Con posterioridad y fecha 6/4/1987, se solicita a través del ITGE la declaración de agua minero-medicinal, resultando positivo en un informe emitido por dicho organismo el 29/7/87.

En vistas a estos resultados, el ayuntamiento de la localidad con una pequeña participación en la sociedad Agua de Dúrcal S.A, tramita a finales de Enero de 1989 un anteproyecto de instalación de planta embotelladora en el paraje conocido como "el Ginator" promovida por la citada empresa, en la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía .

En la actualidad, el proyecto continua en tránsito a consecuencia de las presuntas irregularidades puestas de manifiesto por la prensa local.

Tradicionalmente, los manantiales de Dúrcal han venido utilizándose con bastante asiduidad como resultado de sus aplicaciones terapéuticas, fundamentalmente indicadas en las afecciones de la piel, hígado y riñon, puestas en evidencia por el sentir unánime de los vecinos de la población y profesionales de la medicina.

También gozan de gran popularidad debido a su baja mineralización, como agua mineral-natural de mesa.

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

Desde el punto de vista geológico, el grupo de manantiales de Dúrcal corresponden a un conjunto de surgencias de termalismo moderado -24 °C-, localizados en el margen derecho del río Dúrcal, y en una zona que viene caracterizada por una intensa fracturación que afecta muy directamente a secuencias de mármoles dolomíticos alpujárrides de tonalidad gris-azulada, muy tableados, brechificados y milonitizados pertenecientes al Triás medio-superior del Manto del Herradura (Figs. 60 y



## ESQUEMA GEOLOGICO GENERAL

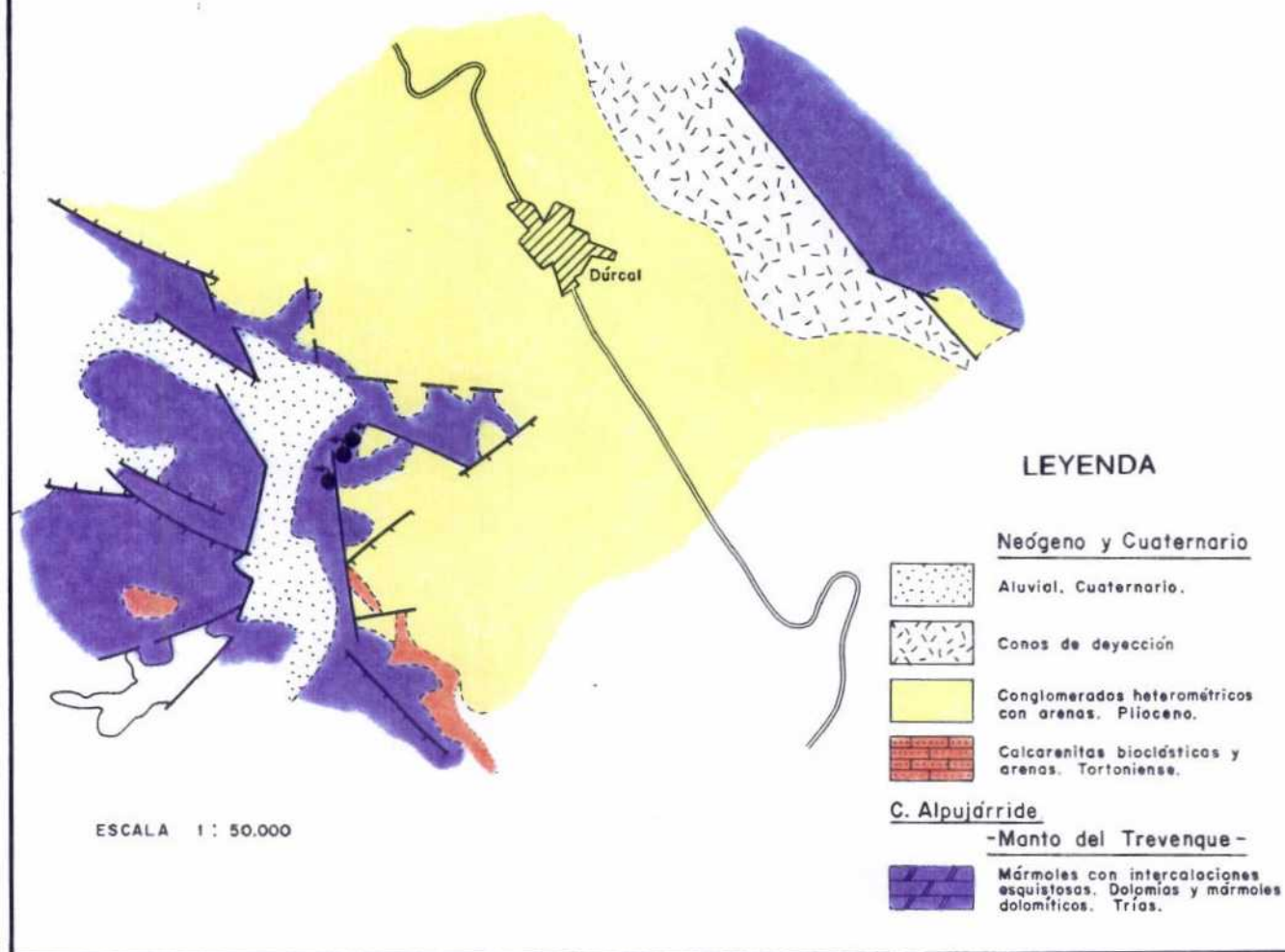
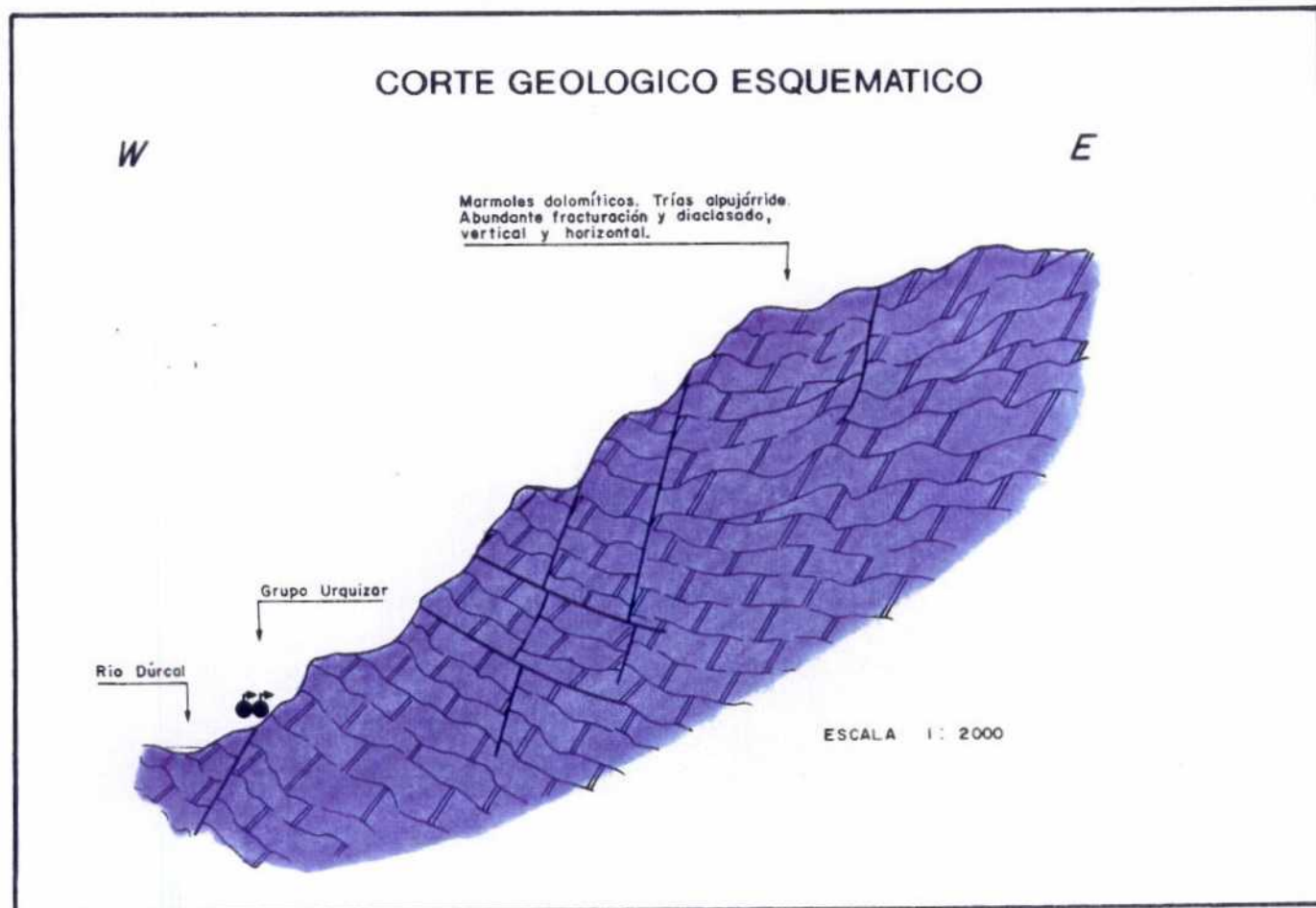


FIG. 60.- GRUPO DE DURCAL (BACAMIAS Y URQUIZAR)

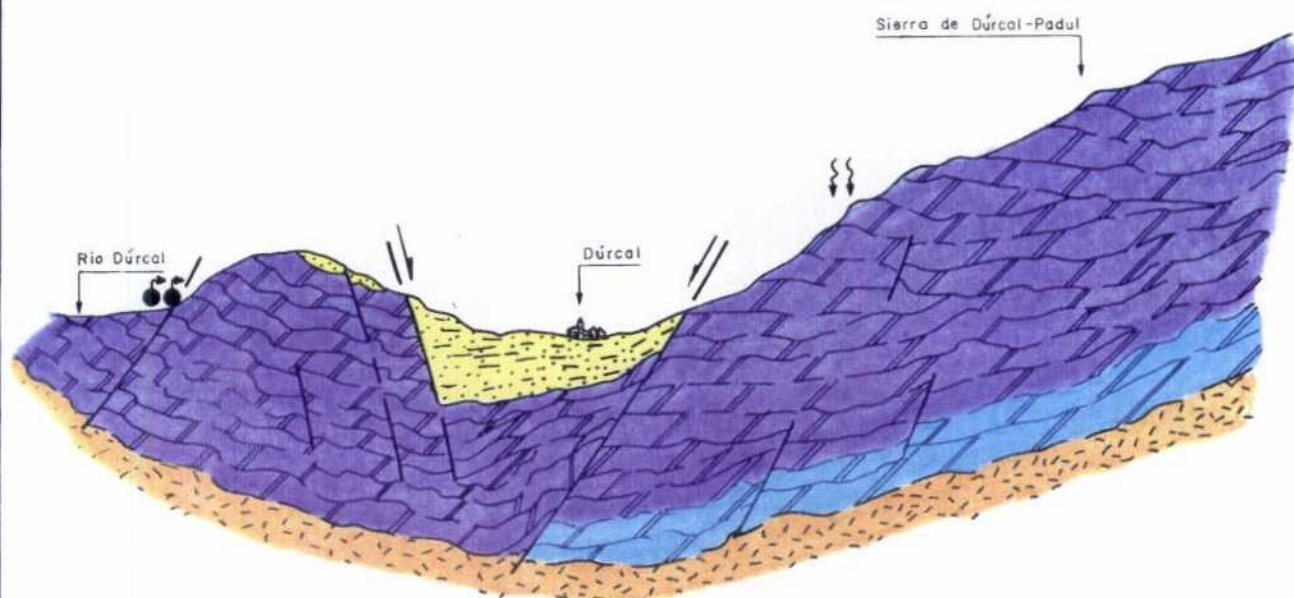
## CORTE GEOLOGICO ESQUEMATICO



# CORTE GEOLOGICO APROXIMATIVO EN PROFUNDIDAD





SW

NE



ESCALA 1 : 100.000

## LEYENDA

-  Aluvial.  
Conos de deyección. Cuaternario
-  Conglomerado heterométrico con arenas.  
Plioceno.
-  Conglomerados, limos, arenas.  
Calcarenitas bioclásticas  
Mioceno medio-superior
-  Calcarenitas bioclásticas y arenas.  
Mioceno inferior.

### C. Alpujarride - Manto del Trevenque-




-  Mármoles con intercalaciones esquistosas.  
Dolomías y mármoles dolomíticos. Trías.
-  Calizas dolomíticas y calizas masivas tableadas.  
Trías.
-  Filitas y cuarcitas grises-azuladas.  
Permo-trías

FIG. 61.- GRUPO DE DURCAL

61).

Concretamente, los manantiales se localizan a lo largo de diversas fracturas de consideración que aparecen alineadas a lo largo del cauce del río Dúrcal. De igual forma son especialmente observables en este sector abundantes estrias de fallas que ponen de manifiesto importantes saltos en la vertical.

El diaclasado tanto vertical como horizontal junto con los fenómenos de karstificación son también muy representativos.

En nuestra zona de estudio como en otros sectores de las zonas internas, el complejo alpujárride de las Cordilleras Béticas está constituido por un apilamiento de mantos de características litológicas semejantes, definidos por un conjunto inferior paleozoico de grado bajo y medio de metamorfismo, y uno superior carbonatado de edad triásica.

Dentro de dicha zona, el complejo alpujárride que nos ocupa -Manto de la Herradura- constituye una de las posiciones tectónicas más elevadas dentro de este edificio bético.

Litológicamente el complejo alpujárride del Manto de la Herradura en este sector, está caracterizado por los siguientes términos:

**Paleozoico:**

Está representado por un conjunto de materiales relativamente variables tanto en litologías como en grado de metamorfismo, donde existe por lo general un predominio de los tramos esquistosos; esquistos grises con estaurolita y cianita, esquistos de grano fino con biotita y epidota, y esquistos y cuarzos-esquistos oscuros con estaurolita y cianita.

Las potencias suelen ser muy variables ya que oscilan entre unos pocos metros al centenar de ellos.



En nuestra zona de estudio, el Paleozóico del Manto de la Herradura apenas está representado, apareciendo pequeños afloramientos al SE de Niguelas y al S de Pinos del Valle, donde se alojan por debajo del potente paquete de mármoles del Crucero de Pinos a partir del cual surgen los manantiales.

### Triás medio-superior

El Triás medio-superior aunque con un predominio de litologías carbonatadas presenta ligeras variaciones de acuerdo con el manto que se trate. En nuestra zona de estudio y de acuerdo con los criterios de J.A. Gallegos (1971), el conjunto triásico está caracterizado por una secuencia de mármoles con intercalaciones esquistosas, dolomías, y mármoles dolomíticos -Mármoles del Crucero de Pinos-, que progresivamente y hacia muro pasan a calizas-dolomíticas y calizas masivas tableadas. En conjunto, dichas litologías se asemejan a los mármoles de los Mantos de Salobreña y de los Guajares donde puntualmente contactan directamente con ellos y se hace extremadamente difícil su delimitación.

La potencia de este conjunto suele ser muy variable oscilando entre los 500 m del sector de Pinos del Valle y los 1.000 m de las vertientes meridionales, aunque dependiendo en cierta medida del grado de tectonización y/o erosión que desarrollen.

### Materiales postorogénicos

Los materiales neogenos-cuaternarios se encuentran extensamente representados en este sector, abarcando litologías que comprenden desde el Burdigaliense al Plio-cuaternario y constituyendo en conjunto, parte del extremo meridional de la Depresión de Granada. Dichos materiales se extienden a lo largo de la Depresión Padul-Dúrcal y rellenan importantes fracturas en materiales alpujárrides.

Distinguimos los siguientes términos:

- Burdigaliense-Serravaliense:

Está constituido por secuencias de calcarenitas bioclásticas coralígenas con arenas, y limos y arenas finas de tonalidad variada entre los que se intercalan cantos de naturaleza conglomerática. La potencia de este término suele ser muy variable.

- Tortonense inferior:

Está representado por un conjunto de naturaleza conglomerática donde se intercalan secuencias areniscosas y lentejones arcillosos. En determinados sectores como ocurre al W de Albuñuelas, existe un tramo de limos y arenas, y conglomerados, que puede ser equivalente al anteriormente mencionado.

La potencia de este tramo oscila en torno a los 150 m.

- Tortonense medio-superior:

Estos materiales aparecen a lo largo de la hoja de Dúrcal como litologías de gran homogeneidad, caracterizados por secuencias de calcarenitas bioclásticas, arenas y areniscas dispuestas bien sobre el conglomerado anterior (conglomerado de Tablete), ó, directa y discordantemente sobre litologías alpujárrides.

Su potencia suele ser muy variable aunque por término medio no supera en dicho sector los 20 m.

- Messiniense:

Se sitúa de forma concordante sobre los términos molásicos anteriormente descritos, y está representado fundamentalmente por un conjunto de arenas y limos grises y amarillos, entre los que se intercalan niveles arcillosos y conglomeráticos ó calizos y margocalizos.

La potencia estimable de este conjunto es muy variable, aunque, a grosso modo, parece que supera los 200 m a pesar de su variación en

zonas de notable tectonización.

- **Plioceno:**

Está representado por un conjunto de facies de tipo arenoso-conglomerático -Formación de Pinos Genil- ,y conglomerático -Conglomerado de Fornes y del Valle del río Albuñuelas-. Se trata de un conjunto de afloramientos que aparecen situados en los bordes occidentales de S. Nevada y cuya potencia oscila entre los 100 m de la formación Pinos-Genil y los 200 m del conglomerado de Fornes.

Aparecen situados bien discordantemente sobre los materiales alpujárrides o sobre términos miocénicos más antiguos.

- **Cuaternario:**

Bajo este apartado mencionaremos aquellos depósitos de diferente naturaleza litológica y edad indiferenciada, y que afloran extensamente a lo largo del valle de Lecrín .

Señalar en este sentido los depósitos aluviales, las formaciones de calizas tobáceas y travertínicas de las inmediaciones de Pinos del Valle y Cónchar, y los conos de Deyección característicos del E de Dúrcal y cuyas acumulaciones más antiguas son afectadas por la falla normal de la misma localidad.

Globalmente están constituidos por sedimentos poco o nada consolidados, muy heterométricos y de tamaño grava.

## **2.1.- TECTÓNICA. ESTRUCTURA.**

La tectónica de la zona de estudio viene especialmente definida por la sucesiva superposición de los diferentes Mantos Alpujárrides que caracterizan a las Zonas Internas de las Cordilleras Béticas.

Uno de los rasgos más característicos de los Alpujárrides en este

sector radica en la frecuencia con que la superficie de traslación varía de nivel dentro del mismo manto. Este hecho origina que en grandes extensiones se superpongan las formaciones marmóreas de varios de los mantos que se implican en dichas traslaciones. De igual forma es admitido que el sentido de la traslación se ha efectuado de Sur a Norte.

Con posterioridad al emplazamiento de los mantos, se originan un conjunto de sistemas de fracturas con dirección W, NW-E, SE, NNE-SSW y otras N-S y E-W.

Estos dos sistemas de fallas principales han afectado en gran parte la disposición de los materiales neógeno-cuaternario en el área de Albuñuelas-Dúrcal.

Mencionar en este sentido, el área comprendida entre los términos de Padul-Dúrcal, definida por una fosa tectónica cuyo límite en su extremo nororiental aparece delimitada por una falla conocida como del Padul. En relación con esta fractura se distinguen varios juegos de estrias que definen movimientos de carácter distensivo con un salto vertical total de unos 700 m. La dinámica actual de dicha fractura es evidente al observar los basculamientos de los materiales próximos al plano de falla.

### 3.- HIDROGEOLOGÍA

Desde el punto de vista hidrogeológico parece evidente a priori el origen alpujárride de los manantiales del grupo Dúrcal, si atendemos a sus características hidrogeológicas y estructurales que le confieren especial interés en este sentido. La problemática reside en la localización exacta del almacén dentro de este "apilamiento" alpujárride que en ocasiones se encuentra muy compartimentado y con un funcionamiento hidráulico bastante independiente.

### 3.1.- UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

#### Acuífero alpujárride

El muro del acuífero está delimitado por las formaciones de naturaleza esquistosa, cuarzosquistosos y filíticas del Paleozoico y Permo-Trías. El techo de este almacén es el Paleozoico impermeable del manto superior o de Los Guajares.

La formación acuífera está constituida por las secuencias de dolomías, mármoles-dolomíticos y calizas del Trías medio-superior del Manto de la Herradura cuyo interés se ve especialmente reforzado por los fenómenos de fracturación y/o karstificación que desarrollan, observable en los afloramientos situados en las proximidades de las surgencias.

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

Estudios hidrogeológicos globales para los mantos de la Herradura y Trevenque en dicho sector han puesto de manifiesto los siguientes aspectos.

Los materiales acuíferos del Manto del Trevenque y Herradura en dicho sector ocupan una superficie total de 87 Km<sup>2</sup> con unos espesores máximos del orden de los 1000 m en el sector de la Silleta.

Además de una estructura interna compleja, existen fallas normales de salto considerable que condicionan en parte el conocimiento detallado del funcionamiento hidráulico de dicho acuífero.

No obstante, las entradas para el acuífero de la Sierra del Padul-Dúrcal están cuantificados en algo más de 25 Hm<sup>3</sup>/año de los que aproximadamente 24 Hm<sup>3</sup>/año corresponde a la infiltración directa sobre los acuíferos carbonatados de borde. Las salidas principales se localizan en la depresión del Padul y a través del río Dúrcal.

En cuanto a niveles piezométricos representativos de descargas frías relacionadas con este sistema acuífero tenemos el de Pinos del Valle (740 m, 20 l/s), Zaza (680 m, 40 l/s) , Hoya Artera (690 m, 10 l/s) y manantiales diversos drenados hacia el río Albuñuelas (820 m. 80 l/s) en el valle de Lecrín. Por su parte, las descargas termales del grupo Dúrcal representadas por Bacamias (660 m, 7 l/s), Urquizar 1 (685 m, 1.38 l/s), Urquizar 2 (685 m, 1.9 l/s), Urquizar 3 (680 m, 7.4 l/s) y Urquizar 4 (680 m, 3.69 l/s), que contabilizan un caudal total de 21.37 l/s, también pudieran estar relacionadas con este sistema.

A pesar de ello y del condicionamiento tectónico de la zona de estudio, deberán existir mecanismos de recarga localizados en la Sierra del Padul-Dúrcal que alimenten por un sistema de circulación profunda los alpujárrides carbonatados alojados bajo el relleno neógeno-cuaternario de Dúrcal y que posteriormente, y a través de grandes fracturas descarguen en las proximidades del río Dúrcal. Muchas de estas salidas deben alimentar directamente a dicho río como lo verifica la cota común de Urquizar 3 y 4 (680 m.) con el anteriormente citado.

La alimentación principal se efectuaría a través de la infiltración directa del agua de lluvia y por los aportes laterales de los ríos a su paso por las formaciones carbonatadas.

La permeabilidad de este acuífero sería buena por fracturación (diaclasado) y/o karstificación; puntualmente los mármoles presentan un notable grado de brechificación, en algunos casos de apariencia milonítica (inmediaciones de los manantiales).

#### **4.- HIDROQUÍMICA**

Los 5 manantiales que componen el grupo presentan las siguientes características generales:

SURGENCIA	pH <sub>c</sub>	T <sup>a</sup> . (°C)	Eh (mV)	Cond. (μS/cm)	NATURALEZA
BACAMIAS	7,44	21,2	+132	1.420	Sulf-clor cal-sod
URQUIZAR1	7,62	23,8	+200	817	Sulf cal-mag
URQUIZAR2	7,48	23,9	+214	750	Sulf cal-mag
URQUIZAR3	7,51	24,1	-15	1.280	Sulf cal-mag
URQUIZAR4	7,45	23,8	-17	2.118	Sulf cal-mag

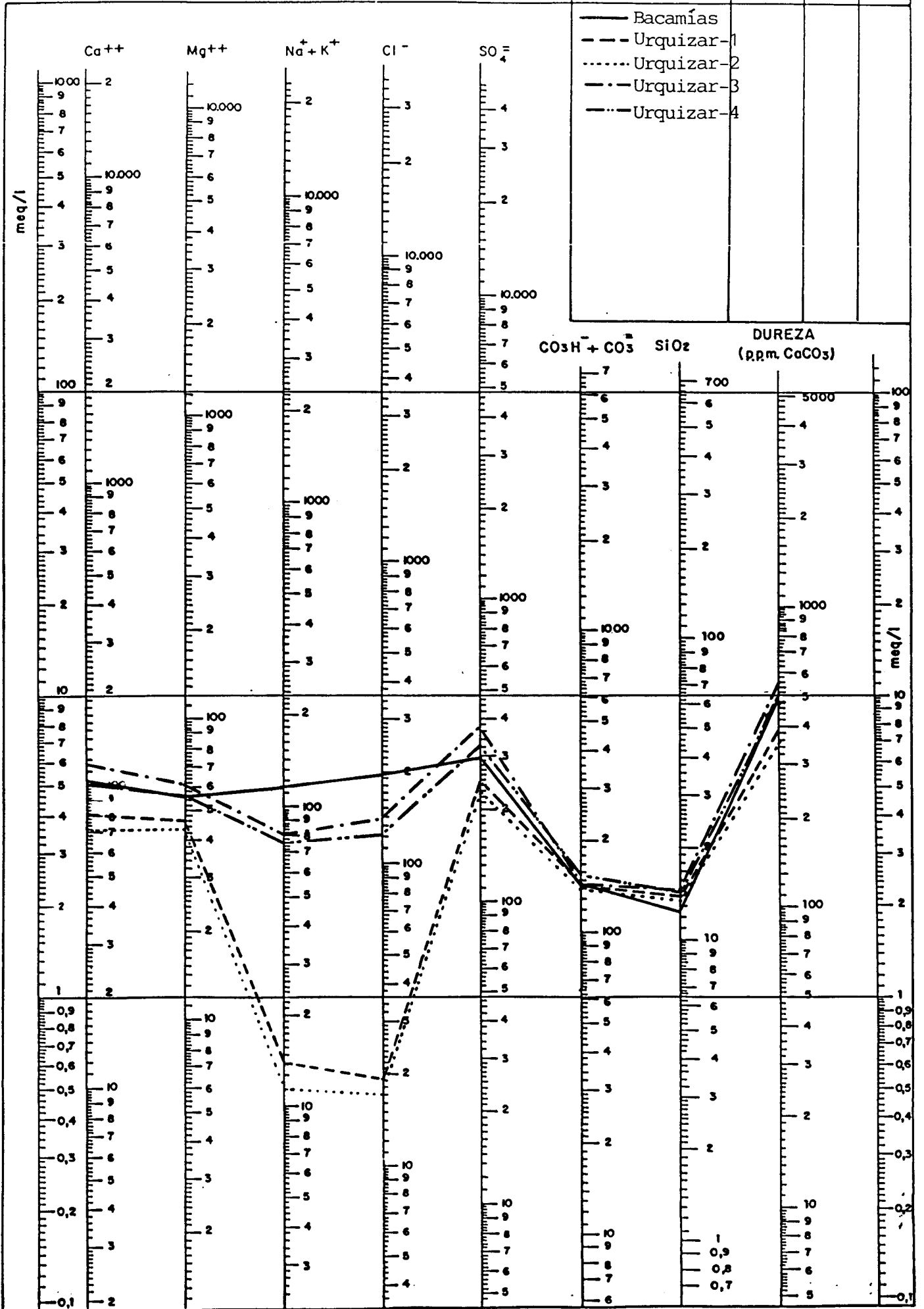
En todos los casos se trata de aguas sulfatadas cálcicas con niveles de mineralización que oscilan de moderada (Urquízar-2) a alta (Urquízar-4). El diagrama de Schoeller-Berkaloff de la fig. 62, pone de manifiesto diferencias de composición que evidencian la existencia de dos familias de aguas: a) Bacamías, Urquízar-3 y Urquízar-4, y b) Urquízar-1 y Urquízar-2. El primer grupo comprende las aguas más mineralizadas, diferenciándose del segundo fundamentalmente en la concentración de  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  y cationes mayoritarios (el contenido en  $\text{HCO}_3^-$  es similar en todas las muestras), por lo que cabe suponer que la influencia de facies evaporíticas sería la responsable de tal diferenciación.

Este conjunto de características tiene un reflejo en los diagramas de saturación (fig. 63), donde cada gráfica recoge simultáneamente las 5 muestras en cuestión. En el caso de las facies carbonatadas calcita y dolomita, los puntos prácticamente se superponen sobre la curva de equilibrio o en la zona de ligera sobresaturación (considérese la similitud en el contenido de bicarbonatos así como del pH en todas las muestras). En lo que respecta al yeso y la anhidrita, los diagramas reflejan condiciones de subsaturación, si bien como corresponde a su más alto contenido en  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ , las aguas más próximas al equilibrio son precisamente las del grupo a.

En lo que respecta al contenido en elementos minoritarios y traza, en la tabla siguiente se destacan los parámetros dignos de mención:

FIG. 62.- GRUPO DURCAL

LEYENDA			
MUESTRA	C μ S/cm	pH	Eh
— Bacamías			
- - - Urquizar-1			
..... Urquizar-2			
- · - · Urquizar-3			
- · - · Urquizar-4			





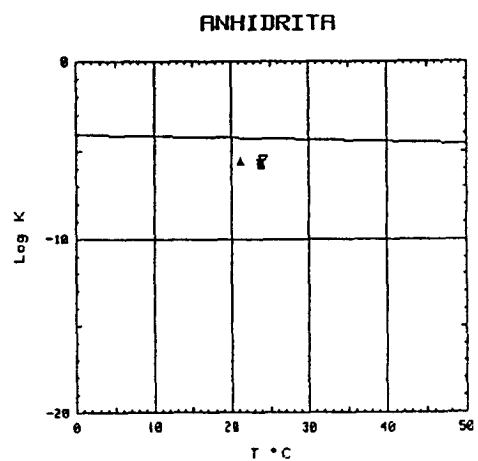
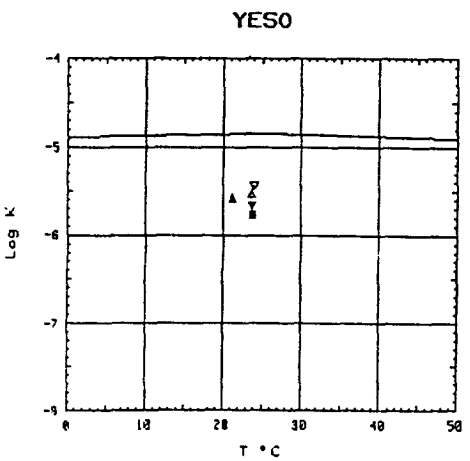
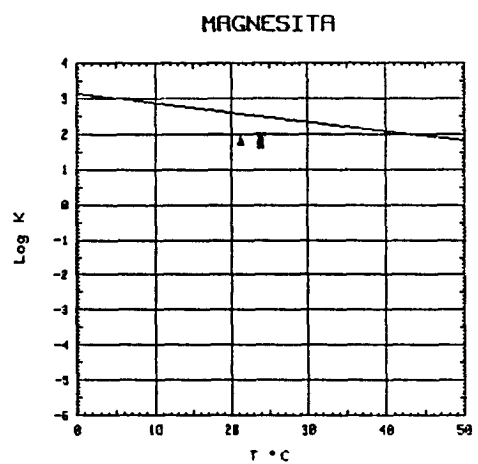
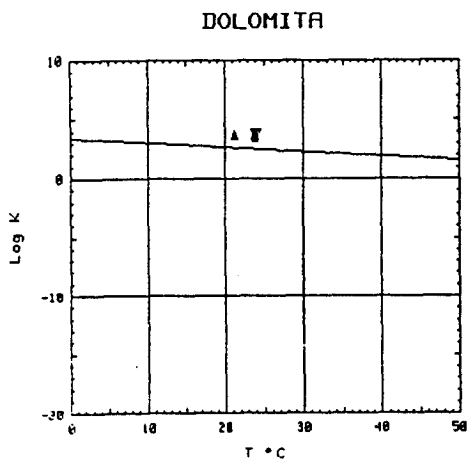
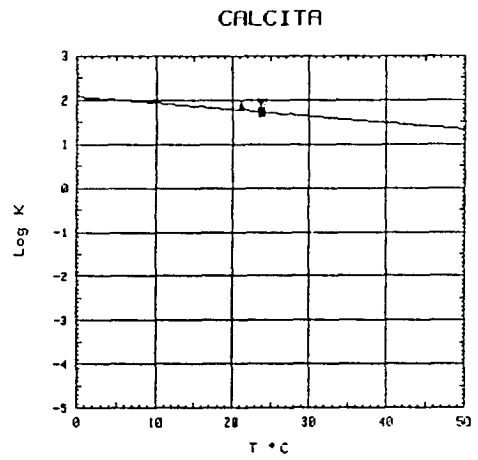
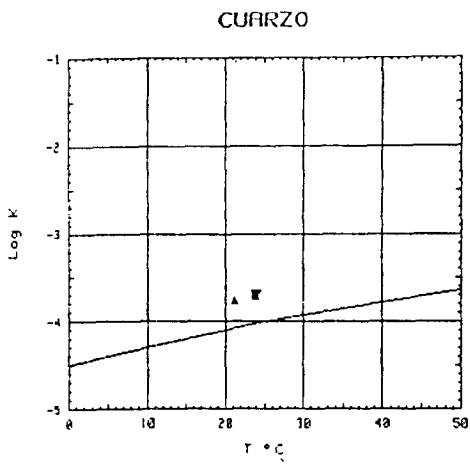


FIG. 63.- DIAGRAMAS DE SATURACION DEL GRUPO DURCAL

- ▲ Bacamías      ▼ Urquizar-1      ■ Urquizar-2  
 ▽ Urquizar-3      △ Urquizar-4

MUESTRA	CONCENTRACION EN MG/L					
	F <sup>-</sup>	Li	Fe	Zn	Pb	Al
BACAMIAS	1,2	<0,05	0,04	0,05	0,058	<0,5
URQUIZAR1	1,1	<0,05	0,02	<0,05	0,025	<0,5
URQUIZAR2	1,1	<0,05	0,03	0,08	<0,01	0,8
URQUIZAR3	1,1	0,18	0,05	<0,05	0,018	<0,5
URQUIZAR4	1,2	0,18	0,09	<0,05	0,016	<0,5

Por último, el contenido en compuestos nitrogenados -NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> y NH<sub>4</sub><sup>+</sup> es bajo en la totalidad de las muestras, siendo destacable únicamente el contenido en amonio de la muestra Urquizar-2: 0,08 mg/l.

Con el fin de determinar la composición del gas asociado al agua se eligió el manantial Bacamias para efectuar el correspondiente muestreo. El resultado del análisis indica que el nitrógeno es el componente mayoritario, con un 87,4 %V, mientras que el O<sub>2</sub> alcanza un 9,06 %V. Estas características sugieren que el origen fundamental del gas es el aire atmosférico disuelto en el agua de recarga, que una vez incorporado al subsuelo ha experimentado procesos de reducción con la consiguiente pérdida de oxígeno, y a su vez se ha enriquecido en otros gases -CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, He, etc.- cuya concentración no puede justificarse en base a los contenidos originales de estos componentes en el aire. A este respecto resulta destacable los contenidos en hidrógeno y dióxido de carbono de la muestra: 98 ppm y 3,5 %V.

## 5.- AREAS DE PROTECCIÓN

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

Son varios los factores que se han tenido en cuenta a la hora de

**ANALISIS QUIMICO**

DENOMINACION: BAÑOS DE BACAMIAS  
FECHA :

TEMPERATURA (°C): 21.2      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 1420  
pH a 21°C: 7.44      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 489  
pH a 18°C: 7.50      Eh campo (mV): 132

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	143.00	2.344	2.344	16.67
CO3=	-	-	-	-
SO4=	294.00	3.061	6.121	43.53
Cl-	195.00	5.501	5.501	39.12
F-	1.200	.063	.063	.45
NO3-	2.00	.032	.032	.23
SiO2 (H4SiO4)	12.4	.206	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
P2O5	.030	0.000	.001	.01
TOTAL....	647.640	11.208	14.062	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	105.00	4.568	4.568	31.33
K+	9.00	.230	.230	1.58
Ca++	104.00	2.595	5.190	35.59
Mg++	55.00	2.262	4.524	31.03
Fe++	.040	.001	.001	.01
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.05
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.38
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	0.00
Mn++	<5.0E-3	0.000	0.000	0.00
Pb	.058	0.000	-	-
Zn++	.050	.001	.002	.01
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.01
TOTAL....	273.763	9.684	14.580	

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

CLASIFICACION: SULFATADA CLORURADA -- CALCICA SODICA

(CO3H+CO3)/Ca =	.452	Cl/Na =	1.204	(SO4*Ca) <sup>1/2</sup> =	5.636
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.241	Cl/(Na+K) =	1.147	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	1.164
((CO3H) <sup>2</sup> *Ca) <sup>1/3</sup> =	3.055	SO4/Ca =	1.179	Mg/Ca =	.872
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	.871	SO4/(Ca+Mg) =	.630	Cl/CO3H =	2.347

ARCHIVO EN DISCO: MM639 (AMA2-39)

	ppm
R.S. 110°C	1016
D.Q.O.	0,6
CN <sup>-</sup>	-
Cd	<0,001
Cr	<0,005
As	-
Se	-
Hg	-

**ANALISIS QUIMICO**

DENOMINACION: URQUIZAR-1  
 FECHA :

TEMPERATURA (°C): 23.8      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 817  
 pH a 23°C: 7.62      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 394  
 pH a 18°C: 7.70      Eh campo (mV): 200

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	145.00	2.377	2.377	28.58
CO3=	-	-	-	-
SO4=	255.00	2.655	5.309	63.84
Cl-	19.00	.536	.536	6.44
F-	1.100	.058	.058	.70
NO3--	2.00	.032	.032	.39
SiO2 (H4SiO4)	13.9	.231	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
P205	.140	.001	.004	.05
<b>TOTAL....</b>	<b>436.150</b>	<b>5.890</b>	<b>8.316</b>	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	11.00	.479	.479	5.68
K+	2.00	.051	.051	.61
Ca++	81.00	2.021	4.042	47.99
Mg++	46.00	1.892	3.784	44.92
Fe++	.020	0.000	.001	.01
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.09
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.66
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.01
Mn++	<5.0E-3	0.000	0.000	0.00
Pb	0.025	0.000	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	.02
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.02
<b>TOTAL....</b>	<b>140.710</b>	<b>4.471</b>	<b>8.423</b>	

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

CLASIFICACION: SULFATADA -- CALCICA MAGNESICA

(CO3H+CO3)/Ca = .588      Cl/Na = 1.120      (SO4\*Ca)^1/2 = 4.632  
 (CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .304      Cl/(Na+K) = 1.012      (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = 1.279  
 ((CO3H)^2\*Ca)^1/3 = 2.837      SO4/Ca = 1.314      Mg/Ca = .936  
 (CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = .982      SO4/(Ca+Mg) = .678      Cl/CO3H = .226

ARCHIVO EN DISCO: MM640 (AMA2-40)

	ppm
R.S. 110°C	598
D.Q.O.	0,2
CN <sup>-</sup>	-
Cd	<0,001
Cr	<0,005
As	-
Se	-
Hg	-

# ANALISIS QUIMICO

DENOMINACION: URQUIZAR-2  
 FECHA :

TEMPERATURA (°C): 23.9      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 750  
 pH a 23°C: 7.48      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 357  
 pH a 18°C: 7.60      Eh campo (mV): 214

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	137.00	2.245	2.245	29.99
CO3=	-	-	-	-
SO4=	225.00	2.342	4.685	62.56
Cl-	17.00	.480	.480	6.40
F-	1.100	.058	.058	.77
NO3-	1.00	.016	.016	.22
SiO2(H4SiO4)	13.4	.223	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
P2O5	.150	.002	.005	.06
TOTAL....	394.660	5.366	7.488	

### CATIONES

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	9.00	.392	.392	5.13
K+	2.00	.051	.051	.67
Ca++	71.00	1.771	3.543	46.44
Mg++	43.00	1.769	3.537	46.37
Fe++	.030	.001	.001	.01
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.09
Al+++	.800	.030	.089	1.17
NH4+	.080	.004	.004	.06
Mn++	<5.0E-3	0.000	0.000	0.00
Pb	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
Zn++	.080	.001	.002	.03
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.02
TOTAL....	126.105	4.027	7.629	

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

CLASIFICACION: SULFATADA -- CALCICA MAGNESICA

(CO3H+CO3)/Ca =	.634	Cl/Na =	1.225	(SO4*Ca) <sup>1/2</sup> =	4.074
-(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.317	Cl/(Na+K) =	1.083	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	1.296
((CO3H) <sup>2</sup> *Ca) <sup>1/3</sup> =	2.614	SO4/Ca =	1.322	Mg/Ca =	.978
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	.979	SO4/(Ca+Mg) =	.662	Cl/CO3H =	.214

ARCHIVO EN DISCO: MM641 (AMA2-41)

	ppm
R.S. 110°C	521
D.Q.O.	0,7
CN <sup>-</sup>	-
Cd	<0,001
Cr	<0,005
As	-
Se	-
Hg	-

**ANALISIS QUIMICO**

DENOMINACION: URQUIZAR-4  
FECHA :

TEMPERATURA (°C): 23.8      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 2118  
pH a 23°C: 7.45      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 493  
pH a 18°C: 7.40      Eh campo (mV): -17

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	154.00	2.524	2.524	19.87
CO3=	-	-	-	-
SO4=	321.00	3.342	6.683	52.61
Cl-	121.00	3.413	3.413	26.87
F-	1.200	.063	.063	.50
NO3-	1.00	.016	.016	.13
SiO2(H4SiO4)	14.3	.238	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
P2O5	.070	.001	.002	.02
TOTAL....	612.580	9.597	12.702	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	69.00	3.002	3.002	23.02
K+	6.00	.153	.153	1.18
Ca++	104.00	2.595	5.190	39.80
Mg++	56.00	2.303	4.607	35.33
Fe++	.090	.002	.003	.02
Li+	.18	.026	.026	.20
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.43
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	0.00
Mn++	.005	0.000	0.000	0.00
Pb	0.046	0.000	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	.01
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.01
TOTAL....	235.901	8.101	13.040	

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

CLASIFICACION: SULFATADA -- CALCICA MAGNESICA

(CO3H+CO3)/Ca = .486      Cl/Na = 1.137      (SO4\*Ca)<sup>1/2</sup> = 5.889  
 (CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .258      Cl/(Na+K) = 1.082      (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = 1.210  
 ((CO3H)<sup>2</sup>\*Ca)<sup>1/3</sup> = 3.210      SO4/Ca = 1.288      Mg/Ca = .888  
 (CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = .940      SO4/(Ca+Mg) = .682      Cl/CO3H = 1.352

ARCHIVO EN DISCO: MMG42 (AMA2-42)

	ppm
R.S. 110°C	1716
D.Q.O.	0,6
CN <sup>-</sup>	-
Cd	<0,001
Cr	<0,005
As	-
Se	-
Hg	-

# ANALISIS QUIMICO

DENOMINACION: URQUIZAR-3  
FECHA :

TEMPERATURA (°C): 24.1      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 1280  
pH a 24°C: 7.51      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 542  
pH a 18°C: 6.90      Eh campo (mV): -15

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	144.00	2.360	2.360	16.62
CO3=	-	-	-	-
SO4=	378.00	3.935	7.870	55.42
Cl-	138.00	3.893	3.893	27.41
F-	1.100	.058	.058	.41
NO3-	1.00	.016	.016	.11
SiO2 (H4SiO4)	14.6	.243	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
P2O5	.140	.001	.004	.03
TOTAL....	676.850	10.507	14.202	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	74.00	3.219	3.219	22.64
K+	6.00	.153	.153	1.08
Ca++	115.00	2.869	5.739	40.37
Mg++	61.00	2.509	5.018	35.30
Fe++	.050	.001	.002	.01
Li+	.18	.026	.026	.18
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.39
NH4+	.010	.001	.001	0.00
Mn++	.005	0.000	0.000	0.00
Pb	0.018	0.000	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	.01
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.01
TOTAL....	256.863	8.798	14.216	

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

CLASIFICACION: SULFATADA -- CALCICA MAGNESICA

(CO3H+CO3)/Ca = .411      Cl/Na = 1.209      (SO4\*Ca)^1/2 = 6.720  
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .219      Cl/(Na+K) = 1.154      (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = 1.291  
((CO3H)^2\*Ca)^1/3 = 3.174      SO4/Ca = 1.371      Mg/Ca = .674  
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = .951      SO4/(Ca+Mg) = .732      Cl/CO3H = 1.649

ARCHIVO EN DISCO: MMG43 (AMA2-43)

	ppm
R.S. 110°C	929
D.Q.O.	0,6
CN-	-
Cd	<0,001
Cr	<0,005
As	-
Se	-
Hg	-



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO - C.S.I.C.  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AMBIENTAL  
JORGE GIRONA SALGADO, 18-26 08034 BARCELONA  
TELÉFONOS 204 06 00 - 205 00 63 TELEX: 97977

ANÁLISIS DE GASES

MUESTRA: AMA2-39

	<u>%V</u>
He	0,005
H <sub>2</sub>	0,0098
O <sub>2</sub>	9,06
N <sub>2</sub>	87,4
CH <sub>4</sub>	<0,001
CO <sub>2</sub>	3,5

MUESTRA: BACAMIA (DURCAL)



una justificación de propuesta de área de protección:

- Red fluvial, atendiendo a los cursos de los ríos Dúrcal y Torrente que atraviesan las formaciones carbonatadas donde supuestamente se efectúa la recarga.
- Protección de zonas de recarga, si bien éstas corresponden a zonas de gran altitud donde no se localizan actividades contaminantes.
- Sistemas de fracturación principales.

#### 5.2.- PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN

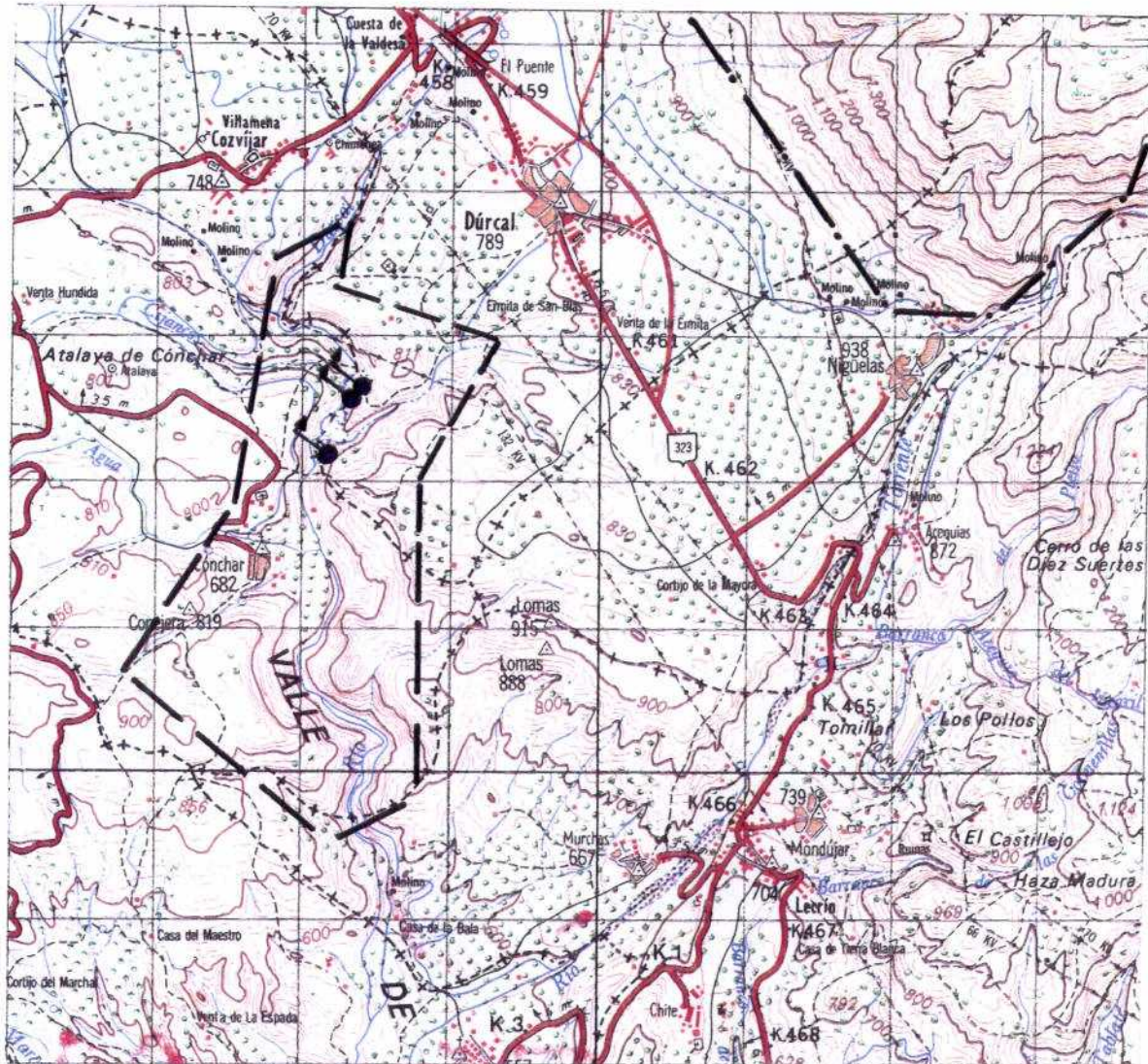
No se han observado actividades potencialmente degradantes en las inmediaciones del manantial, en este sentido el ayuntamiento de la localidad ha emprendido una tarea de limpieza y protección para evitar posibles deterioros fisioambientales pues sus aguas son principalmente aprovechadas como de consumo.

A pesar de tratarse de un acuífero de circulación profunda (termal) sí se deberán controlar las actividades de tipo urbano o agrícola que pudiesen afectar a la red fluvial a su paso por las posibles zonas de recarga, especialmente en las inmediaciones del núcleo urbano.

#### 6.- BIBLIOGRAFIA SELECCIONADA




- Comas, M.C. (1964).- "Estudio geológico del borde occidental de Sierra Nevada (sector de Niguelas)". Tesis de Lic.Univ.de Granada(inédito).
- Comas, M.C. (1970).- "Observaciones geológicas en los alrededores de Niguelas (Granada,Zona Bética)". Cuad. de Geol. VI pgs. 39-43.

BACAMIAS Y GRUPO URQUIZAR -DURCAL-



E/1:50.000

LEYENDA

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

- Gallegos, J.A. (1975).- "Los alpujárrides al W de Sierra Nevada". Tesis Univ. de Granada. pgs. 1-494.
- ITGE (1974-75).- "Inventario general de manifestaciones geotérmicas en el territorio nacional".
- ITGE (1977-78).- "Estudio geotérmico preliminar de las Depresiones de Granada, Guadix-Baza y Almería".
- ITGE (1979).- "Estudio geotérmico de la Depresión de Granada".
- ITGE (1981).- Mapa Geológico nacional a escala 1:50000 (1041) 19-43 -Dúrcal-.
- ITGE (1984).- "Estudio geológico-geotérmico de la Depresión de Granada y área de Lanjarón".
- ITGE (1990).- "Atlas hidrogeológico de la provincia de Granada".

BAÑOS DE LA COLORA

## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

Los Baños de la Colorá de Orgiva corresponde a una pequeña captación de agua surgente situado en el margen derecho del río Guadalfeo, cuya naturaleza ferruginosa ha determinado el origen de su denominación.

Su acceso lo realizamos a través de la carretera local que une las poblaciones de Velez de Benaudalla y Orgiva, desviándonos por pista forestal a la altura del Barranco de los Hornos hasta las inmediaciones de la Cortijada de la Calera.

El manantial aparece encuadrado en el margen inferior izquierdo de la hoja topográfica a escala 1:50.000 (1042) 20-43 -Lanjarón-, definido por las coordenadas UTM x/456700 e y/4080150, a una cota aproximada de 200 m.

De acuerdo con los datos facilitados por el encargado de la Cortijada, los baños de la Colorá corresponden a un antiguo pequeño balneario, inactivo desde los años 30, constituido por una serie de viviendas donde se alquilaban habitaciones a los bañistas, y una especie de piscina destinada al uso público, fundamentalmente indicadas en el tratamiento de las afecciones de la piel, anemia, hígado y riñón. De la antigua instalación apenas queda algo pues la casa está en ruinas y la piscina donde se tomaban los baños hoy sirve de depósito desde la que se bombea hacia unos 3 Ha. de regadío.

La aparición de los baños como tal permanece algo difusa, pues tan sólo existe un único precedente en el informe PIAS de la Cuenca Sur del ITGE de 1973.

Además de esta pequeña reseña, el manantial carece de antecedentes históricos representativos pues no figura en ninguna de las relaciones de aguas minero-medicinales por provincias anteriormente publicadas.

En la actualidad, la utilización de los baños es prácticamente nula a excepción de las esporádicas visitas que realizan las gentes de la localidad.

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

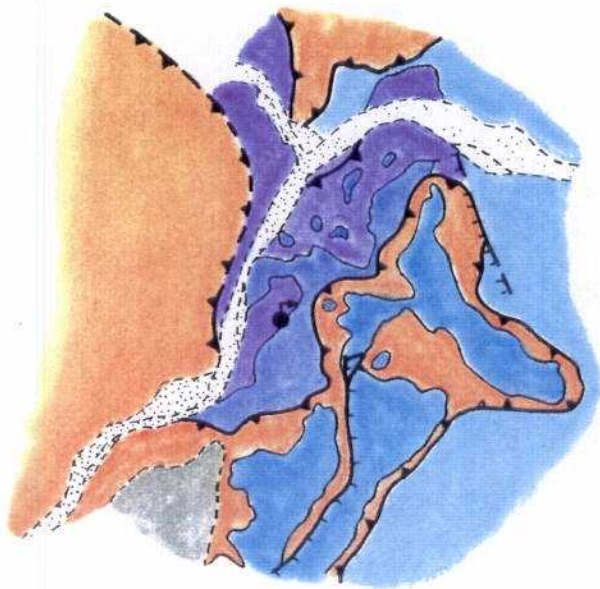
Desde el punto de vista geológico, los baños de La Colorá se encuentran localizados a favor de una fractura que afecta directamente al tramo inferior de la secuencia alpujárride del Manto de Castaras, constituido en este sector por un paquete muy caótico de filitas verdes y púrpuras de edad permotriásica, a menudo de tonalidad grisácea y con abundante Q, lo que en ocasiones origina auténticas cuarcitas. Es de destacar dentro de este término, la presencia visiblemente observables a escala de campo de pequeños lentejones de yeso que dan lugar a intensos replegados y frecuentes abombamientos que acentúan dicha caoticidad, y que en ocasiones, han sido objeto de cierta explotación en una mina a cielo abierto situada por encima del lugar de localización del manantial (Figs. 64 y 65).

El contacto con la unidad superior de dicha secuencia -esencialmente dolomías azuladas muy tableadas del Triás medio-superior- se localiza a unos 30 m por encima del lugar de ubicación del manantial.

A grandes rasgos, el complejo Alpujárride en dicho sector está caracterizado por la aparición de diversos mantos de corrimientos, diferentes en número y denominación según las transversales; a saber, de



## ESQUEMA GEOLÓGICO GENERAL



ESCALA 1: 50.000

### LEYENDA

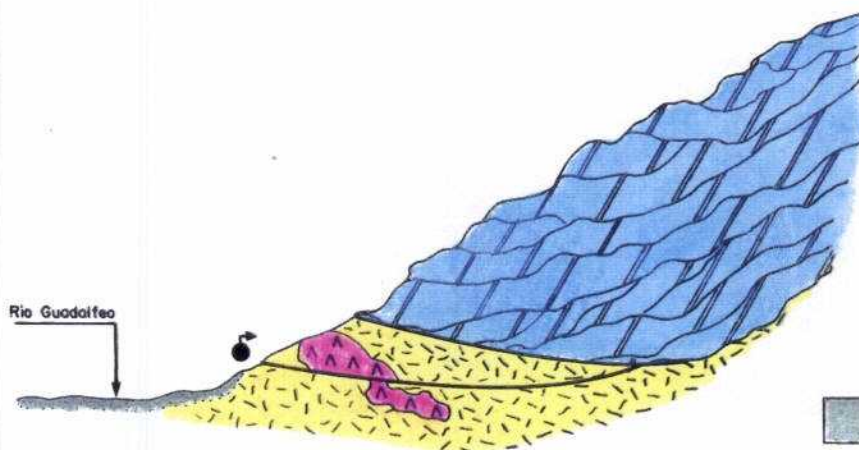
-  Aluvial. Cuaternario
-  Travertinos. Cuaternario
- C. Alpujárride**
  - Manto del Alcazar**
    -  Dolomias, calizas y mármoles. Calcoesquistos en la base. Trias medio-sup.
    -  Filitas y cuarcitas. Localmente yesos y calcoesquistos. Permo-trias.
  - Manto de Castaras**
    -  Calizas recristalizadas, dolomias y calcoesquistos. Trias medio-sup.
    -  Filitas y cuarcitas. Localmente yesos y calcoesquistos. Permo-trias.
  - Manto de Lújar**
    -  Calizas y dolomias. Intercalaciones de morgocalizas, yesos, rocas verdes y argilitas. Mineralizaciones de Pb-F. Trias medio-sup.

FIG. 64.- BAÑOS DE LA COLORA

## CORTE GEOLÓGICO ESQUEMÁTICO




O

E

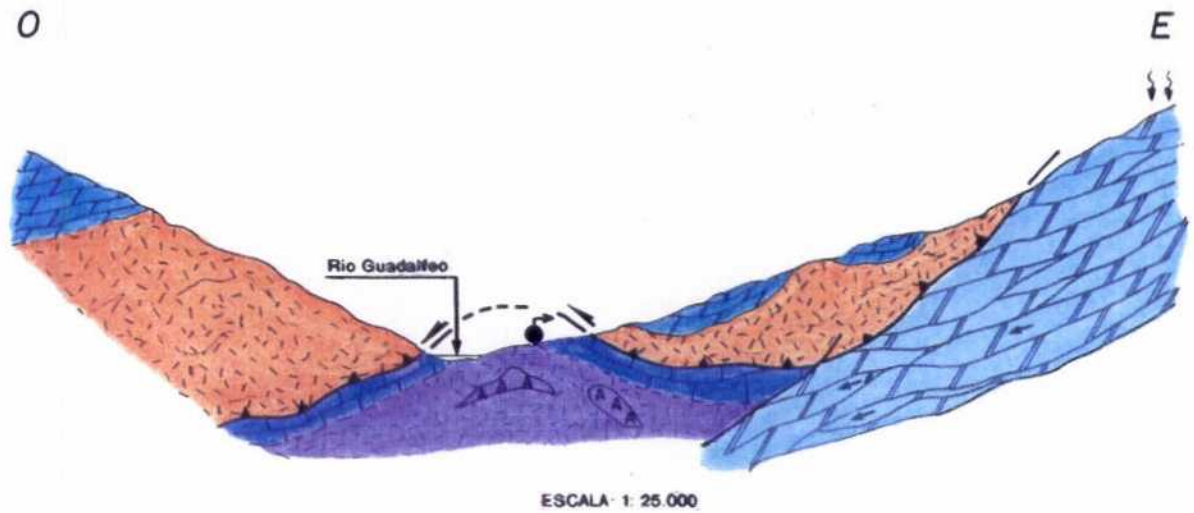


10 m.

### LEYENDA

-  Cuaternario aluvial
- C. Alpujárride**
  - Manto de Castaras**
    -  Calizas y dolomias azuladas, tableadas y recristalizadas. Trias medio-sup.
    -  Filitas y cuarcitas con lentejones de yesos. Permo-trias

## CORTE GEOLÓGICO APROXIMATIVO EN PROFUNDIDAD



### LEYENDA



Aluvial. Q.

#### C. Alpujárride

##### Manto del Alcazar



Dolomías, calizas y mármoles.  
Trias medio-sup.



Filitas y cuarcitas. Localmente yesos y calcoesquistos. Permo-Trias.

##### Manto de Castaras



Calizas recristalizadas, dolomías y calcoesquistos. Trias medio sup.



Filitas y cuarcitas. Yesos y calcoesquistos.  
Permo-Trias.

##### Manto de Lújar



Calizas y dolomías. Margocalizas, yesos y rocas verdes. Trias medio-sup.

FIG. 65.- BAÑOS DE LA COLORA



arriba a bajo: Alcazar, Cástaras y Lújar. La unidad que ocupa la posición tectónica más inferior de este edificio lo constituye el Manto de Lújar cuya relación con el manantial objeto de estudio se verá en el apartado de Hidrogeología.

El esquema geológico en dicho sector se completa con la presencia en las proximidades del manantial de los depósitos aluviales del río Guadalfeo, donde en determinados sectores parece existir cierta conexión hidráulica con el acuífero calizo-dolomítico de Sierra de Lújar (Carrasco Cantos - "Simposio sobre el agua en Andalucía").

Esquemáticamente, el complejo Alpujárride en la zona de estudio se caracteriza por:

#### A) Manto del Alcázar

Aflora bordeando en cierta medida el lugar de ubicación del manantial. Está caracterizado por los siguientes términos:

##### - Permo-Triás

Corresponde a una formación de filitas de tonalidades gris-azuladas y cuarcitas, con frecuentes intercalaciones de niveles de calcoesquistos bien recristalizados, de tonalidad amarillenta y sin continuidad lateral. Hacia la parte superior de dicha formación aparecen con mayor frecuencia niveles filitosos de tonalidad rojiza junto con esporádicos lentejones de yeso primario.

##### - Trias medio-superior

La formación inferior de filitas y cuarcitas pasa paulatinamente y hacia arriba, a una serie alternante con filitas y calcoesquistos amarillentos que progresivamente va desapareciendo hasta llegar a calizas. Litológicamente el trias medio-superior está representado por una alternancia de calizas y dolomías de tonalidad grisácea, muy recristalizados y aspectos marmóreo, con niveles amarillentos más o

menos brechificados y en ocasiones masivos, sin estratificación visible.

La potencia de este tramo suele ser variable llegando puntualmente a alcanzar los 400 m.

#### B) Manto de Cástaras

Aflora de forma continua a lo largo del borde meridional de Sierra Nevada y constituyen las litologías a partir de la que se localiza el manantial objeto de estudio.

Está definido por los siguientes términos:

##### - Permo-Trias

Se trata de una formación de características semejantes a la del Manto del Alcázar. Litológicamente corresponde a una secuencia muy homogénea, de tonalidad azulada, de filitas y cuarcitas con intercalaciones en niveles delgados de calcoesquistos y filitas ricas en carbonatos. En ocasiones se presentan niveles de yeso primario intercalados (cantera por encima del manantial).

Los minerales más frecuentes dentro de esta formación son cuarzo, mica blanca, clorita, albita, cloritoide, óxidos de hierro, biotita y turmalina.

##### - Trias medio-superior

Está caracterizado por una secuencia de calizas, dolomíticas masivas en ocasiones muy recristalizadas, de aspecto mármreo y tonalidad que oscilan entre el gris y el blanco.

Con frecuencia y hacia la base existen importantes mineralizaciones de hierro y mercurio que son explotados localmente.

En esta formación aparecen frecuentemente algunas intercalaciones de

material filitoso de potencia decimétrica, así como pequeños niveles de calizas tableadas amarillentas.

C) Manto de Lújar

Los materiales calcáreos de la unidad de Lújar afloran en una ventana tectónica que ocupa una superficie de unos 90 Km<sup>2</sup>, configurando la Sierra del mismo nombre y altitudes de hasta 1800 m. Dichas litologías aparecen principalmente localizadas a unos 2-3 Km al este de los baños encontrándose en parte rodeada por filitas impermeables del manto del Alcazar, a excepción de su borde septentrional que lo hace con el aluvial del río Guadalfeo.

Dicha unidad está básicamente representada por los siguientes términos:

- Permo-Triás

Corresponde a un conjunto de filitas de grano muy fino, de diversas tonalidades entre las que predominan las rojizas, púrpuras y verdosas con intercalaciones de cuarcitas poco recristalizadas y niveles finos de calcoesquistos.

- Trias medio-superior

Se trata de un conjunto de indudable interés por su probable relación con el manantial de los baños. Esta constituido por secuencias de calizas y dolomías masivas con mineralizaciones de plomo y fluorita, calcoesquistos, calizas tableadas, margocalizas y esquistos arcillosos. De menor importancia, se intercalan niveles de rocas volcánicas y yeso primario.

La potencia total de esta formación carbonatada supera en ocasiones los 1000 m.

### - Depósitos cuaternarios

Bajo este apartado, se menciona brevemente la existencia de los depósitos aluviales que constituyen el cauce del río Guadalfeo, de especial interés, pues parece evidente su conexión hidráulica hacia los sectores septentrionales donde se ponen en contacto con la unidad inferior o de Lújar.

### 2.1.- TECTÓNICA

La tectónica de la zona objeto de estudio viene definida por la superposición de mantos que caracterizan a las sucesivas unidades alpujárrides de la zona Bética. El sustrato de los mantos alpujárrides en esta región está constituido por el complejo de Sierra Nevada (Nevado-Filábride).

En la región situada al Sur de Sierra Nevada, al Este del río Guadalfeo, Aldaya (1969) ha reconocido cinco mantos variables según las transversales y que son, de abajo hacia arriba: Manto de Lújar, Castaras, Alcázar, Murtas y Adra.

Los mantos que ocupan la posición tectónica más inferior, es decir, los de Lújar y Castaras poseen materiales del Permo-Trias y el Trias medio-superior, sin embargo el paleozoico está ausente. El Manto del Alcázar, superior a ellos, presenta pequeños retazos paleozoicos a diferencia de los de Murtas y Adra que presentan una serie paleozoica potente y bien desarrollada.

El trazado de las superficies de corrimiento se efectúa de forma que dichas superficies se sitúan en niveles cada vez más profundos a medida que se consideran mantos más altos. Dichas superficies se hundén brusca y sistemáticamente hacia el Sur lo que ocasiona por cada manto, un aumento de la potencia de los materiales en el sentido norte-sur.

En cuanto al sistema de corrimiento, existe en las formaciones no

carbonatadas un sistema bien desarrollado de pliegues de arrastre de dirección N80E. Estos pliegues son vergentes hacia el norte, interpretándose como el resultado de deslizamientos diferenciales entre capas durante la tectónica de corrimiento.

Dicha tectónica se ha desarrollado al menos en dos fases, la primera con deslizamientos según superficies paralelas a la esquistosidad principal (subparalela en general a la estratificación) y la segunda, posterior con un desarrollo de las superficies de corrimiento oblicuas a la esquistosidad principal y durante la que tiene lugar las traslaciones más importantes.

En el Trias, y concretamente en el Manto de Lújar, dentro de este gran complejo, tiene lugar una nueva actividad tectónica. De ella resultan pliegues de dirección media N40E, aunque a grosso modo se admite que dichas deformaciones son de escasa importancia comparadas con las acontecidas durante la orogenia alpídica, pues esta última es la que ha originado los rasgos estructurales más sobresalientes.

En cuanto al sentido del corrimiento de estos mantos alpujárrides en general es admitido que se efectúa hacia el Norte.

### **3.- HIDROGEOLOGÍA**

#### **3.1.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS**

Si consideramos el contexto geoestructural y características hidrogeológicas del manantial de La Colorá, -termal 26 °C-, lo que apunta hacia un claro regimen de circulación profunda, se señalan a priori como de máximo interés a la hora de su implicación genética y posterior interpretación hidrogeológica, su relación directa con las formaciones acuíferas alpujárrides.

El cuadro hidrogeológico en dicho sector se completa con la posibilidad limitada de los depósitos aluviales del río Guadalfeo y su relación río-acuífero con la formación alpujárride inferior calizo-dolomítica de la Unidad de Lújar.

#### Acuífero Alpujárride

Dentro del complejo alpujárride en dicho sector se consideran como de interés hidrogeológico algunas de las formaciones pertenecientes al Manto de Castares y las correspondientes a la unidad inferior o de Lújar. El Manto del Alcázar en posición tectónica superior carece de interés.

#### Manto de Castares

La formación acuífera se encuentra definida por las secuencias de calizas y dolomías tableadas y recristalizadas, del Trias medio-superior. El muro del acuífero está constituido por los niveles impermeables de filitas y cuarcitas con intercalaciones de yesos de edad Permotriásica a partir del cual surge el manantial. Este a su vez, representa el techo de la formación acuífera infrayacente de la unidad de Lújar.

Presenta una extensión relativamente pequeña si se compara con su equivalente en el Manto de Lújar. La potencia suele ser muy variable pues se encuentra en relación directa con su condicionamiento estructural.

#### Manto de Lújar

Corresponde a la unidad en posición tectónica más inferior del edificio alpujárride y la de mayor interés, dada su potencia -en ocasiones superior a los 1000 m-, extensión y características hidrogeológicas.

La formación acuífera está representada por las secuencias de dolomías y calizas con intercalaciones de calcoesquistos, margocalizas y

argilitas del trias medio-superior.

Los límites hidrogeológicos laterales de dicha unidad están representados por los tramos de filitas y cuarcitas impermeables del Manto del Alcázar, a excepción de su borde Norte, donde se pone en contacto con el aluvial del río Guadalfeo. En este último contacto, el río actúa en determinados sectores como efluente, recibiendo agua del acuífero, ó, como influente recargándolo.

La permeabilidad de este conjunto es buena como consecuencia de los fenómenos de fracturación y karstificación que le acompañan.

### 3.1.1.- Características hidrogeológicas. Funcionamiento.

Si atendemos en la zona objeto de estudio a las características hidrogeológicas de los sucesivos mantos alpujárrides, considerando extensión, potencia y condicionamiento tectónico, la unidad que presenta un mayor interés hidrogeológico está representada por el sistema acuífero de la Sierra de Lújar donde el manantial de La Colorá pudiera representar una pequeña descarga de dicho sistema.

Estudios hidrogeológicos globales para el acuífero de la Sierra de Lújar han puesto de manifiesto recargas naturales de 47 hm<sup>3</sup>/año para una superficie permeable de 125 Km<sup>2</sup>, derivados en su mayor parte de la infiltración directa del agua de lluvia y de la alimentación lateral del río Guadalfeo a su paso por las formaciones carbonatadas de la Unidad de Lújar en su borde más septentrional.

La precipitación media anual para dicho sector está cuantificada en unos 650 mm.

Los baños de La Colorá con un caudal de unos 5 l/seg., medidos en el mes de Abril de 1991, no ha presentado variaciones estacionales importantes con valores de 6-8 l/seg el 5-11-76 y de 5-6 l/seg el 22-9-82.

#### 4.- HIDROQUÍMICA

Agua sulfatada cálcica fuertemente mineralizada (3430  $\mu\text{S/cm}$ ), bajo potencial rédox (-16 mV) y un pH en campo de 7,47. Existen depósitos de hierro en el entorno del manantial (el análisis de campo indica 1,5 mg/l de  $\text{Fe}^{2+}$ ).

Además de su alto contenido en sulfatos, el agua presenta también una concentración elevada de los iones  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Na}^+$ , que corroboran la notable influencia de facies evaporíticas sobre su naturaleza (existen intercalaciones yesíferas en los mantos de Cástaras y Lújar, ambos relacionados genéticamente con el manantial). Según se observa en los diagramas desaturación de la Fig. 66, el agua se encuentra en equilibrio con anhidrita, y en condiciones de sobresaturación respecto a yeso, calcita y dolomita.

El contenido en flúor de la muestra es elevado: 2,3 mg/l, característica frecuente en aguas asociadas a evaporitas. Otros elementos en concentraciones dignas de mención son los siguientes:

	CONC. (mg/l)
Li	0,43
Zn	0,21
Mn	0,047
Pb	0,043
Al	0,57

Entre los compuestos nitrogenados, únicamente la forma más reducida  $-\text{NH}_4^+$  presenta un contenido apreciable: 0,14 mg/l.

En lo que respecta a la composición del gas asociado a la surgencia, el análisis realizado indica una fuerte componente nitrogenada



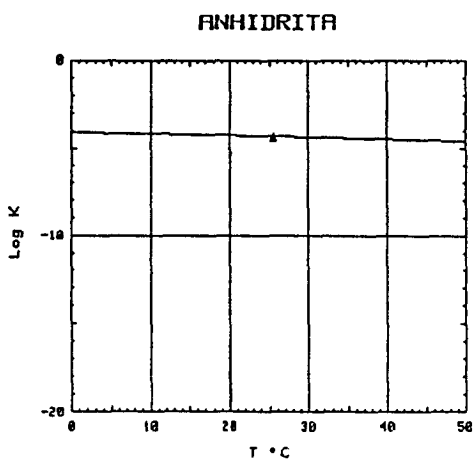
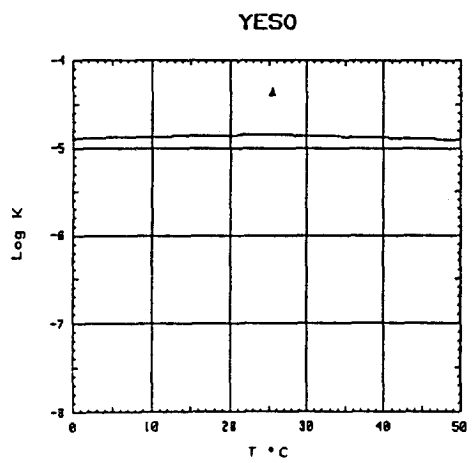
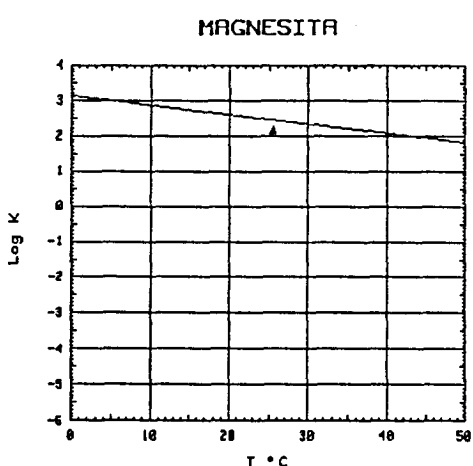
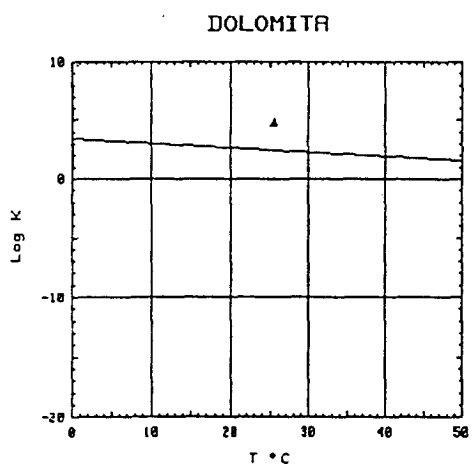
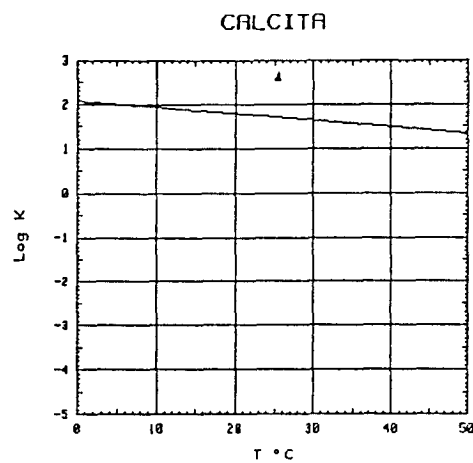
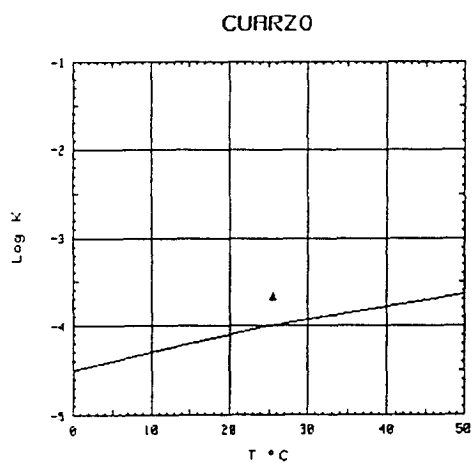


FIG. 66.- DIAGRAMAS DE SATURACION DE BAÑOS DE LA COLORA

**ANALISIS QUIMICO**

DENOMINACION: BAÑOS LA COLORA  
FECHA :

TEMPERATURA (°C): 25.5      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 3430  
pH a 25°C: 7.47      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 2029  
pH a 18°C: 8.00      Eh campo (mV): -16

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	116.00	1.901	1.901	4.11
CO3=	-	-	-	-
SO4=	1740.00	18.113	36.227	78.39
Cl-	282.00	7.955	7.955	17.21
F-	2.300	.121	.121	.26
NO3-	<5.0E-1	.008	.008	.02
SiO2(H4SiO4)	16.3	.271	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
P2O5	.090	.001	.003	.01
TOTAL....	2157.200	28.371	46.215	

**CATIONES**

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	162.00	7.047	7.047	14.69
K+	15.00	.384	.384	.80
Ca++	620.00	15.469	30.938	64.49
Mg++	115.00	4.730	9.460	19.72
Fe++	.030	.001	.001	0.00
Li+	.43	.062	.062	.13
Al+++	.570	.021	.063	.13
NH4+	.140	.008	.008	.02
Mn++	.047	.001	.002	0.00
Pb	0.043	0.000	-	-
Zn++	.210	.003	.006	.01
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
TOTAL....	913.520	27.726	47.972	

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

CLASIFICACION: SULFATADA -- CALCICA

(CO3H+CO3)/Ca = .061    Cl/Na = 1.129    (SO4\*Ca)^1/2 = 33.478  
 (CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .047    Cl/(Na+K) = 1.071    (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = 1.152  
 ((CO3H)^2\*Ca)^1/3 = 4.818    SO4/Ca = 1.171    Mg/Ca = .306  
 (CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = .944    SO4/(Ca+Mg) = .897    Cl/CO3H = 4.184

ARCHIVO EN DISCO: MMG44 (AMA2-44)

	ppm
R.S. 110°C	2999
D.Q.O.	0,7
CN-	-
Cd	<0,001
Cr	<0,005
As	-
Se	-
Hg	-



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO - C.S.I.C.  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AMBIENTAL  
JORGE GIRONA SALGADO, 18-26 08034 BARCELONA  
TELÉFONOS 204 06 00 - 205 00 63 TELEX: 97977

ANÁLISIS DE GASES

MUESTRA: AMA2-44

	<u>%V</u>
He	0,018
H <sub>2</sub>	<0,001
O <sub>2</sub>	2,0
N <sub>2</sub>	96
CH <sub>4</sub>	0,0027
CO <sub>2</sub>	1,7

MUESTRA: BAÑOS DE LA COLORA

-96 %V-, siendo por consiguiente bajas las concentraciones de los restantes componentes. En el caso del O<sub>2</sub>, su escasa presencia (2 %V) indica que probablemente no existe mezcla con aguas de origen somero; dadas las características del manantial, es posible incluso que se haya producido cierto enriquecimiento en dicho gas, como consecuencia de un reequilibrio con el aire en el punto de salida.

La génesis de estos gases de carácter nitrogenado suele asociarse a procesos de reducción del aire atmosférico presente en el agua de recarga, que producen una disminución en la concentración en O<sub>2</sub> y el consiguiente incremento relativo del contenido en N<sub>2</sub>. Paralelamente tiene lugar un enriquecimiento en otros gases -CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, He, etc.- adquiridos durante el tránsito subterráneo y a los que pueden asignarse diversos orígenes.

## 5.- AREAS DE PROTECCIÓN

### 5.1.- JUSTIFICACION DE PROPUESTA DE AREAS DE PROTECCION

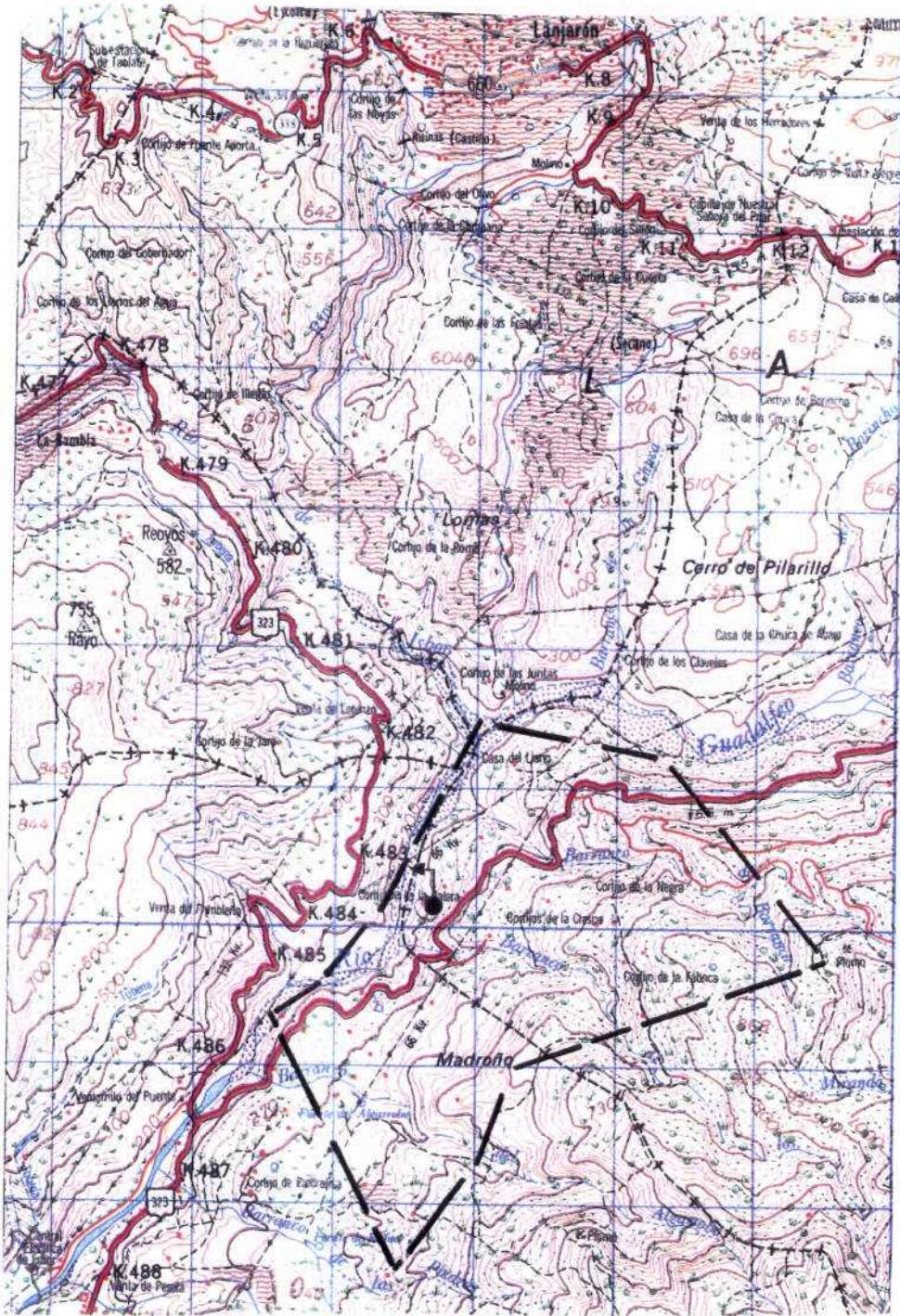
Dada la situación del manantial,- a relativa cierta distancia de los núcleos urbanos más próximos-, y sus características hidrogeológicas, cuya genesis invoca necesariamente hacia un regimen de circulación profunda, la propuesta de área de protección se ha delimitado en base a los principales sistemas de fracturas que afectan a la formación acuífera y su hipotética zona de recarga, situada a considerable distancia del mismo. Es importante también considerar el cauce del río Guadalfeo a su paso por las formaciones carbonatadas de la Unidad de Lújar donde supuestamente se realizan parte de la recarga.

### 5.2.- POSIBLES FOCOS DE CONTAMINACIÓN

Se señala como principal foco de contaminación a controlar los

PLANO 19

BAÑOS DE LA COLORA



E/1:50.000

LEYENDA

— — — — — Propuesta de área de protección

● Manantial

procedentes de la actividad agrícola, en especial, abonos nitrogenados y plaguicidas empleadas en los cultivos que se localizan en las inmediaciones del manantial, aunque dadas las características hidrogeológicas de este, las posibilidades de afección en este sentido son escasas o de poca importancia.

#### 6.- BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

- Aldaya, F. (1969).- "Los mantos alpujárrides al Sur de Sierra Nevada (Zona Bética, Prov. de Granada)". Act. Geol. Hisp. año IV. nº 5. pp. 126-130.
- Aldaya, F. (1970).- "La sucesión de etapas tectónicas en el dominio alpujárride (Zona Bética, Prov. Granada)". Cuad. Geol. Univ. de Granada. pp. 159-181.
- Carrasco Cantos, F. (1983).- "Características hidrogeológicas del borde Norte del acuífero calizo-dolomítico de Sierra de Lújar. Su relación con el río Guadalfeo. Servicio Geológico MOPU. Simposium sobre el agua en Andalucía-Granada.
- ITGE (1984).- "Estudio geológico-geotérmico de la Depresión de Granada y área de Lanjarón". Informe Final.
- ITGE (1979).- Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000 (1042) 20-43 -Lanjarón-.
- Morell, I. (1976).- "Estudio hidrogeológico del curso medio del río Guadalfeo (Granada)". Tesis Licen. Univ. Granada. 138 pp.

GRUPO DIECHAR 1 y 2 DE MONACHIL

## 1.- INTRODUCCIÓN.

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

El grupo de manantiales de Diéchar 1 y 2 de Monachil, corresponden a un conjunto de surgencias de agua mineral-natural que aparecen alineados a lo largo de los márgenes izquierdo y derecho del cauce del río Monachil, en las inmediaciones del paraje conocido como Cortijo Diéchar.

El acceso se realiza a través de la carretera local Granada-Sierra Nevada tomando el desvío perfectamente señalado que nos conduce a la central eléctrica de Diéchar, y desde allí, al cortijo del mismo nombre.

Los manantiales se sitúan a una cota comprendida entre los 1400 m de Diéchar 2 y los 1450 m de Diéchar 1, en las proximidades de la confluencia con el río Monachil.

Este grupo de manantiales aparecen localizados en el margen superior izquierdo de la hoja topográfica a E/1:50.000 (1027) 20-42 - Guejar-Sierra-, definidos por las coordenadas UTM X/459850 e Y/4106625 - Diéchar 1- y X/459000 e Y/4107725 -Diéchar 2- respectivamente.

En la actualidad, los manantiales se encuentran ubicados en una finca de propiedad particular cuyo propietario D. José Puente Quirós ha solicitado la declaración de agua minero-medicinal (fecha del informe emitido por el ITGE 12-9-72).



Después de la tentativa por parte de un grupo alemán, que mantenía un control periódico de la calidad y volumen de los manantiales, la intención del actual propietario es la de crear la instalación de una planta embotelladora que reuna todo el conjunto de surgencias que aparecen localmente dispersas.

El caudal de dichos manantiales es aprovechado aguas abajo junto con la procedente del río Monachil en la central eléctrica de Diéchar. No se le conoce otra finalidad.

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

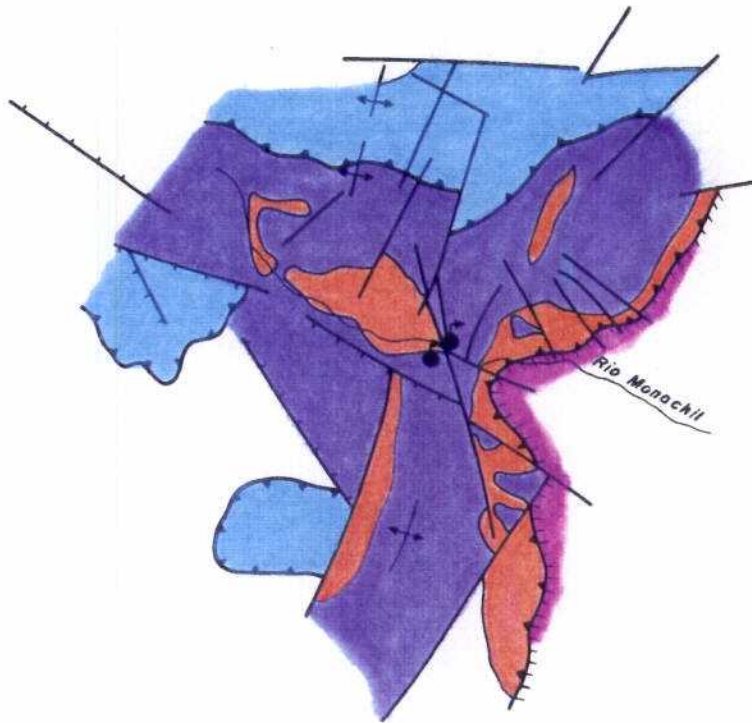
El conjunto de manantiales de Diéchar de Monachil se encuentran alineados a lo largo de diversas fracturas de consideración, localizadas bien en una formación calizo-dolomítica-brechoide de tonalidad gris clara del Triás medio-superior, o en el contacto con su unidad inferior Permo-Triásica constituida esencialmente por filitas y cuarcitas de diversas tonalidades; pertenecientes en ambos casos al Manto de las Víboras, del complejo alpujárride (Figs. 67 y 68).

Señalar en este sentido, el notable grado de fracturación y diaclasado que presenta la formación carbonatada, especialmente evidente en los afloramientos más inmediatos al manantial.

Litológicamente el complejo alpujárride del Manto de las Víboras en este sector, está caracterizado por:

- Una formación detrítica basal de naturaleza filítica y cuarcítica de edad Permo-Triás.
- Una formación carbonatada suprayacente esencialmente constituida por calizas masivas y tableadas con niveles de calcoesquistos y filitas del orden del cm. a varios metros.


## ESQUEMA GEOLÓGICO GENERAL




ESCALA 1: 50 000

### LEYENDA


#### C. Alpujárride - Manto del Trevenque -

 Dolomías y mármoles dolomíticos  
Triás medio-superior.

#### - Manto de las Víboras -

 Calizas masivas y tableadas con  
calcoesquistos y calizas margosas.  
Triás medio-superior.

 Filitas y cuarcitas grises y violetas.  
Permo-trías.

 Frente de cabalgamiento  
Alpujárride - Nevado-Filábride

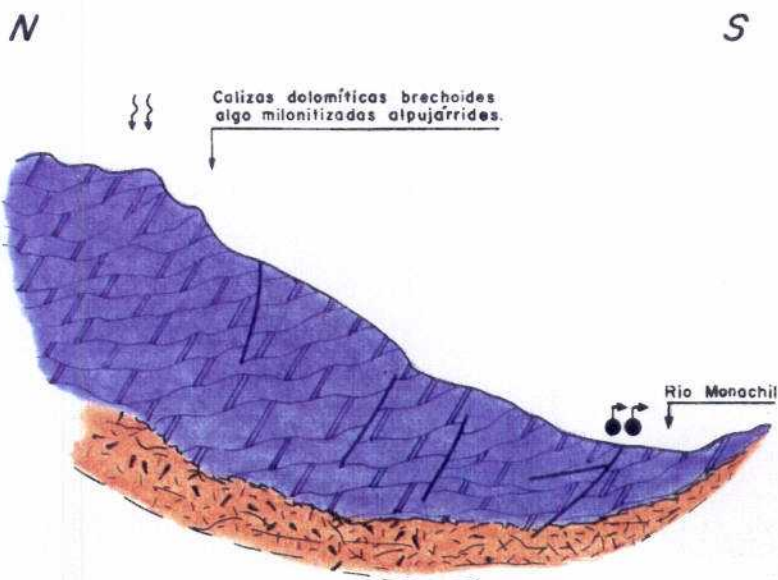
#### C. Nevado-Filábride

#### - Unidad de las Sabinas -

 Mármoles cipolínicos  
Triás

FIG. 67.- GRUPO DE DIECHAR


## CORTE GEOLÓGICO ESQUEMÁTICO



ESCALA 1: 1000

### LEYENDA

#### C. Alpujárride - Manto de las Víboras -

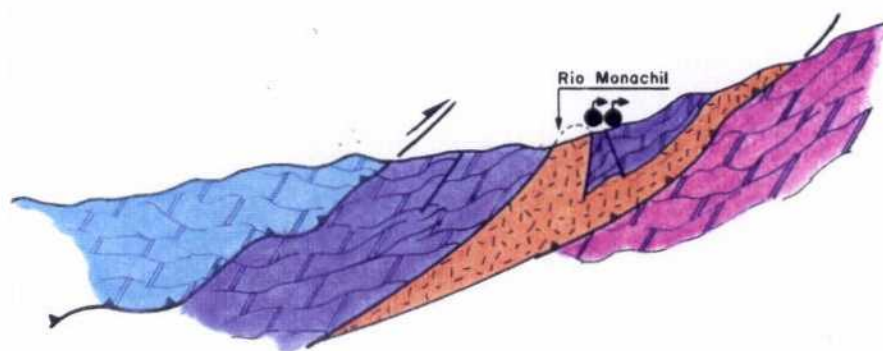
 Calizas, dolomías. Brechas dolomíticas.  
Triás medio-superior.

 Filitas y cuarcitas.  
Permo-trías.

# CORTE GEOLÓGICO APROXIMATIVO EN PROFUNDIDAD

NW

SE



ESCALA 1: 50.000

## LEYENDA

### C. Alpujárride

#### - Manto del Trevenque -



Dolomías y mármoles dolomíticos.  
Trías medio-superior.

#### - Manto de las Víboras -



Calizas masivas-tableadas con calcoesquistos.  
Trías medio-superior.



Filitas y cuarcitas grises y violetas.  
Permo-trías.

### C. Nevado-Filábride



Mármoles cipolínicos.  
Trías.

FIG. 68.- GRUPO DE DIECHAR

A escala de campo se distingue buena estratificación y fenómenos de brechas intraformacionales. En las inmediaciones del manantial esta formación adquiere apariencia milonítica y brechoide; el grado de recristalización es bastante bajo.

Por su parte, la formación detrítica no reviste mayor complejidad pues está constituida por una serie bastante monótona de metapelitas y cuarcitas que alternan sin ritmicidad clara. Las tonalidades oscilan entre el grisáceo a los claros, e incluso rojizos, dependiendo del grado de metamorfismo.

La potencia total suele ser muy variable pues si la formación detrítica se acuña frecuentemente bajo la formación carbonatada suprayacente, esta última alcanza puntualmente los 800 m.

### C. Nevado-Filábride

El contacto Alpujárride Nevado-Filábride se encuentra situado del orden de 500-1000 m al Este de los manantiales. El Nevado-Filábride en este sector está caracterizado por dos conjuntos perfectamente definidos pertenecientes a la Unidad de Las Sabinas del Manto del Mulhacén, representados por micaesquistos verdes y dorados con cloritoide y granate en la base, y por mármoles cipolínicos de carácter continuo, masivos y fajeados de unos 25 m de potencia, a techo.

Bajo estos niveles carbonatados se intercalan pequeños lentejones de naturaleza gneisica.

Las Serpentinatas y Anfibolitas son también frecuentes alojándose bajo los niveles calcáreos a modo de lentejones discontinuos. La edad de todo este gran conjunto abarca desde el Paleozóico al Eoceno.

## 2.1.- TECTÓNICA. ESTRUCTURA.

La tectónica del complejo alpujárride viene caracterizada en este sector por las estructuras de corrimientos y la proximidad al contacto con el C. Nevado-Filábride.

Siguiendo la nomenclatura de J.A. Gallegos (1975) y otros autores, los alpujárrides aquí representados aparecen bajo la morfología de tres grandes mantos que de abajo a arriba son Víboras, Trevenque y Guájares. El Manto de Las Víboras junto con el Trevenque ocupan la posición más inferior dentro de este apilamiento tectónico. De igual forma, parece claro que los materiales Nevado-Filábride que afloran a lo largo de todo el borde oriental de los alpujárrides en este sector, constituye el autóctono relativo.

Por ello, se subraya el carácter alóctono del C. alpujárride apoyado por fenómenos tales como las diferencias de metamorfismo entre un conjunto y otro, aparición de superficies netas más o menos pulimentadas del tipo milonitas, brechas, posición de las estrias, etc...

En cuanto a la dirección de los movimientos de estos mantos parece evidente que acontecieron siguiendo el sentido S-N.

Referente al plegamiento, mencionaremos su desarrollo anterior a la individualización de los mantos de corrimiento, ya que, puntualmente las crestas de los pliegues originados por él están decapitados por las superficies de éstas. Asociado a estos pliegues existen fenómenos de características peculiares del tipo brecha intraformacional.

Por otra parte, la tectónica de fractura presenta dos grupos de sistemas perfectamente definidos: una anterior a los corrimientos y otros posteriores a estos. Del primer grupo son posibles identificar los de régimen inverso y de desgarre contemporáneos de los corrimientos, y del segundo, los correspondientes a las fallas de régimen normal consecuentes a cada una de las etapas de distensión posteriores a los plegamientos.

No obstante, señalar que son los originados en la última etapa tectónica de dicho sector los que han determinado la conservación de muchos de los isleos de los mantos tectónicamente más altos en pequeñas fosas tectónicas o a consecuencia del basculamiento de los bloques afectados.

### 3.- HIDROGEOLOGIA

Desde el punto de vista hidrogeológico los manantiales del grupo Diéchar aparecen englobados dentro de los denominados acuíferos del borde Oeste de Sierra Nevada situados entre los de la Sierra de Padul-La Peza, correspondientes a las Unidades alpujárrides del sector central.

#### 3.1.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

##### C. Alpujárride

Los manantiales de Diéchar 1 y 2 de Monachil se encuentran ligados al acuífero de borde alpujárride perteneciente al Manto de Las Víboras, caracterizado por una formación acuífera superior de naturaleza carbonatada esencialmente caliza y/o caliza-dolomítica con intercalaciones de calcoesquistos, y un conjunto inferior impermeable de naturaleza filítica y/o cuarcítica que constituye el muro del acuífero .

La permeabilidad de este conjunto es buena a consecuencia de la presencia de numerosas fracturas de cierta entidad que favorecen la infiltración. En ocasiones los fenómenos de karstificación acompañan a los de fracturación.

### C. Nevado-Filábride

Este conjunto se pone en contacto con las Unidades alpujarrides en el sector mas oriental de la zona de estudio y está caracterizado por la presencia de una formación acuifera de naturaleza marmórea -mármoles cipolinicos del Triás medio-superior, limitada a muro por una secuencia impermeable de naturaleza esquistosa paleozoica. La relación de este acuífero con las surgencias de Diéchar es nula al estar éstos estrechamente asociados al acuífero alpujarride.

#### 3.1.1.- Características hidrogeológicas

El funcionamiento hidráulico del grupo de manantiales de Diéchar 1 y 2 de Monachil es poco conocido; no obstante, si consideramos su contexto geoestructural y características hidrogeológicas, parece claro su origen superficial, frío, de baja mineralización y directamente relacionado con la pluviometría local. La zona de recarga se sitúa indudablemente en las formaciones calizo-dolomíticas alpujarrides del Manto de las Víboras, permeables por fracturación y/o karstificación, y limitadas a muro por las secuencias impermeables filiticas y/o cuarcíticas infrayacentes.

El caudal total para el grupo de manantiales de Diéchar no supera los 20 l/seg considerándose su máximo exponente el de Diéchar 1 (Oriental y Central) con unos 10 l/seg, no resultando cuantitativo al existir importantes pérdidas (Datos facilitados por su propietario).

La alimentación principal se efectúa bien a través de la infiltración directa del agua de lluvia sobre las formaciones carbonatadas permeables o a consecuencia de las aguas procedentes del deshielo de Sierra Nevada, especialmente significativas en este sector.

Al tratarse de una zona de considerable altitud -1400 a 1450 m- no hay que olvidar los valores de lluvia útil que oscilan entre 600-700 mm/anales, ocasionando de acuerdo con los datos proporcionados

por el propietario de la finca que el conjunto de surgencias de Diéchar no presenten oscilaciones de caudal durante los meses de mayor estiaje.

#### 4.- HIDROQUÍMICA

La tabla siguiente así como el diagrama de Schoeller-Berkaloff de la fig. 69, ofrecen una visión general de las principales características que definen los 3 manantiales que componen el presente grupo de surgencias:

SURGENCIA	pH <sub>c</sub>	T <sub>a</sub> (°C)	Eh (mV)	Cond. (μS/cm)	NATURALEZA
DIECHAR-1a(ori.)	8,2	11,3	+156	347	Bic. cálc.
DIECHAR-1b(cen.)	7,79	12,1	+167	640	Sulf. cálc
DIECHAR-2	8,2	12,2	+150	357	Bic. mag.

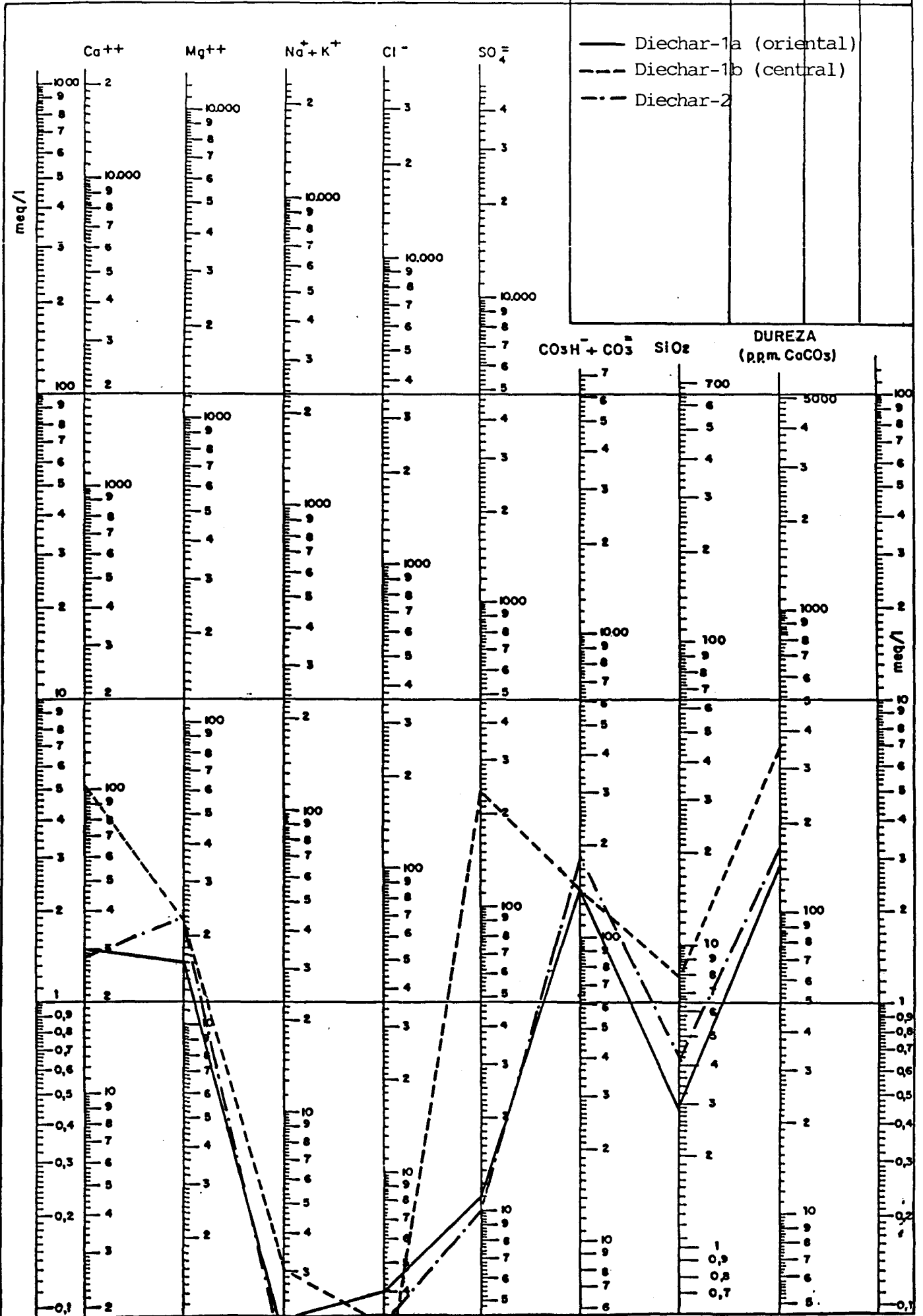
Estos datos indican que existen discrepancias entre la composición de la muestra Diéchar-1b y la correspondiente a las dos restantes -Diéchar-1a y Diéchar-2-, estas últimas muy semejantes salvo el ligeramente mayor carácter magnésico de Diéchar-2. La muestra Diéchar-2 presenta una conductividad superior, un contenido mucho más elevado de SO<sub>4</sub><sup>-</sup> y Ca<sup>2+</sup> y un empobrecimiento en HC<sub>3</sub><sup>-</sup> respecto a las demás muestras del grupo analizadas. Según se observa en la fig. 70, en los tres casos el agua se encuentra ligeramente sobresaturada en calcita y dolomita y subsaturada respecto a yeso y anhidrita, si bien en este último caso dicha subsaturación es notablemente inferior en la muestra Diéchar-1b. Cabe pues suponer que la influencia evaporítica es el factor que determina las discrepancias de composición mencionadas.

En lo que respecta a componentes minoritarios y traza las concentraciones se mantienen en términos generales bajas, salvo el contenido en cromo de la muestra Diéchar-1a y de cinc de Diéchar-2, 28 y 230 μg/l respectivamente. Los compuestos nitrogenados tampoco alcanzan



FIG. 69.- GRUPO DE DIECHAR

LEYENDA			
MUESTRA	C μ S/cm	pH	Eh
— Diechar-1a (oriental)			
- - - Diechar-1b (central)			
- · - · Diechar-2			



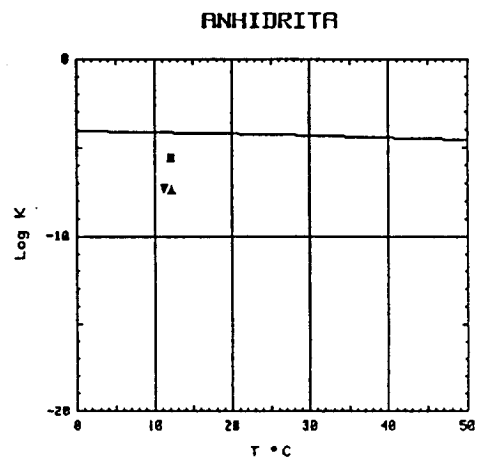
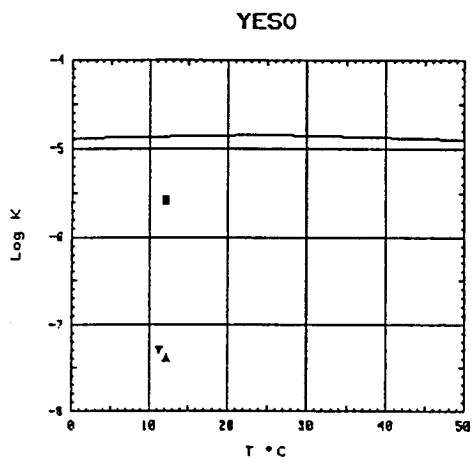
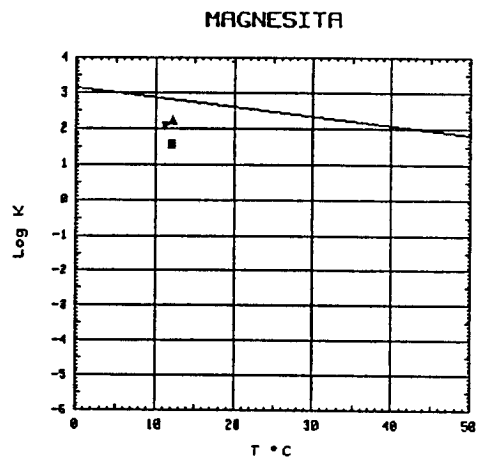
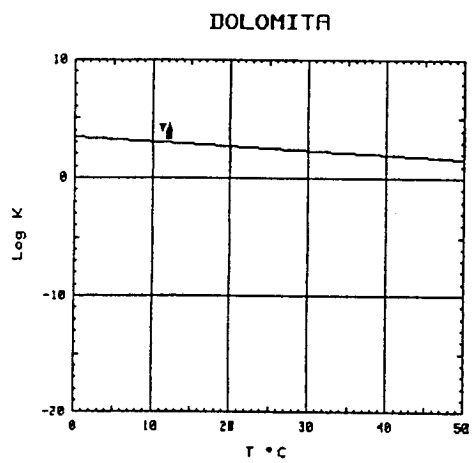
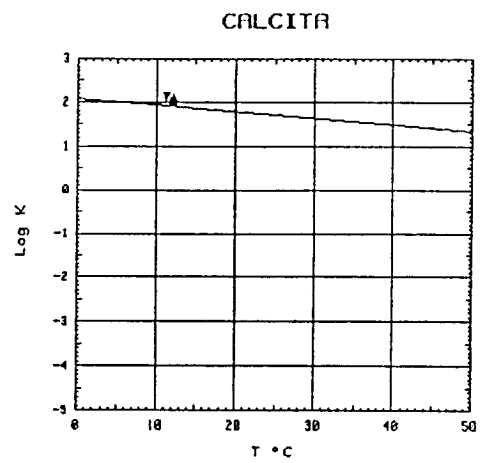
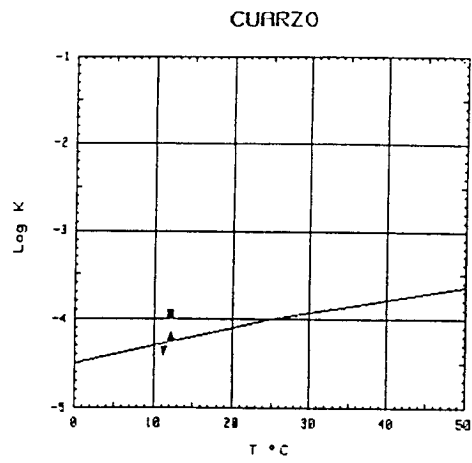


FIG. 70.- DIAGRAMA DE SATURACION DEL GRUPO DIECHAR  
 ▼ Diechar-1a    ■ Diechar-1b    ▲ Diechar-2

## ANALISIS QUIMICO

DENOMINACION: DIECHAR-2  
 FECHA :

TEMPERATURA (°C): 12.2      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 357  
 pH a 12°C: 8.20      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 166  
 pH a 18°C: 8.00      Eh campo (mV): 150

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	182.00	2.983	2.983	88.95
CO3=	-	-	-	-
SO4=	10.00	.104	.208	6.21
Cl-	3.00	.085	.085	2.52
F-	<5.0E-1	.026	.026	.78
NO3-	3.00	.048	.048	1.44
SiO2(H4SiO4)	4.2	.070	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	.01
P2O5	.090	.001	.003	.08
TOTAL....	202.800	3.317	3.354	

### CATIONES

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	1.00	.044	.044	1.27
K+	<5.0E-1	.013	.013	.37
Ca++	28.00	.699	1.397	40.88
Mg++	23.00	.946	1.892	55.35
Fe++	.010	0.000	0.000	.01
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.21
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	1.63
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.02
Mn++	<5.0E-3	0.000	0.000	.01
Pb	0.048	0.000	-	-
Zn++	.230	.004	.007	.21
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.05
TOTAL....	53.373	1.732	3.418	

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

CLASIFICACION: BICARBONATADA -- MAGNESICA

(CO3H+CO3)/Ca =	2.135	Cl/Na =	1.946	(SO4*Ca)^1/2 =	.539
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.907	Cl/(Na+K) =	1.504	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	.201
((CO3H)^2*Ca)^1/3 =	2.317	SO4/Ca =	.149	Mg/Ca =	1.354
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	.970	SO4/(Ca+Mg) =	.063	Cl/CO3H =	.028

ARCHIVO EN DISCO: MMG45 (AMA2-45)

	ppm
R.S. 110°C	218
D.Q.O.	0,5
CN-	-
Cd	<0,001
Cr	<0,005
As	-
Se	-
Hg	-

# ANALISIS QUIMICO

DENOMINACION: DIECHAR-1 (ORIENTAL)  
 FECHA :

TEMPERATURA (°C): 11.3      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 347  
 pH a 11°C: 8.20      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 142  
 pH a 18°C: 6.70      Eh campo (mV): 156

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	146.00	2.393	2.393	83.18
CO3=	--	--	--	--
SO4=	11.00	.115	.229	7.96
Cl-	4.00	.113	.113	3.92
F-	<5.0E-1	.026	.026	.91
NO3-	7.00	.113	.113	3.93
SiO2(H4SiO4)	2.8	.047	--	--
B	--	--	--	--
NO2-	.020	0.000	0.000	.02
P2O5	.070	.001	.002	.08
TOTAL....	171.390	2.807	2.877	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	1.00	.044	.044	1.48
K+	<5.0E-1	.013	.013	.44
Ca++	30.00	.749	1.497	50.97
Mg++	16.00	.658	1.316	44.81
Fe++	.030	.001	.001	.04
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.25
Al+++	.500	.019	.056	1.89
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.02
Mn++	<5.0E-3	0.000	0.000	.01
Pb	0.040	0.000	--	--
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	.05
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.05
TOTAL....	48.205	1.491	2.937	

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

CLASIFICACION: BICARBONATADA -- CALCICA

(CO3H+CO3)/Ca =	1.598	Cl/Na =	2.594	(SO4*Ca)^1/2 =	.586
-(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.851	Cl/(Na+K) =	2.005	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	.220
((CO3H)^2*Ca)^1/3 =	2.047	SO4/Ca =	.153	Mg/Ca =	.879
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	.932	SO4/(Ca+Mg) =	.081	Cl/CO3H =	.047

ARCHIVO EN DISCO: MMG46 (AMA2-46)

	ppm
R.S. 110°C	215
D.Q.O.	0,8
CN <sup>-</sup>	-
Cd	<0,001
Cr	0,028
As	-
Se	-
Hg	-

# ANALISIS QUIMICO

DENOMINACION: DIECHAR-1 (CENTRAL)  
 FECHA :

TEMPERATURA (°C):	12.1	CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm):	640
pH a 12°C:	7.79	DUREZA TOTAL (ppm CaCO3):	344
pH a 18°C:	7.50	Eh campo (mV):	167

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
=====				
HCO3-	100.00	1.639	1.639	24.41
CO3=	-	-	-	-
SO4=	238.00	2.478	4.955	73.79
Cl-	3.00	.085	.085	1.26
F-	<5.0E-1	.026	.026	.39
NO3-	<5.0E-1	.008	.008	.12
SiO2 (H4SiO4)	7.8	.130	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
P2O5	.050	.001	.002	.02
TOTAL....	349.860	4.366	6.715	

## CATIONES

=====				
Na+	2.00	.087	.087	1.24
K+	1.00	.026	.026	.36
Ca++	101.00	2.520	5.040	71.70
Mg++	22.00	.905	1.810	25.74
Fe++	.020	0.000	.001	.01
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.10
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.79
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.01
Mn++	<5.0E-3	0.000	0.000	0.00
Pb	0.044	0.000	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	.02
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.02
TOTAL....	126.699	3.566	7.030	

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

CLASIFICACION: SULFATADA -- CALCICA

(CO3H+CO3)/Ca =	.325	Cl/Na =	.973	(SO4*Ca) <sup>1/2</sup> =	4.997
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.239	Cl/(Na+K) =	.752	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	.978
((CO3H) <sup>2</sup> *Ca) <sup>1/3</sup> =	2.383	SO4/Ca =	.983	Mg/Ca =	.359
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	.963	SO4/(Ca+Mg) =	.723	Cl/CO3H =	.052

ARCHIVO EN DISCO: MM647 (AMA2-47)

	ppm
R.S. 110°C	459
D.Q.O.	0,6
CN <sup>-</sup>	-
Cd	<0,001
Cr	<0,005
As	-
Se	-
Hg	-

contenidos dignos de mención.

## 5.- AREAS DE PROTECCIÓN

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

La propuesta de área de protección se ha efectuado en base a los factores zonas de recarga-principales fracturas y red hidrográfica, especialmente en lo referente al curso del río Monachil.

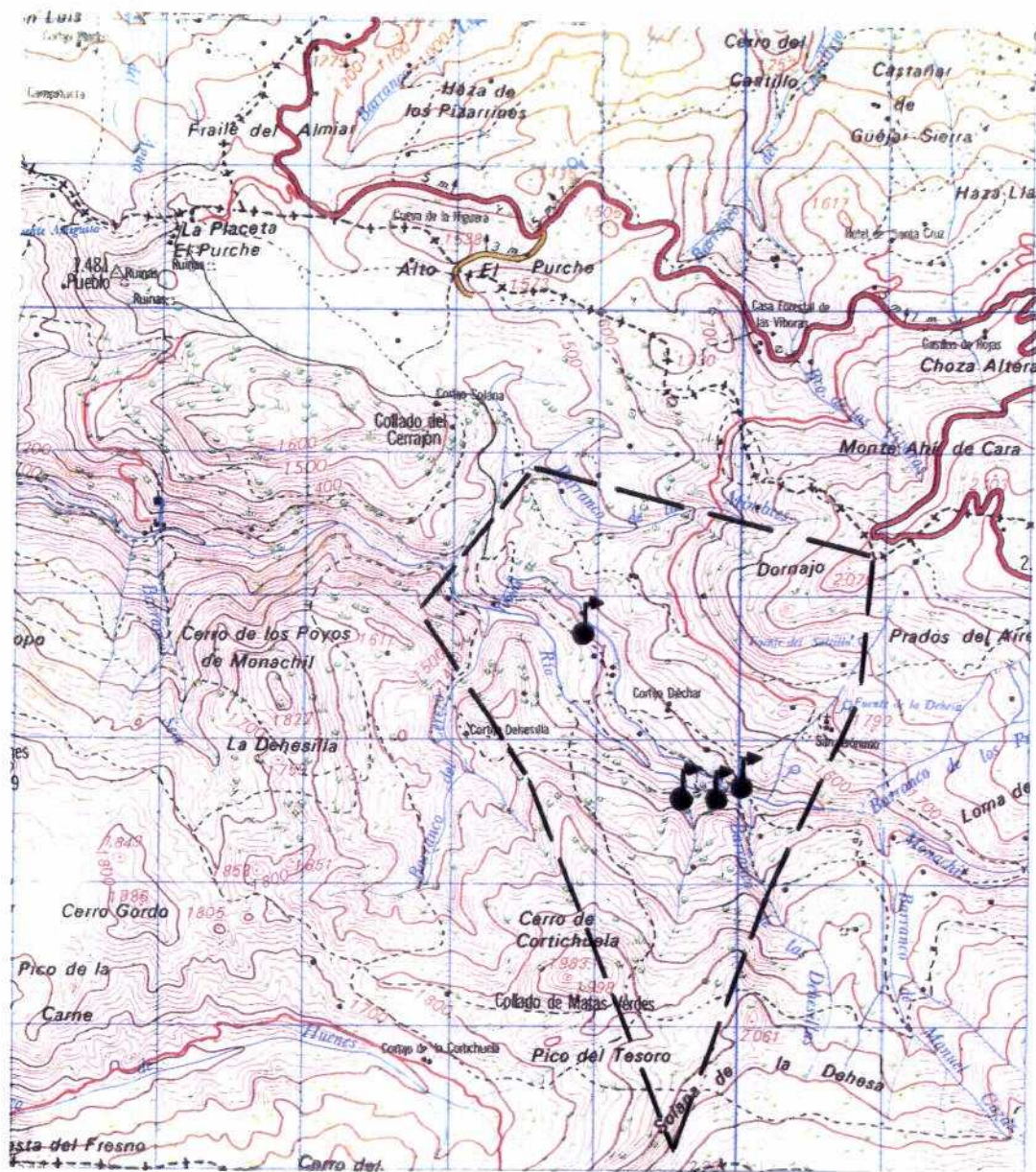
### 5.2.- PRINCIPALES FOCOS DE CONTAMINACIÓN

La zona objeto de estudio se encuentra situada en la cabecera del río Monachil que junto con los ríos Darro, Aguas Blancas y Dilar constituyen los principales afluentes de la cuenca alta del río Genil.

Dada la altitud y situación de los manantiales -alojados en una finca privada de considerable extensión- no se han observado actividades potenciales que representen deterioro fisio-ambiental pues el único núcleo principalmente activo de dicho sector lo constituye la central eléctrica de Diéchar situado a unos 2 Km al noroeste, cuyo potencial contaminante es nulo o no afecta en ningún aspecto a las inmediaciones del manantial. Señalar tan sólo la existencia de pequeñas vaquerizas y depósitos de abonos agrícola en las proximidades y por encima de Diechar 2, que pudieran representar cierto peligro aunque su volumen es relativamente pequeño.



La actividad urbana también es nula pues se trata de una zona de alta montaña donde los núcleos urbanos más importantes se sitúan a considerable distancia de los mismos.

DIECHAR 1 Y 2 DE MONACHIL



E/1:50.000

LEYENDA

-  Propuesta de área de protección
-  Manantial

**6.- BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA**

- Gallegos, J.A (1971).- "Los Alpujárrides al W de Sierra Nevada". Tesis Univ. de Granada pg. 1-494.
- ITGE (1990).- "Atlas hidrogeológico de la provincia de Granada".
- ITGE.- Mapa Geológico nacional a escala 1:50.000 (1027) 20-42 -Guejar-Sierra-
- Pascual, A. (1975).- "Estudio hidrogeológico de las cuencas medias de los ríos Monachil y Dílar (Granada)". Tes.Lic.Univ. de Granada. 134 pp.
- Velilla, N. (1976).- "Estudio hidrogeológico de la cuenca del río Aguas Blancas". Tesis Univ .de Granada (inédita).



FUENTE DE HORCALATE-DIEZMA

## 1.- INTRODUCCIÓN.

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

Bajo la denominación de la Fuente de Horcalate se agrupan un conjunto de surgencias localizadas al SO de la población de Diezma -en el Cortijo de Rias-, cuyos caudales alimentan a través del arroyo del mismo nombre el cauce del río Fardes.

El acceso se efectúa a través de la carretera nacional 342 Granada-Guadix, tomando un desvío a la derecha a la altura del Km 248,8 por pista forestal hasta las proximidades del Cortijo de Rias, en la confluencia con el río Fardes.

Los manantiales se encuentran encuadrados dentro de la hoja topográfica a escala 1:50.000 (1010) 20-41 -La Peza-, definidos por las coordenadas UTM X/466775 e Y/4126650 -Fuente de Horcalate B-, y X/467450 e Y/4128125 -Fuente de Horcalate C-, a una cota comprendida entre 1090-1190 m.

La Fuente de Horcalate que junto con los manantiales adyacentes origina el arroyo del mismo nombre, posee una solicitud de declaración de agua minero-medicinal enviada al ITGE con fecha de análisis 20/2/73, y resultado positivo (Informe emitido 26/2/73).

A raíz de ello, hubo un intento de envasado por parte de su propietario que no llegó a consolidar (Comunicación personal del encargado de la finca).

En la actualidad se encuentran bajo propiedad particular no teniéndose referencia de ningún tipo de utilidad a parte de la ya conocida como de consumo.

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

La Fuente de Horcalate B y C se encuentran localizadas al favor de una serie de pequeñas fracturas que afectan a secuencias de mármoles dolomíticos del Trias medio-superior pertenecientes al Manto de la Alfaguara del complejo alpujárride (Fig. 71).

Todo este conjunto en las inmediaciones del manantial se presenta como muy fracturado y triturado, en ocasiones milonítico, lo que puntualmente es aprovechado como material de construcción (áridos).

A escala de campo conviene mencionar el notable grado de recristalización y su tonalidad gris azulada que le confiere un aspecto característico.

Desde el punto de vista geológico, el Manto de la Alfaguara del complejo alpujárride en dicho sector está constituido por los siguientes términos:

### Permo-Trias

Litológicamente está representado por un paquete inferior de filitas oscuras, grises y verdosas, de grano fino y esquistosidad bien visible de unos metros de espesor, que progresivamente y hacia arriba, pasa a una formación detrítica más gruesa (areniscas y granwackas), culminando con un episodio de carácter conglomerático. La potencia de este tramo superior oscila en torno a los 50 m. La esquistosidad viene especialmente definida por el crecimiento de sericita, clorita y cuarzo en las filitas basales.

# ESQUEMA GEOLÓGICO GENERAL

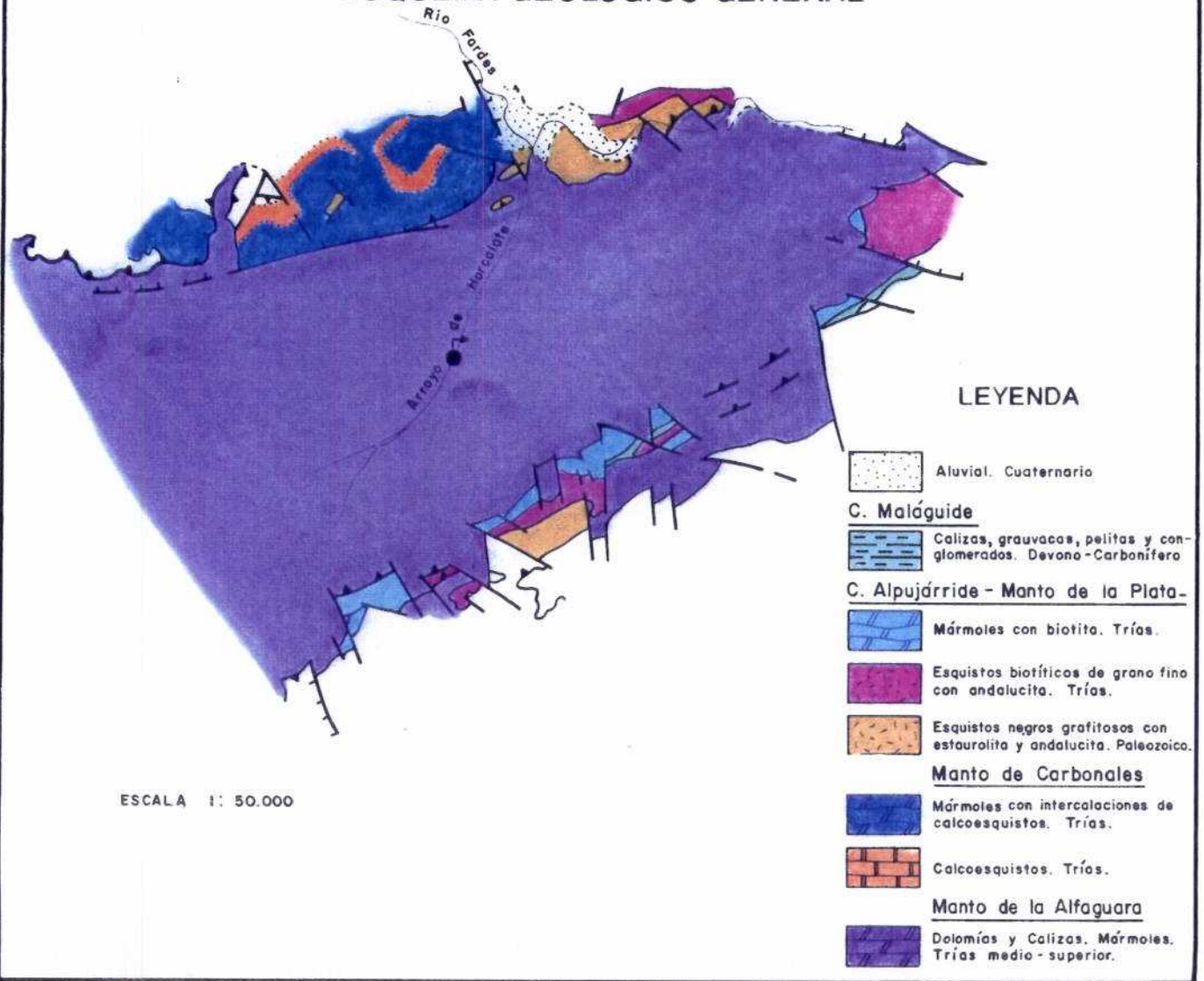
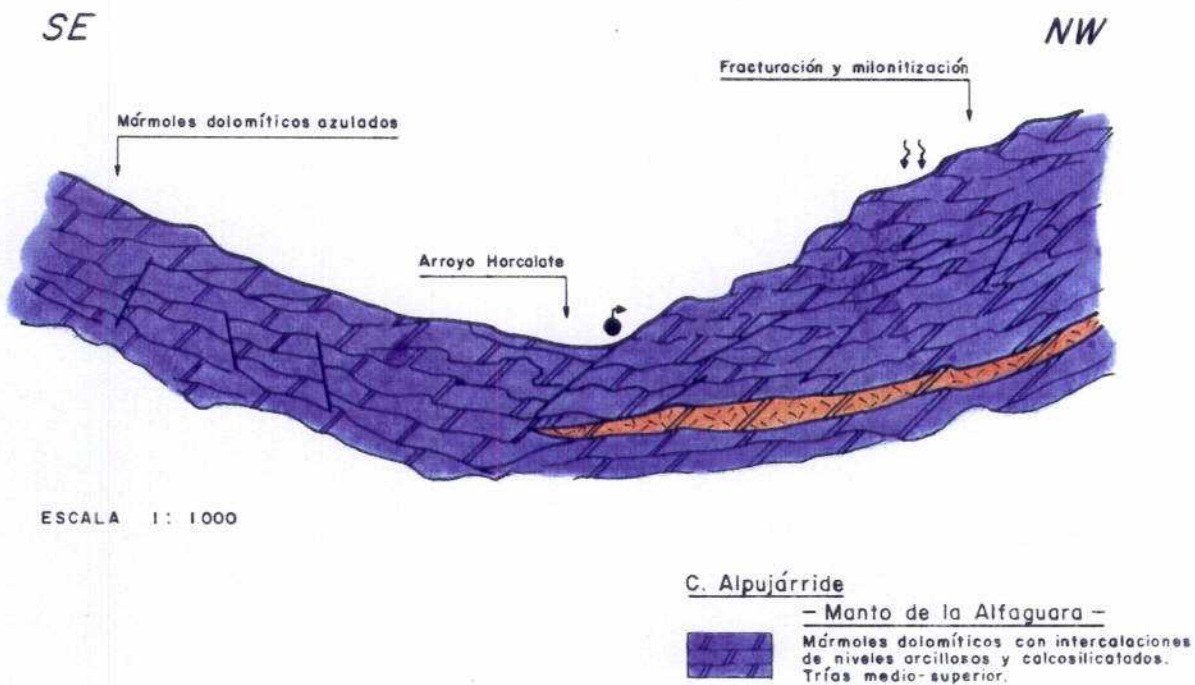


FIG. 71.- FUENTE DE HORCALATE

# CORTE GEOLÓGICO ESQUEMÁTICO



Por encima de los conglomerados descansan filitas y cuarcitas de diversas tonalidades, con un predominio de los tonos claros en las cuarcitas y los rojizos-violáceos en las filitas.

### Triás medio-superior

Dentro de este término se pueden diferenciar tres tramos o miembros principales:

- Un miembro basal; de carácter transicional de las filitas y pelitas rojas, de espesor variable, y caracterizado por una sucesión de calizas, margas y calcoesquistos con niveles calizo-dolomíticos dispuestos en delgados bancos.

A menudo también se incluye una formación de carácter conglomerático brechoide calcárea muy dolomitizada.

- Un tramo intermedio; caracterizado por una secuencia de dolomías blancas bien estratificadas, que gradualmente pasan a una sucesión de mármoles dolomíticos de tonalidad gris-clara a blancuzca, muy recristalizada y bastante triturada.

Este miembro junto con el basal presenta un notable grado de dolomitización.

- Y ya por último y para culminar la serie, un tramo superior donde se sitúan importantes paquetes de mármoles estratificados en gruesos bancos, intercalados entre los masivos triturados y con pequeñas intercalaciones de calcoesquistos y arcillas que coronan la serie triásica.

Tanto el miembro intermedio como el superior presenta un notable grado de recristalización.

A grosso modo se puede afirmar que la composición de dicha formación carbonatada es la de una doloesparita con alto grado de

dolomitización.

### C. Maláguide

Bajo este apartado se menciona brevemente un conjunto de afloramientos que se sitúan bordeando el macizo carbonatado alpujarride a partir del cual se origina el manantial objeto de estudio.

El conjunto Maláguide en dicho sector está representado por una sucesión inferior poco o nada metamorfizada de filitas, grauwackas, conglomerados y calizas de naturaleza detrítica, de poca potencia y de edad paleozóica, y un tramo superior discordante sobre la sucesión maláguide anterior donde destacan conglomerados rojos con niveles areniscosos, pelitas rojas e intercalaciones de rocas volcánicas básicas. Coronando este tramo superior existen pequeños paquetes esencialmente de naturaleza carbonatada -dolomías, margas y margocalizas- de potencia máxima en torno a los 20 m, que jalonan el conjunto maláguide en dicho sector. La edad de estos tramos superiores es asignada al Permo-Trías.

Mencionar en este sentido la ausencia de la zona de estudio de la cobertera mesozoica y terciaria que caracterizan a las unidades maláguides en otros sectores de las Cordilleras Béticas.

#### 2.1.- TECTÓNICA. ESTRUCTURA.

La tectónica de la zona objeto de estudio viene definida por las estructuras de corrimiento asociada a una importante tectónica de fractura -especialmente violenta e intensa- y que afecta fundamentalmente a las unidades maláguides en los sectores mas septentrionales de la zona de estudio.

El conjunto Maláguide constituye claramente un manto de corrimiento sobre el alpujarride, encontrándose en determinados sectores retrocabalgado por el Subbético medio y Penisubbético.

La tectónica de fractura de este conjunto se hace extraordinariamente violenta y compleja -escamas maláguides-, como consecuencia de la proximidad al contacto de las unidades subbéticas y afines con las zonas internas del edificio bético.

El complejo Alpujárride por su parte aparece caracterizado por la sucesiva representación de diversos mantos que de arriba a abajo son respectivamente: Manto de La Plata, Carbonales, Alfaguara, Narváez y Zujerio. Se admite que el conjunto alpujárride constituye a grandes rasgos un manto de corrimiento sobre el Nevado-Filábride.

Las diferencias entre los sucesivos mantos alpujárrides en dicho sector están delimitadas por su grado de metamorfismo, de forma que, existe un decrecimiento progresivo de dicho factor desde las unidades tectónicamente más superiores (Manto de La Plata) a las más inferiores (Mantos de Narváez y Zujerio).

Concretamente, el manto que nos ocupa -La Alfaguara- en posición tectónica más baja, muestra un metamorfismo menor como lo verifica su secuencia metapelítica de naturaleza filítica cuya isograda no supera la de la biotita.

Señalar por otra parte y para dicho manto el notable grado de fracturación y trituración que experimenta en las proximidades del manantial.

### 3.- HIDROGEOLOGÍA

En el área de estudio afloran un conjunto de materiales de características hidrogeológicas muy diferentes a menudo condicionado por el comportamiento tectónico de dichas litologías.

### 3.1.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

#### Acuífero Alpujárride

La zona objeto de estudio se encuentra encuadrada dentro de los denominados acuíferos del borde oeste de Sierra Nevada pertenecientes a las unidades alpujárrides del sector central. Este acuífero -Acuífero de La Peza- aparece delimitado por los ríos Fardes y Bermejo, al norte, y Huenes, al sur.

El acuífero está definido por las secuencias de calizas y dolomias -eventualmente mármoles- pertenecientes al Trias medio-superior. El muro del acuífero está representado por los miembros de naturaleza pelítica del Permo-Trias.

Puntualmente las intercalaciones arcillosas y/o calcoesquistosas restarían interés hidrogeológico al tramo superior.

Dentro de las formaciones carbonatadas alpujárrides de mayor interés hidrogeológico en dicho sector, destacan las de los mantos de Zujerio y La Alaguara equivalentes a la de Las Víboras y Trevenque para la unidad de Sierra de Padul. Las potencias de estos conjuntos en ocasiones superan los 1000 m y afloran con una extensión aproximada de 213 Km<sup>2</sup>.

De ellos, los materiales pertenecientes al manto de la Alaguara que es el que nos ocupa, experimentan un notable desarrollo de los fenómenos de fracturación, a menudo muy superior a los de karstificación lo que condiciona en ocasiones su elevada permeabilidad.

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

A consecuencia del grado de fracturación y de la existencia de tramos de poca permeabilidad intercaladas entre otros de gran



permeabilidad, existe un condicionamiento hidráulico muy variable que afecta en cierta medida al conjunto alpujarride en dicho sector.

Concretamente el grupo de manantiales de Horcalate aparecen ligados a un sistema de fracturas localizadas en mármoles dolomíticos muy triturados, cuyo muro probablemente esté constituido por pequeñas intercalaciones de niveles arcillosos y/o calcoesquistosos que aparecen en relación con el miembro más alto de esta sucesión.

Estudios hidrogeológicos globales para este sector han puesto de manifiesto recargas del orden de  $71 \text{ hm}^3/\text{año}$ . Las descargas son difíciles de cuantificar pues se conocen datos del orden de  $10-15 \text{ hm}^3/\text{año}$  en la cabecera del río Fardes y de  $15 \text{ hm}^3/\text{año}$  para el borde más septentrional de dicho acuífero, lo que indica la existencia de un flujo hacia determinadas áreas donde se produzcan descargas difusas hacia los principales cursos de aguas o hacia materiales neógenos-cuaternarios alojados en otros sectores fuera de la zona de estudio.

La alimentación principal de los manantiales de la Fuente de Horcalate se efectúa fundamentalmente a través de la infiltración directa del agua de lluvia sobre los afloramientos carbonatados permeables por fracturación.

La pluviometría local condiciona el hecho que durante las meses de mayor sequía, la fuente de Horcalate -  $1-2 \text{ l/s}$  - y manantiales adyacentes presenten oscilaciones de caudal que repercute directamente en el arroyo del mismo nombre.

#### **Acuífero Maláguide**

La importancia del acuífero Maláguide en las inmediaciones de la zona de estudio, se ve condicionado por la presencia al NW de dicho sector de pequeños almacenes de escasa entidad, de permeabilidad media-baja y de un fuerte condicionamiento estructural cuya relación con el grupo de manantiales que nos ocupa es nula o inexistente.

#### 4.- HIDROQUÍMICA

Las dos surgencias analizadas corresponden a una idéntica composición química, tal como reflejan las correspondientes hojas de análisis así como el diagrama de Schoeller de la Fig. 72. Se trata de aguas bicarbonatadas magnésicas de baja mineralización, como se observa a continuación:

<b>SURGENCIA</b>	<b>pH<sub>c</sub></b>	<b>T<sub>a</sub> (°C)</b>	<b>Eh (mV)</b>	<b>Cond. (μS/cm)</b>	<b>NATURALEZA</b>
HORCALATE-B	7,51	12,1	+176	445	Bic. mag.
HORCALATE-C	8,07	10,7	+170	451	Bic. mag.

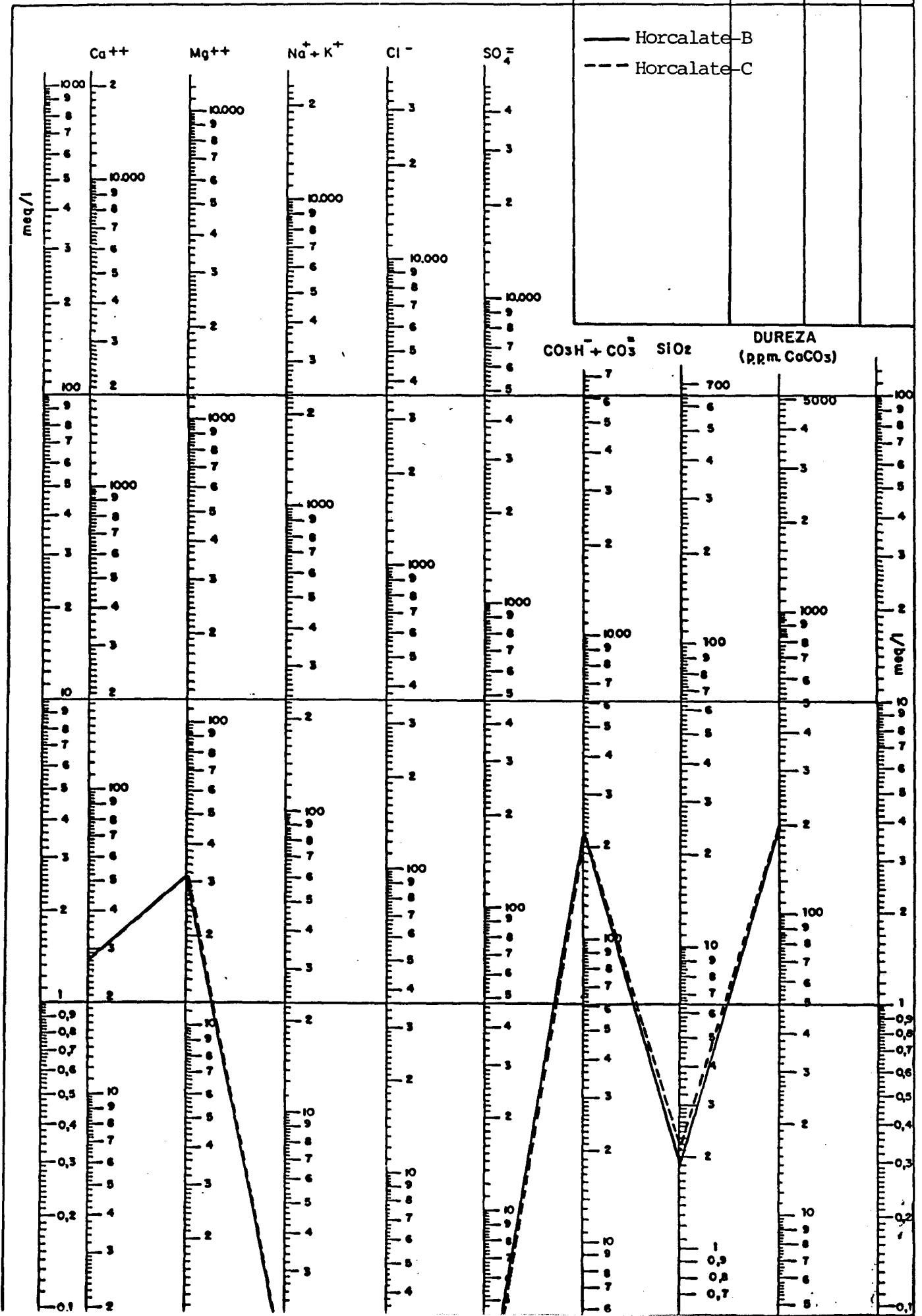
El modelo expuesto en el apartado hidrogeológico se confirma plenamente a través de la hidroquímica: aguas poco mineralizadas merced de una rápida circulación de tipo kárstico a través de mármoles dolomíticos, responsables de su componente magnésica.

Los diagramas de saturación de la Fig. 73 ponen de manifiesto para ambas muestras condiciones de subsaturación respecto a yeso y anhídrita, derivadas de la ausencia de evaporitas en el acuífero. En lo que respecta a las facies carbonatadas, ambas muestras se sitúan en las proximidades de la curva de equilibrio, detectándose una ligera sobresaturación respecto a dolomita y calcita salvo en la surgencia Holocarte-B, subsaturada en este último mineral.

La totalidad de los componentes minoritarios y traza, incluyendo los compuestos nitrogenados, se encuentran en niveles muy bajos, por lo que la calidad del agua puede calificarse de muy satisfactoria.

FIG. 72.- FUENTE DE HORCALATE

LEYENDA			
MUESTRA	C μ S/cm	pH	Eh
— Horcalate-B			
- - - Horcalate-C			



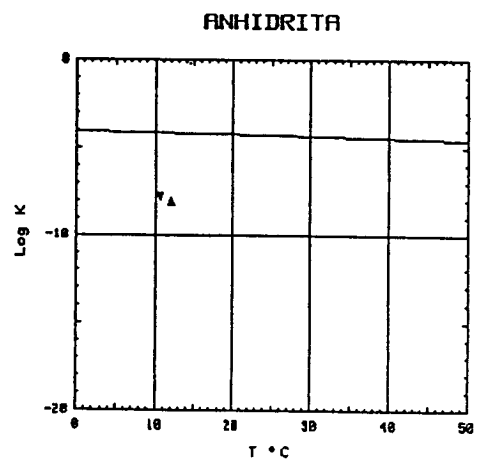
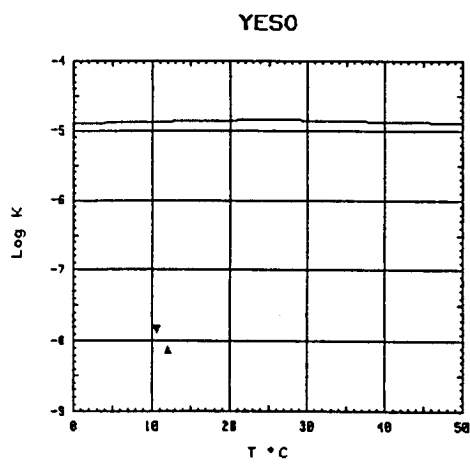
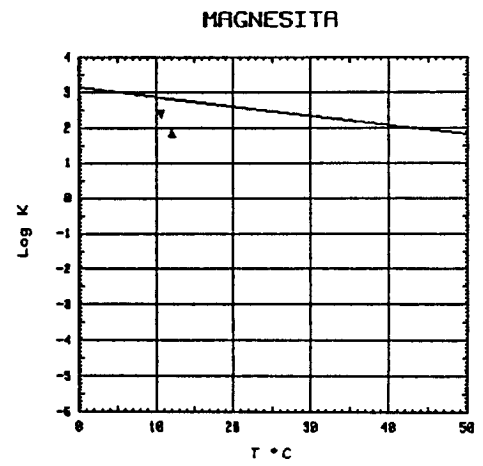
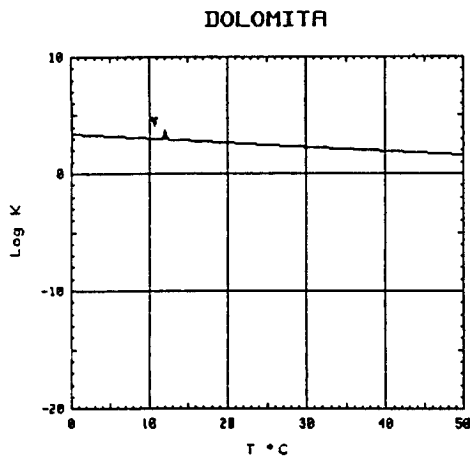
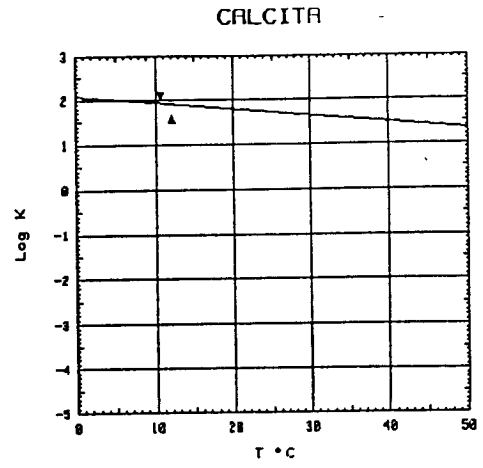
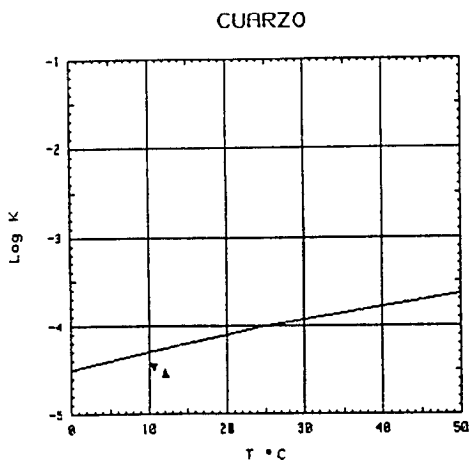


FIG. 73.- DIAGRAMAS DE SATURACION MUESTRA DE FUENTE DE HORCALATE

▲ Horcalate-B

▼ Horcalate-C

# ANALISIS QUIMICO

DENOMINACION: FUENTE DE HORACALATE B  
 FECHA :

TEMPERATURA (°C): 12.1      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 445  
 pH a 12°C: 7.51      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 197  
 pH a 18°C: 7.50      Eh campo (mV): 176

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	220.00	3.606	3.606	95.38
CO3=	-	-	-	-
SO4=	2.00	.021	.042	1.10
Cl-	2.00	.056	.056	1.49
F-	<5.0E-1	.026	.026	.70
NO3-	3.00	.048	.048	1.26
SiO2(H4SiO4)	1.9	.032	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	.010	0.000	0.000	.01
F2O5	.050	.001	.002	.04
TOTAL....	229.460	3.790	3.780	

### CATIONES

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	1.00	.044	.044	1.08
K+	<5.0E-1	.013	.013	.32
Ca++	27.00	.674	1.347	33.50
Mg++	31.00	1.275	2.550	63.41
Fe++	.020	0.000	.001	.02
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.18
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	1.38
NH4+	.020	.001	.001	.03
Mn++	<5.0E-3	0.000	0.000	0.00
Pb	0.041	0.000	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	.04
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.04
TOTAL....	60.206	2.034	4.022	

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

CLASIFICACION: BICARBONATADA -- MAGNESICA

(CO3H+CO3)/Ca = 2.676    Cl/Na = 1.297    (SO4\*Ca)^1/2 = .237  
 (CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .925    Cl/(Na+K) = 1.002    (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = .070  
 ((CO3H)^2\*Ca)^1/3 = 2.597    SO4/Ca = .031    Mg/Ca = 1.893  
 (CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = .936    SO4/(Ca+Mg) = .011    Cl/CO3H = .016

ARCHIVO EN DISCO: MMG48 (AMA2-48)

	ppm
R.S. 110°C	254
D.Q.O.	0,3
Cd	<0,001
Cr	<0,005
As	-
Se	-
Hg	-

# ANALISIS QUIMICO

DENOMINACION: FUENTE DE HORCALATE C  
 FECHA :

TEMPERATURA (°C):	10.7	CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm):	451
pH a 10°C:	8.07	DUREZA TOTAL (ppm CaCO3):	194
pH a 18°C:	7.80	Eh campo (mV):	170

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
=====				
HCO3-	218.00	3.573	3.573	93.99
CO3=	-	-	-	-
SO4=	4.00	.042	.083	2.19
Cl-	3.00	.085	.085	2.23
F-	<5.0E-1	.026	.026	.69
NO3-	2.00	.032	.032	.85
SiO2(H4SiO4)	2.2	.037	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	.01
F2O5	.050	.001	.002	.04
TOTAL....	229.760	3.795	3.801	

CATIONES				
=====				
Na+	1.00	.044	.044	1.10
K+	<5.0E-1	.013	.013	.32
Ca++	26.00	.649	1.297	32.66
Mg++	31.00	1.275	2.550	64.19
Fe++	.040	.001	.001	.04
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.18
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	1.40
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.01
Mn++	<5.0E-3	0.000	0.000	0.00
Pb	0.043	0.000	-	-
Zn++	.070	.001	.002	.05
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.04
TOTAL....	59.238	2.009	3.972	

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

CLASIFICACION: BICARBONATADA -- MAGNESICA

(CO3H+CO3)/Ca =	2.754	Cl/Na =	1.946	(SO4*Ca)^1/2 =	.329
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.929	Cl/(Na+K) =	1.504	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	.124
((CO3H)^2*Ca)^1/3 =	2.549	SO4/Ca =	.064	Mg/Ca =	1.966
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	.950	SO4/(Ca+Mg) =	.022	Cl/CO3H =	.024

ARCHIVO EN DISCO: MM649 (AMA2-49)

	ppm
R.S. 110°C	301
D.Q.O.	0,6
CN-	-
Cd	<0,001
Cr	<0,005
As	-
Se	-
Hg	-

## 5.- AREAS DE PROTECCIÓN

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

Bajo este apartado, se ha delimitado una zona de protección considerando la importante red de fracturas que afecta a la zona de recarga, y la red hidrográfica, representada en dicho sector por el pequeño cauce del arroyo Horcalate.

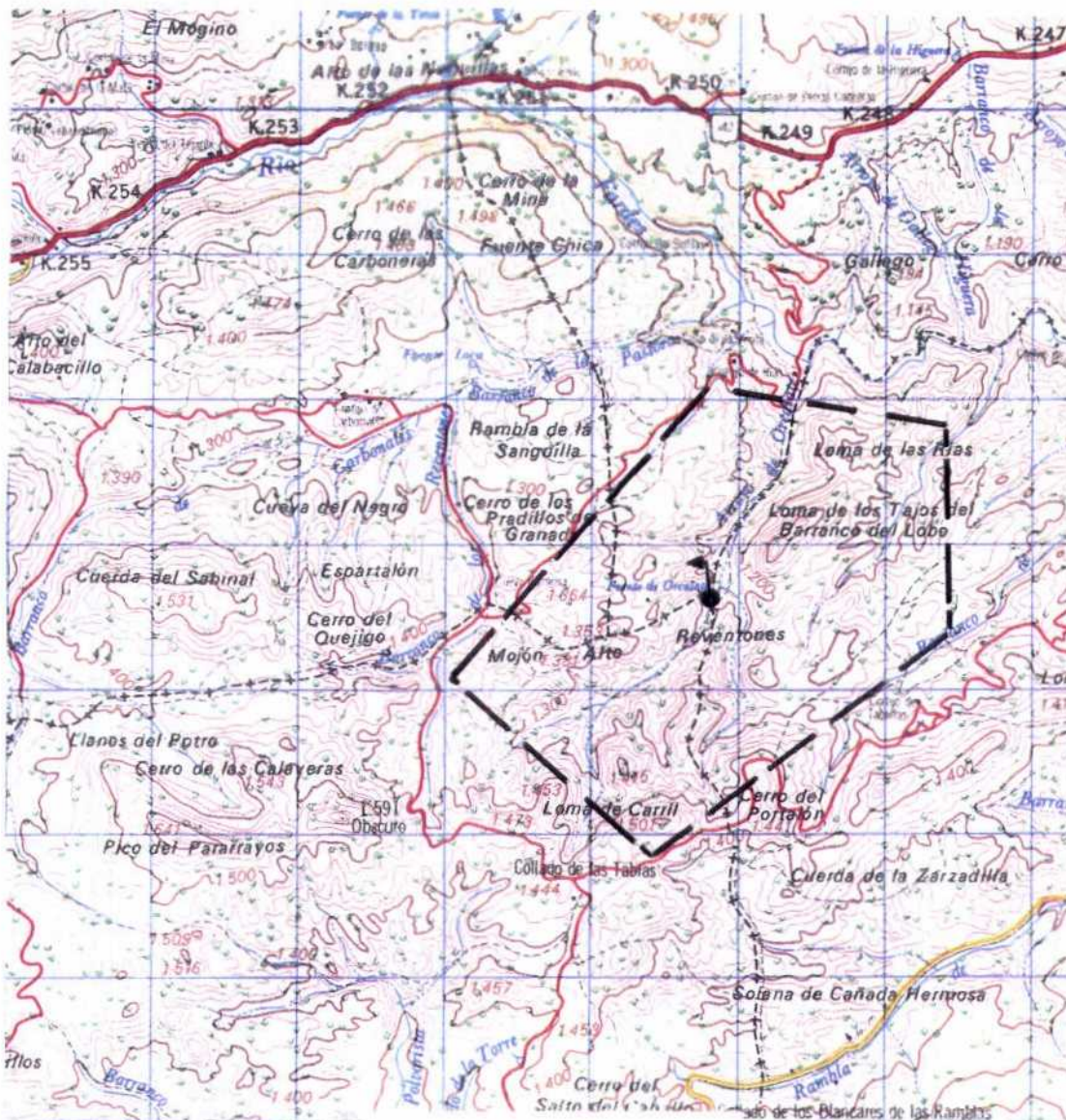
### 5.2.- PRINCIPALES FOCOS DE CONTAMINACIÓN

Dado el carácter privado de la finca donde se ubican los manantiales, no se han observado focos que pudieran representar peligros potenciales de contaminación.

## 6.- BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

- Garcia Dueñas, V. y Navarro-Vila, F. (1976).- "Alpujarrides, Maláguides y otras unidades alóctonas al Norte de Sierra Nevada". Bol.Soc.Geol.France (7) 18, pg.641-648.
- ITGE (1980).- Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (1010) 20-41 -La Peza-.
- ITGE (1990).- "Atlas hidrogeológico de la provincia de Granada"; Acuíferos del borde oeste de Sierra Nevada-Sierra de la Peza-.
- Navarro-Vila, V. (1976).- "Los Mantos Alpujarrides y Maláguides al Norte de Sierra Nevada (Cordilleras béticas, Andalucía)". Tesis Univ. de Bilbao (inédito).
- Pulido, A. (1980).- "Datos hidrogeológicos sobre el borde occidental de Sierra Nevada". Fundación Juan March. Serie Universitaria, 123.

FUENTE DE HORCALATE



E/1:50.000

LEYENDA

- — — — — Propuesta de área de protección
- Manantial



ALBARCIN - GUADIX

6

## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

Bajo la denominación de Albarcín-Guadix se conoce una captación de 25 m de profundidad emplazada en plena Depresión de Guadix, y cuyas obras de ejecución se llevaron a cabo durante 1981.

El acceso se realiza a través de la carretera nacional 324 Guadix-Almería, a 1,5 Km de la primera localidad y tomando un desvío a la izquierda a la altura del Km 226. El paraje también es conocido por su actividad como fábrica de cepillos.

El sondeo de Albarcín aparece localizado en el margen superior izquierda de la hoja topográfica a escala 1:50.000 21-41 (1011) Guadix, definido por las coordenadas UTM x/489325 y y/4127175, a una cota aproximada de 920 m.

Con fecha 13-2-91 existe un informe en el ITGE sobre una petición por parte de su propietario D. Salvador Hernández García, vecino de la localidad de Guadix, en la que se solicita la declaración de agua mineral-natural.

Desde 1981 -fecha en la que se realizaron las obras de captación- hasta la actualidad, el sondeo ha venido utilizándose con carácter marcadamente industrial, cubriendo las necesidades de la fábrica y de la pequeña finca que lo aloja. La intención de su propietario una vez obtenido los trámites necesarios para su legalización, es la de envasar y comercializar su caudal como agua minero-medicinal.

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

El sondeo del paraje de Albarcín sito en término municipal de Guadix, se encuentra alojado en plena Depresión de Guadix caracterizado litológicamente en dicho sector por el desarrollo de secuencias del tipo arcillo-limoso, de tonalidad oscura, entre los que se intercalan pequeños niveles detríticos de cantos de granulometría variable poco trabajados de Q, micaesquistos y cuarcitas, de edad Holocena (Fig. 74).

La captación con una profundidad final de 25 m. atravesó el cuaternario aluvial emplazándose en el pliocuaternario detrítico.

Según comunicación personal de su propietario, después de rebasar los niveles de baja permeabilidad superficiales se cortó unas gravas arenosas donde se apreció un acuífero de cierta productividad.

Desde el punto de vista geológico la Depresión de Guadix se encuadra dentro del margen geodinámico de las Cordilleras Béticas. Los materiales neógenos que la conforman, ocultan los contactos entre las zonas Bética, Subbética y Prebética. La cuenca funcionó como tarditectónica durante el Mioceno, de forma que dichos materiales se encuentran deformados, en discordancia sobre el sustrato y parcialmente erosionados; y como postectónica intramontañosa a lo largo del Pliocuatnario, de modo que sus materiales se depositaron discordantemente sobre el Mioceno y en ocasiones sobre el sustrato.

Litológicamente y atendiendo a criterios cronoestratigráficos, la Depresión de Guadix en este sector comprende las siguientes unidades, de muro a techo:

- Mioceno superior.
- Formación Guadix.
- Depósitos cuaternarios (Holoceno).

## ESQUEMA GEOLOGICO GENERAL

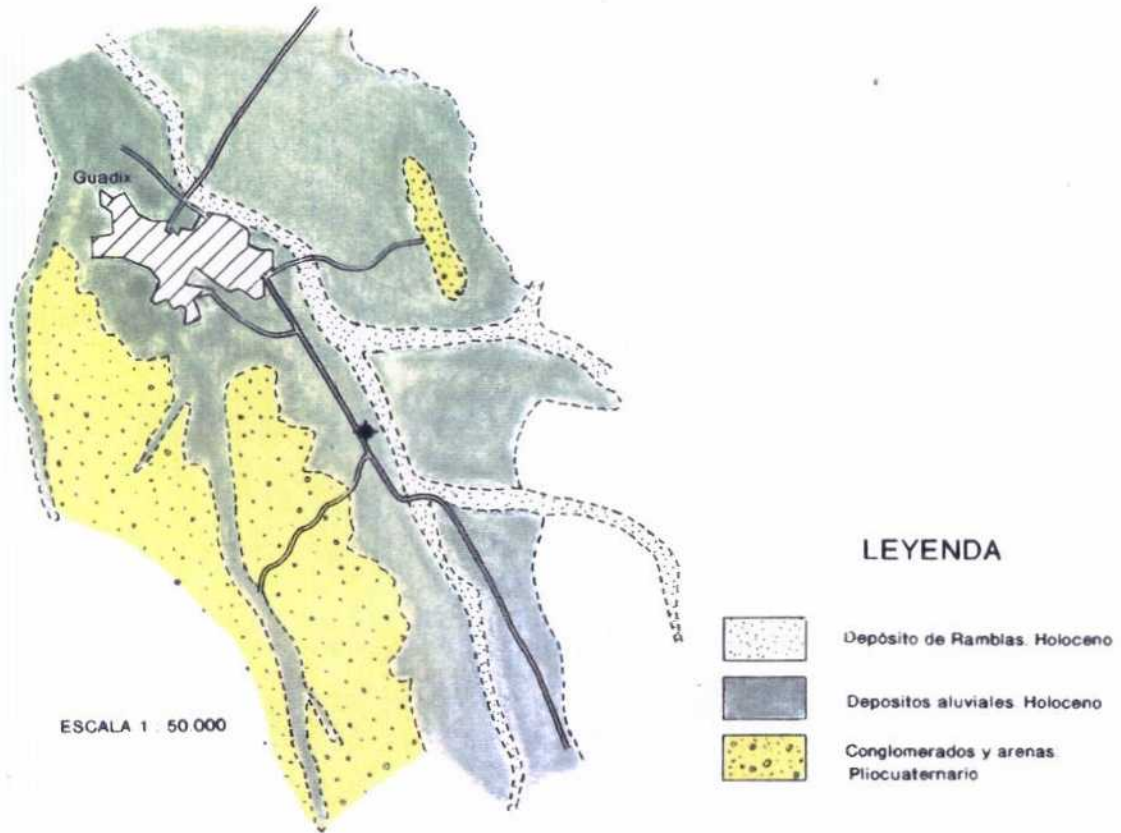
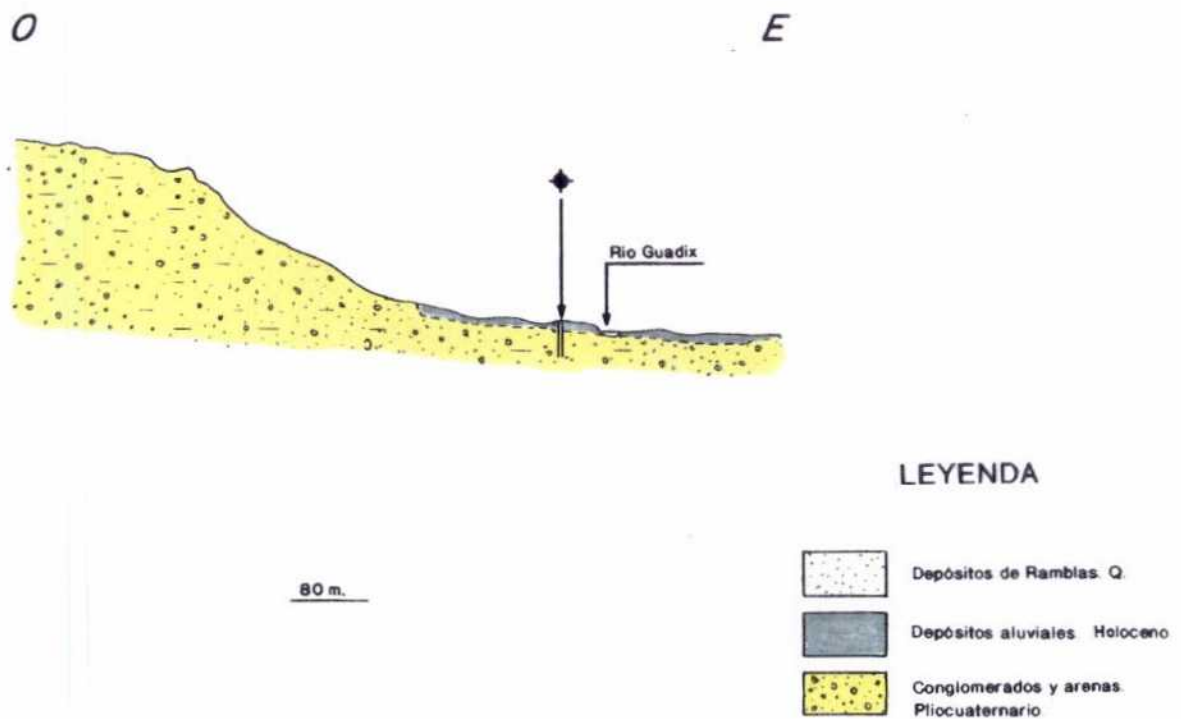


FIG. 74.- ALBARCIN (GUADIX)

## CORTE GEOLOGICO ESQUEMATICO



### Mioceno superior

Aflora al Este de Guadix y está caracterizado por la presencia de areniscas y conglomerados con abundantes fósiles datados como Tortoniense. Esporádicamente se intercalan algunos niveles de limos y margas pero siempre ocupando afloramientos de pequeña extensión.

### Formación Guadix

Se encuentra extensamente representado a lo largo de la Depresión. Puntualmente como ocurre en los alrededores de Guadix y parte septentrional de los Llanos del Marquesado, puede rebasar los 250 m.

Vera (1970) diferencia la Formación Guadix (origen fluvial), de la de Gorafe-Huélago (lacustre), de la de Baza (albufera) y de la de Serón-Caniles (marino-costero), atendiendo a criterios litoestratigráficos.

De acuerdo con los datos del mismo autor, las características sedimentológicas de dicha formación son propias de una sedimentación fluvial, rítmica y discontinua en el interior de la depresión.

Litológicamente está caracterizada por la aparición de conglomerados no cementados de matriz arenosa y/o limosa, con esporádicos niveles de limos de tonalidad rojiza. La naturaleza de los cantos es muy variada dependiendo de la posición con respecto a la cuenca, aunque existe un marcado predominio de metamórficos -micaesquistos y cuarcitas- con abundante Q. En las fracciones más finas de tipo arenoso el cuarzo junto a las micas son los minerales predominantes.

Hacia los márgenes de la depresión, los términos conglomeráticos de la formación Guadix aumentan su potencia relativa, a expensas de los de grano más fino (arenas).

De acuerdo con los datos de Peña Ruano (1979), los conglomerados arenosos de la Formación Guadix corresponden a depósitos originales en

medio de rios anastomosados que se situaban en posición intermedia entre los abanicos aluviales (conglomerado de La Peza), desarrollados al borde de los relieves béticos, y los medios de menor energía localizados hacia las zonas centrales de las cuencas. Las condiciones climáticas corresponderían a las de un tipo semiárido de ambiente oxidante.

La edad de dicha formación varía entre el Plioceno y el Cuaternario antiguo (Pleistoceno inf.- Villafranquiense).

### Depósitos cuaternarios

Comprende el lugar de ubicación del sondeo Albarcín. Está fundamentalmente representado por depósitos de diversa índole entre los que destacan los depósitos aluviales, depósitos de ramblas, conos de deyección y glaciais.

A grandes rasgos están constituidos por secuencias de gravas y arenas con importantes intercalaciones arcillosas y limosas.

Datos extraídos de columnas de sondeos emplazados sobre los depósitos aluviales permiten constatar potencias medias en torno a los 20 m.

La edad de todo este conjunto es Holoceno.

### **2.1.- TECTÓNICA. ESTRUCTURA.**

La Depresión de Guadix-Baza formó parte durante el Mioceno de una más amplia cuenca tarditectónica bien conectada en relación a las depresiones circundantes.

Los materiales miocenos fueron deformados y parcialmente erosionados, la emersión subsiguiente dejó a dicha depresión como una cuenca postectónica intramontañosa aislada y de tipo endorréico, donde

depositaron materiales pliocenos y cuaternarios, ampliamente condicionados por el clima y una tectónica de tipo distensiva que actuó hasta el Pleistoceno medio y provocó grandes subsidencias diferenciales. Como consecuencia de estos fenómenos se desarrollan fracturas de dirección WSW-ENE que diferencian la cuenca en subambientes.

Muchas de estas fracturas tuvieron gran influencia sobre la sedimentación Plio-pleistocena derivando en la actualidad en neotectónica.

Como marco estructural, las depresiones intramontañosas son el resultado de una tectónica de fractura de régimen distensivo que individualiza una serie de cuencas, tal es el caso de la de Guadix-Baza.

A grandes rasgos, la Depresión de Guadix rellena la parte más hundida de un bloque más o menos solitario con Sierra Nevada separados por fallas normales de salto considerable en relación al de Sierra de Baza.

El borde actual de la Sierra de Baza aparece así como un escarpe de falla en retroceso de varios Km sobre las líneas de falla principales con dirección general ONO-ESE, oculta bajo el relleno neógeno-cuaternario de la depresión.

### 3.- HIDROGEOLOGÍA

Desde el punto de vista hidrogeológico, existen dos acuíferos de indudable interés dentro de nuestra zona de estudio; por una parte el Aluvial, y por otra los materiales de la Formación Guadix.

Localmente las diferencias granulométricas y de espesores del material acuífero condicionan el comportamiento hidrogeológico de uno y otro.

### 3.1.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Diferenciamos pues dos unidades principales, el Aluvial y la Formación Guadix.

De acuerdo con los datos obtenidos en la visita al sondeo que nos ocupa, la obra capta el acuífero pliocuaternario detrítico de la Formación Guadix.

Las características generales de cada unidad son las siguientes:

#### Aluvial

Está constituido por depósitos de gravas y arenas con variaciones puntuales en el contenido lutítico. Posee una potencia media que oscila entre 3-15 m. -como ocurre en el caso del aluvial del Rio Verde-, aunque ocasionalmente pueda alcanzar los 20 m.

#### F. Guadix

Con una extensión superficial próxima a los 250 Km<sup>2</sup> y potencias que oscilan entre 250-300 m. (proximidades de Albuñón) y 80 m (área de Hueneja), el acuífero detrítico de la Formación Guadix se extiende a lo largo de la vega del mismo nombre, de los Llanos del Marquesado y de la cuenca del río Verde constituyendo una formación de indudable interés.

A grandes rasgos, está representado por secuencias de tipo conglomerático arenoso con intercalaciones de arcillas rojas, aunque con ligeras variaciones composicionales de acuerdo a su posición con respecto a la cuenca.

Los límites hidrogeológicos del acuífero están constituidos por las secuencias de mármoles y metapelitas del Nevado-Filábride en su extremo meridional, y por materiales margosos terciarios en el sector de



La Peza (borde occidental). Hacia el este, el acuífero se prolonga a la provincia de Almería, y hacia el Noroeste cambia a facies más finas de baja permeabilidad.

La naturaleza del sustrato varía de igual forma de unos puntos a otros. En los Llanos del Marquesado se trata fundamentalmente de esquistos, si bien existen materiales de naturaleza carbonatada en sectores como el de La Calahorra, Alquife, Charches, etc... Al noroeste y oeste de Guadix el sustrato es de tipo margoso.

### 3.1.1.- Características hidrogeológicas. Funcionamiento hidráulico

La escasa entidad del acuífero aluvial como tal hacen que a la hora del estudio de su funcionamiento hidráulico se considera en cierta medida englobado como acuífero de Guadix cuyo máximo exponente lo constituye la Formación Guadix.

La pluviometría media de la zona indica en años de tipo medio valores que oscilan entre 300-350 m, llegándose a alcanzar los 700 mm en las cotas superiores de Sierra Nevada.

Los valores de transmisividad varían en cierta medida con las características granulométricas de dicha formación, representado por los 8.000 m<sup>2</sup>/día en el sector central de los Llanos del Marquesado donde los sedimentos son más homométricos, y los 100 m<sup>2</sup>/día en las proximidades de Guadix, donde los materiales son más heterométricos y con mayor proporción en el contenido de matriz lutítica. En general se advierten valores comprendidos entre 100-900 m<sup>2</sup>/día.

Por su parte, los mapas de isopiezas indican hacia la parte central del acuífero un nivel piezométrico con cotas comprendidas entre 1000 y 1065 m, que suponen profundidades de 30 a 80 m, mientras en el aluvial del Río Verde son de 3 a 15 m.

Las salidas totales del acuífero son del orden de 49,5 a 51,5

hm<sup>3</sup>/año, derivados de las extracciones por bombeo (Minas del Marquesado) entre 17,5-20 hm<sup>3</sup>/año y de salidas a través de galerías, entre 28-30 hm<sup>3</sup>/año.

Por otro lado, la recarga se estima en 19-20 hm<sup>3</sup>/año como resultado de la escorrentía superficial procedente de la vertiente septentrional de Sierra Nevada, 2-2,6 hm<sup>3</sup>/año a consecuencia de la percolación de los cauces que drenan la Sierra de Baza y de 5.4 hm<sup>3</sup>/año a causa de los excedentes de regadíos de riegos de la Vega de Guadix. Atendiendo a estos valores, se poseen unas entradas cuantificables del sistema que oscilan entre 27-28 hm<sup>3</sup>/año.

En relación con el período 1970-71, se observa un descenso paulatino de los niveles piezométricos que ha supuesto el vaciado de un volumen de acuífero en torno a 750 hm<sup>3</sup>.

Si suponemos un coeficiente de almacenamiento con valores comprendidos entre el 5 y el 10%, resultarían una disminución de las reservas entre 37,5 y 85 hm<sup>3</sup>, que equivale a una media en este período comprendida entre 3-6 hm<sup>3</sup>/año.

En relación con todos estos valores se estima la infiltración directa del agua de lluvia en 18,5 hm<sup>3</sup>/año, que para una superficie de acuífero permeable de 278 Km<sup>2</sup> y unas precipitaciones medias de 325 mm supondría un coeficiente de infiltración cercano al 20%. El balance hídrico final contabiliza unos recursos que oscilan entre 43,5-48,5 hm<sup>3</sup>/año.

La alimentación principal del acuífero se efectúa a través de las precipitaciones sobre los afloramientos permeables, de la infiltración procedente de la escorrentía de Sierra Nevada y Sierra de Baza, y por la derivada de los regadíos principalmente en los Llanos del Marquesado y Vega de Guadix.

El sondeo de Alarcín emplazado en materiales pertenecientes a esta formación, con un caudal de 5 l/seg (25/3/91) y de acuerdo con los

datos aportados por su propietario, no ha sufrido fuertes oscilaciones del nivel si bien se han apreciado ligeras variaciones durante los meses de mayor estiaje.

#### 4.- HIDROQUÍMICA

Agua de carácter bicarbonatado-clorurado cálcico-magnésico y mineralización baja (447  $\mu\text{S}/\text{m}$ ), con un pH en campo de 7,74 y un potencial rédox relativamente bajo: 74 mV.

El bajo contenido salino del agua evidencia un tiempo de tránsito corto, coherente con las características del acuífero en que se emplaza la captación, si bien conviene resaltar que en aguas de origen somero cabría esperar un valor más elevado de Eh. Su naturaleza bicarbonatada así como los diagramas de saturación de la Fig. 75, apuntan hacia un equilibrio en medio carbonatado.

El análisis de microcomponentes ofrece como único rasgo significativo el contenido en plomo y cinc de la muestra: 122 y 280  $\mu\text{g}/\text{l}$  respectivamente. Las condiciones rédox del agua favorecen en cierta medida en dicha presencia. En lo que respecta a los compuestos nitrogenados, su escasa concentración denota la ausencia de contaminación de origen agrícola.

#### 5.- AREAS DE PROTECCIÓN

Constituye un capítulo de extraordinaria importancia, ya que el punto de ubicación del sondeo se encuentra muy próximo al núcleo urbano de Guadix, además de la existencia de pequeños focos puntuales de carácter local que pueden representar peligro potencial de contaminación para la calidad de sus aguas.

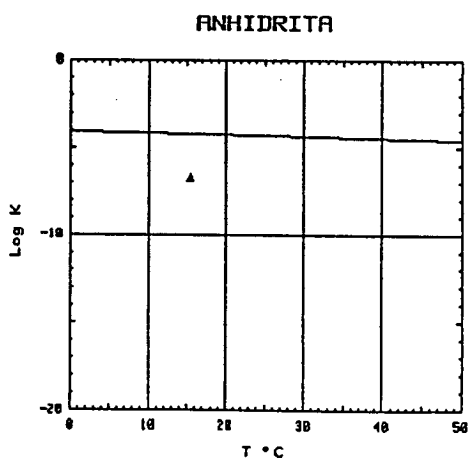
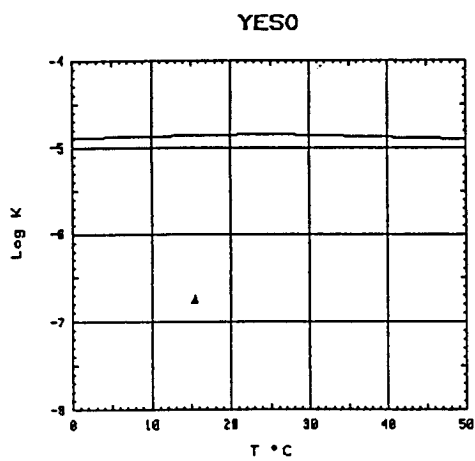
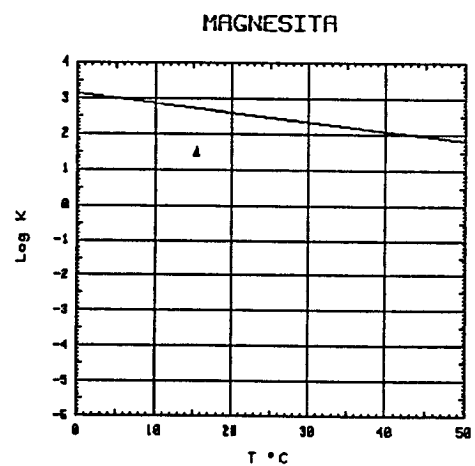
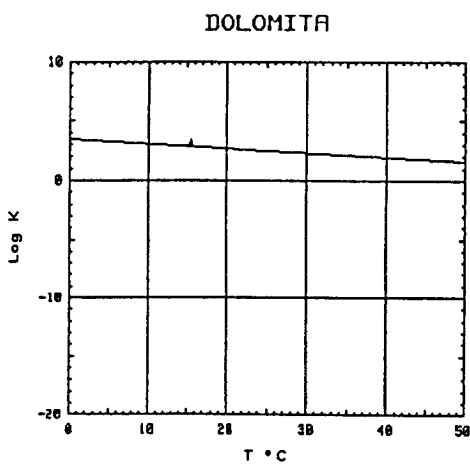
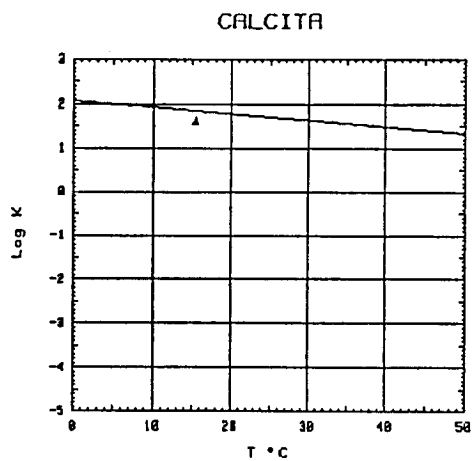
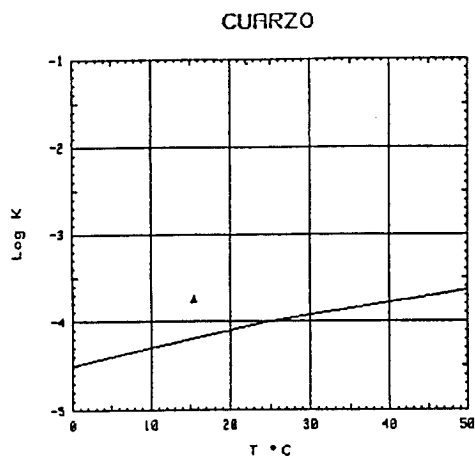


FIG. 75.- DIAGRAMAS DE SATURACION MUESTRA ALBARCIN

# ANALISIS QUIMICO

DENOMINACION: ALBARCIN  
FECHA :

TEMPERATURA (°C):	15.4	CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm):	447
pH a 15°C:	7.74	DUREZA TOTAL (ppm CaCO3):	154
pH a 18°C:	7.10	Eh campo (mV):	74

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	88.00	1.442	1.442	37.98
CO3=	-	-	-	-
SO4=	38.00	.396	.791	20.84
Cl-	51.00	1.439	1.439	37.89
F-	<5.0E-1	.026	.026	.69
NO3-	6.00	.097	.097	2.55
SiO2 (H4SiO4)	11.9	.198	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	.01
P2O5	<5.0E-2	.001	.002	.04
<b>TOTAL....</b>	<b>195.460</b>	<b>3.598</b>	<b>3.797</b>	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	20.00	.870	.870	21.64
K+	<5.0E-1	.013	.013	.32
Ca++	35.00	.873	1.747	43.45
Mg++	16.00	.658	1.316	32.74
Fe++	.010	0.000	0.000	.01
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.18
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	1.38
NH4+	.010	.001	.001	.01
Mn++	.006	0.000	0.000	.01
Pb	.122	.001	-	-
Zn++	.280	.004	.009	.21
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.04
<b>TOTAL....</b>	<b>72.528</b>	<b>2.446</b>	<b>4.020</b>	

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

CLASIFICACION: BICARBONATADA CLORURADA -- CALCICA MAGNESICA

(CO3H+CO3)/Ca =	.826	Cl/Na =	1.654	(SO4*Ca)^1/2 =	1.175
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.471	Cl/(Na+K) =	1.630	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	.848
((CO3H)^2*Ca)^1/3 =	1.537	SO4/Ca =	.453	Mg/Ca =	.754
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	.729	SO4/(Ca+Mg) =	.258	Cl/CO3H =	.997

ARCHIVO EN DISCO: MM651 (AMA2-51)

	ppm
R.S. 110°C	305
D.Q.O.	0,6
CN-	-
Cd	0,001
Cr	<0,005
As	-
Se	-
Hg	-

### 5.1.- JUSTIFICACION DE PROPUESTA DE AREA DE PROTECCION

La considerable extensión de la formación detrítica pliocuaternaria junto con la proximidad de la población de Guadix al lugar de emplazamiento del sondeo de Albarcín, dificultan la elaboración de una propuesta de área de protección.

Teniendo en cuenta esos datos y observando la situación del manantial en relación con los principales focos locales que aparecen en sus proximidades, se ha trazado un área de protección mínima que reduzca cualquier posibilidad contaminante significativa. Señalar también en este sentido, el riesgo probable a consecuencia de las extracciones por bombeo y la actividad agrícola, especialmente significativas en este sector.

### 5.2.- POSIBLES FOCOS DE CONTAMINACIÓN

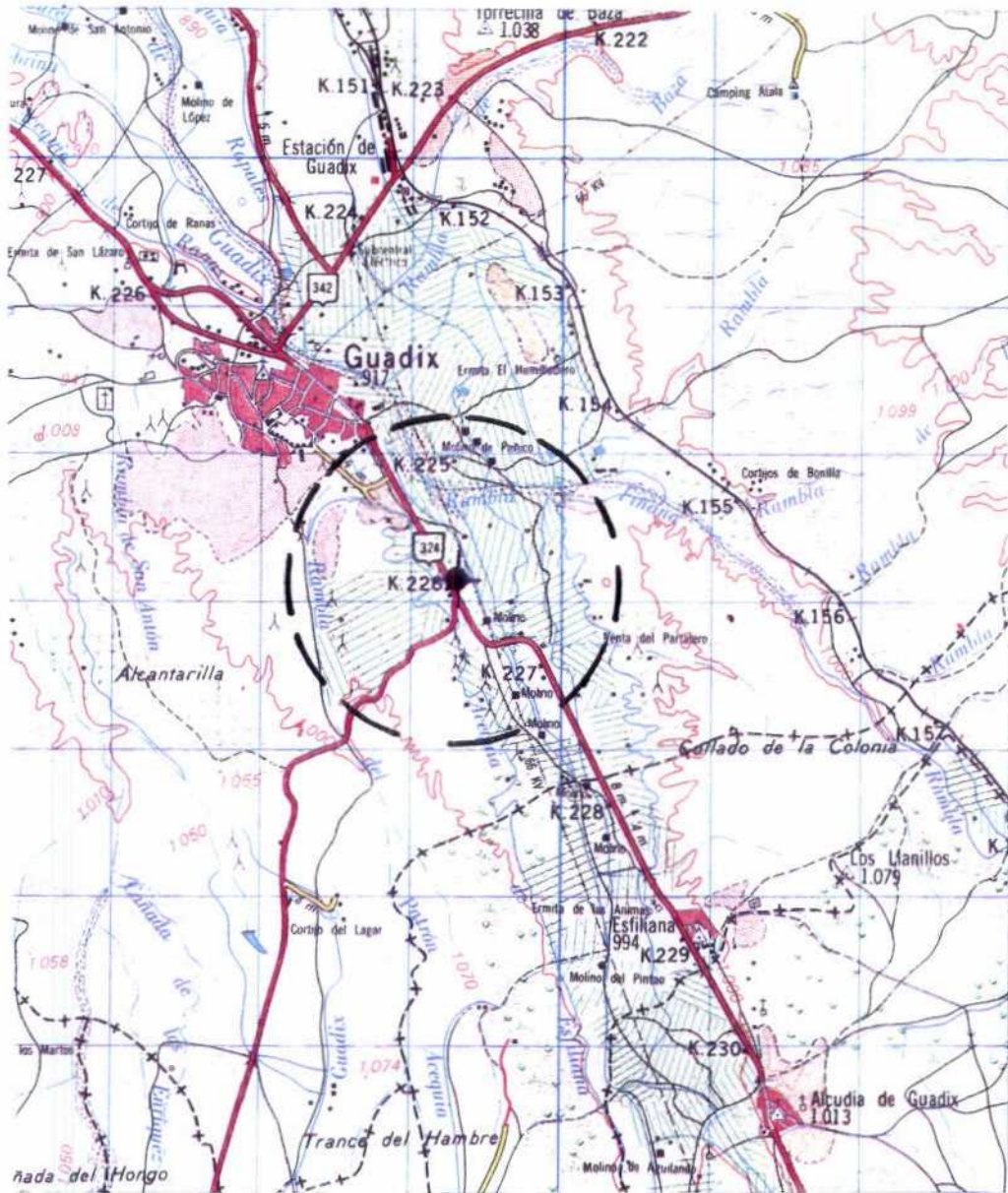
Se distinguen básicamente dos tipos principales:

Agrícolas.- Derivados en su mayor parte de la intensa tradición de este paraje como resultado directo del uso incontrolado de abonos nitrogenados y plaguicidas sobre las terrazas aluviales próximas al manantial.

Ganaderos.- Mencionar en este aspecto el litigio que mantiene el propietario del sondeo - a través del Ayuntamiento de la localidad -, con el responsable de una granja destinada a la cria y engorde de ganado porcino situada a unos 70 m al sur de la captación. Según las propias afirmaciones de dicho propietario, los residuos tanto líquidos como sólidos son vertidos indiscriminadamente por el titular de la granja hacia un espacio situado en las proximidades de la captación con el consiguiente riesgo que ello supone.

El expediente continúa en trámites a pesar de la insistencia por parte de su propietario de concluir dicha situación.

PLANO 22  
ALBARCIN DE GUADIX



E/1:50.000

LEYENDA

— — — — — Propuesta de área de protección

⊕ Sondeo

**6.- BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA**

- Delgado Moya, S.; Del Valle Cardenete, M. y Fernández Racionero, E. (1983).- "Problemática y gestión de los recursos de agua subterránea en la región de Guadix". III Simp. Hidrog. pp. 173-182.
- Fallot, P.; Faure Muret. A.; Fontbote, J.M. (1967).- "Observations sur de la formations de Guadix". Bol. Inst. Geol. Min. España 78, pp. 1-48.
- ITGE (1978).- "Atlas hidrogeológico de la provincia de Granada".
- ITGE (1981).- "Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (1011) 21-41 -Guadix-".
- ITGE (1984).- "Proyecto de optimización del uso de los recursos hidráulicos de la Vega de Guadix mediante bombeo y recarga artificial del acuífero". 1983-84. Inédito. 3 tomos.
- Peña Ruano, J. (1979).- "La Depresión de Guadix-Baza: Estratigrafía del Plioceno-Pleistoceno". Tesis Univ. Granada. Inédito.
- Vera, J.A. (1970).- "Estudio estratigráfico de la Depresión de Guadix-Baza". Bol. Geol. Min. Tomo 81. pp. 429-462. 10 figs., 1 lám., mapa.



**FUENFRIA DE LOJA**

## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

El manantial de la Fuenfría de Loja o nacimiento de Riofrío se encuentra situado en el borde más occidental del macizo carbonatado de Sierra Gorda, a unos 70 m. de la piscifactoría de Riofrío y dentro del término municipal de Loja.

Su acceso se realiza a través de la carretera nacional 342 Granada-Málaga, a la altura del Km 197 y tomando el desvío por pista sin asfaltar que nos conduce a la piscifactoría de Riofrío.

El nacimiento aparece alojado a una cota de 517 m en el paraje popularmente conocido como el Martinete, y localizado en la hoja topográfica a escala 1:50.000 (1024) 17-42 -Archidona-, través de sus coordenadas UTM x/392975 e y/4111925.

Los antecedentes históricos de dicho manantial, se remontan al 4 de Octubre de 1967 cuando sus propietarios D. José y D. Luis Jimenez Garrido, vecinos de la capital granadina, remiten una instancia a la Jefatura de Minas del citado Distrito Provincial solicitando la declaración de agua minero-medicinal. Con posterioridad y fecha 12 de Septiembre de 1968 se efectúan los análisis correspondientes previa solicitud en el ITGE, resultando un informe con fecha 16 de Septiembre de 1968 en la que figura como declarada potable alcalina.

En la actualidad , el considerable caudal del manantial junto con

el de otras surgencias adyacentes, alimenta aguas abajo la piscifactoría de la estación, al mismo tiempo que sirve de regadío a las pequeñas terrazas de cultivo que se localizan en las inmediaciones del mismo. En conjunto el área es popularmente conocido por la calidad de sus truchas así como zona recreativa en la práctica de la pesca.

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

Desde el punto de vista geológico, el nacimiento de Riofrío o manantial de la Fuenfría de Loja se localiza en el contacto entre una formación carbonatada de edad liásica perteneciente a la unidad de Sierra Gorda y una secuencia de limos y conglomerados del pliocuaternario de la Depresión de Granada (Fig. 76).

### Unidad de Sierra Gorda

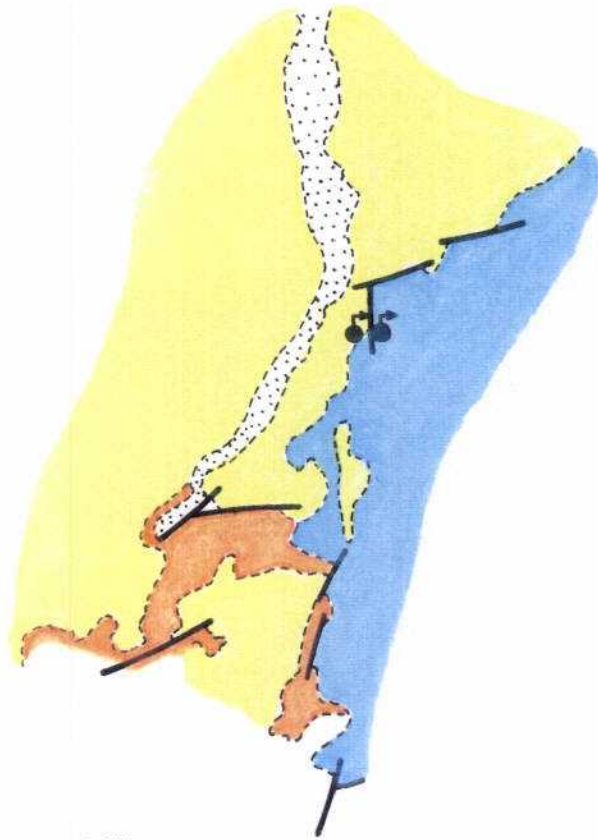
Dicha formación calcárea está caracterizada en las inmediaciones de dicho manantial por calizas de tonalidad crema, muy karstificadas y fracturadas, asignadas al Dominio Subbético Interno de las zonas externas de las Cordilleras Béticas.

Un hecho muy característico en este sector es la presencia de unos depósitos de brechas cementadas que enmascaran y recubren gran parte de estas litologías.





Con una superficie media de 260 Km<sup>2</sup> y cotas comprendidas entre los 500 y 1600 m, la Unidad de Sierra Gorda constituye un ejemplo característico de modelado kárstico, factor que condicionan y facilita los mecanismos de interconexión hidráulica entre sus unidades, ocasionando en consecuencia, que dicha unidad funcione como un único acuífero.

El sistema acuífero de Sierra Gorda comprende las siguientes unidades fundamentales:

# ESQUEMA GEOLÓGICO GENERAL



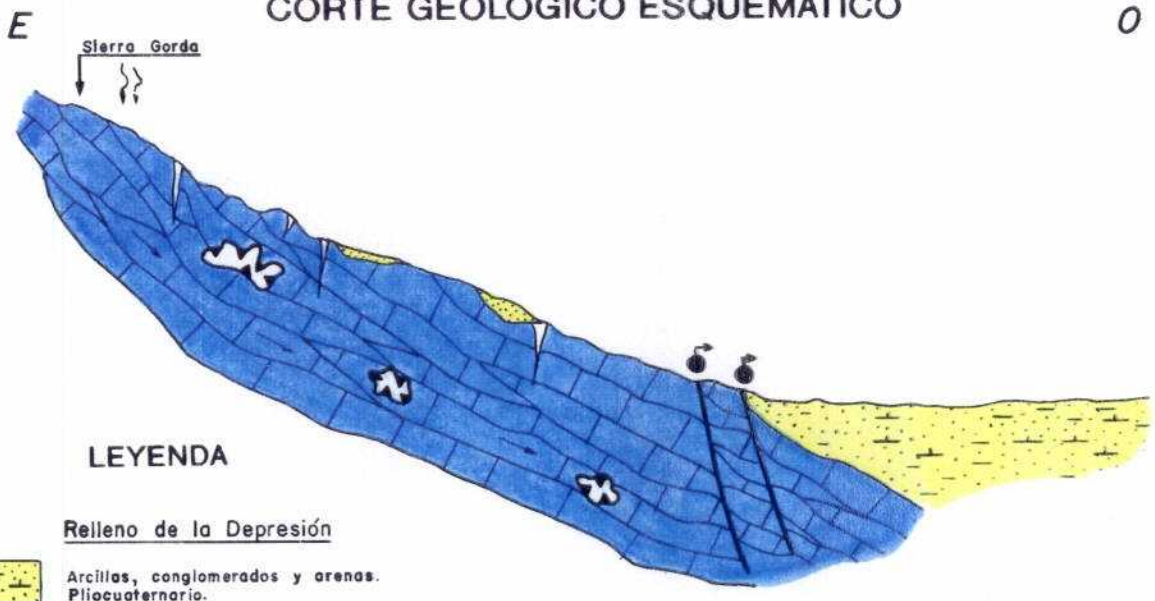
## LEYENDA

-  Gravas, arenas y arcillas. Aluvial. Q
-  Arcillas, conglomerados y arenas. Pliocuaternario.
-  Brechas calcáreas. Pliocuaternario.
-  Subbético interno de Sierra Gorda  
Calizas blancas. Liásico

ESCALA 1 : 50.000

FIG. 76.- FUENFRIA (LOJA)

# CORTE GEOLÓGICO ESQUEMATICO





## LEYENDA

### Relleno de la Depresión

-  Arcillas, conglomerados y arenas. Pliocuaternario.

### Dominio Subbético interno.

-  Calizas micríticas crema Karstificadas y fracturadas.

-  Karstificación

-  Fisuración

30m

- 1) Unidad del Hacho de Loja.
- 2) Unidad de Sierra Gorda s.str.
- 3) Unidad de Zafarraya.

#### 1). Unidad del Hacho de Loja

La sucesión estratigráfica de esta unidad comienza en su base con una secuencia de margas, areniscas, dolomías carniolares y yesos pertenecientes al Trias Keuper, y que afloran localmente al Norte el Hacho. Continúa la sucesión con un paquete de dolomías grises, brechoides, bien estratificadas del Infralías de unos 250 m de potencia y unos niveles de calizas oolíticas y pisolíticas de tonalidad blanquizca pertenecientes al Lias inferior-medio y espesor de 380 m. Superpuestos a estos niveles carbonatados se localiza un delgado paquete de calizas compacta rosáceas de unos 5 m de potencia que se asignan al Malm.

Finalmente y culminando esta sucesión, aparece una secuencia de margocalizas rosadas que representan el Cretácico. Están ausentes pues los términos pertenecientes al Lias Superior, Dogger y parte del Malm.

#### 2). Unidad de Sierra Gorda s.str.

Corresponde a un importante conjunto con una potencia superior a los 800 m. La sucesión estratigráfica de dicha unidad está caracterizada por las siguientes litologías, de mucho a techo:

- Dolomías grises de edad Infralías.
- Calizas blancas oolíticas y pisolíticas de potencia mínima en torno a los 800 m y edad Lias medio-superior. Localmente este importante conjunto aparece coronado por superficies del tipo Hard-ground.
- Calizas nodulosas brechoides, bien estratificadas con mineralizaciones de Fe y Mn. Son frecuentes las superficies de interrupción sedimentaria y la abundante macrofauna.

La potencia de este tramo no supera los 20 m y comprende desde el Bathoniense-Tithónico-Berriasense.

- Calizas micríticas crema dispuestas en gruesos bancos y nódulos de sílex. La potencia oscila entre 30-50 m y su edad es Dogger.
- Calizas nodulosas con margas, sílex y bancos turbidíticos con abundante fauna de amonoides de tonalidad rojiza. La serie aparece bien estratificada y posee una potencia no superior a 20 m. La edad abarca desde el Kimmeridgiense inferior-Tithónico-Berriasense.
- Margas y margocalizas de tonalidad clara, dispuestas concordantemente sobre el tramo anterior, con abundante micro y macrofauna de edad Cretácico inferior.
- Margas y margocalizas rosadas de tonalidad asalmonada y pequeños niveles turbidíticos. Las edades abarcan desde el Maestrichtiense al Paleoceno-Eoceno inferior.

Se desconoce con exactitud la naturaleza de la base de esta unidad aunque se le ha asignado a materiales de edad triásica.

### 3) Unidad de Zafarraya

Esta unidad está constituida por todas aquellas formaciones que rodean por el Sur, Este y Oeste al polje de Zafarraya. La sucesión general de dicha formación se encuentra integrada por los siguientes materiales, de muro a techo:

- Dolomías y calizas-dolomíticas grises de unos 800 m de potencia y edad Lias inferior.
- Calizas blancas pisolíticas-pseudoolíticas, calizas con sílex y margas, de unos 200 m de potencia atribuidas al Toarciense.
- Margas y margocalizas salmón de edad Cretácica.

Están ausentes pues las litologías pertenecientes al Dogger y Malm.

### Neógeno y Cuaternario de la Depresión de Granada

Se encuentra representado por litologías lutíticas y conglomeráticas pertenecientes al pliocuaternario de relleno, y que afloran en las proximidades del manantial.

Este conjunto aparece mejor caracterizado en el borde oriental de la unidad de Sierra Gorda donde adquiere espesores de considerable importancia.

A grandes rasgos, dicha formación comprende una potente sucesión que abarca materiales con edades comprendidas entre el Mioceno superior y el Cuaternario, correspondiente a secuencias de origen marino o continental.

Dichas litologías conforman en este sector las últimas estratificaciones del relleno postorogénico de la Depresión de Granada.

Litológicamente, la sucesión terciaria está caracterizada por los siguientes materiales, de muro a techo:

- Conglomerados cementados y calcarenitas bioclásticas de carácter marino y abundante fauna, de edad Tortoniense.
- Lutitas ocreas con niveles arenosos, margas grises azuladas y yesos de edad Mioceno superior.
- Lutitas ocreas y azuladas, yesos, calizas y margocalizas con gasteropodos, y margas y margocalizas con niveles de lignitos de edad Turolense superior.
- Lutitas rojas con niveles conglomeráticos, conglomerados, arenas, margas y calizas claras de edad Plioceno.

- Conglomerados y arcillas, brechas cementadas, glaciares, conos de deyección y depósitos de laderas pertenecientes al Cuaternario (Pleistoceno-Holoceno).

## 2.1.- TECTÓNICA. ESTRUCTURA.

La unidad de Sierra Gorda representa a grandes rasgos un gran domo elongado según la dirección N-S que resulta de la superposición de dos fases tectónicas principales que originan pliegues de dirección N150E y N30-50E. Se admite a grosso modo que dicha unidad representa una estructura en anticlinal cuyo eje sigue las direcciones E-W, y donde el sector septentrional adquiere en las proximidades de Loja un cierre periclinal.

La primera fase tectónica está caracterizada por el desarrollo de pliegues anticlinales asimétricos vergentes al SO, cuyos flancos normales son de orden kilométrico y los invertidos de menor envergadura.

La segunda fase viene definida por la presencia de pliegues abiertos de dirección N30-50E, especialmente patentes en su sector septentrional.

En cuanto a fallas, hay un sistema sinéctico al principal plegamiento de plano vertical y direcciones N-S y NW-SE. Otro sistema de fallas normales de dirección WSW-ENE atribuible a una fase de descompresión, es visible en los bordes norte y este de la sierra.

Al ser afectada por la orogenia principal, se admite que el desplazamiento de la unidad hacia el Norte es un hecho evidente; sin embargo, en ningún punto se observa el contacto entre dicha unidad y el Hacho de Loja por lo que no se puede afirmar sobre la posibilidad de un cabalgamiento entre ambos.

Hacia su borde oriental, los materiales de esta unidad aparecen enmascarados por el relleno neógeno de la Depresión, dificultándose así la



observación de su probable continuidad bajo estas litologías.

La unidad de Zafarraya por su parte, adquiere una estructura interna en anticlinal cuyo eje se curva adaptándose a la forma más meridional de la Sierra Gorda.

De igual forma, la unidad del Hacho a la que se le supone en conexión hidráulica con las anteriores, presenta una serie monoclinial formada por capas de dirección NE-SO y buzamiento suroriental.

Las relaciones de estas tres unidades dentro del funcionamiento hidráulico común del sistema acuífero de la unidad de Sierra Gorda parece evidente al estar sus principales emergencias hidrogeológicamente relacionadas.

### 3.- HIDROGEOLOGIA

El nacimiento de la Fuenfría de Loja se encuentra estrechamente relacionado con el sistema acuífero de Sierra Gorda constituido por una potente sucesión de calizas y calizas dolomíticas de edad liásica, notablemente karstificadas y fisuradas de potencia en ocasiones superior a los 800 m.

A grandes rasgos, dicho sistema se presenta bien individualizado y rodeado en cierta medida por formaciones de carácter impermeable de tipo flyschoides de edad Eoceno-Oligoceno al Oeste y al Sur, y materiales del Trias Keuper al Norte, sobre los que descansa por razones tectónicas. Hacia el sureste el sistema aparece en contacto con las últimas estratificaciones de Sierra Tejada de la cual se encuentra separada por las fracturas del contacto entre Zonas Internas y Zonas Externas de las Cordilleras Béticas.

### 3.1.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Dentro de este gran sistema se definen tres unidades principales como parte integral de un acuífero común representado por el sistema acuífero de Sierra Gorda dentro del Dominio Subbético interno:

- 1) Unidad de Hacho de Loja: El acuífero está representado por las calizas y dolomías jurásicas, las cuales reposan sobre una base impermeable de naturaleza triásica.
- 2) Unidad de Sierra Gorda s.str.: Representa aquellas litologías a partir de la cual surge el manantial que nos ocupa. El acuífero lo constituye las secuencias de calizas y calizas dolomíticas karstificadas del Lías.
- 3) Unidad de Zafarraya: Constituido por secuencias de dolomías, calizas-dolomíticas y calizas blancas pisolíticas pertenecientes al Lias inferior.

La conexión hidráulica entre estas tres unidades parece un hecho evidente como lo verifican algunas de las principales salidas del sistema, Río Frio al NE, Loja al Norte y Guaro al Sur.

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

La relativa alta pluviometría de la sierra - entre 700-800 mm - y la intensidad del aparato kárstico, condicionan en cierta medida la poca importancia de la esorrentía superficial pasando la mayor parte de las precipitaciones a infiltrarse en el acuífero. De igual forma, el acuífero freático del polje y el arroyo de la Madre se descargan por una serie de sumideros hacia el acuífero kárstico.

Los valores disponibles de transmisividad y coeficiente de almacenamiento son escasos y poco representativos. En el macizo de Sierra Gorda se han determinado valores medios de transmisividad entre 100 y 900

m<sup>2</sup>/día, variando entre los 1500 m<sup>2</sup>/día de las zonas superficiales y los 100 m<sup>2</sup>/día de las zonas más profundas. Por la misma regla, el coeficiente de almacenamiento variaría del orden del 1% a 10<sup>-4</sup>.

La aportación media de los manantiales conocidos es de unos 110 Hm<sup>3</sup>/año, pudiendo variar en función de la pluviometría entre 72 y 157 Hm<sup>3</sup>/año.

El 53% del caudal surge en el valle de Rio Frio precisamente en relación con el manantial que nos ocupa y surgencias adyacentes, con cotas comprendidas entre los 500-530 m y caudal conjunto de 905,8 l/seg (medida efectuada 15-9-88, ITGE). El 36% se drena en la zona de Loja (cotas 445-530 m), un 80% por el manantial de Guaro (cota 703) y un 3% en otros sectores.

La extracción por bombeo en dicho sistema se estima en 3,5 Hm<sup>3</sup>/año concentrado perfectamente en el sector del Polje de Zafarraya.

Si la recarga se estima a partir de los caudales drenados por las emergencias y la extracción, se obtienen unos valores de entradas de 111 Hm<sup>3</sup>/año. La infiltración se estima en un 40% de la pluviometría.

La alimentación principal del sistema se efectúa a través de las precipitaciones y por los cursos superficiales del arroyo de la Madre, bien directamente o a través de los niveles detríticos del polje.

Como se dijo anteriormente, existen ciertas hipótesis que suponen que el área de Sierra Gorda funciona hidráulicamente como un único acuífero, presentando una divisoria de aguas subterráneas en el área del polje de Zafarraya. Esta divisoria condicionaría que la mayor parte de los caudales del sistema se dirigiesen en dirección Norte, emergiendo por los manantiales de los sectores de Loja y de Rio Frio, y por el de Guaro al Sur. De igual forma, los registros piezométricos en relación con el acuífero del polje de Zafarraya ponen de manifiesto para el acuífero kárstico profundo un flujo subterráneo de componente norte en aguas altas y una divisoria con direcciones hacia el Norte y al Sur en estiaje, todo

ello en el sector occidental del polje.

Las oscilaciones de caudal en relación con el nacimiento de la Fuenfria (1742/4/002) y manantiales adyacentes (4003 y 4001) se relacionan directamente con los períodos de mayor estiaje y extracciones por bombeo, con valores que oscilan entre los 601,6 l/seg del 24-11-81, los 1931,1 l/seg del 23-3-86 y los 906,8 l/seg del 15-9-88.

#### **Acuífero Terciario**

Bajo este apartado se señalan una serie de materiales de pequeña importancia y en general escasa entidad cuya relación con el manantial objeto de estudio carecería de significado. Mencionar en este sentido la eventual importancia de las calcarenitas tortonienses y de los materiales detríticos pliocuaternarios que constituyen acuíferos de permeabilidad aceptable aunque muy condicionados por la superficie de sus afloramientos.

#### **4.- HIDROQUÍMICA**

Agua de baja mineralización (366  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y carácter bicarbonatado-sulfatado cálcico, con valores de pH y Eh en campo de 7,67 y 130 mV.

La naturaleza de la muestra evidencia claramente la asociación del manantial a un medio carbonatado. En efecto, los diagramas de saturación de la Fig. 77 ponen de manifiesto que el agua se encuentra en equilibrio con dolomita, y ligeramente sobresaturada respecto a calcita. Su baja mineralización es probablemente el reflejo de la circulación de tipo kárstico, que unida al carácter estrictamente carbonatado del medio, justifica a su vez la subsaturación en cuarzo reflejada en la mencionada figura.

En lo que respecta a componentes minoritarios y traza, la calidad del agua resulta satisfactoria, hecho que a su vez viene avalado por su empleo habitual en piscicultura.

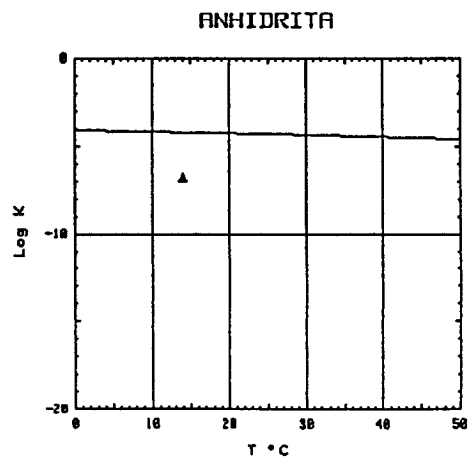
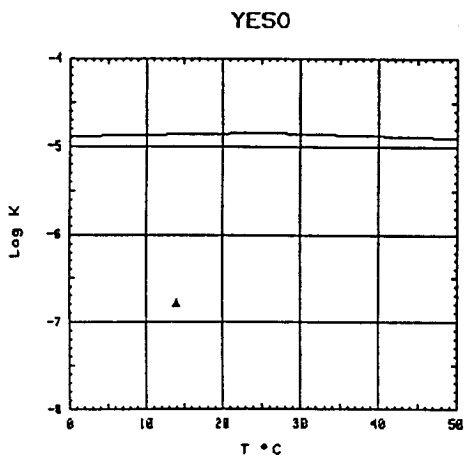
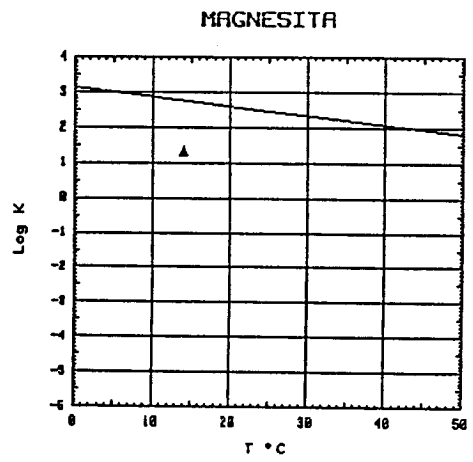
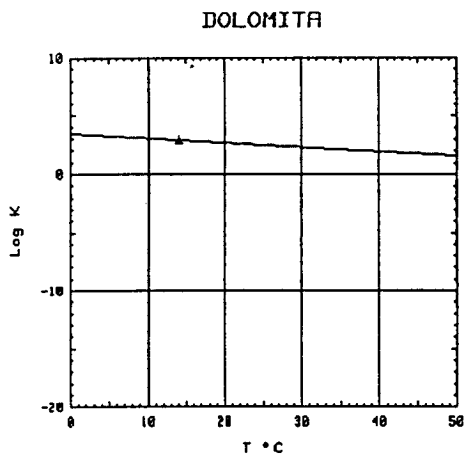
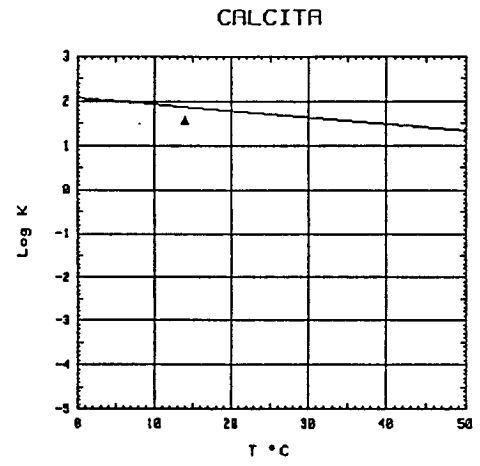
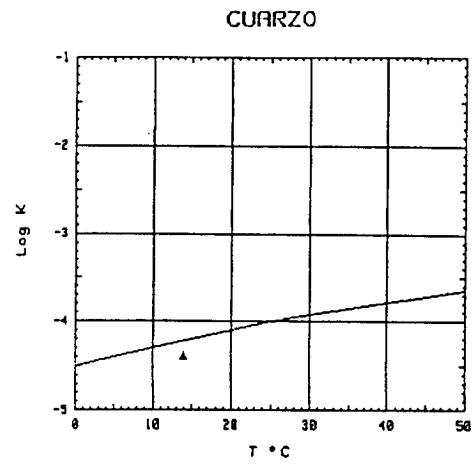


FIG. 77.- DIAGRAMAS DE SATURACION DE FUENFRIA

# ANALISIS QUIMICO

DENOMINACION: FUENERIA  
 FECHA:

TEMPERATURA (°C): 14.0      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 366  
 pH a 14°C: 7.67      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 128  
 pH a 18°C: 7.70      Eh campo (mV): 130

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	79.00	1.295	1.295	47.60
CO3=	-	-	-	-
SO4=	34.00	.354	.708	26.03
Cl-	21.00	.592	.592	21.78
F-	<5.0E-1	.026	.026	.97
NO3-	6.00	.097	.097	3.56
SiO2(H4SiO4)	2.7	.045	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	.01
P2O5	<5.0E-2	.001	.002	.06
TOTAL....	143.260	2.410	2.720	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	6.00	.261	.261	9.01
K+	<5.0E-1	.013	.013	.44
Ca++	33.00	.823	1.647	56.85
Mg++	11.00	.452	.905	31.24
Fe++	.020	0.000	.001	.02
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.25
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	1.92
NH4+	.020	.001	.001	.04
Mn++	.006	0.000	0.000	.01
Pb	.055	0.000	-	-
Zn++	.150	.002	.005	.16
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.05
TOTAL....	51.351	1.580	2.696	

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

CLASIFICACION: BICARBONATADA SULFATADA -- CALCICA

(CO3H+CO3)/Ca =	.786	Cl/Na =	2.270	(SO4*Ca)^1/2 =	1.080
-(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.507	Cl/(Na+K) =	2.164	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	.677
((CO3H)^2*Ca)^1/3 =	1.403	SO4/Ca =	.430	Mg/Ca =	.549
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	.785	SO4/(Ca+Mg) =	.277	Cl/CO3H =	.458

ARCHIVO EN DISCO: MM652 (AMA2-52)

	ppm
R.S. 110°C	232
D.Q.O.	0,9
CN-	-
Cd	<0,001
Cr	<0,005
As	-
Se	-
Hg	-

## 5.- AREA DE PROTECCIÓN

El sistema acuífero de Sierra Gorda representa un notable ejemplo de gran vulnerabilidad a la contaminación, ello representa que a consecuencia de los fenómenos de karstificación, focos que se sitúan a considerable distancia del manantial que nos ocupa representan cierto riesgo a considerar a la hora de una propuesta de área de protección.

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

Dada la gran extensión de la Sierra -260 Km<sup>2</sup>- junto con las características hidrogeológicas de la misma que determinan el funcionamiento de un auténtico karst, la propuesta de área de protección no resulta fácil a consecuencia de los mecanismos de conexión hidráulica entre las tres unidades principales subbéticas, y que origina el que actúen como un único acuífero.

En tal caso como área de protección remota se estima necesario la delimitación de un área que abarque los casi 300 Km<sup>2</sup> de dicho sistema.

Dicha propuesta se efectuaría considerando los principales conjuntos de fracturas que afectan al sistema y la zona de recarga.

Por otra parte, la propuesta de área de protección inmediata se ha efectuado en base a las principales fracturas que afectan directamente al manantial.

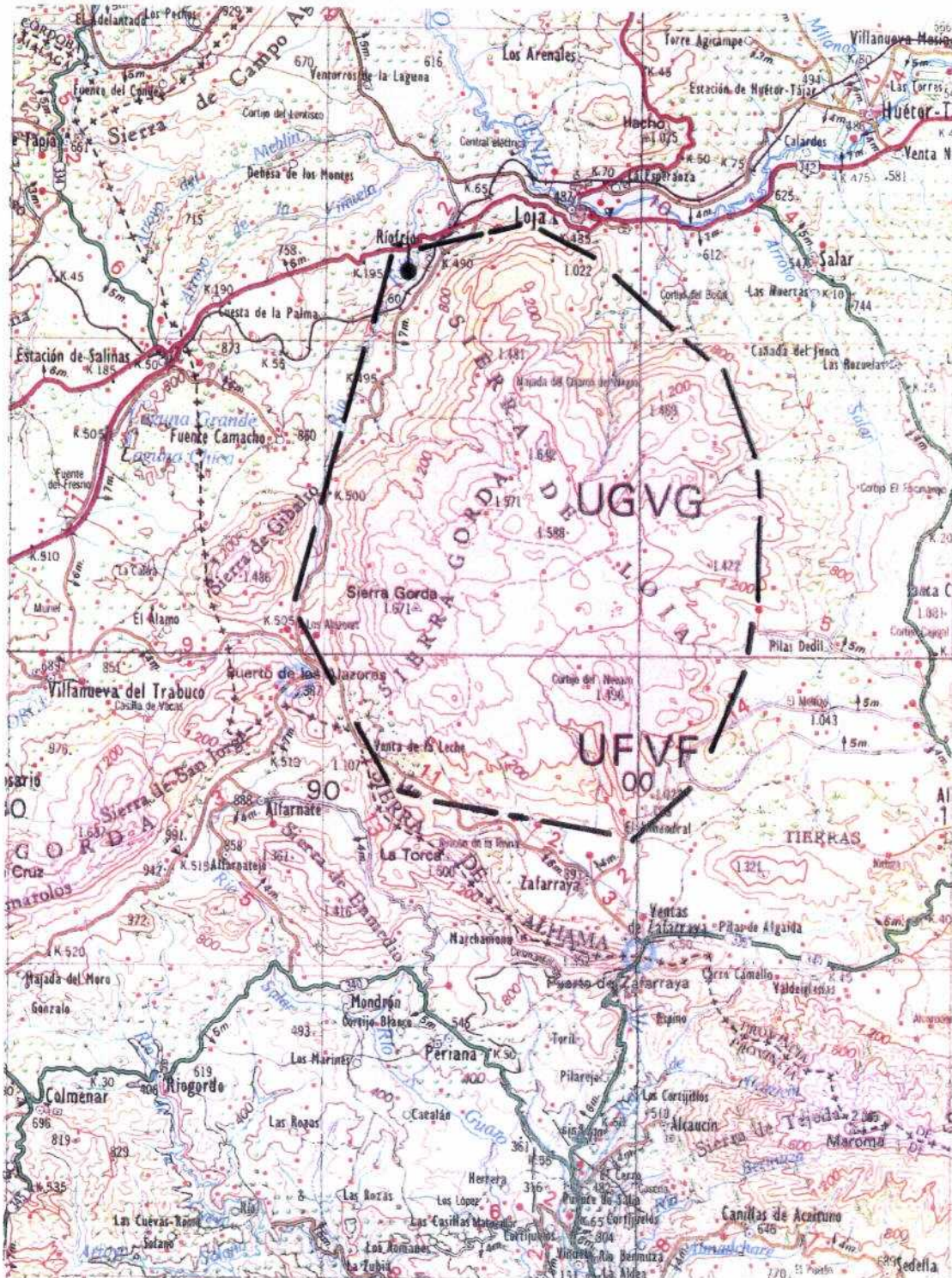
### 5.2.- POSIBLES FOCOS DE CONTAMINACIÓN

Como se dijo anteriormente, constituye un aspecto de considerable importancia. Existen dos tipos principales de mecanismos de contaminación:

- Urbanos.- El asentamiento de grandes núcleos urbanos como Zafarraya, Ventas de Zafarraya y Loja situados sobre parte del





PLANO 23  
FUENFRIA DE LOJA



E/1:200.000

LEYENDA

-  Propuesta de área de protección
-  Manantial



acuifero kárstico, suponen un peligro potencial de contaminación como consecuencia de los vertidos incontrolados derivados de los residuos urbanos líquidos y sólidos.

- Agrícolas. - Constituye un factor a tener en consideración especialmente en el área del polje de Zafarraya donde la actividad en este sentido representa un recurso de gran tradición. De hecho se han detectado concentraciones bacteriológicas superiores a lo normal.

Por otra parte el uso descontrolado de abonos orgánicos en este sector puede determinar el que aparezcan concentraciones de nitratos superiores a los límites tolerados, al actuar dicha morfología como auténtico sumidero.

Para finalizar y como dato representativo habría que señalar las extracciones por bombeo que constituyen el  $1\text{Hm}^3/\text{año}$  del sistema.

## 6.- BIBLIOGRAFÍA

- Delgado, S. (1973).- "Estudio hidrogeológico del karst de Sierra Gorda (Granada)". Tesis Lic. Univ. de Granada 165 p. 1 mapa.
- ITGE (1976).- "Manantiales de Sierra Gorda".
- ITGE (1983).- "Investigación hidrogeológica de la Cuenca Sur de España, sector occidental".
- ITGE.- "Control hidrométrico de manantiales".
- ITGE (1988).- Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (1025) 18-42 -Loja- y (1024) 17-42 -Archidona-.

- Vera, J.A. (1966).- "Estudio geológico de la zona subbética en la transversal de Loja y sectores adyacentes". Tesis Univ. Granada (Hem. Inst. Geol. Min. Esp. Tomo-72, 192 pags. (1969)).

MANANTIALES DE LANJARÓN

## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1.- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS HISTÓRICOS

Los manantiales minero-medicinales que surgen en las inmediaciones del núcleo de Lanjarón están situados en su mayoría a pié de la falda meridional de la loma de "La Bordaila", delimitada por el Barranco del Salado al Oeste y el río Lanjarón al Este, que recogen las aguas de la vertiente Sur-Occidental de Sierra Nevada.

Se encuentran ubicados dentro de la hoja topográfica a escala 1:50.000, denominada LANJARÓN (nº 2043) del Mapa Geográfico Nacional. La altitud del núcleo de Lanjarón es de 650 m.s.n.m.

El empleo de estas aguas data al menos del tiempo de la dominación árabe, si bien hay que destacar que en 1774 comenzó a ser utilizado el manantial denominado Capilla. En 1792 se descubre el manantial Capuchina. Desde 1800 son conocidos Salud y Baño y desde 1924 se utiliza también Gómez (o San Vicente). Con motivo de un corrimiento desapareció temporalmente Capilla y se descubrió el manantial que lleva el nombre de San Antonio. Todos estos manantiales gozaron siempre de gran renombre.

Los análisis más antiguos de que dispone Aguas de Lanjarón, S.A. (ALSA), son de Ponce de León, catedrático de la Universidad de Granada, realizados en 1822. Posteriormente estas aguas han sido analizadas en diversos estudios y tesis doctorales.

El prestigio de los manantiales hace que el balneario se inscriba pronto entre los que poseen una dirección facultativa. Ya en 1835 el agua se bebe in situ y se exporta en grandes cantidades. En 1853 se dispone de un edificio de baños con cinco departamentos.

En el tratado de Elementos de Hidrología Médica de Enrique Doz Gómez y Arturo Builla Alegre de 1887 se describen los manantiales de Lanjarón, citando siete veneros el del Baño o Salado con 30,2°C y 80 l/m los de Capuchina y Capilla de 20°C y 6 y 8 l/m respectivamente, el de San Antonio de 19°C y 10 l/m, el de Salud de 18°C y 16 l/m, el de Gómez de 17°C y 10 l/m y el de Julia de 16,25°C y 8 l/m. Las aguas son claras, de sabor aspero y picante, desprenden burbujas y hacen espuma cuando se agitan en una botella. Contienen éstas ácido carbónico, y aire atmosférico, sulfato de cal, cloruro de calcio, potasio, sodio y magnesio, carbonatos de cal y de magnesia, fosfato tricálcico, peróxido de hierro, óxido de manganeso, ácido selénico, sílice y alúmina. Se clasifican como ferruginosas con abundantes cloruros las aguas de Baño, Capuchina, Capilla y San Antón y como bicarbonatadas cálcicas, las de la Salud, Gómez y Julia. Se usa en bebidas y baños. La instalación es mala y la temporada de 1º de Junio a 30 de Septiembre.

En el nº 104 de la Gaceta de Madrid (14 de Abril de 1868) se publica la resolución de la Dirección General de Beneficiencia y Sanidad relativa a la Catalogación y Registro de Aguas Subterráneas en lo que se hace constar que el Balneario de Lanjarón había obtenido la Declaración de Utilidad Pública.

El balneario de Lanjarón y sus aguas son incluidas en la relación de manantiales declarados de utilidad pública en 1928 en la Gaceta de Madrid, por decreto 4 de Abril de dicho año.

También siempre aparece referenciado en las relaciones del Instituto Geológico y Minero de España de 1913-1947 y en la última de 1986.

En 1968 ALSA solicitó la tramitación de las concesiones de

explotación para aguas minero-medicinales "Lanjarón I" y "Lanjarón II" de 979 y 352 hectáreas respectivamente (Jordana 1968), incluyendo un total de cuarenta y dos manantiales. Previa la tramitación necesaria y una vez informado por el Instituto Geológico y Minero de España, el Consejo Superior del Ministerio de Industria y la Dirección General de Minas, que declaraba la minero-medicinalidad de 20 manantiales de Lanjarón I y de los 6 de Lanjarón II.

El Instituto Tecnológico y GeoMinero de España y la Junta de Andalucía han realizado periódicos y diversos análisis (Aguas de Lanjarón 1972) de las aguas de los manantiales y Rafael Fernández Rubio en 1981 efectuó un informe sobre la "Investigación Hidrogeológica del Sector de Lanjarón" justificando el perímetro de protección que ALSA tenía solicitado.

El ITGE (antiguo Instituto Geológico y Minero de España) dentro del Convenio con la Empresa Nacional ADARO, para el desarrollo de trabajos de Investigación Geotérmica, dentro del programa 234 (año 1984), realiza un estudio Geológico-Geotérmico de la Depresión de Granada y Area de Lanjarón.

Recientemente, la propia empresa Aguas de Lanjarón, realiza un trabajo titulado "Justificación Hidrogeológica del Perímetro de Protección de los Manantiales de Lanjarón" de José Luis Hervás (Abril de 1989), en donde además de resumir lo anteriormente publicado por autores diversos, actualiza el inventario de puntos de agua y elabora el esquema hidrogeológico de los diferentes manantiales, justificando el emplazamiento de dimensiones de polígono de protección solicitado a la Junta de Andalucía. Dicho informe ha servido de base para la realización de este trabajo.

Actualmente Lanjarón sigue teniendo la doble utilidad como agua envasada, así como uso terapéutico (balneario) en épocas estacionales. Tanto uno como otro se encuentra en un período de auge.

## 2.- RASGOS GEOLÓGICOS

En el informe antes mencionado de Aguas de Lanjarón de 1989 se presenta una cartografía geológica del área de estudio a escala 1:5.000, reconociendo un total de 15 formaciones geológicas y conjuntos litológicos con características propias, destacando la banda metasomatizada de los materiales que componen el plano de cabalgamiento del Complejo Alpujárride sobre el complejo Nevado-Filábride, factor esencial sobre el que recae las variaciones de calidad química del agua en la zona de Lanjarón.

En el sector Suroccidental de Sierra Nevada afloran materiales de la zona interna de las Cordilleras Béticas, pertenecientes a los dominios Nevado-Filábride, Alpujárride, así como a terrenos postorogénicos, (Fig. 78) cuya descripción resumida es la siguiente:

### Materiales Preorogénicos

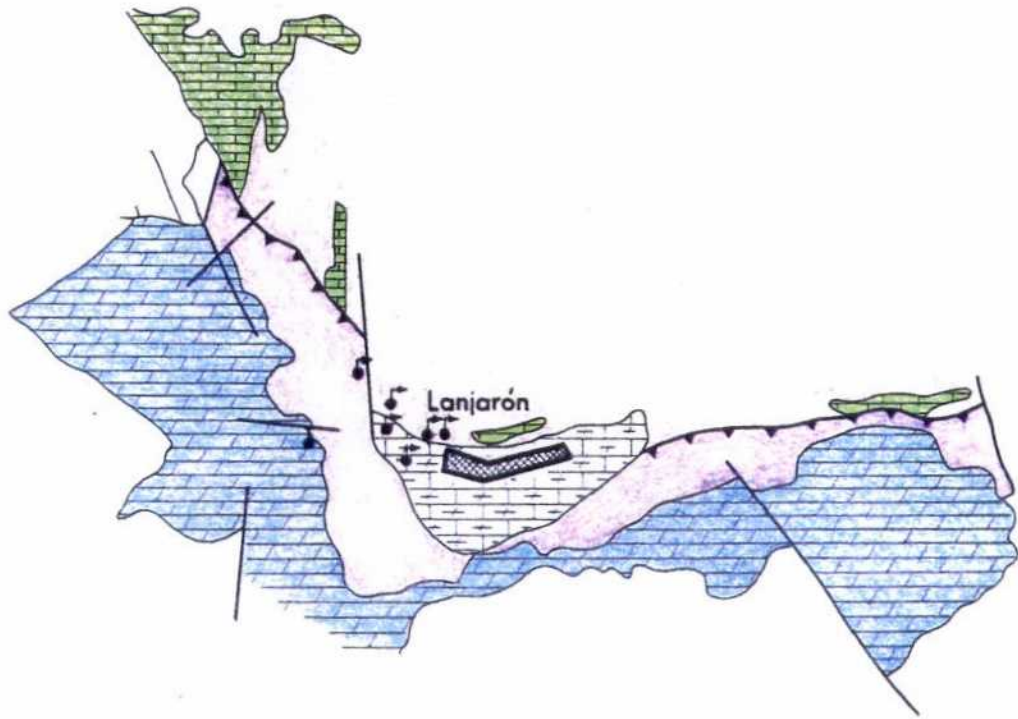
El Complejo de Sierra Nevada está integrado principalmente por los mantos del Veleta y Mulhacén.

El Manto del Veleta (Unidad de Peña Caballera), la unidad estructuralmente más profunda está compuesta por una potente serie (2000 m) de micasquistos grafitosos (feldespáticos, biotíticos, granatíferos o con cloritoide) entre los que se intercalan niveles de cuarcitas y anfibolitas.

El Manto del Mulhacén se superpone al anterior y su litología es bastante variada. Está integrado por las Unidades de Soportújar y Lanjarón, más la formación de mármoles conglomeráticos y metacineritas situada entre ambas. En la unidad de Soportújar predominan micasquistos de diferentes tipos y su potencia es del orden de 350 m. La Unidad de Lanjarón presenta una formación inferior de micasquistos epidóticos, de 150-120 m de potencia, a la que se superpone una alternancia de micasquistos, mármoles cipolínicos y gneises. La principal característica de esta unidad es que tanto mármoles como gneises pueden alcanzar

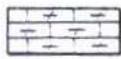
# MANANTIALES DE LANJARÓN

## PLANO GEOLOGICO



4.089.000

4.085.000



Travertino.....CUATERNARIO

**COMPLEJO ALPUJARRIDE**

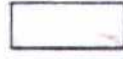


Dolomías..... TRIAS



Filitas y cuarcitas..... PERMOTRIAS

**COMPLEJO NEVADO-FILABRIDE**



Esquistos..... PALEOZOICO



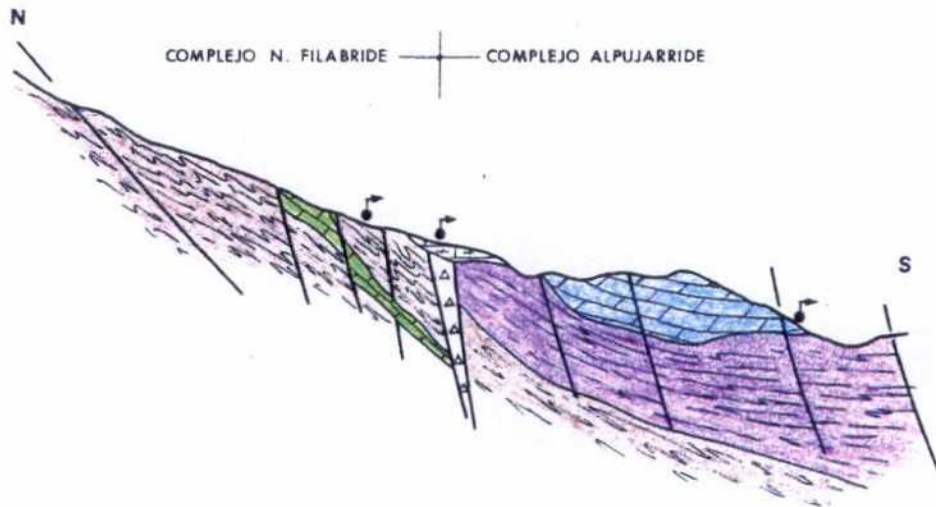
Mármoles..... TRIAS

455.000

459.000

ESCALA 1:50.000

## CORTE ESQUEMATICO



COMPLEJO N. FILABRIDE — COMPLEJO ALPUJARRIDE



potencias del orden del centenar de metros.

Una formación de mármoles conglomeráticos con yeso marca, localmente, la transición del Complejo de Sierra Nevada al Complejo Alpujarride. Se trata de una formación discontinua y de poco espesor, constituida por un conglomerado de matriz carbonatada y cantos metamórficos con yeso intersticial que localmente puede ser más abundante.

Sobre el Complejo de Sierra Nevada afloran un serie de unidades tectónicas superpuestas con carácter de manto de corrimiento que constituyen el Complejo Alpujarride. Cada unidad Alpujarride comprende, en general, dos formaciones litoestratigráficas bien definidas; la Inferior, de tipo pelítico-psammítico, está formada por micasquistos filitas y cuarcitas, atribuidas al Paleozóico y Permo-Werfeniense respectivamente; su potencia es muy variable, según los puntos, a consecuencia de importantes laminaciones tectónicas. La Formación Superior la constituyen un paquete carbonatado calizo-dolomítico del Triás Medio-Superior. En ocasiones la transición entre las formaciones anteriores se efectúa mediante niveles de calcoesquistos que pueden contener yeso.

En el sector de Lanjarón, Aldaya (1969), definió varios mantos, a los que asignó nombres locales y que de abajo a arriba son: Lújar, Cástaras, Alcázar y Murtas.

### Materiales Postorogénicos

Los materiales postorogénicos de edad Cuaternaria diferenciados en la mencionada cartografía son muy variados. Se trata básicamente de derrubios de ladera, suelos y travertinos y rocas asociadas, originados por la erosión y depósito de los materiales de los complejos tectónicos y por la actividad hidrotermal consecuente de la circulación de agua subterránea por la zona de contacto existente entre los dos grandes complejos.

La formación de Travertinos de Lanjarón, por su situación y

origen, conviene destacar. Es una formación originada por la actividad hidrotermal del contacto entre los dos grandes complejos, Alpujárride y Nevado-Filábride. El pueblo de Lanjarón se asienta sobre esta formación y se extiende hasta el río Lanjarón y el curso bajo del Salado. El travertino es una roca carbonatada originada por precipitación de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , sobre ramas y tallos de plantas herbáceas y arbustos predominantemente, de ello resulta una típica estructura oquerosa (tobácea) y tubular. Son muy frecuentes unas estructuras organo-sedimentarias, laminadas, llamadas estromatolitos. Su espesor puede alcanzar más de 150 metros y presenta localmente mineralizaciones de óxido de hierro y manganeso además de cantidades significativas de estroncio, bario, cobre y cinc.

Desde el punto de vista tectónico la zona de estudio se sitúa sobre y alrededor del contacto entre los dos conjuntos geológicos mayores de las Zonas Internas de las Cordilleras Béticas: los complejos Nevado-Filábride y Alpujárride. El primero ocupa la posición tectónica inferior, está exclusivamente formado, como se ha visto más arriba, por rocas metamórficas y aflora por encima del pueblo en las estribaciones de Sierra Nevada. El segundo reposa sobre el anterior, está constituido por esquistos y filitas, por rocas carbonatadas, aflora ampliamente al Sur del pueblo de Lanjarón y aparece subdividido en diversas unidades tectónicas con rango de mantos de corrimiento.

Sierra Nevada forma un gran anticlinal de gran radio de dirección N-80-90-E, y precisamente el área de Lanjarón coincide con el cierre periclinal en el sector Sur-occidental. Ello determina que los distintos afloramientos de materiales y sus buzamientos tienden a describir una orla alrededor de un núcleo central, que se corresponde precisamente con los materiales nevado-filábrides de la Loma de Lanjarón.

A lo largo del barranco del Salado se reconoce el contacto entre el Nevado Filábride y el Alpujárride, pero que a lo largo del pueblo el depósito de travertinos cubre dicho contacto. Según el referido informe de ALSA, dicho contacto se puede dibujar su traza debido a dos hechos fundamentales: la aparición de travertinos, cuya génesis está ligada a la actividad hidrotermal de la misma falla y por la aparición de manantiales

de calidad de agua diferente a los existentes en cotas más altas, llegándose a cartografiar una banda o zona de falla abarcando desde la planta de envasado hasta el río Lanjarón y esta zona de falla se encuentra retocada por numerosas fallas de plano próximo a la vertical.

Las instalaciones de ALSA se ubican precisamente en el punto de confluencia de dos zonas de falla, una de dirección E-O, que discurre oculta por el pueblo y surge más al E, por el borde Sur de la Loma de Cañar, separando Alpujárrides de Nevado Filábrides, y otra de dirección NNO-SSE asociada a diversas fallas menores que separa a estos mismos complejos en el curso y al O del barranco del Salado. Las direcciones de fracturas y diaclasas más frecuentes son el sistema NO-SE; N-40-50-E y N-135-140-E.

### 3.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

En el Complejo Nevado-Filábride, la fracturación de los materiales metamórficos es el condicionante principal para que pueda producirse circulación de agua a través de estos materiales y al tratarse de un área intensamente tectonizada por el apilamiento de mantos de corrimiento y por ser la zona de cota más baja de todo el entorno es justificable la presencia de numerosos puntos de agua que existen en el área de Lanjarón.

Las aguas que circulan a favor de las discontinuidades estructurales localizan la mayor parte de sus surgencias en las proximidades del contacto entre el Nevado-Filábride y Alpujárride, tanto a lo largo del Arroyo Salado (dirección N-10° O) como en el entorno del pueblo y en su cruce con el río Lanjarón.

En el informe hidrogeológico de ALSA, se han definido tres acuíferos, entendiendo como acuífero aquel conjunto litológico o tectónico que posibilita una circulación de agua en unas determinadas condiciones y con una calidad química resultante de la litología de los terrenos que el agua atraviesa:

- **Acuífero Lanjarón:** encaja en los micasquistos del Conjunto Nevado-Filábride.
- **Acuífero Contacto:** encaja en la zona brechificada, contacto de manto de corrimiento entre los dos Complejos definidos (C.N.F. y C.A.).
- **Acuífero Carbonatado:** encaja en las calizas y dolomías del Complejo Alpujárride.

### 3.1.- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

#### Acuífero Lanjarón

Está constituido por los micasquistos de los mantos Mulhacén y Veleta y esporádicamente por niveles de gneises y mármoles que se encuentran intercalados en el manto del Mulhacén.

La circulación de agua en este acuífero, tiene lugar a partir del agua de lluvia y nieve, desde la zona de cabecera o zona de alimentación y se infiltra a través de los suelos y derrubios, de modo que llegan a los planos abiertos de los micasquistos, descendiendo por gravedad hasta llegar a las zonas donde estos esquistos se encuentran cerrados. A partir de aquí intentará continuar por planos abiertos hasta que una pantalla impermeable, o cambio de pendiente del terreno, favorezca la salida del agua en manantial. Estos puntos son: la zona de contacto entre los dos complejos y las pendientes vertientes de los barrancos Salado, Peralta y río Lanjarón.

Teniendo en cuenta la precipitación media de 700 l/m<sup>2</sup> para toda la cuenca, se obtienen unos recursos medios de 120 l/s continuos. Este caudal es superior al caudal suma de los manantiales del acuífero Lanjarón, suponiendo que parte de este caudal se drena directamente al río Lanjarón a través de travertino en la zona central del pueblo, área no visible a la salida de manantiales.

Desde el punto de vista químico, hay que destacar la magnífica calidad del agua del acuífero, sobre todo en la zona alta. Cuando la calidad del agua varía, puede estar originada por la mezcla con aguas cerca del acuífero Contacto, aumentando el contenido iónico del agua.

### Acuífero Contacto

Se denomina acuífero Contacto a la zona de falla entre los Complejos Nevado-Filábride y Alpujárride que debido al rozamiento producido en el cabalgamiento de un complejo sobre otro se ha producido una rotura y brechificación de los materiales afectados. Como consecuencia de todo ello el conjunto de materiales de la zona de falla, con un espesor máximo de 100 metros, posee una permeabilidad de grado bajo, permitiendo la circulación del agua a través de esta zona.

El acuífero estará limitado al Sur por las filitas del Complejo Alpujárride, las cuales son impermeables y al Norte por los micasquistos poco fisurados, que actúan también de sello impermeable. La traza de la falla está comprendida desde el barraco del Salado, área del núcleo de población hasta el río Lanjarón, pasando al Este hacia la loma de Cañar, siendo el área de Lanjarón la zona de drenaje del acuífero, como área de cota más baja dentro del contacto.

La zona de recarga del acuífero es la propia zona de falla y los surcos de agua que lo atraviesan como el río Salado y el agua infiltrada recorre un camino preferencial, a través de la falla, bastante profunda que trae consigo una mayor temperatura que la normal un enriquecimiento químico y presencia constante de CO<sub>2</sub> que confiere al agua un pH y un sabor especial.

El caudal conjunto del grupo de manantiales del acuífero de Contacto es de 10-15 l/s que serían los recursos actuales de este acuífero.

### Acuífero Carbonatado

La serie de rocas carbonatadas, calizas y dolomías triásicas pertenecientes al Complejo Alpujarride, situadas al Oeste y Sur de Lanjarón, forman acuíferos, dada su permeabilidad, por fracturación y diaclasamiento de las mismas. Generalmente se presentan en bloques aislados, cuyo sustrato lo forman las filitas impermeables, que permiten la existencia de manantiales de contacto, tales como Albercón, Escolta, Pedro Calvo y Las Adelfas. Desde el punto de vista químico son aguas bicarbonatadas cálcico-magnésicas, propias de agua circulantes en rocas carbonatadas.

Con este criterio y definición de acuíferos anterior y atendiendo también a la calidad química, todos los puntos de Lanjarón se pueden clasificar del siguiente modo:

#### 1.- Aguas de mineralización DÉBIL, frías. (Acuífero Lanjarón).

- |                      |                                          |
|----------------------|------------------------------------------|
| - Forestal nº 3      | - Las Calenturas                         |
| - Forestal nº 2      | - San Roque                              |
| - Salado nº 2        | - Rondal                                 |
| - Salado nº 3        | - Fuente Fernando                        |
| - Salado nº 4        | - Pepe Reyes                             |
| - Salado nº 6        | - Pepe Reyes 2                           |
| - Río Salado nº 2    | - Agustín                                |
| - Salado nº 8        | - Saladillo                              |
| - Salado nº 12       | - S. Vicente (o Gómez) - Muestra de agua |
| - Salado nº 9        | - Vecinal ?                              |
| - Río Salado dique 8 | - Los Galindos                           |
| - Salado 10          | - Salado                                 |
| - Salado 11          | - Compimpo                               |
| - Río Peralta        | - Pascasio                               |
| - Río Salado nº 3    | - Canete                                 |
| - Hoyuela            | - La Teja                                |
| - Palegre            | - Algarra                                |
| - P. Alegre nº 2     | - Justo Caba                             |
| - P. Alegre nº 4     | - Nicasio (o Salud-5) - Muestra de agua  |
| - P. Alegre nº 3     | - La Mina                                |
| - P. Alegre nº 1     | - Salud 19                               |
| - Pedro Calvo        | - Salud 20                               |
| - Fuente Peralta     | - Salud 21                               |
| - Agudo              | - Salud 12                               |
| - Custodio           | - Salud 26                               |
| - Pozo               | - Salud 27                               |
| - Burranegra         | - Salud 28                               |
| - Higuitos           | - Salud 4                                |

- Gallombar
- Mariano
- Forestal nº 1
- Papa Benito
- Acequia Secarta
- Laeros
- Salud 13
- Salud 9
- Cerecillo 2
- La Lastra
- Picana
- Cerecillo

2.- Aguas de mineralización MEDIA, ligeramente CLORURADAS, frías (Acuífero Lanjarón).

- Salado 13
- Fuente del Río
- Fuente baja
- Salud 17
- Salud 16
- Salud 22
- Salud 23
- S. Pedro
- Salud 1 (o Fonte Forte)\*
- Salud 15
- Salud 3
- Salud 31
- Pereira
- Río Salado
- Río Lanajarón
- Lanjarón nº 1
- Capilla (o Salud-2) - Muestra de agua
- Salud 18
- Salud 6
- Salud 7
- Salud 25
- Salud 29
- Salud 14
- Salud 2
- Salud 30
- Salud 10
- Nave PET

\* Muestra de agua

3.- Aguas de mineralización FUERTE, CLORURADAS, FERRUGINOSAS, BICARBONATADAS SÓDICO-CÁLCICAS. (Acuífero Contacto).

- Baño nº 2 - Muestra de agua
- Baño nº 1
- Salado nº 1
- Capuchina-Lanjarón
- Ferruginosa Lanjarón
- Hotel Parque
- Capuchina
- Capuchina 2 - Muestra de agua

4.- Aguas de mineralización MEDIA, BICARBONATADAS CÁLCICAS, MAGNÉSICAS. (Acuífero Carbonatado).

- Parrales
- Albercón nº 1
- Albercón nº 2
- Escolta 1
- Escolta 2
- Las Adelfas - Muestra de agua.

Dentro del total de puntos de los manantiales de Lanjarón se

consideró necesario y suficiente para el informe que nos ocupa tomar como más representativos a siete de los más de 100 puntos inventariados y que en la relación anterior aparecen indicados con muestras de agua tomada.

#### Aguas balnearios

- San Vicente o Gómez: acuífero Lanjarón, tiene manantial y sondeo y se utiliza como bebida.
- Capilla o Salud 2: acuífero Lanjarón, agua mezcla y uso de bebida.
- Baños: acuífero Contacto, agua mezcla y utilizado para baños terapéuticos.
- Capuchina 3: acuífero Contacto, mineralización fuerte y utilizado para bebida.

#### Aguas embotelladas

- Salud 5 Micasio: manantial y sondeos. Acuífero Lanjarón.
- Salud 1 o Fonte Forte: acuífero Lanjarón con mezcla. Agua con gas.

#### Otros

- Manantial Las Adelfas: acuífero carbonatado, no comunitario. Propiedad del Ayuntamiento.

#### 4.- CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS

Hasta el presente se han realizado diversos estudios acerca de las características hidrogeoquímicas de los manantiales de Lanjarón (ver bibliografía). El informe ITGE-1986 recoge los resultados analíticos publicados por Rodríguez, Velilla y Fernández Rubio (1981), y que se reflejan en la tabla 1. La clasificación de aguas elaborada en el citado informe distingue tres grupos diferenciados, que a su vez se representan en el diagrama de Piper de la fig. 79.



TABLA 1

	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	SI	Al	Sr	Ba	Fa	Cr	Mn	Pb	Zn	LI	Cu	Residuo seco	Conduc-tividad	pH	T° C
1 CAPUCHINA-A	8531,0	627,1	1037,2	3755,9	349,0	209,1	1583,2	38,2	1,00	48,70	1,10	25	0,08	2,50	0,20	0,07	19,00	0,20	18363	25460	6,2	20,7
2 CAPUCHINA-B	7530,0	610,0	2020,0	3620,0	410,0	216,0	1680,0	35,0		43,10	0,80	25	0,08	1,68	0,12	0,03			17200	21050	6,0	20,6
3 BAÑOS	2307,5	148,9	852,5	731,6	106,7	76,6	451,6	37,0	0,50	17,42	0,31	22	0,02	2,00	0,22	0,03	5,00	0,04	5902	9530	5,8	26,5
4 FERRUCINOSO II	1633,0	84,3	414,8	786,1	140,0	51,7	321,8	40,3	0,30	25,60	0,56	20	0,04	1,10	0,07	0,02	3,00	0,10	4112	5320	6,8	23,1
5 CAPUCHINA RIO LJA	2220,1	73,2	366,2	1152,4	70,1	37,1	294,4	16,1	0,60	37,20	0,60	20	0,06	1,46	0,20	0,02	3,00	0,03	3524	4450	5,9	
6 SAN PEDRO	319,5	58,2	305,1	144,9	15,9	29,4	123,3	14,4	0,50	2,77	0,08		0,03	0,21	0,03	0,02	0,60	0,03	1112	1210	5,6	18,7
7 SALUD II	284,0	69,9	305,0	131,1	14,3	27,5	122,4	15,8	0,06	2,63	0,30	1	0,02	0,12	0,06	0,01	0,60	0,01	318	1260	5,6	19,3
8 NAVE	104,0	60,0	198,0	60,0	4,0	20,0	69,0	12,9		1,05	0,03		-	0,02		-			705	1010	6,0	
9 CAPILLA	170,4	33,7	244,1	105,1	8,4	21,1	64,1	13,4	0,30	0,90	0,08	9	-	1,00	0,04	0,02	0,30	0,01	545	710	5,3	19,4
10 SALUD I	118,2	94,6	244,0	94,1	9,4	19,8	74,7	12,4	0,04	1,57	0,08		-	0,02	0,03	0,01	0,30	0,02	521	650	6,5	
11 LAS ADCLFAS	24,8	88,0	366,0	23,0	3,0	59,4	52,4	8,1	0,20	0,48	0,06		1	0,03	0,02	1	-	0,01	486	460	7,3	16,7
12 NUEVOS II	70,0	60,0	185,0	20,0	3,5	20,0	80,0	12,0		0,75	0,09		0,02	0,09		-			410	760	6,0	18,2
13 FTE. DEL RIO	7,0	37,5	335,1	18,2	3,0	47,1	67,1	8,0	0,40	0,90	0,05		-	0,06	0,01	0,07	0,07	0,03	454	590	7,1	18,3
14 JIMENEZ II	94,0	40,0	168,0	17,0	3,0	18,0	56,0	11,8		1,05	1	1	-	0,10		0,02			355	640	6,9	18,4
15 NUEVOS I	18,0	40,0	106,0	12,0	2,0	12,0	54,0	10,1		0,50	0,06	1	-	-		0,01			352	580	6,6	18,0
16 NOYUELA	10,6	106,1	122,0	20,1	1,5	17,4	44,7	8,7	0,10	0,15	0,03		1	0,10	0,02	0,01	0,01	0,02	322	430	6,7	15,3
17 FORESTAL II	10,6	74,0	184,0	41,0	3,2	14,6	38,8	9,5	0,10	0,44	0,03		-	0,05	0,01	-	0,02	1	282	380	6,6	17,3
18 JIMENEZ I	42,0	30,0	151,0	13,0	1,5	16,0	44,0	10,6		0,52	0,03		-	0,05		0,01			274	460	6,9	18,3
19 DEPOSITO BANO	22,0	31,0	220,0	12,0	0,6	14,0	80,0	7,9		0,33	0,23		-	0,03		0,01			248	475	6,9	
20 JOSE REYES	14,2	22,6	152,5	25,3	0,8	10,2	29,3	8,3	0,20	0,07	0,03		1	0,03	0,02	-	-	1	212	210	6,5	15,1
21 SAN VICENTE	21,3	29,0	122,0	13,0	1,2	10,9	34,4	8,5	0,06	0,13	1		-	0,03	0,01	0,01	0,04	0,01	190	250	5,8	17,1
22 PISTA TENIS	11,0	25,0	114,0	12,0	1,0	12,0	30,0	8,5		0,10	0,06		-	0,03		-			198	320	7,0	
23 BIQUE B	9,0	80,0	96,0	8,0	1,1	11,0	58,0	10,6		0,08	1		-	0,18		-			184	320	6,9	17,7
24 ESTE GOMEZ	14,2	30,4	152,5	4,0	0,8	11,1	32,9	8,1	0,10	0,12	0,03	1	1	0,03	0,01	-	-	1	176	250	5,9	16,5
25 FTE. PERDIDA	15,0	12,0	120,0	12,0	0,6	9,0	50,0	8,3		0,15	0,06		-	-		0,01			171	310	6,9	16,6
26 NICASIO	10,6	32,9	152,5	27,6	0,6	8,9	31,2	7,9	0,30	0,09	0,05		0,01	0,02	0,01	0,02	-	1	154	180	7,9	16,1
27 F. RODRIGUEZ	12,0	17,0	102,0	12,0	0,8	10,0	48,0	7,7		0,08	0,03	1	-	0,03		0,01			146	260	6,3	16,5
28 C. FORESTAL	14,0	12,0	105,0	12,0	1,5	9,0	46,0	8,8		0,11	1		-	-		0,01			138	250	7,0	16,4

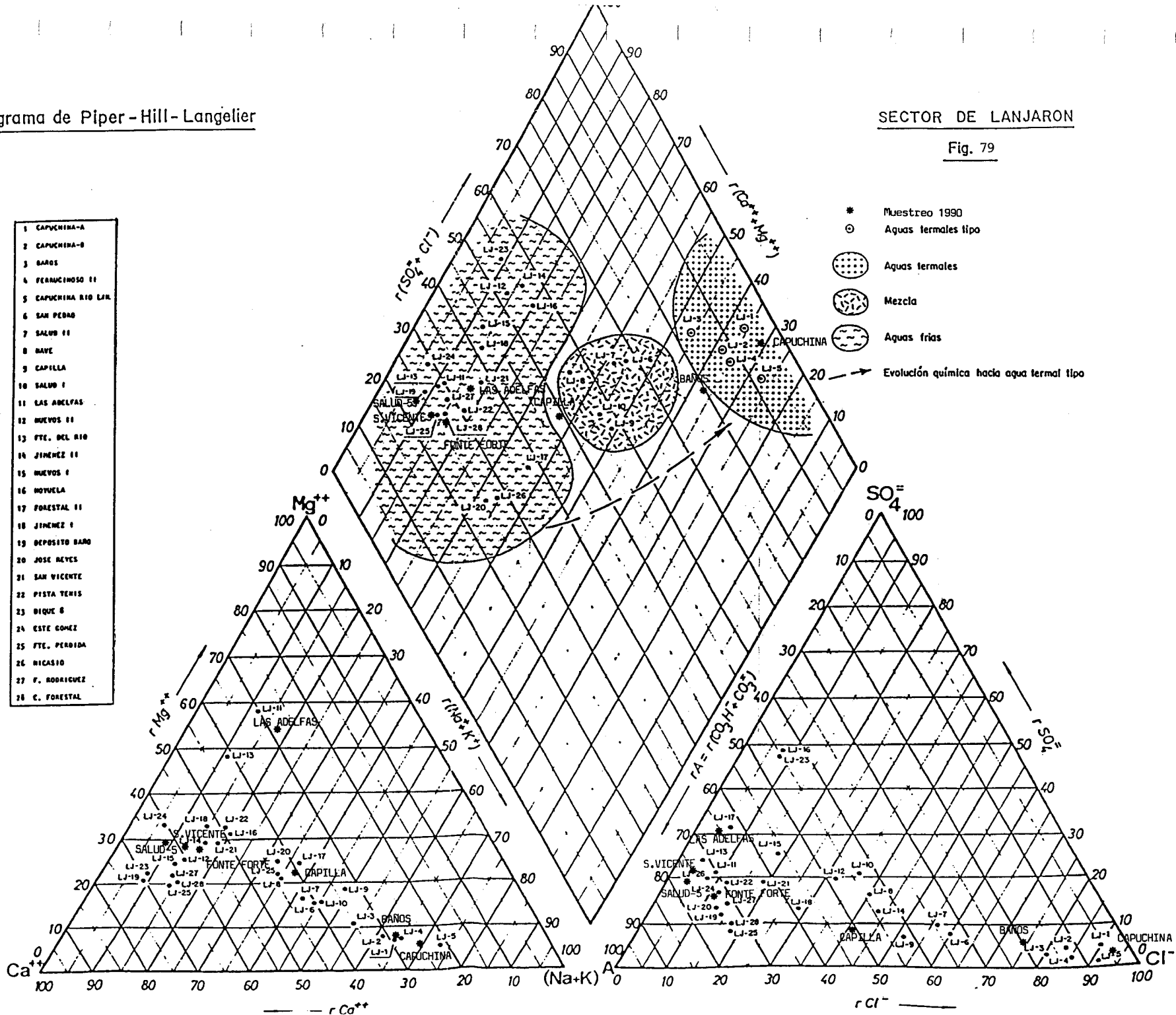
Composición química expresada en mg/l  
 Conductividad expresada en  $\mu$ mb/cm

Diagrama de Piper - Hill - Langelier

SECTOR DE LANJARON

Fig. 79

- 1 CAPUCHINA-A
- 2 CAPUCHINA-B
- 3 BARGO
- 4 FERRUCINOSO II
- 5 CAPUCHINA RIO LAN.
- 6 SAN PEDRO
- 7 SALUD II
- 8 BAVE
- 9 CAPILLA
- 10 SALUD I
- 11 LAS ADELFA
- 12 NUEVOS II
- 13 FTE. DEL RIO
- 14 JIMENEZ II
- 15 NUEVOS I
- 16 MOTUELA
- 17 FORESTAL II
- 18 JIMENEZ I
- 19 DEPOSITO BARGO
- 20 JOSE REYES
- 21 SAN VICENTE
- 22 PISTA TENIS
- 23 BIQUE B
- 24 ESTE GOMEZ
- 25 FTE. PERUIDA
- 26 NICASIO
- 27 F. RODRIGUEZ
- 28 C. FORESTAL



- \* Muestreo 1990
- ⊙ Aguas termales tipo
- ⊙ Aguas termales
- ⊙ Mezcla
- ⊙ Aguas frías
- Evolución química hacia agua termal tipo

- A. Aguas termales, con temperatura de surgencia entre 20° y 30°C, altamente mineralizada (3600-19000 ppm), de facies clorurada-sódica (manantiales 1 al 5 de la tabla 1).
- B. Aguas frías, con temperaturas de surgencia entre 15° y 18°C, poco mineralizadas (menos de 500 ppm) y de facies bicarbonatada o, más raramente, sulfatada, fundamentalmente cálcica (manantiales 18-28).
- C. Aguas de características intermedias, con temperaturas de surgencia entre 18° y 20°C, mineralización entre 500 y 1100 ppm y facies bicarbonatada o clorurada, que corresponden a mezclas de los dos grupos precedentes (manantiales 6-10).

En términos generales existe correspondencia entre estos grupos y los expuestos en el apartado precedente, estos últimos obtenidos a partir del informe de ALSA (1989) anteriormente citado. En concreto el grupo A de aguas termales comprende los manantiales pertenecientes al acuífero Contacto; el grupo B corresponde a las aguas frías y de mineralización débil del acuífero Lanjarón; y el C a las de mineralización media ligeramente cloruradas también del acuífero Lanjarón. Los restantes puntos de la tabla 1 se incluyen en el denominado acuífero Carbonatado.

En principio, los manantiales muestreados en la presente campaña, cuyos análisis se recogen en el Anexo 1 de este capítulo, se distribuyen entre estos cuatro grupos:

Grupo 1.- Salud-5 (Nicasio) y San Vicente.

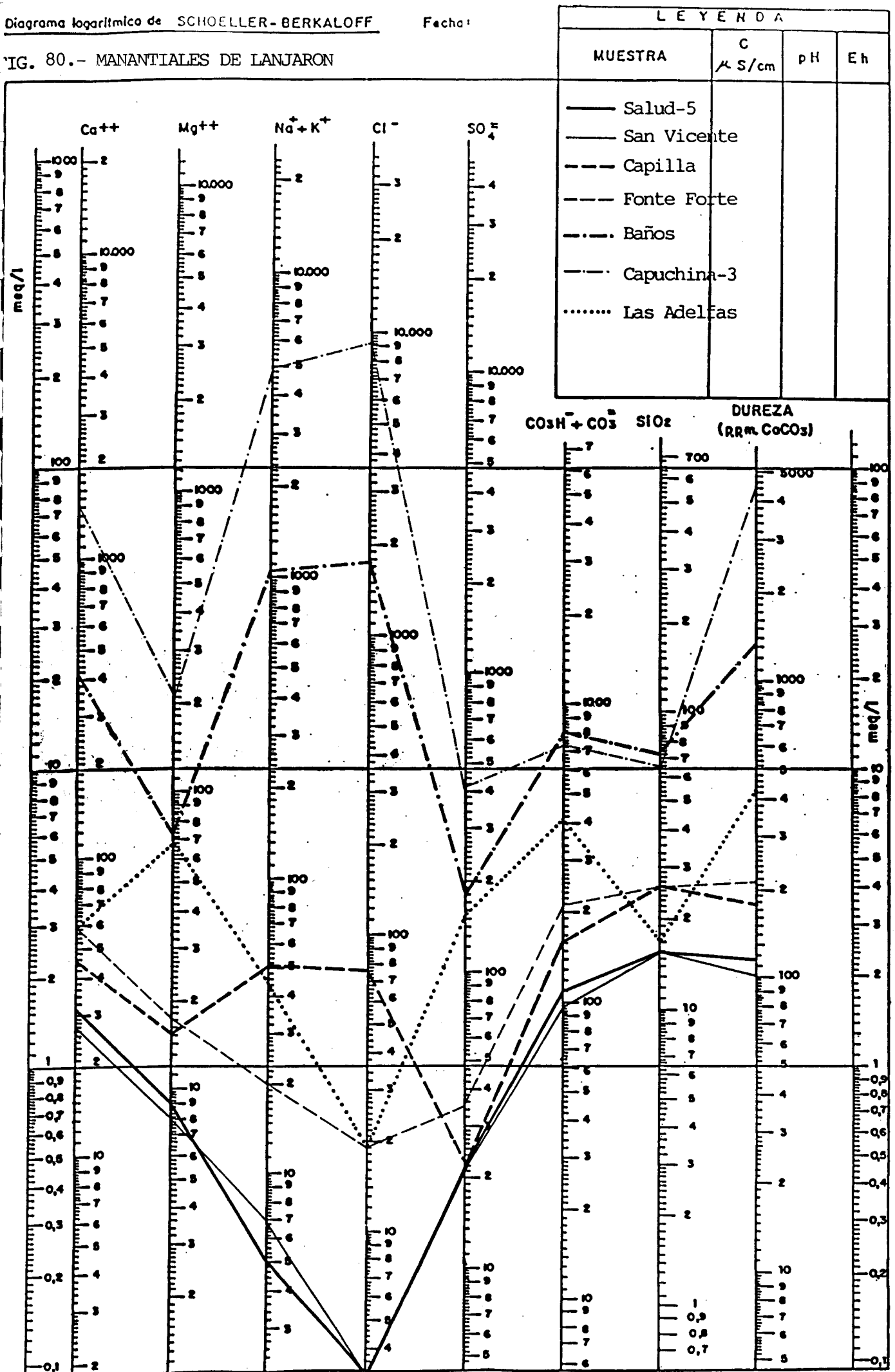
Grupo 2.- Capilla y Fonte Forte (Salud-1).

Grupo 3.- Baños y Capuchina-3.

Grupo 4.- Las Adelfas.

El diagrama de Schoeller-Berkaloff correspondiente a estas muestras (fig. 80) es fiel reflejo de estas agrupaciones. En la parte inferior de la gráfica y con una composición muy semejante, se sitúan los perfiles de los puntos *Salud-5* y *San Vicente*, aguas bicarbonatadas

FIG. 80.- MANANTIALES DE LANJARON



cálcicas de mineralización débil incluídas en el acuífero Lanjarón. En el extremo opuesto aparecen los manantiales *Baños* y *Capuchina*, ambos pertenecientes al acuífero Contacto, si bien con una importante diferencia en su grado de mineralización (6.340 y 24.400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente). No obstante se observa un notable paralelismo entre los respectivos perfiles, ambos representativos de aguas cloruradas sódicas.

Por último, la zona intermedia del diagrama está ocupada por los manantiales de mineralización media del acuífero Lanjarón *Capilla* y *Fonte Forte*, y por la surgencia *Las Adelfas*, perteneciente al acuífero Carbonatado.

El diagrama de Piper de la fig. 79 introduce un *matiz* hidroquímico a esta clasificación hidrogeológica. El manantial *Capuchina* queda indiscutiblemente inscrito en el grupo de aguas termales procedentes del acuífero contacto; sin embargo *Baños-2*, también clorurada sódica pero con una mineralización notablemente inferior, se aproxima al grupo intermedio en el que si se inscribe la muestra *Capilla*.

En lo que respecta al manantial *Fonte Forte*, su bajo contenido en cloruros e iones alcalinos ciertamente la desplaza del grupo 2 hacia el grupo 1, si bien ambos pertenecen al acuífero Lanjarón. Las diferencias entre *Capilla* y *Fonte Forte* se encuentran precisamente en el contenido en  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ , inferior en la segunda de estas surgencias (ver fig. 80).

El diagrama de Schoeller del manantial *Las Adelfas* presenta un perfil claramente diferenciado de los seis restantes. Hidrogeológicamente se asocia al denominado acuífero Carbonatado, formado por calizas y dolomías triásicas del complejo Alpujárride. En efecto, el contenido de magnesio y bicarbonatos se incrementa respecto a cualquiera de las muestras del acuífero Lanjarón, sin embargo también sucede algo similar con los sulfatos, por lo que no puede descartarse cierta influencia evaporítica sobre el agua. También es importante destacar la presencia de nitratos (13  $\text{mg}/\text{l}$ ), que constituye un indicio de contaminación probablemente relacionado con el uso de fertilizantes en los cultivos de la zona.

Dentro del grupo de muestras analizadas, *Salud-5* y *San Vicente* son probablemente las que mejor representan al acuífero Lanjarón, en cuanto que resultan las menos afectadas por la influencia evaporítica del acuífero Contacto, como se aprecia en el siguiente cuadro de conductividades ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ):

ACUÍFERO LANJARÓN		ACUÍFERO CONTACTO	
<i>S. Vicente</i>	<u>225</u>	<i>Baños</i>	<u>6.340</u>
	+ <i>Fonte Forte</i> <u>465</u> + <i>Capilla</i> <u>545</u>	+ <i>Capuchina</i>	<u>24.400</u>
<i>Salud-5</i>	<u>230</u>		

Es importante destacar a efectos de una mejor comprensión del modelo hidrogeológico propuesto, que la distancia entre los manantiales de *Capuchina-3* ( $24400 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) y *San Vicente* ( $225 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) es tan sólo de 250 m.

Obviamente el carácter clorurado sódico y elevada mineralización de las aguas de *Baños* y *Capuchina-3*, no es coherente con los materiales del complejo de Sierra Nevada, eminentemente metamórficos y por tanto sin capacidad para proporcionar tal aporte de sales. Por lo tanto cabe suponer que el circuito termal que da lugar a estas surgencias, implique materiales alpujárrides de naturaleza evaporítica.

Los diagramas de saturación mineral para las muestras analizadas, representados en el Anexo 2, no reflejan en ningún caso equilibrios bien definidos, lo que podría justificarse en la perturbación del equilibrio original a causa de los aportes salinos diferenciales provenientes de la disolución de evaporitas, así como en el escaso tiempo de tránsito atribuible a las muestras menos mineralizadas (*S. Vicente* y *Salud-5*). Para estas últimas y puesto que en principio se encuentran asociadas a los micaesquistos, se han incluido los diagramas de saturación correspondientes a una serie de minerales que, según el informe ALSA, se encuentran presentes en estos materiales. Tampoco en este caso se detectan situaciones de equilibrio.

En el Anexo 3 se reproducen los diagramas de Schoeller-Berkaloff extraídos de informes de ENADIMSA, donde se representan series analíticas

temporales de 5 de las 7 muestras recogidas en la presente campaña, y a los que se han incorporado los análisis de esta última. En términos generales los perfiles analíticos de cada muestra se mantienen en el tiempo, salvo algunas variaciones puntuales que suelen afectar a los iones aportados por las facies evaporíticas.

En lo que respecta a los análisis de gas, en la presente campaña se recogió una muestra en el sondeo situado junto a la terminal de carga de ALSA. Según figura en el informe ITGE-1986 citado al principio de este apartado, este punto ya fue muestreado en 1986. En el mismo figura una tabla (nº 2) con los análisis de gas disponibles en esa fecha, la cual se reproduce aquí completada con los resultados analíticos de la presente campaña:

TABLA 2.- ANÁLISIS DE GASES DE LANJARÓN

	Salud-2 (1983)	Capuchina (1983)	Baños (1983)	Capilla (1983)	Sondeo (1986) (1990)	
CO <sub>2</sub>	99,2	12,0	99,9	99,0	69,09	59,2
CH <sub>4</sub>	<0,002	<0,002	0,01	<0,002	0,0995	0,051
H <sub>2</sub>	0,014	0,0018	<0,0006	0,016	0,0061	0,0031
O <sub>2</sub>	-	16,1	-	-	2,34	7,7
N <sub>2</sub>	1,72	68,25	-	-	28,45	33,0
He	0,0024	<0,0006	<0,0006	<0,0006	0,0182	0,0191

Los análisis reflejan que el CO<sub>2</sub> es el componente predominante, lo que se interpreta como un aporte de origen endógeno que, en casos como el de *Capuchina* o *Sondeo*, se mezcla en algún punto del circuito de salida con aire atmosférico. El ascenso del gas se produciría a través del contacto del Nevado-Filábride con el Alpujárride, y obviamente su presencia está relacionada con los depósitos travertínicos próximos a la zona de falla.

Finalmente, el mencionado informe ITGE-1986 recoge una serie de consideraciones acerca de los análisis de H<sup>3</sup>, O<sup>18</sup> y H<sup>2</sup> realizados en esta fecha, y que por su interés se recoge aquí de forma textual (aún no se dispone de los resultados de la presente campaña):

"Los análisis de tritio llevados a cabo en otros informes de las aguas

de Lanjarón son totalmente coincidentes con los grupos de mezcla deducidos por hidroquímica convencional<sup>1</sup>. Por otra parte, los isótopos estables ( $O^{18}$  y  $H^2$ ), tanto de 1983 como los actuales de 1986, dan idénticos resultados indicando que se trata exactamente de la misma agua de lluvia:

	<u>AÑO</u>	<u>H<sup>3</sup> (U.T.)</u>	<u>O<sup>18</sup></u>	<u><sup>2</sup>H</u>
(L-1) Salud-1	1983	24,0±2,3	-9,8	-64
(L-2) Salud-2	1983	19,2±2,3	-9,9	-62
(L-3) Capuchina	1983	4,4±2,2	-9,9	-64
(L-4) Baños	1983	2,7±2,3	-10,3	-63
(L-5) Capilla	1983	11,7±2,4	-10,2	-65
(L-6) S. Vicente	1983	32,6±3,0	-10,3	-65
(L-7) Salado	1983	25,8±3,0	-10,3	-62
-----				
Baños	1986		-10,3	-64
Capuchina	1986		-9,9	-64

Según estos análisis de tritio, el agua de los Baños es 100% agua original y la de Capuchina estaría integrada por un 82% de agua original con un 12% de mezcla de agua del año.

Resulta evidente, a la luz de los isótopos estables, que el agua termal original y el agua meteórica que alimenta los manantiales fríos (Salado, S. Vicente) es la misma. La mezcla de ambas, por tanto (manantiales intermedios), no experimenta variación isotópica de  $^{18}O$  y  $^2H$ , pero sí de tritio<sup>1</sup>.

##### 5.- PROPUESTA DE AREA DE PROTECCIÓN

El área propuesta y delimitada en la figura adjunta, viene definida en primer lugar por la morfología de los cursos de aguas superficiales que presenta Sierra Nevada en este sector. Los principales

<sup>1</sup> Se refiere a los 3 grupos descritos al principio de este apartado



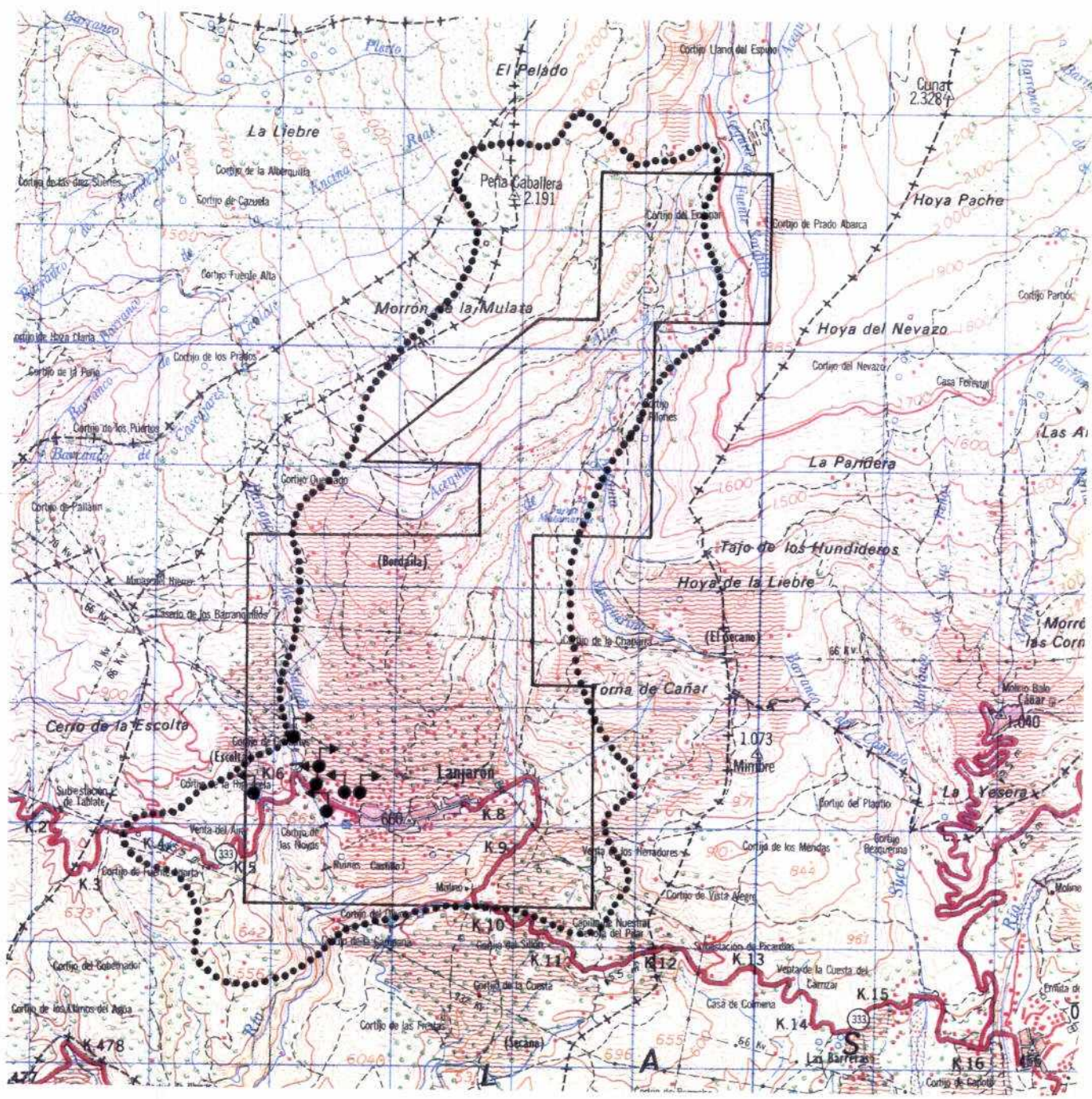
cursos de agua que alimentan la zona de Lanjarón están representados en los ríos Salado (sector occidental) y Lanjarón (sector oriental), y en segundo lugar por la disposición de la estructura de mantos, originando el llamado acuífero de contacto, según una banda de dirección aproximada O-E a la altura del núcleo de Lanjarón. Así queda definida una superficie, alargada de dirección aproximada N-S, que comprende la zona al Sur de Lanjarón, hasta Peña Caballera a una altitud de 2.200 m.s.n.m. con una anchura entre 2 y 3 km y longitud de unos 7 km.

En este perímetro quedan así encerrados todos los puntos de agua del grupo de Lanjarón, conservando igualmente la mayor parte del área de alimentación de los mismos, tanto en cantidad como en calidad.

#### 6.- BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA CONSULTADA

- "ESTUDIO GEOLÓGICO", orientado al emplazamiento de un sondeo de explotación de energía geotérmica en Granada (capital) y a la prospección preliminar del entorno de Baños de Lanjarón. ADARO-ITGE, 1984.
- "CONVENIO IGME-ENADIMSA", para el desarrollo de trabajos de Investigación Geotérmica dentro del programa 234. Otras fuentes de energía. Año 1984. Estudio geológico-geotérmico de la Depresión de Granada y Area de Lanjarón. Informe Final.
- "PROSPECCIÓN DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN LA CUENCA DE GRANADA" (Fase Preliminar). Plan Nacional de la Minería. Diciembre 1979.
- "MEMORIA Y HOJA GEOLÓGICA" 1/50.000. MAGNA (Lanjarón). ITGE.
- "INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL SECTOR DE LANJARÓN (GRANADA)". Rafael Fernández Rubio, 1981. Informe interno.

# PROPUESTA DE AREA DE PROTECCION MANANTIALES DE LANJARON



ESCALA-1:50.000

———— PERIMETRO CONCEDIDO D.G.M. (18-3-1981)

- "CONSIDERACIONES SOBRE LOS MANANTIALES MINERO-MEDICINALES DE LANJARÓN". J.M. López de Azcona y Rafael Fernández Rubio, 1980. Publicaciones de la Comisión para el Estudio de los manantiales de aguas minero-medicinales.
- "AGUAS MINERO-MEDICINALES DE LANJARÓN". Notas hidrogeológicas. Cátedra de Hidrogeología. Granada. Juan María Ramos Ontiveros, 1974.
- "AGUAS TERMALES DE LA PROVINCIA DE GRANADA". J. Cruz San Julián. L. García Rossel y J. Garrido-Blasco. Boletín Geológico y Minero. Año 1982.
- "ATLAS HIDROGEOLÓGICO DE LA PROVINCIA DE GRANADA". (En publicación). ITGE, 1990.
- "JUSTIFICACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN DE LOS MANANTIALES DE LANJARÓN". Informe interno. ALSA. José Luis Hervás Martín. 1989.
- "PROYECTO PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS GEOQUÍMICOS E ISÓTOPOS Y GASES EN DISTINTAS ZONAS CON MANIFESTACIONES TERMALES DEL TERRITORIO NACIONAL". ITGE, 1986.

ANEXO 1

ANALISIS QUIMICOS CAMPANA 1990



# ANÁLISIS QUÍMICO

DENOMINACION: BAÑOS  
 FECHA:

TEMPERATURA (°C): 25.0      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 6340  
 pH a 25°C: 6.90      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 1339  
 pH a 18°C: 6.90      Eh campo (mV): -17

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	806.00	13.210	13.210	19.91
CO3=	-	-	-	-
SO4=	179.00	1.863	3.727	5.62
Cl-	1750.00	49.368	49.368	74.41
F-	<5.0E-1	.026	.026	.04
NO3-	<5.0E-1	.008	.008	.01
SiO2 (H4SiO4)	72.0	1.198	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
P2O5	.080	.001	.003	0.00
TOTAL....	2808.090	65.675	66.342	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	959.00	41.717	41.717	58.12
K+	98.00	2.506	2.506	3.49
Ca++	414.00	10.329	20.659	28.78
Mg++	73.00	3.002	6.005	8.37
Fe++	.270	.005	.010	.01
Li+	3.90	.562	.562	.78
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.08
NH4+	4.100	.227	.227	.32
Mn++	.810	.015	.029	.04
Pb	.1	0.000	-	-
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
TOTAL....	1553.760	58.384	71.773	

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

CLASIFICACION: CLORURADA --- SODICA

(CO3H+CO3)/Ca =	.639	Cl/Na =	1.183	(SO4*Ca) <sup>1/2</sup> =	8.774
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.495	Cl/(Na+K) =	1.116	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	.818
((CO3H) <sup>2</sup> *Ca) <sup>1/3</sup> =	15.334	SO4/Ca =	.180	Mg/Ca =	.291
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	.635	SO4/(Ca+Mg) =	.140	Cl/CO3H =	3.737

ARCHIVO EN DISCO: NMG20 (AMA2-LB)

	ppm
R.S. 110°C	4.433
D.Q.O.	1,3
CN-	0
Cd	0,003
Cr	0,005
As	0
Se	0
Hg	0

**ANALISIS QUIMICO**

DENOMINACION: **SAN VICENTE**  
 FECHA :

TEMPERATURA (°C): 16.0      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 225  
 pH a 16°C: 5.90      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 101  
 pH a 18°C: 7.30      Eh campo (mV): 130

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3--	98.00	1.606	1.606	69.14
CO3=	-	-	-	-
SO4=	22.00	.229	.458	19.72
Cl-	3.00	.085	.085	3.64
F-	<5.0E-1	.026	.026	1.13
NO3-	9.00	.145	.145	6.25
SiO2(H4SiO4)	15.9	.265	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	.01
P2O5	.080	.001	.003	.11
TOTAL....	148.490	2.357	2.323	

**CATIONES**

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	6.00	.261	.261	10.51
K+	1.00	.026	.026	1.03
Ca++	27.00	.674	1.347	54.24
Mg++	8.00	.329	.658	26.49
Fe++	.100	.002	.004	.14
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.29
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	2.24
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.02
Mn++	3.350	.061	.122	4.91
Pb	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	.06
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.06
TOTAL....	46.120	1.380	2.484	

FORMULA ANIONICA : CO3=+HCO3- >SO4= >NO3- >Cl-

FORMULA CATIONICA: Ca++ >Mg++ >Na+ >Mn++

CLASIFICACION: BICARBONATADA --- CALCICA

(CO3H+CO3)/Ca =	1.192	Cl/Na =	.324	(SO4*Ca)^1/2 =	.786
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.801	Cl/(Na+K) =	.295	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	.332
((CO3H)^2*Ca)^1/3 =	1.515	SO4/Ca =	.340	Mg/Ca =	.468
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	1.029	SO4/(Ca+Mg) =	.228	Cl/CO3H =	.053

ARCHIVO EN DISCO: MM621 (AMA2-LSV)

	ppm
R.S. 110°C	173
D.Q.O.	0,4
CN-	0
Cd	0
Cr	0
As	0
Se	0
Hg	0

**ANÁLISIS QUÍMICO**

DENOMINACION: **CAPILLA**  
 FECHA: \_\_\_\_\_

TEMPERATURA (°C): 18.0      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 545  
 pH a 18°C: 5.40      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 175  
 pH a 18°C: 6.30      Eh campo (mV): 65

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	163.00	2.672	2.672	50.31
CO3=	-	-	-	-
SO4=	22.00	.229	.458	8.63
Cl-	76.00	2.144	2.144	40.37
F-	<5.0E-1	.026	.026	.50
NO3-	<5.0E-1	.008	.008	.15
SiO2(H4SiO4)	26.1	.434	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
P2O5	.070	.001	.002	.04
TOTAL.....	288.180	5.514	5.310	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	44.00	1.914	1.914	33.70
K+	7.00	.179	.179	3.15
Ca++	45.00	1.123	2.246	39.54
Mg++	15.00	.617	1.234	21.72
Fe++	.190	.003	.007	.12
Li+	.20	.029	.029	.51
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.98
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.01
Mn++	.340	.006	.012	.22
Pb	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	.03
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.03
TOTAL.....	112.350	3.892	5.680	

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

CLASIFICACION: BICARBONATADA -- CALCICA SODICA

(CO3H+CO3)/Ca =	1.190	Cl/Na =	1.120	(SO4*Ca) <sup>1/2</sup> =	1.014
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.768	Cl/(Na+K) =	1.024	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	.600
((CO3H) <sup>2</sup> *Ca) <sup>1/3</sup> =	2.521	SO4/Ca =	.204	Mg/Ca =	.549
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	.899	SO4/(Ca+Mg) =	.132	Cl/CO3H =	.803

ARCHIVO EN DISCO: MMB22 (AMA2-LC)

	ppm
R.S. 110°C	400
D.Q.O.	0,5
CN <sup>-</sup>	0
Cd	0
Cr	0,007
As	0
Se	0
Hg	0

# ANALISIS QUIMICO

DENOMINACION: CAPUCHINA-3  
 FECHA :

TEMPERATURA (°C): 20.0      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 24400  
 pH a 20°C: 6.31      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 4658  
 pH a 18°C: 6.60      Eh campo (mV): -31

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	730.00	11.965	11.965	4.18
CO3=	-	-	-	-
SO4=	413.00	4.299	8.599	3.00
Cl-	9400.00	265.174	265.174	92.58
F-	<5.0E-1	.026	.026	.01
NO3-	37.00	.597	.597	.21
SiO2(H4SiO4)	66.0	1.098	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	2.600	.057	.057	.02
P2O5	.100	.001	.003	0.00
TOTAL....	10649.200	283.217	286.420	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	4463.00	194.141	194.141	64.20
K+	491.00	12.555	12.555	4.15
Ca++	1510.00	37.675	75.349	24.92
Mg++	212.00	8.720	17.439	5.77
Fe++	3.330	.060	.119	.04
Li+	18.30	2.637	2.637	.87
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.02
NH4+	1.200	.067	.067	.02
Mn++	1.380	.025	.050	.02
Pb	.1	.001	-	-
Zn++	.060	.001	.002	0.00
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	0.00
TOTAL....	6700.950	255.899	302.416	

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

CLASIFICACION: CLORURADA -- SODICA

(CO3H+CO3)/Ca = .159	Cl/Na = 1.366	(SO4+Ca)^1/2 = 25.454
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .129	Cl/(Na+K) = 1.283	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = .971
((CO3H)^2*Ca)^1/3 = 22.095	SO4/Ca = .114	Mg/Ca = .231
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = .222	SO4/(Ca+Mg) = .093	Cl/CO3H = 22.163

ARCHIVO EN DISCO: MM623 (AMA2-LCCH)

	ppm
R.S. 110°C	17.777
D.Q.O.	2
CN-	0
Cd	0,0540
Cr	0,019
As	0
Se	0
Hg	0



# ANALISIS QUIMICO

\* ===== \*

DENOMINACION: SALUD-5  
FECHA :

-----  
TEMPERATURA (°C): 17.0                      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 230  
pH a 17°C: 7.24                              DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 115  
pH a 18°C: 7.90                              Eh campo (mV): 95  
-----

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
=====				
HCO3-	111.00	1.819	1.819	73.61
CO3=	-	-	-	-
SO4=	22.00	.229	.458	18.53
Cl-	3.00	.085	.085	3.42
F-	<5.0E-1	.026	.026	1.07
NO3-	5.00	.081	.081	3.26
SiO2(H4SiO4)	16.1	.268	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	.01
P2O5	.070	.001	.002	.09
TOTAL....	157.680	2.509	2.471	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
=====				
Na+	5.00	.218	.218	8.45
K+	-	-	-	-
Ca++	31.00	.773	1.547	60.10
Mg++	9.00	.370	.740	28.76
Fe++	.020	0.000	.001	.03
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.28
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	2.16
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.02
Mn++	.056	.001	.002	.08
Pb	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	.06
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.06
TOTAL....	45.746	1.390	2.574	

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

CLASIFICACION: BICARBONATADA -- CALCICA

(CO3H+CO3)/Ca =	1.176	Cl/Na =	.389	(SO4*Ca)^(1/2) =	.842
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.795	Cl/(Na+K) =	.389	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	.308
((CO3H)^(2*Ca)^(1/3) =	1.724	SO4/Ca =	.296	Mg/Ca =	.479
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	.996	SO4/(Ca+Mg) =	.200	Cl/CO3H =	.047

ARCHIVO EN DISCO: MM624 (AMA2-LS)

	ppm
R.S. 110°C	179
D.Q.O.	0,4
CN <sup>-</sup>	0
Cd	0
Cr	0,008
As	0
Se	0
Hg	0

# ANALISIS QUIMICO

DENOMINACION: FONTE FORTE  
 FECHA :

-----  
 TEMPERATURA (°C): 17.0                      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 465  
 pH a 17°C: 5.90                              DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 216  
 pH a 18°C: 6.60                              Eh campo (mV): 115  
 -----

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	211.00	3.458	3.458	70.81
CO3=	-	-	-	-
SO4=	35.00	.364	.729	14.92
Cl-	19.00	.536	.536	10.98
F-	<5.0E-1	.026	.026	.54
NO3-	8.00	.129	.129	2.64
SiO2 (H4SiO4)	25.9	.431	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
P2O5	.160	.002	.005	.10
TOTAL.....	299.570	4.947	4.884	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	17.00	.740	.740	14.26
K+	3.00	.077	.077	1.48
Ca++	58.00	1.447	2.894	55.83
Mg++	17.00	.699	1.398	26.97
Fe++	.070	.001	.003	.05
Li+	.07	.010	.010	.19
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	1.07
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.01
Mn++	.069	.001	.003	.05
Pb	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
Zn++	.090	.001	.003	.05
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.03
TOTAL.....	95.869	2.996	5.184	

FORMULA ANIONICA : CO3=+HCO3- >SO4= >Cl- >NO3-

FORMULA CATIONICA: Ca++ >Mg++ >Na+ >K+

CLASIFICACION: BICARBONATADA -- CALCICA

(CO3H+CO3)/Ca = 1.195    Cl/Na = .725    (SO4\*Ca)^1/2 = 1.452  
 -(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .806    Cl/(Na+K) = .657    (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = .341  
 ((CO3H)^2\*Ca)^1/3 = 3.259    SO4/Ca = .252    Mg/Ca = .483  
 (CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = .975    SO4/(Ca+Mg) = .170    Cl/CO3H = .155

ARCHIVO EN DISCO: MM625 (AMA2-LFF)

	ppm
R.S. 110°C	319
D.Q.O.	0,4
CN-	0
Cd	0
Cr	0
As	0
Se	0
Hg	0

**ANÁLISIS QUÍMICO**

DENOMINACION: LAS ADELAS  
FECHA :

TEMPERATURA (°C): 16.0      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 878  
pH a 16°C: 7.00      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 431  
pH a 18°C: 8.10      Eh campo (mV): 91

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	416.00	6.818	6.818	63.25
CO3=	--	--	--	--
SO4=	153.00	1.593	3.185	29.55
Cl-	19.00	.536	.536	4.97
F-	<5.0E-1	.026	.026	.24
NO3-	13.00	.210	.210	1.95
SiO2 (H4SiO4)	17.2	.286	--	--
B	--	--	--	--
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
P2O5	.100	.001	.003	.03
TOTAL....	618.810	9.470	10.779	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	36.00	1.566	1.566	15.09
K+	8.00	.205	.205	1.97
Ca++	59.00	1.472	2.944	28.37
Mg++	68.00	2.797	5.594	53.90
Fe++	.010	0.000	0.000	0.00
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.07
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.54
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.01
Mn++	<5.0E-3	0.000	0.000	0.00
Pb	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
Zn++	.150	.002	.005	.04
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.02
TOTAL....	171.785	6.069	10.378	

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

CLASIFICACION: BICARBONATADA -- MAGNESICA

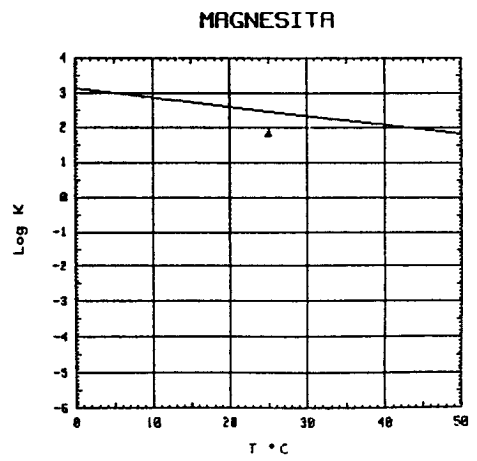
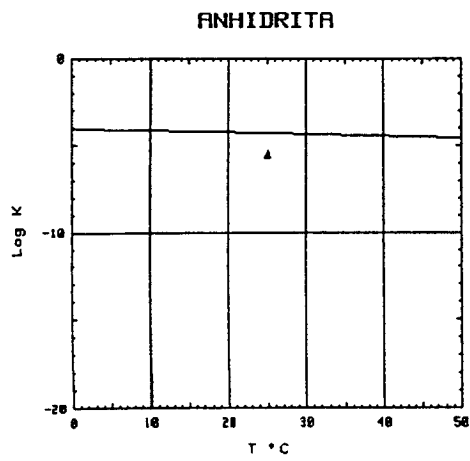
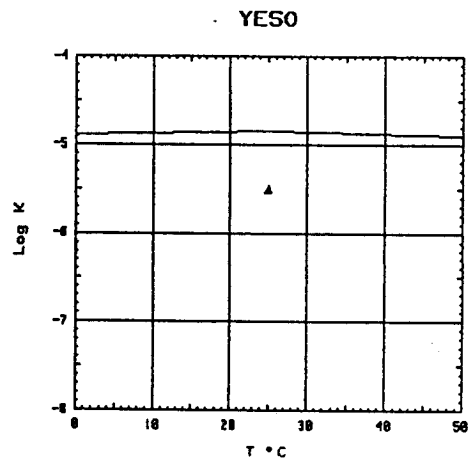
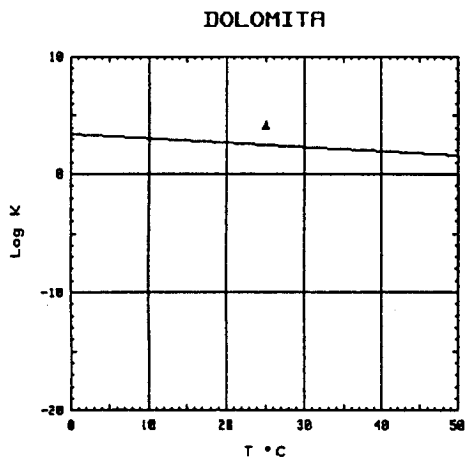
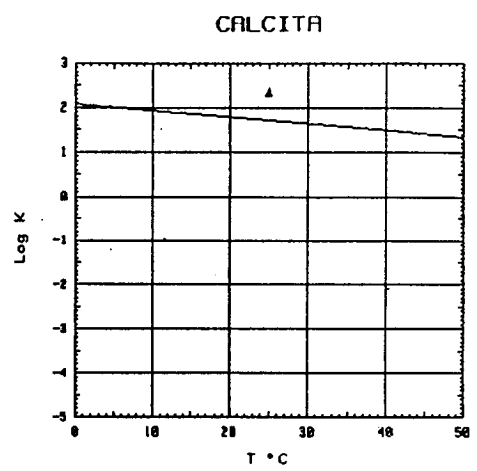
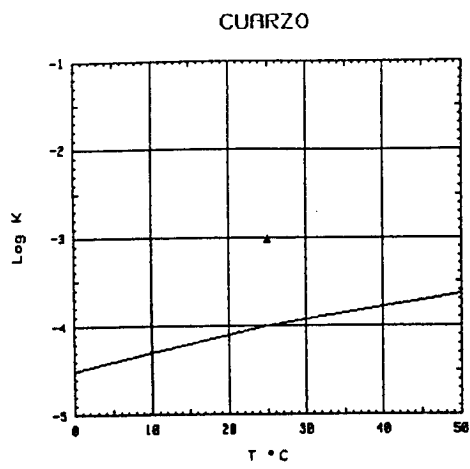
(CO3H+CO3)/Ca = 2.316      Cl/Na = .342      (SO4\*Ca)<sup>1/2</sup> = 3.062  
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .779      Cl/(Na+K) = .303      (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = .789  
((CO3H)<sup>2</sup>\*Ca)<sup>1/3</sup> = 5.153      SO4/Ca = 1.082      Mg/Ca = 1.900  
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = 1.172      SO4/(Ca+Mg) = .373      Cl/CO3H = .079

ARCHIVO EN DISCO: MM626 (AMA2-LAF)

	ppm
R.S. 110°C	748
D.Q.O.	0,6
CN-	0
Cd	0
Cr	0
As	0
Se	0
Hg	0

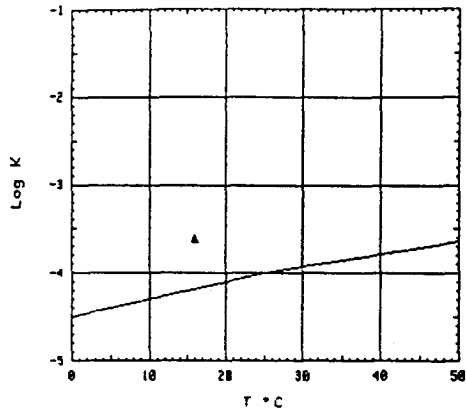
ANEXO 2

DIAGRAMAS DE SATURACION MINERAL

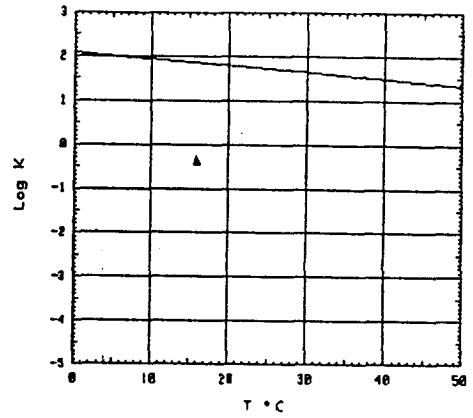


DIAGRAMAS DE SATURACION MUESTRA BAÑOS

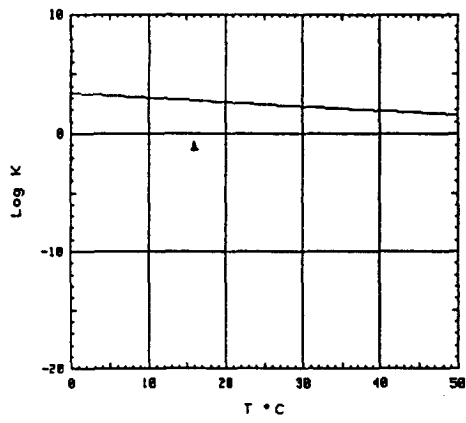
CUARZO



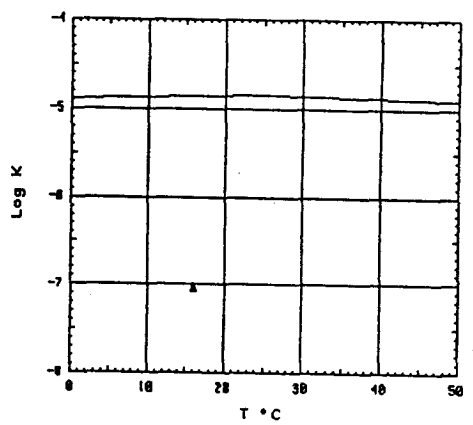
CALCITA



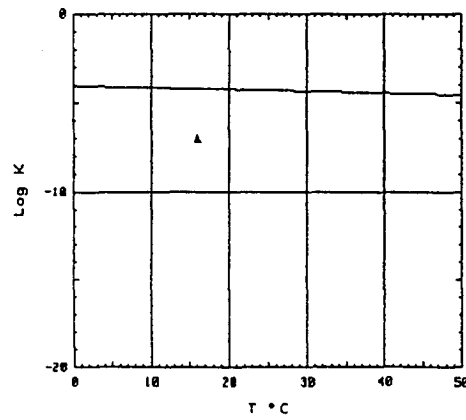
DOLOMITA



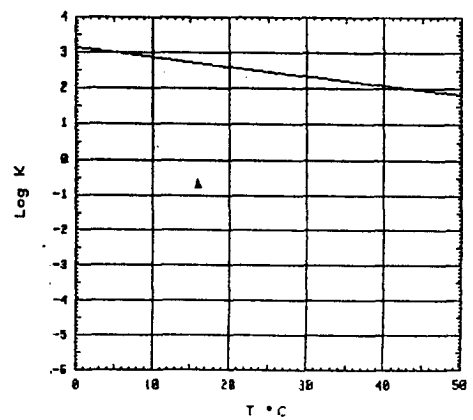
YESO



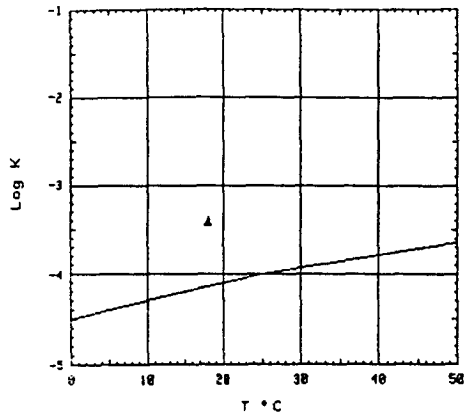
ANHIDRITA



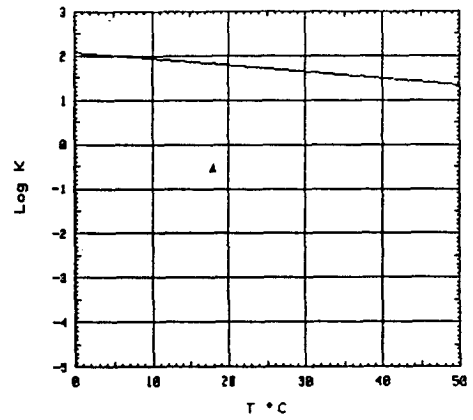
MAGNESITA



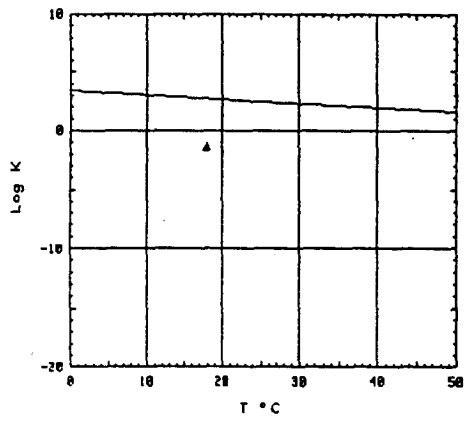
CUARZO



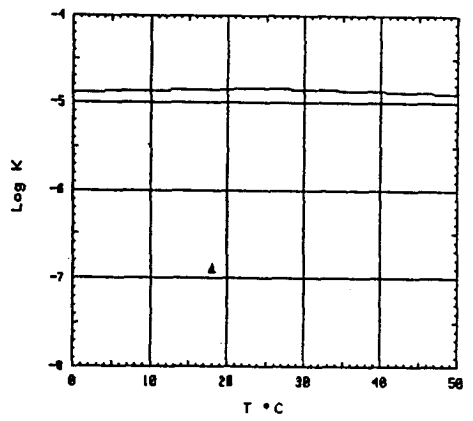
CALCITA



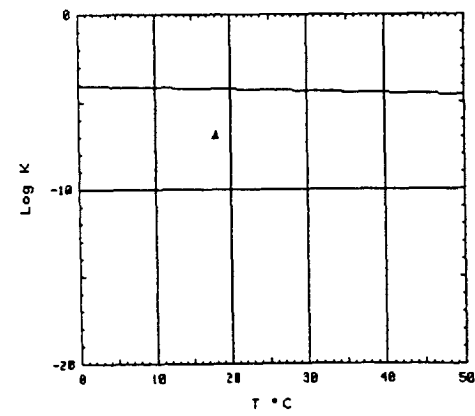
DOLOMITA



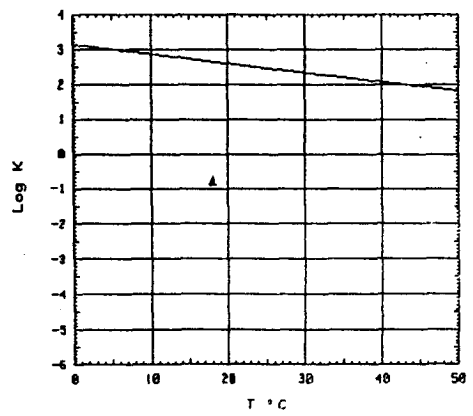
YESO



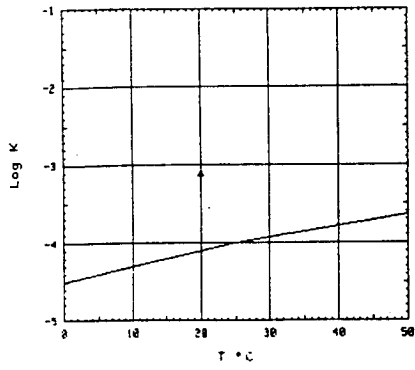
ANHIDRITA



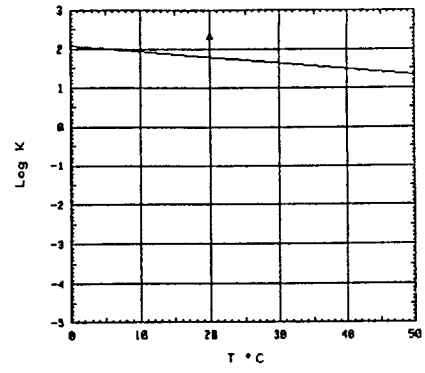
MAGNESITA



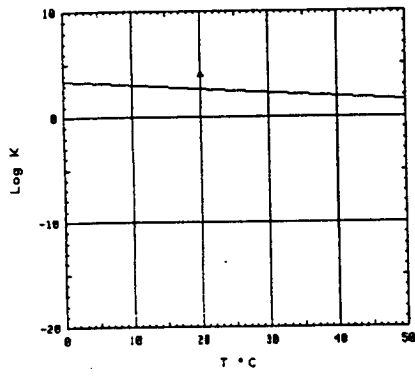
CUARZO



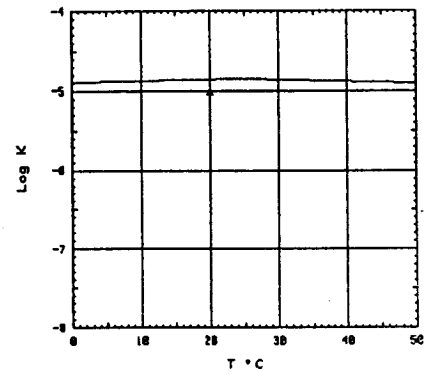
CALCITA



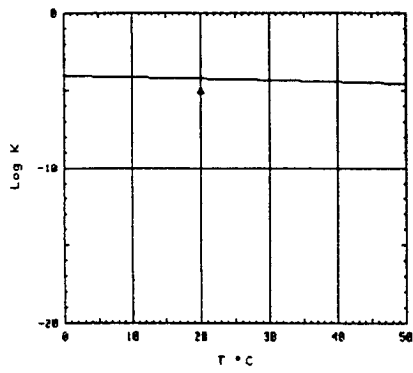
DOLOMITA



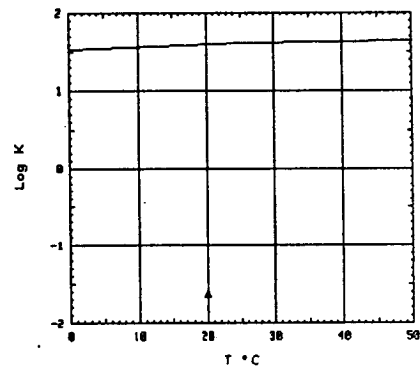
YESO



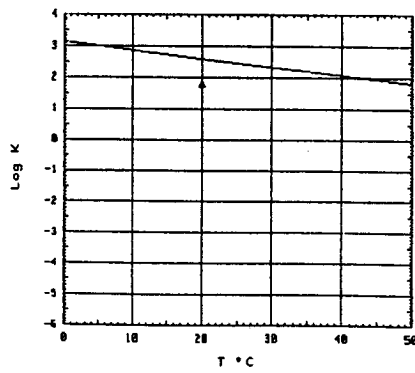
ANHIDRITA



HALITA

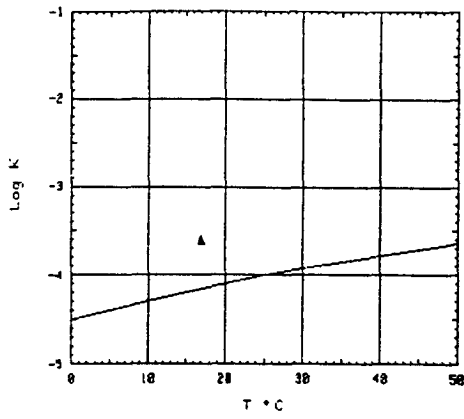


MAGNESITA

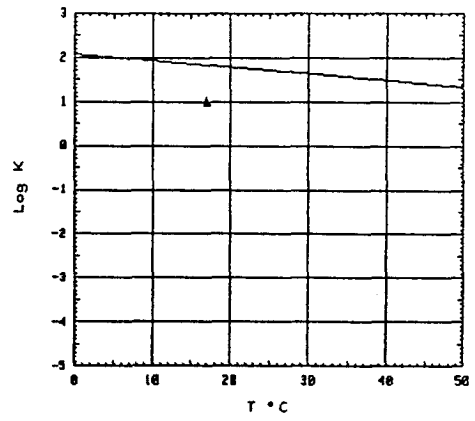




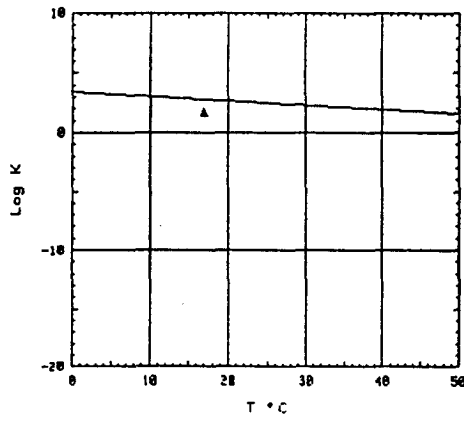
CUARZO



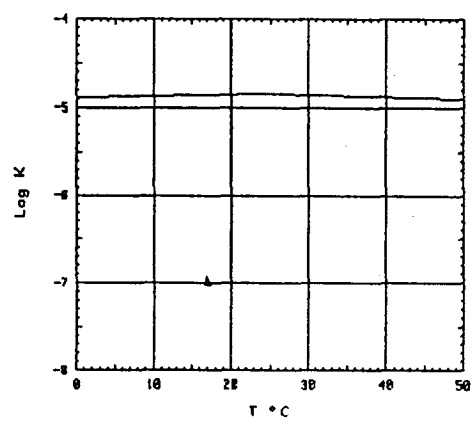
CALCITA



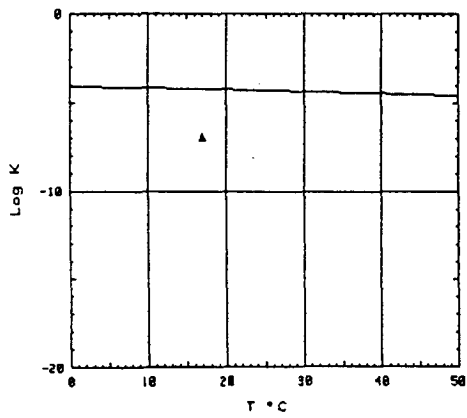
DOLOMITA



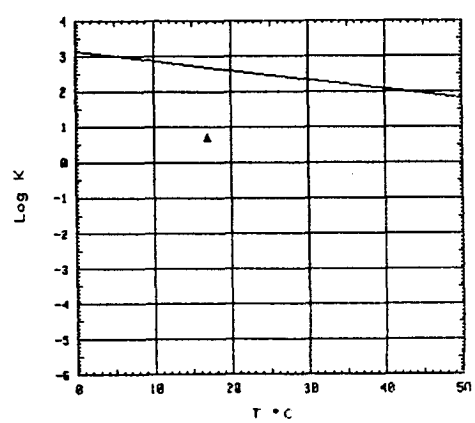
YESO



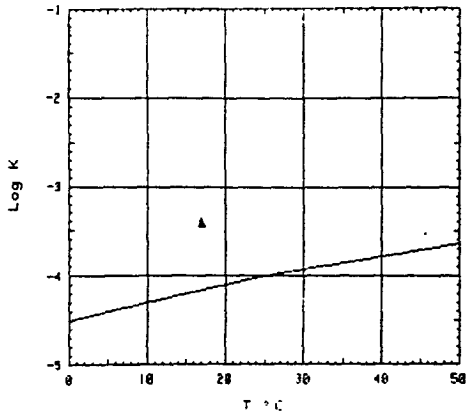
ANHIDRITA



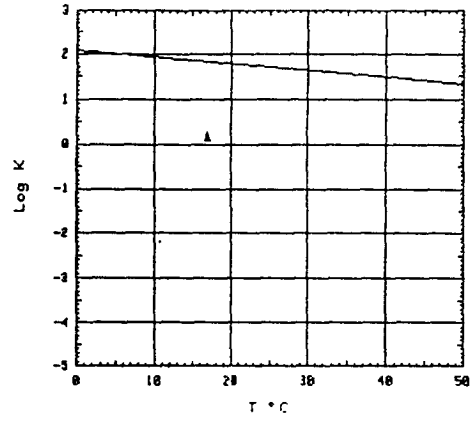
MAGNESITA



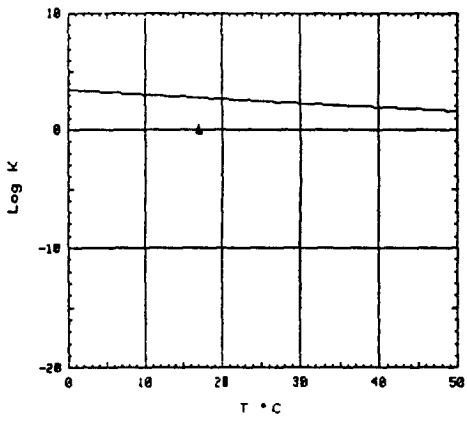
CUARZO



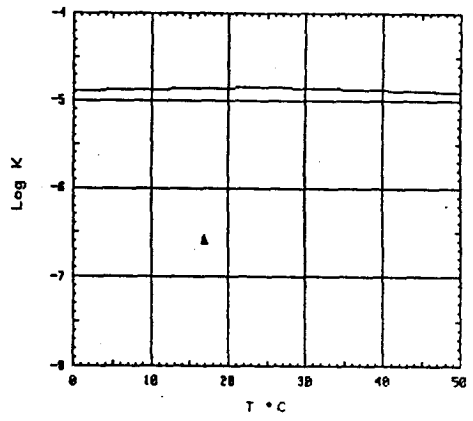
CALCITA



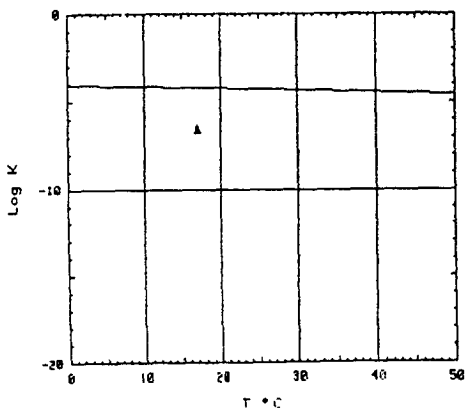
DOLOMITA



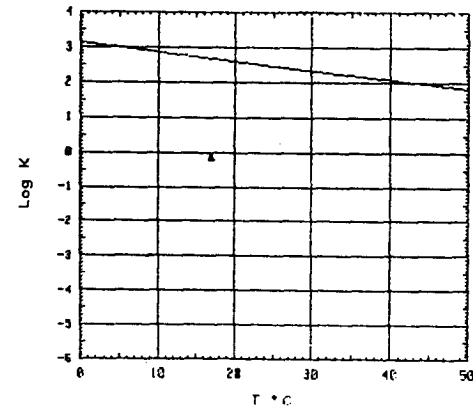
YESO



ANHIDRITA

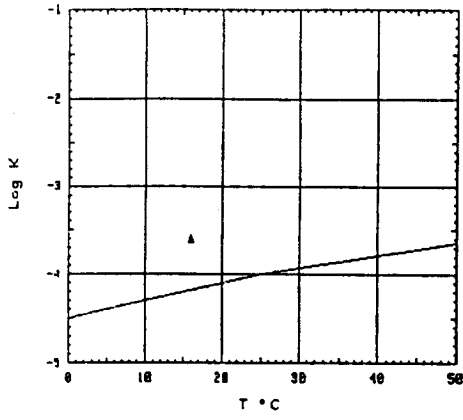


MAGNESITA

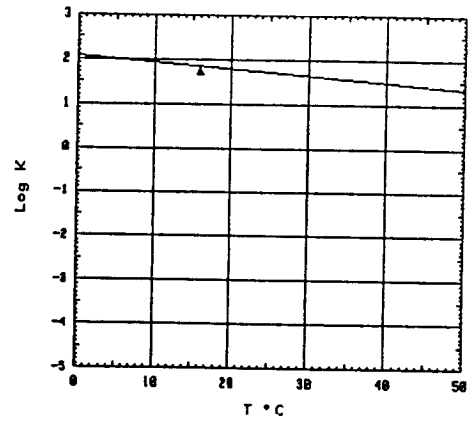


DIAGRAMAS DE SATURACION MUESTRA FONTE FORTE

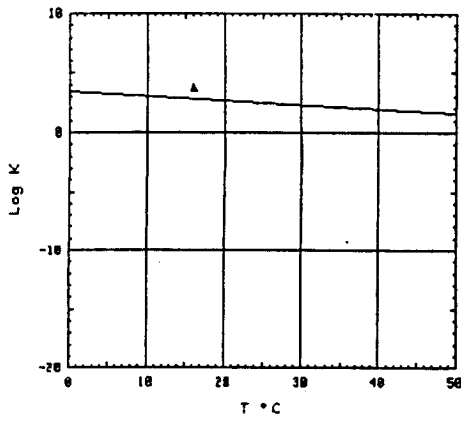
CUARZO



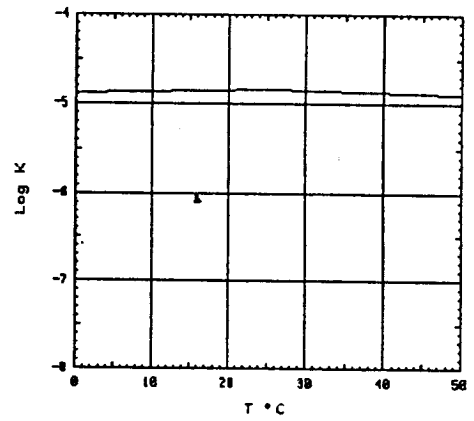
CALCITA



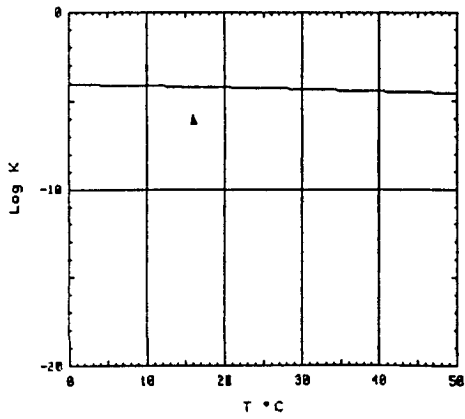
DOLOMITA



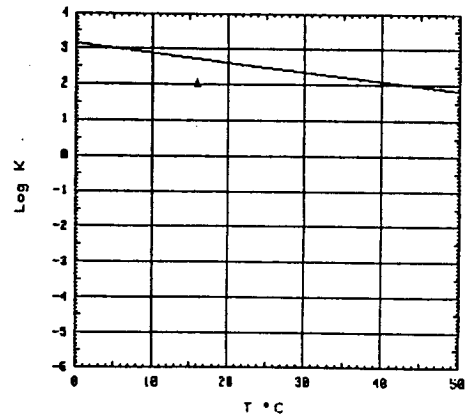
YESO



ANHIDRITA

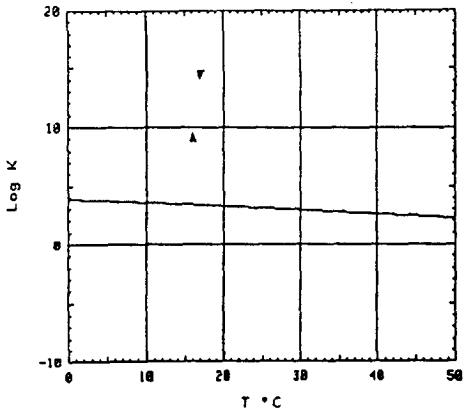


MAGNESITA

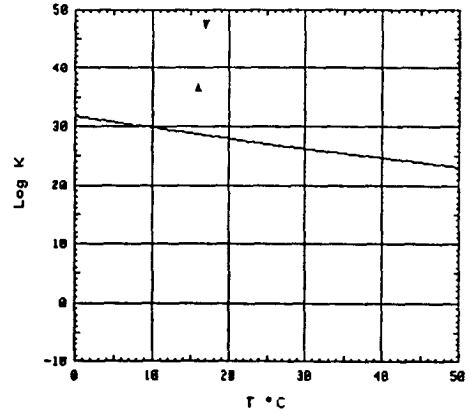


DIAGRAMAS DE SATURACION MUESTRA LAS ADELFA

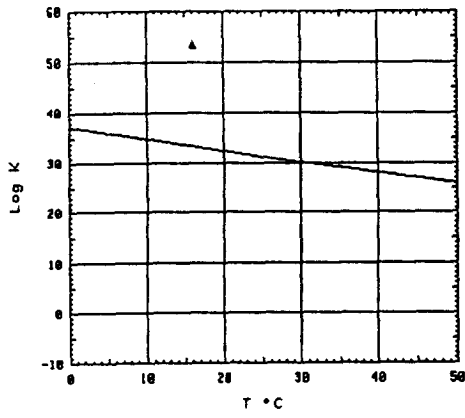
ALBITA (baja T)



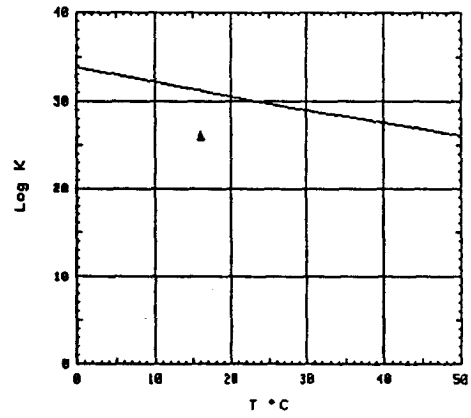
ANORTITA



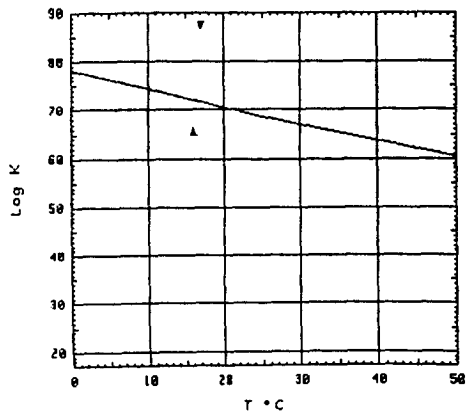
EPIDOTA



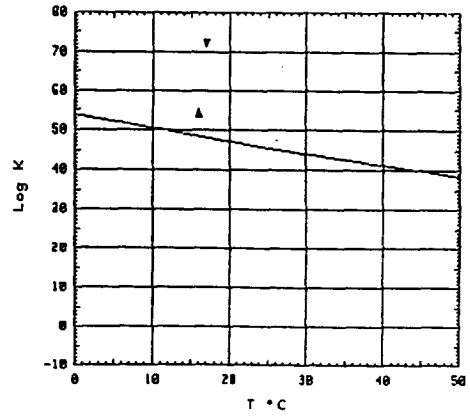
ANNITA



CLINOCLORO



DAFNITA

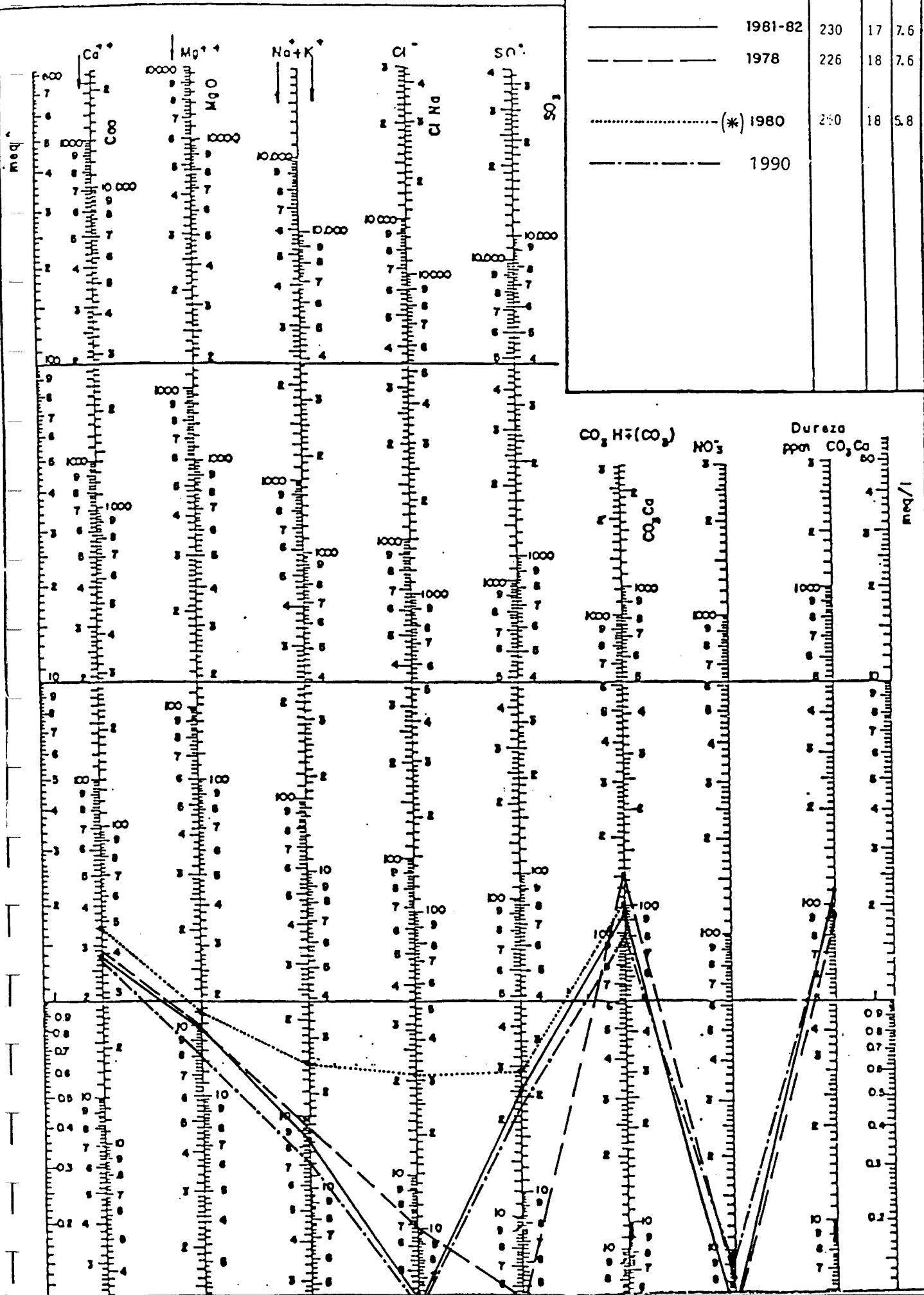


DIAGRAMAS DE SATURACION MINERAL (▲ SAN VICENTE, ▼ SALUD-5)

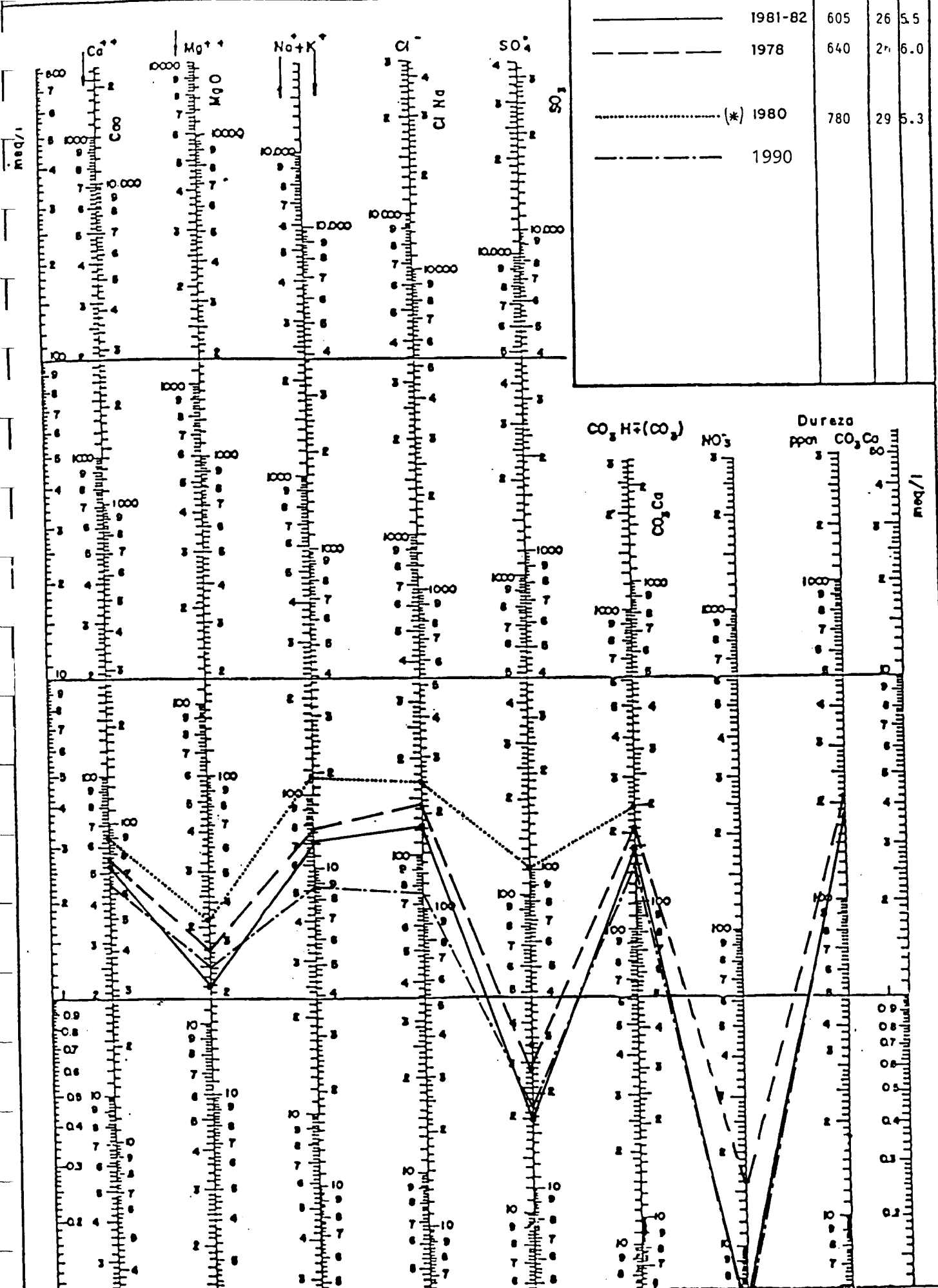
ANEXO 3

DIAGRAMAS DE SCHOELLER-BERKALOFF

San Vicente



Capilla



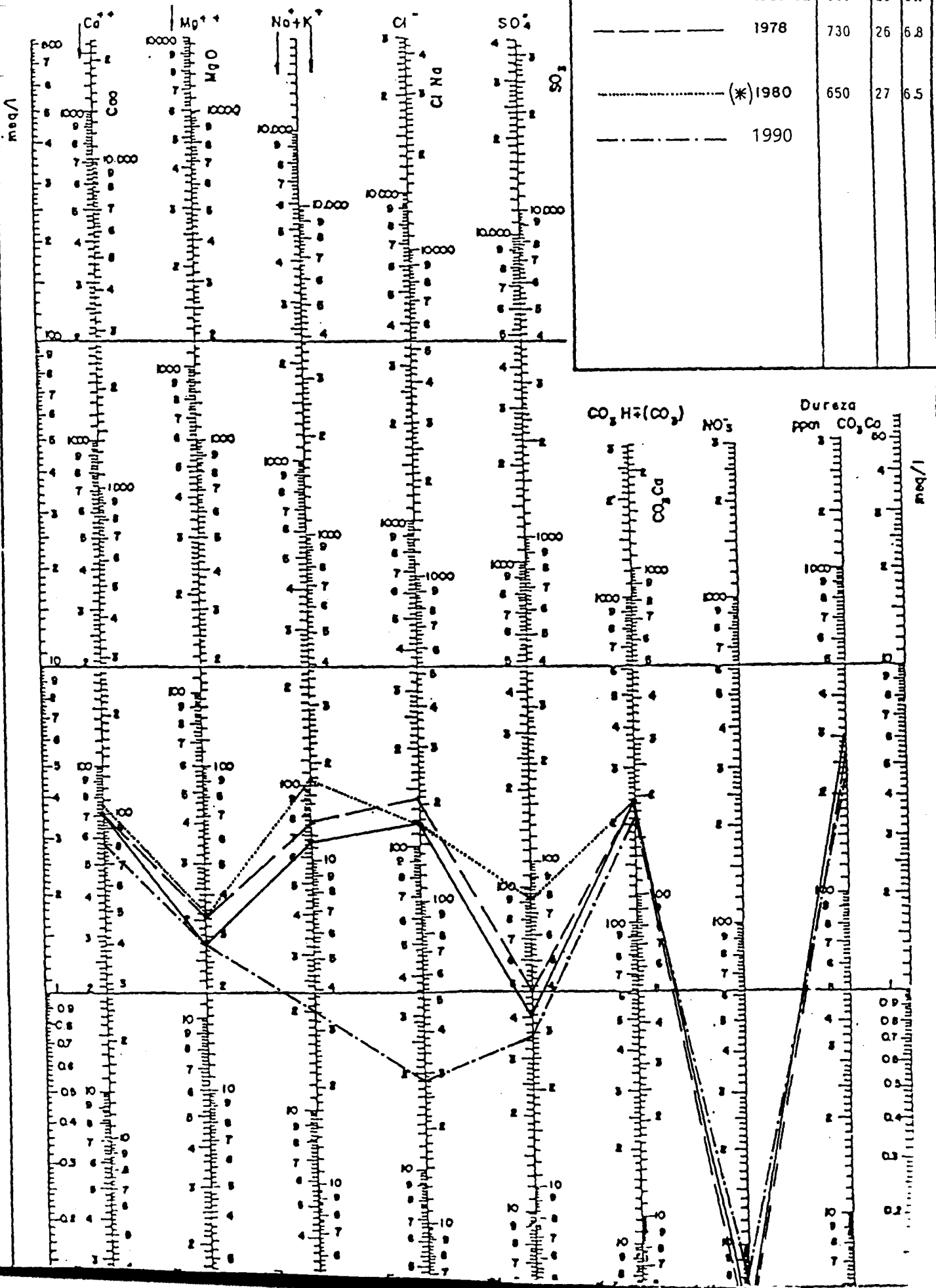
—————	1981-82	605	26	5.5
- - - - -	1978	640	27	6.0
.....(*)	1980	780	29	5.3
- . - . -	1990			

Durezza

.....(*)	1980	780	29	5.3
----------	------	-----	----	-----

meq/l

Fonte-Forte

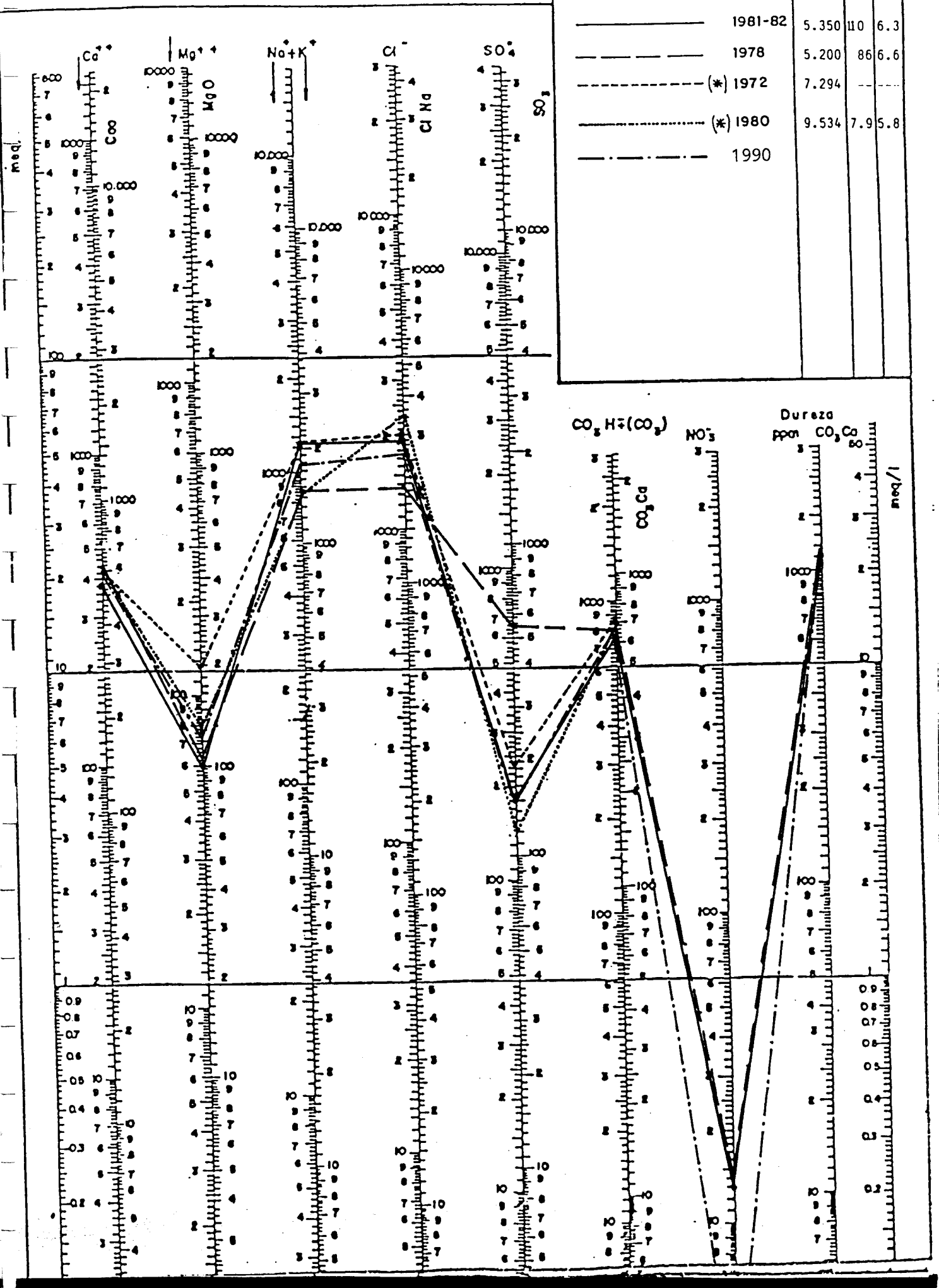


Year	μs/cm	mg/l	mg/l
1981-82	660	28	6.1
1978	730	26	6.8
(*) 1980	650	27	6.5
1990			

Durezza  
mg/l



Baños



—————	1981-82	5.350	110	6.3
- - - - -	1978	5.200	86	6.6
- - - - - (*)	1972	7.294	-	-
- · - · - (*)	1980	9.534	7.9	5.8
- · - · -	1990			

Dureza  
ppm CO<sub>2</sub>  
meq/l

Capuchina -3

