

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

ESTUDIO DE DETALLE DE LA PROVINCIA DE HUELVA  
TOMO 8

35747

I N D I C E

	<u>Pág.</u>
<u>INTRODUCCION</u> .....	1
<u>LA FUENTE DE LOS HUEVOS (ALAJAR)</u> .....	3
<u>EL CALABACINO (ALAJAR)</u> .....	14
<u>SANTA EULALIA (ALMONASTER LA REAL)</u> .....	26
<u>BALNEARIO "EL MANZANO" (ALMONASTER LA REAL)</u> .....	37
<u>MANANTIAL DE GIL MARQUEZ (ALMONASTER LA REAL)</u> .....	50
<u>SOTIEL-CORONADA (CALAÑAS)</u> .....	61
<u>LOS POZOS DEL PRADO (SANLUCAR DE GUADIANA)</u> .....	70
<u>FUENTE SANTA (GALAROZA)</u> .....	80
<u>SONDEOS DE ADARO (VALVERDE DEL CAMINO)</u> .....	93

## INTRODUCCION

En la provincia de Huelva se han reconocido 15 puntos de inventario relacionados con el grupo de manantiales llamados minero-medicinales, minerales naturales de bebida envasada. Esta selección se llevó a cabo tras realizar una minuciosa recopilación bibliográfica consultando las distintas fuentes de documentación, como tratados de hidrología, listados oficiales, archivos en Jefatura de Minas y principalmente en publicaciones periódicas del propio ITGE para este tema.

De la relación del Archivo Nacional de Aguas Minero-Medicinales y de bebida envasada para la Comunidad Autónoma de Andalucía del ITGE, en la provincia de Huelva, ya se conocían 9 puntos aumentándose 6 nuevos puntos.

Del total de estos 15 puntos en cuanto a su naturaleza resultan 11 manantiales, 2 sondeos, 1 pozo y 1 pozo-galería.

No existe ningún balneario en activo en esta provincia, aunque si existe uno que actualmente no está en funcionamiento, se trata del Balneario del Manzano, en el término municipal de Almonaster la Real. El resto de los puntos es de uso tradicional, alguno se utiliza para abastecimiento urbano como el manantial de Fuente Santa, en el término municipal de Galaroza, del que existe una petición de declaración de agua minero-medicinal. Actualmente no existe ningún punto de agua envasada ni petición para hacerlo en toda la provincia.

Desde el punto de vista químico predomina el grupo de facies bicarbonatada cálcico-magnésica.

Este volumen recoge los informes hidrogeológicos de los puntos seleccionados dentro del grupo de 15 inventariados y que ascienden a 9. En cada uno de ellos se describe su situación geográfica, utilización y datos históricos, marco geológico, características hidrogeológicas e hidroquímicas, propuesta de área de protección y bibliografía consultada.

Hay que advertir que en la Propuesta de Area de Protección (que en cada informe se acompaña la figura correspondiente) se ha pretendido que el perímetro dibujado responda a las dimensiones de los afloramientos relacionados con el punto acuífero, posibles conexiones hidráulicas, etc. y a la red de agua superficial que puede ser causa de una contaminación sobre el propio manantial. Así el resultado puede parecer en principio para algunos puntos áreas de exagerada superficie. El definir exactamente el perímetro de protección de un punto puede ser muy simple en algunos casos, pero en la mayoría es un problema complejo que conllevaría estudios muy detallados.

En el volumen anexo se incluyen las fichas de cada punto elaboradas para este fin, adjuntándose la documentación existente de tipo administrativo que por una u otra vía se ha recopilado.

LA FUENTE DE LOS HUEVOS (ALAJAR)

## 1.- INTRODUCCION

### 1.1.- LOCALIZACION GEOGRAFICA

El manantial de los Huevos se encuentra situado al Norte de la provincia de Huelva en la vertiente sur de la Sierra de Aracena, al sur del término municipal de Alájar, en el paraje denominado Monteblanco perteneciente al cortijo de Montecandiles, con unas coordenadas U.T.M.: X=707500; Y=4190950 y a una altura de 360 m sobre el nivel del mar según referencia topográfica del mapa a escala 1:50.000 de Aracena (10-37) del Servicio Geográfico del Ejército.

Su acceso se realiza por el carril que sale desde el cementerio de Alájar hacia el sur con dirección a la Ermita de San Bartolomé, a unos siete km.

### 1.2.- UTILIZACION Y DATOS HISTORICOS

La Fuente de los Huevos aparece citada por primera vez según la bibliografía consultada en "La relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España" publicado por el Instituto Geológico en 1913. Aunque en dicho trabajo no la describe como tal, sí hace referencia a ella al hablar de los Baños del Manzano por la semejanza de sus aguas.

Vuelve a aparecer en el informe del I.G.M.E. de 1947 así como en el de 1986 y en "La lista de puntos existentes en

el archivo nacional de puntos de aguas minero-medicinales y de bebidas envasadas para la comunidad autónoma de Andalucía".

Actualmente se encuentra en desuso y sus aguas se pierden en un arroyo cercano y esporádicamente es usada para las afecciones de la piel así como para curar heridas de animales. En época de sequía es usada como abrevadero de ganado.

## 2.- PRINCIPALES RASGOS GEOLOGICOS DEL ENTORNO

El manantial se encuentra sobre unos materiales graníticos, que han intruido en los esquistos del Grupo Pulo do Lobo que pertenecen a la zona Surpotuguesa y que están cabalgando sobre materiales de Ossa-Morena. A todo este conjunto de materiales tradicionalmente se les ha denominado Dominio Meridional de la Sierra de Aracena.

Los esquistos afloran según una banda de dirección N-110-E y tienen una gran continuidad en el norte de la provincia de Huelva. Están surcados por fracturas subparalelas a las estructuras, y a veces estas estructuras están rellenas de intrusiones graníticas. Son rocas de grano fino a medio con niveles cuarcíticos y cuya roca original era un sedimento pelítico. Los componentes principales son cuarzo, biotita y moscovita.

El granito sobre el que se encuentra el manantial, petrográficamente, se trata de una granodiorita de tamaño de grano de medio a grueso, con una textura granuda en la que los principales componentes son cuarzo, feldespatos potásico y biotita. El granito está intruído en una fase tardía de la orogenia Hercínica y se dispone según las direcciones de las estructuras dominantes. Puede presentar una alteración impor-

tante, y en la Dehesa de Montecandiles se pone de manifiesto la intensa fracturación de los materiales y el grado de alteración se puede considerar alto.

Muy próximo al manantial afloran unas Diabasas que normalmente en la región suelen presentarse como stock o relacionadas con fracturas; la presencia de estas rocas básicas nos indican unas condiciones hipoabisales, y podemos afirmar que son las últimas rocas ígneas en intruir ya que cortan a todas las demás. Es un material granudo de color verde en el que los anfíboles y los piroxenos son los minerales principales.

### 3.- CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DEL MANANTIAL

La fuente de los Huevos se encuentra en una zona en la que la pluviosidad es del orden de 800-900 l/m<sup>2</sup> año, siendo éste el único aporte importante de agua y produciéndose principalmente del mes de Octubre al mes de Marzo.

La zona estudiada está íntegramente constituida por materiales ígneos, los cuales tienen muy poca permeabilidad aunque ésta aumenta en las zonas superficiales pues son las zonas donde el material presenta una mayor alteración. También en las zonas de fracturas se favorece la circulación de fluidos aunque ésta nunca llega a ser importante.

La Fuente de los Huevos tiene un caudal de 0,2 l/seg., medidos el 7 de abril de 1990 y el 20 de junio de 1990. Si bien el caudal no es demasiado importante, es constante durante todo el año no siendo afectado por las variaciones estacionales.

Se encuentra situado sobre un granito altamente meteorizado y muy cerca del contacto con unos materiales intrusivos básicos (Diabasas). Dicho contacto puede ser mecánico y es posible que el funcionamiento del manantial esté relacionado con él.

Al hacer el estudio de este manantial vemos su gran similitud con el del Balneario del Manzano: ambos se encuentran a la misma cota (360 m) sobre plutones graníticos aunque no sean de la misma fase orogénica y a muy poca distancia de ambos se encuentra un afloramiento de Diabasas. Los separa una distancia de 20 km y aunque su funcionamiento sea similar no son manantiales del mismo acuífero.

#### 4.- CARACTERISTICAS HIDROQUIMICAS

La muestra presenta un bajo nivel de mineralización (258  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), pH campo= 7,51, potencial rédox negativo (-89 mV) y naturaleza bicarbonatada cálcica-magnésica. La presencia de  $\text{H}_2\text{S}$  -cuyo olor característico ha dado origen a su nombre- se atribuye a procesos de origen bacteriano, como lo demuestra la existencia de colonias sulfatorreductoras en el entorno del manantial.

El diagrama de saturación respecto a calcita representado en la fig. 1, indica que la muestra se encuentra subsaturada en  $\text{CaCO}_3$ . Los restantes diagramas corresponden a minerales típicos de rocas graníticas, respecto a los cuales no se aprecian en ningún caso condiciones de equilibrio.

La concentración de sílice alcanza un valor apreciable: 25,3 mg/l. Los contenidos de hierro así como de los restantes metales pesados analizados se mantienen en todos los casos por debajo de sus respectivos límites de detección.

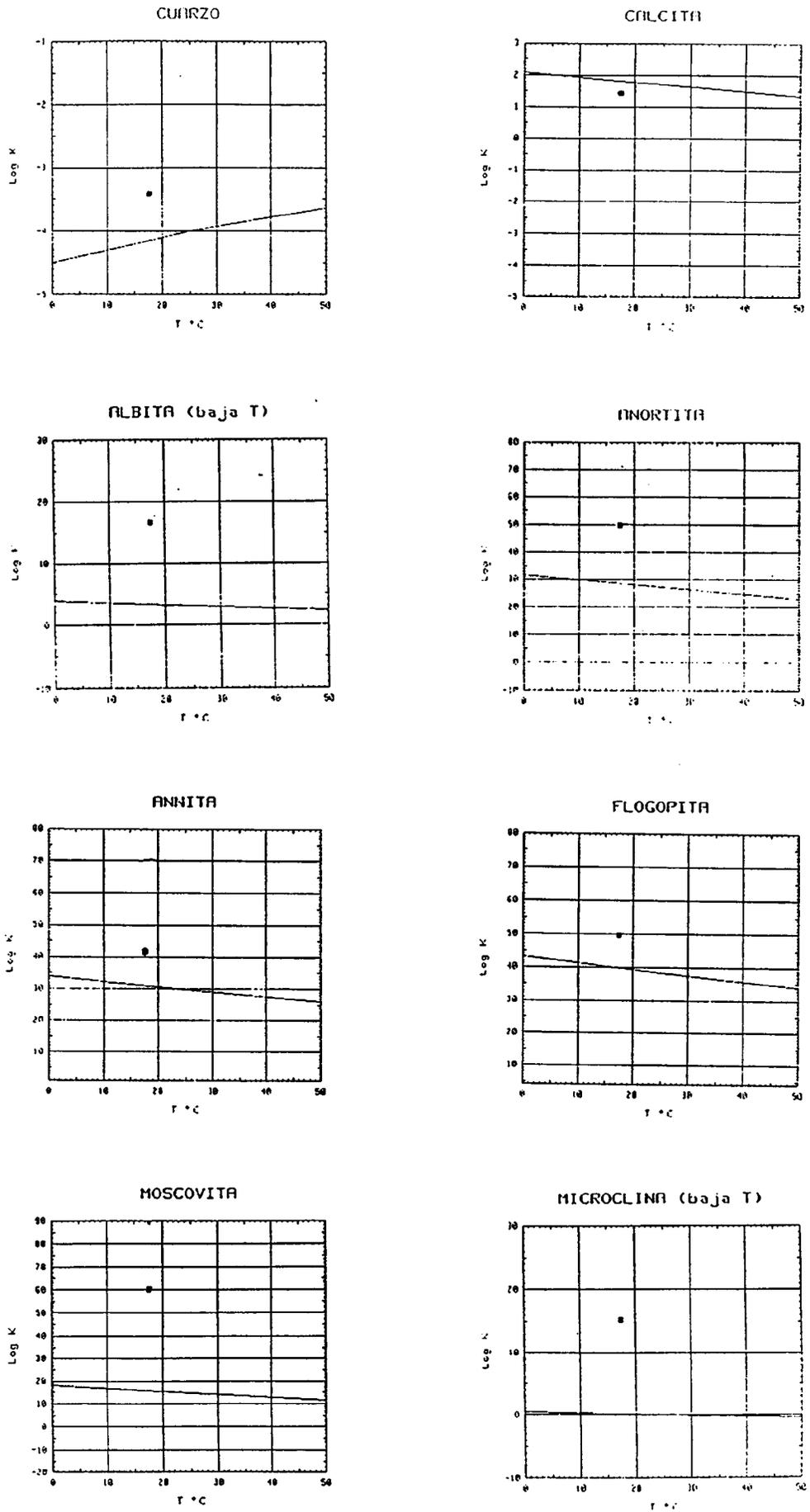


FIG. 1.- DIAGRAMAS DE SATURACION DEL MANANTIAL DE LOS HUEVOS

# ANALISIS QUIMICO

\*=====\*

DENOMINACION: FUENTE LOS HUEVOS  
 FECHA :

-----  
 TEMPERATURA (°C): 17.5                      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 258  
 pH a 17°C: 7.51                              DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 97  
 pH a 18°C: 6.90                              Eh campo (mV): -89  
 -----

ANIONES =====	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	102.00	1.672	1.672	60.93
CO3=	-	-	-	-
SO4=	24.00	.250	.500	18.21
Cl-	17.00	.480	.480	17.48
F-	<5.0E-1	.026	.026	.96
NO3-	4.00	.065	.065	2.35
SiO2 (H4SiO4)	25.3	.421	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	.01
P2O5	.060	.001	.002	.07
TOTAL....	172.870	2.914	2.744	

CATIONES =====	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	16.00	.696	.696	25.68
K+	1.00	.026	.026	.94
Ca++	22.00	.549	1.098	40.51
Mg++	10.00	.411	.823	30.35
Fe++	.040	.001	.001	.05
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.27
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	2.05
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.02
Mn++	<5.0E-3	0.000	0.000	.01
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....	49.715	1.711	2.710	

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

CLASIFICACION: BICARBONATADA -- CALCICA MAGNESICA

(CO3H+CO3)/Ca =	1.523	Cl/Na =	.689	(SO4*Ca) <sup>1/2</sup> =	.741
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.871	Cl/(Na+K) =	.665	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	.538
((CO3H) <sup>2</sup> *Ca) <sup>1/3</sup> =	1.453	SO4/Ca =	.455	Mg/Ca =	.749
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	1.131	SO4/(Ca+Mg) =	.260	Cl/CO3H =	.287

ARCHIVO EN DISCO: MMH6 (AMA8-06)

	ppm
R.S. 110°C	195
D.Q.O.	0,7
CN <sup>-</sup>	-
Cd	<0,001
Cr	<0,005
As	-
Se	-
Hg	-
B	<0,05

## 5.- PROPUESTA DE AREA DE PROTECCION

El manantial se encuentra situado sobre unos granitos, que en su parte más superficial están alterados, siendo esta alteración sólo en la zona superior e inferior a los cuatro metros de potencia, y constituyendo el acuífero que drena este manantial.

El granito tiene una extensión considerable pero la zona alterada no es continua en todo el afloramiento y no está relacionado con ningún otro acuífero importante al estar limitado por material impermeable (al Norte por unos esquistos y al Sur por diabasas). Queda pues este acuífero muy definido por la geomorfología de la zona.

El manantial, con un pequeño caudal, está situado en la zona topográficamente más baja del área propuesta que engloba el granito alterado ya definido. No existe ningún otro punto que drene el acuífero, al menos de una forma continua, ni con las características químicas del manantial en cuestión.

## 6.- BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

CHARTER EXPLORACIONES, S.A. (1987) - Estudio del inventario de impacto ambiental del proyecto de Fuenteheridos.

I.G.M.E. (1913) - Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España.

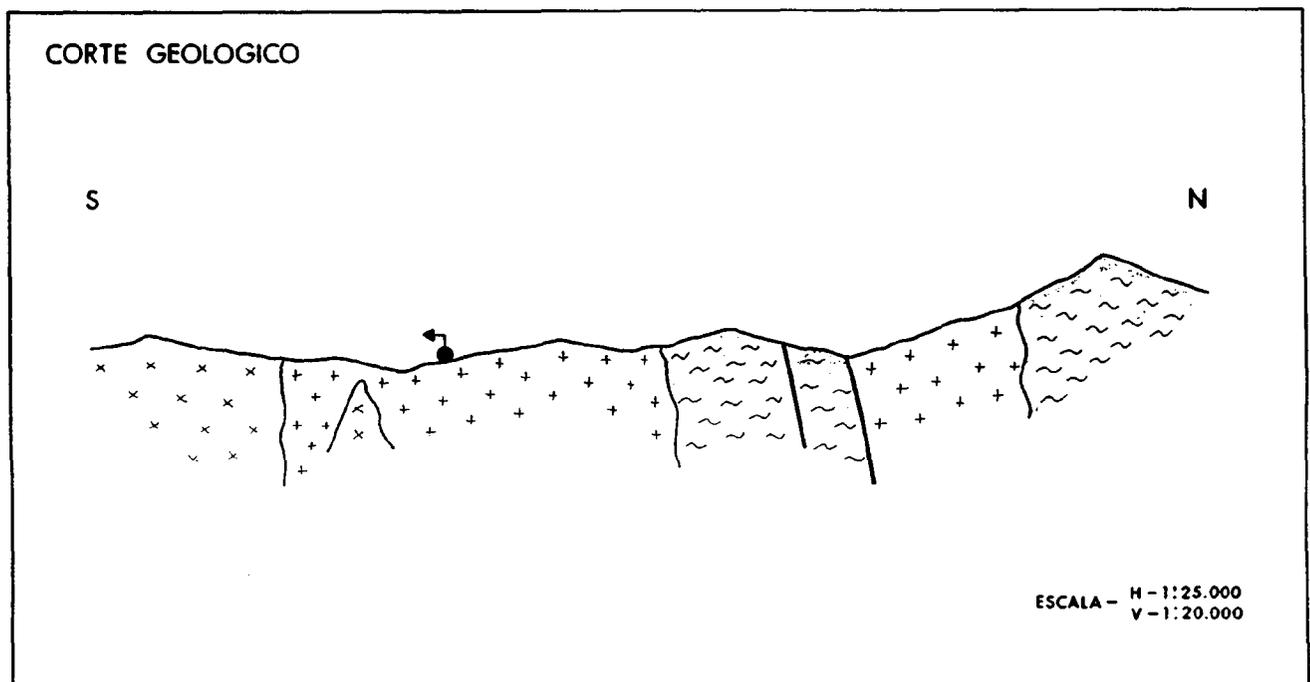
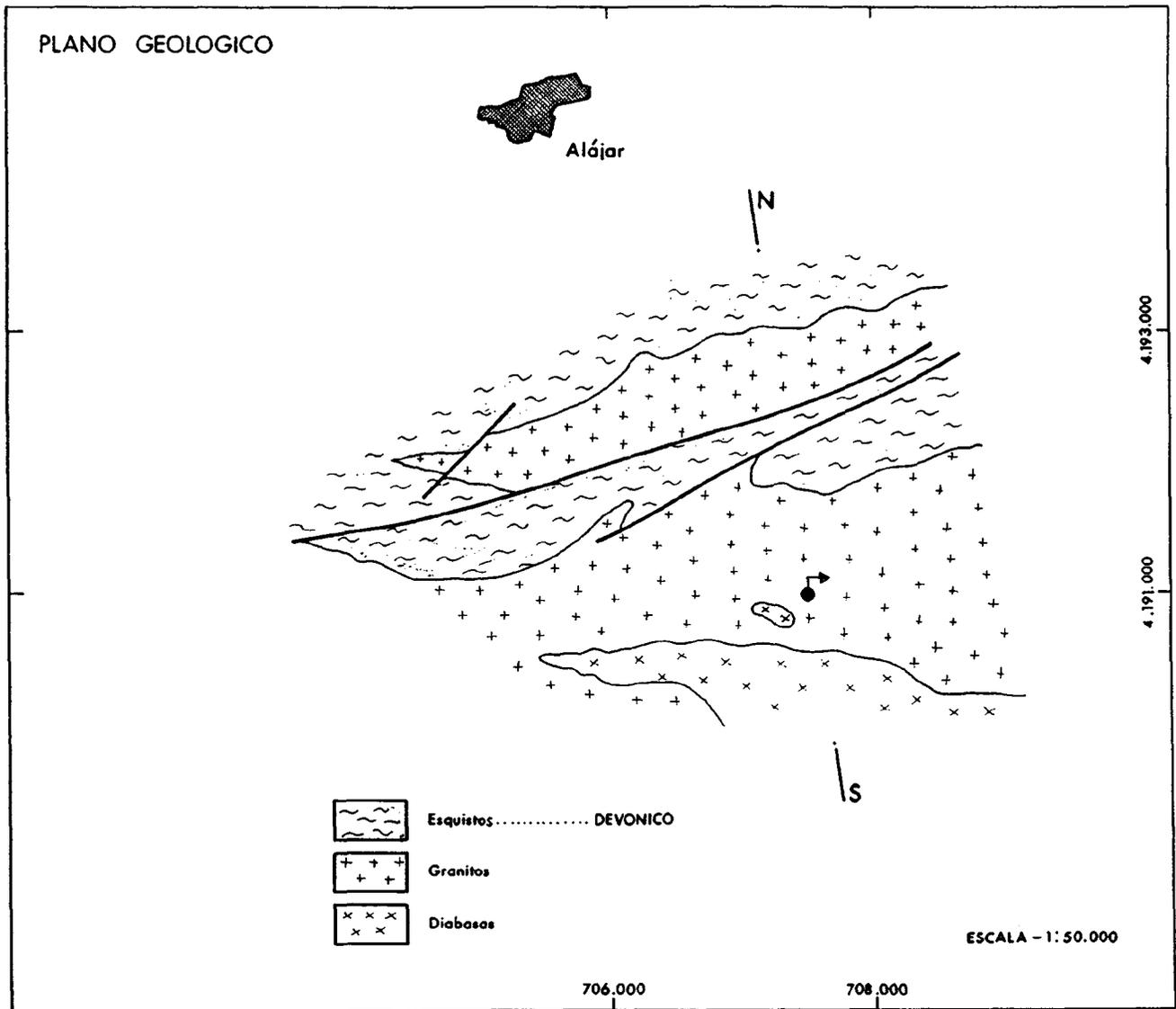
I.G.M.E. (1984) - "Hoja Geológica" ARACENA (10-37) E. 1:50.000 Plan Magna. Mapa y memoria.

I.G.M.E. (1986) - Informe sobre las aguas minero-medicinales,  
minero-industriales y de bebida envasada  
existentes en España.

JUNTA DE ANDALUCIA (1986) - La minería andaluza

SERVICIO GEOGRAFICO DEL EJERCITO (1984) - Hoja ARACENA  
(10-37) E. 1:50.000.

# FUENTE DE LOS HUEVOS (ALAJAR)





EL CALABACINO (ALAJAR)

## 1.- INTRODUCCION

### 1.1.- LOCALIZACION GEOGRAFICA

El manantial "El Calabacino" se encuentra situado en la vertiente sur de la Sierra de la Virgen, dentro de la Sierra de Aracena, y junto a la aldea El Calabacino de la que toma su nombre, dentro del término municipal de Alájar (Huelva).

Según el mapa de escala 1:50.000 del Servicio Geográfico del Ejército Aracena (10-37), el citado manantial tiene unas coordenadas U.T.M.: X=704500; Y=4194750 y una cota sobre el nivel del mar de 630 m.

Su acceso se realiza por la carretera comarcal Aracena-Alájar. En el km 19,800, justo enfrente del cruce de acceso a Alájar, por el carril que sale hacia el Norte y que conduce a la aldea del Calabacino. A unos 800 m el carril cruza un barranco donde se encuentra el manantial.

### 1.2.- UTILIZACION Y DATOS HISTORICOS

No se tienen datos escritos del uso de este manantial como agua minero-medicinal, según la bibliografía consultada, no estando ni siquiera inventariado. No obstante, es conocido como manantial de aguas con propiedades medicinales, no sólo por los habitantes del Calabacino y Alájar, sino también por

los de los pueblos cercanos, que tradicionalmente la han utilizado contra "las piedras" del riñón.

## 2.- PRINCIPALES RASGOS GEOLOGICOS DEL ENTORNO

La zona de estudio se encuentra situada en la Sierra de Aracena que pertenece en su mayoría a la zona de Ossa-Morena. Debido a las características tanto estructurales como petrográficas, la Sierra de Aracena se encuentra dividida en cuatro dominios principales: dominio nororiental con materiales Cámbricos, Devónicos y Carboníferos; Dominio septentrional con materiales de edad Ordovícico a Carbonífero; Dominio meridional perteneciente a la zona Surportuguesa, concretamente a la formación Pulo do Lobo, con materiales Silúricos y Carboníferos y por último (en el que está incluido el manantial) Dominio central, dividido a su vez en dos subdominios uno al norte y otro al sur con los mismos materiales pero con un mayor grado de metamorfismo éste último.

Los materiales del Dominio central (subdominio menos metamórfico) están constituidos por un complejo vulcanosedimentario, una formación carbonatada (dolomías de Aracena) y una formación eminentemente detrítica, que es la formación la Umbría.

El Dominio central se encuentra en una zona de cizalla por lo que presenta una intensa fracturación con direcciones principales E-W y N60°E, y estructuralmente presenta un pliegue anticlinal (Fuenteheridos-La Umbría) no estando claro si la serie está invertida o normal.

El manantial se encuentra dentro de la formación vulcanosedimentaria y más concretamente en contacto entre unas metabasitas andesíticas en el que se reconoce un primer epi-

sodio de vulcanismo básico y que pueden presentar intercalaciones de lentejones carbonatados y unas metavulcanitas ácidas constituídas por unas tobas de diferentes tamaños de granos.

### 3.- CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DEL MANANTIAL

La zona de estudio debido a las características morfológicas y a sus condiciones climáticas, con un elevado índice pluviométrico, junto a la impermeabilidad de la mayoría de los materiales, hace frecuente el número de arroyos estacionales. Esta es la razón de la escasa presencia de manantiales, situándose éstos en la formación carbonatada o en el contacto de esta con los materiales volcánicos, como es el caso del cercano manantial de la Peña de Arias Montano que ha desarrollado un importante travertino.

El manantial "El Calabacino" se encuentra situado en el contacto entre una delgada banda de tobas básicas, con intercalaciones de carbonatos, y las tobas ácidas y relacionado con una fractura. Debido a esta fracturación y a la proximidad de la formación carbonatada, la cual constituye el acuífero más importante de la Sierra, nos hace pensar en una posible relación entre ambas, aunque ésta no está demostrada.

La fuente "El Calabacino" tiene un caudal pequeño que no supera los 0,2 l/seg. (medidos los 10.4.90 y 4.7.90) aunque constante durante todo el año. Se encuentra relacionado con un nivel carbonatado, de una potencia de 1 a 0,5 m, y que está mineralizado con distintos tipos de sulfuros lo que podría explicarnos las características químicas de sus aguas.

#### 4.- CARACTERISTICAS HIDROQUIMICAS

La conductividad de la muestra es de 463  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con un pH campo de 8,22 y un valor relativamente bajo del potencial rédox: +62 mV. La naturaleza del agua es bicarbonatada cálcica.

Según se aprecia en la fig. 1, existe sobresaturación respecto a cuarzo; el análisis químico evidencia un contenido elevado en  $\text{SiO}_2$  -39,2 mg/l, probablemente relacionado con la presencia de materiales volcánicos asociados al manantial. También se observa sobresaturación respecto a las formas carbonatadas calcita y dolomita.

La determinación de hierro realizada en campo es de 0,4 mg/l. No se observan indicios de precipitación de este elemento en el entorno de la surgencia. Respecto a la posible influencia de mineralizaciones de sulfuros apuntada en el apartado precedente, los análisis de metales pesados así como el contenido de sulfatos no se corresponden con dicha hipótesis.

El análisis de la muestra de gas disuelto pone de manifiesto un claro predominio del nitrógeno (98%V) sobre los restantes componentes. El bajo contenido de  $\text{O}_2$  -1,4%- indica que el gas es probablemente aire atmosférico reducido enriquecido con pequeños aportes de  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$  (0,0014 y 1,6 respectivamente).

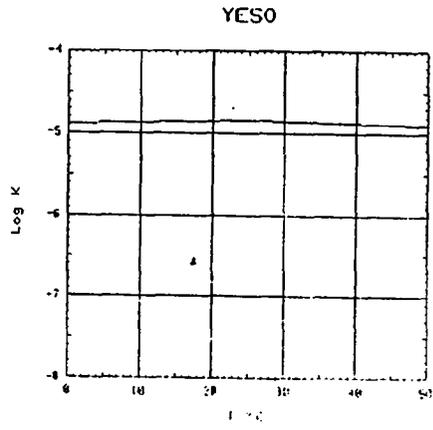
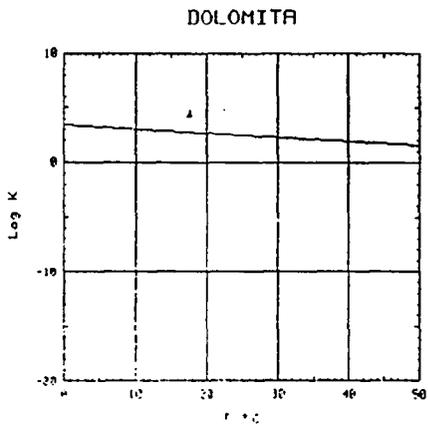
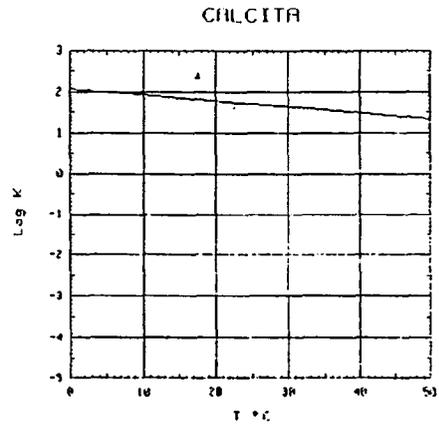
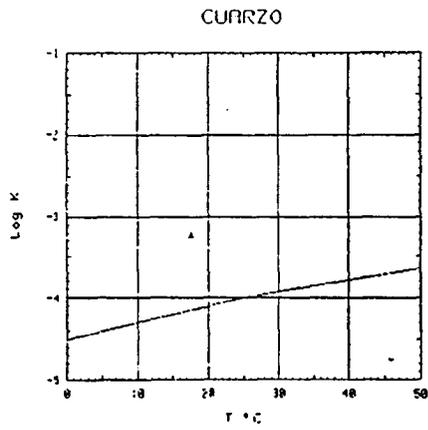


FIG. 1 .- DIAGRAMAS DE SATURACION MANANTIAL EL CALABACINO

# ANALISIS QUIMICO

DENOMINACION: FUENTE EL CALABACINO  
 FECHA :

TEMPERATURA (°C): 17.5                      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 463  
 pH a 17°C: 8.22                              DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 189  
 pH a 18°C: 7.80                              Eh campo (mV): 62

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	178.00	2.917	2.917	70.37
CO3=	-	-	-	-
SO4=	41.00	.427	.854	20.59
Cl-	12.00	.339	.339	8.17
F-	<5.0E-1	.026	.026	.63
NO3-	<5.0E-1	.008	.008	.19
SiO2 (H4SiO4)	39.2	.652	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	.01
P2O5	.050	.001	.002	.04
TOTAL....	271.260	4.370	4.146	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	7.00	.305	.305	7.22
K+	3.00	.077	.077	1.82
Ca++	49.00	1.223	2.445	57.98
Mg++	16.00	.658	1.316	31.21
Fe++	.030	.001	.001	.03
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.17
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	1.32
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.01
Mn++	.140	.003	.005	.12
Pb	0.016	0.000	-	-
Zn++	.110	.002	.003	.08
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.04
TOTAL....	75.908	2.294	4.217	

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

CLASIFICACION: BICARBONATADA -- CALCICA

(CO3H+CO3)/Ca =	1.193	Cl/Na =	1.112	(SO4*Ca) <sup>1/2</sup> =	1.445
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.776	Cl/(Na+K) =	.888	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	.422
((CO3H) <sup>2</sup> *Ca) <sup>1/3</sup> =	2.751	SO4/Ca =	.349	Mg/Ca =	.538
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	1.003	SO4/(Ca+Mg) =	.227	Cl/CO3H =	.116

ARCHIVO EN DISCO: MMH4 (AMA8-04)

	ppm
R.S. 110°C	366
D.Q.O.	0,9
CN <sup>-</sup>	-
Cd	<0,001
Cr	0,006
As	-
Se	-
Hg	-
B	<0,05



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 TÉLEX: 97977

ANÁLISIS DE GASES

ENCUENTRO NO.  
MUESTRA: AMA8-4

	<u>%V</u>
He	<0,0010
H <sub>2</sub>	<0,0010
O <sub>2</sub>	1,4
N <sub>2</sub>	98
CH <sub>4</sub>	0,0014
CO <sub>2</sub>	1,6

## 5.- PROPUESTA DE AREA DE PROTECCION

El manantial se encuentra situado en el contacto entre unas tobas básicas, con algunas intercalaciones calizas, y unas tobas ácidas, y cortado por una fractura que afecta a los dos materiales.

El acuífero lo constituye las tobas básicas con intercalaciones calizas, y corresponde a una pequeña banda de dirección NW-SE, que está englobada en tobas ácidas, acuñándose hacia el Norte, y al Sur cortadas por unos esquistos. Este acuífero no parece tener una relación clara con ninguno de la zona, pues los materiales ácidos son altamene impermeables y lo separan del importante acuífero carbonatado que constituye el núcleo de la Sierra de Aracena.

El área propuesta tiene una superficie inferior a los 2 km<sup>2</sup> y una forma alargada de dirección NW-SE, incluyendo en su interior el afloramiento de tobas básicas, la fractura que lo corta y los pequeños arroyos que lo cruzan. En el área propuesta sólo existe el manantial que se estudia y no parece tener necesidad de un área mayor.

## 6.- BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

CHARTER EXPLORACIONES, S.A. (1987) - Estudio del inventario de impacto ambiental del proyecto Fuenteheridos.

I.G.M.E. (1982) - Informe hidrogeológico de abastecimiento de Aracena.

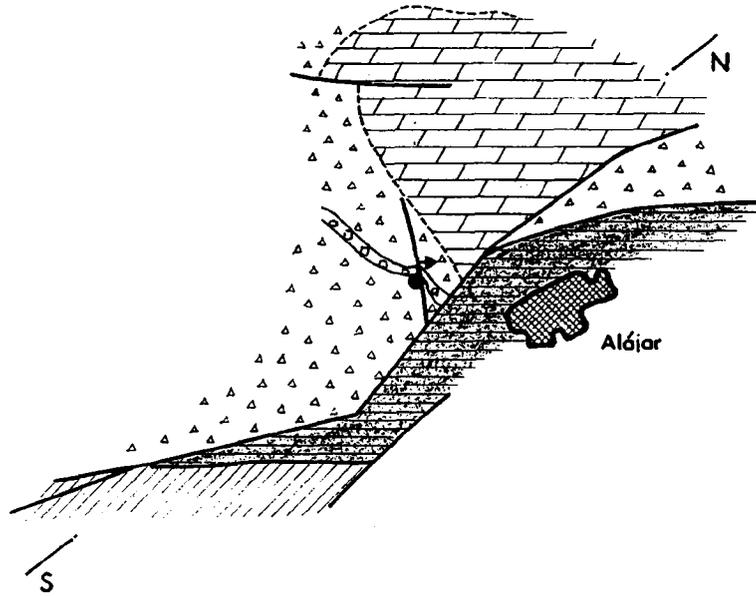
I.G.M.E. (1984) - "Hoja Geológica" ARACENA (10-37) E.1:50.000 Plan Magna. Mapa y memoria.

JUNTA DE ANDALUCIA (1986) - La minería Andaluza

SERVICIO GEOGRAFICO DEL EJERCITO (1984) - Hoja ARACENA  
(10-37) E. 1:50.000.

# MANANTIAL EL CALABACINO (ALAJAR)

PLANO GEOLOGICO

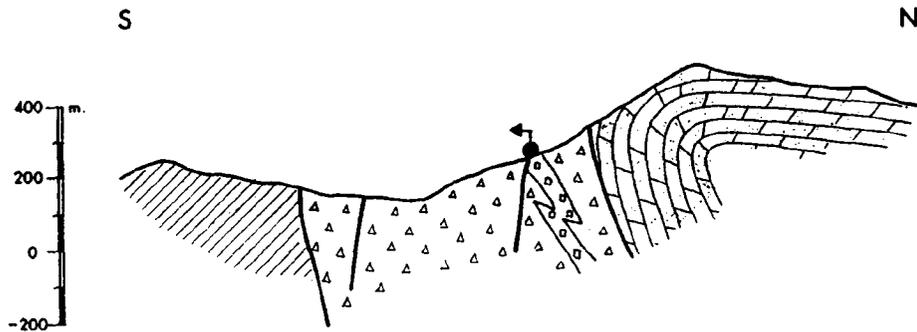


740.000

742.000

ESCALA - 1 : 50.000

CORTE GEOLOGICO





SANTA EULALIA (ALMONASTER LA REAL)

## 1.- INTRODUCCION

### 1.1.- LOCALIZACION GEOGRAFICA

El manantial de Santa Eulalia se encuentra situado al Norte de la provincia de Huelva, en la Sierra de Aracena dentro del término municipal de Almonaster la Real y en el paraje denominado Ermita de Santa Eulalia. Tiene unas coordenadas U.T.M. X=705950; Y=4187650 y una altura de 320 m sobre el nivel del mar, según referencia topográfica del mapa del Servicio Geográfico del Ejército, Nerva (10-38), a escala 1:50.000.

Su acceso se realiza por la carretera nacional 435 Huelva-Fregenal de la Sierra, km. 80,500, tomando una carretera local hacia la Ermita de Santa Eulalia. De la aldea sale una vereda que conduce a la fuente.

### 1.2.- UTILIZACION Y DATOS HISTORICOS

Según la bibliografía consultada la fuente de Santa Eulalia aparece, por primera vez, citada como manantial de agua minero-medicinal en "La relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España" publicado por el I.G.M.E. en Madrid en 1913, en la que se hace mención a la calidad de sus aguas ferruginosas. También es mencionada en la relación anexa al mapa de España con los principales puntos de aguas minero-medicinales publicado por el I.G.M.E. en Madrid en

1947 y por último aparece en "El informe sobre las aguas minero-medicinales, minero-industriales y de bebidas envasadas existentes en España" I.G.M.E., 1986.

El manantial es usado por los habitantes de la zona para curar trastornos estomacales y problemas de inapetencia. No tiene ningún tipo de instalación y sus aguas van a parar al arroyo sobre el que nace. Tiene normalmente un uso agrícola.

## 2.- PRINCIPALES RASGOS GEOLOGICOS DEL ENTORNO

El manantial de Santa Eulalia se encuentra situado en la zona Surportuguesa, muy cerca de su contacto con los materiales de Ossa-Morena (Macizo de Aracena).

La zona Surportuguesa se divide en tres grandes grupos, el Devónico (D), el Vulcanosedimentario (CVS) y la Facies Culm.

El Devónico está constituido casi exclusivamente por una monótona secuencia de pizarras, a veces cuarzoarenitas, y esporádicos lentejones carbonatados. El complejo vulcanosedimentario es un conjunto de materiales heterogéneos constituidos por rocas volcánicas, de carácter ácido y básico, y unas rocas detríticas, no existiendo una columna estratigráfica que represente todo el complejo. Las facies Culm están constituidas por una secuencia de materiales pelíticos turbidíticos que varían de someros a profundos.

El manantial se encuentra situado en la Formación Santa Eulalia, perteneciente al Devónico Superior más concretamente en el contacto entre unas tobas y plutón granítico que las intruye.

Las pizarras de color gris son unos materiales pelíticos y cuarzoarenosos, intercaladas pueden aparecer unas grauvacas en bancos de 2 m de potencia. No se han podido datar y tienen un espesor máximo de 400 m.

El plutón petrográficamente está constituido por una granodiorita en la que el rasgo característico es una gran cantidad de Hornblenda. Sus componentes fundamentales son: cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico y biotita.

También afloran en la zona, aunque no afectan al funcionamiento del manantial: unas pizarras con cuarcitas del Devónico, unas tobas y lavas con esquistos pertenecientes al complejo vulcanosedimentario y por último unas rocas intrusivas distintas a la de Santa Eulalia unas de carácter ácido (granito) y otra de carácter básico (gabro).

### 3.- CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DEL MANANTIAL

El manantial se encuentra en una zona en la que la pluviometría es del orden de 700-800 l/m<sup>2</sup> año. Los materiales son prácticamente impermeables, tanto las pizarras como las intrusiones graníticas, aunque en la parte más superficial de estas existe una alta meteorización donde la permeabilidad por porosidad es importante. Esta zona alterada raramente alcanza los 4 m de potencia.

La zona está surcada por importantes fracturas siendo en estos lugares donde aumenta la posibilidad de circulación de fluidos. Los contactos entre los materiales que afloran en la zona son muchas veces mecánicos y aunque estas fracturas son de menor importancia también aumentan la permeabilidad por fracturas.

El manantial de Santa Eulalia se encuentra situado en el contacto entre la granodiorita del mismo nombre y las tobas carboníferas. En dicho contacto se producen mineralizaciones, pudiendo ser estas las que les confiere el carácter ferruginoso a sus aguas.

El caudal del manantial es de 0,3 l/seg. medidos el 17 de abril de 1990 manteniendo su caudal (según los habitantes del lugar) casi constante durante todo el año.

Las aguas del manantial, van a parar al arroyo Rivera de Santa Eulalia, que es tributario del río Odiel, perteneciente a la cuenca del Guadiana.

#### 4.- CARACTERISTICAS HIDROQUIMICAS

La composición del agua evidencia un carácter bicarbonatado cálcico-magnésico. La conductividad es baja -344  $\mu$ S/cm- así como también el potencial rédox: -42 mV. El pH campo es de 7,54.

Al igual que en otras surgencias del área de Almonaster, se observa una importante precipitación de hierro en el entorno del manantial (determinación in situ: 0,4 mg/l  $Fe^{2+}$ ). La concentración de los restantes metales pesados analizados no alcanza en ningún caso valores elevados.

La fig. 1 refleja los diagramas de saturación correspondientes a un conjunto de minerales característicos de las rocas graníticas, respecto a los cuales el agua aparece sobresaturada en la totalidad de los mismos. En el caso de la calcita las condiciones son de ligera subsaturación.

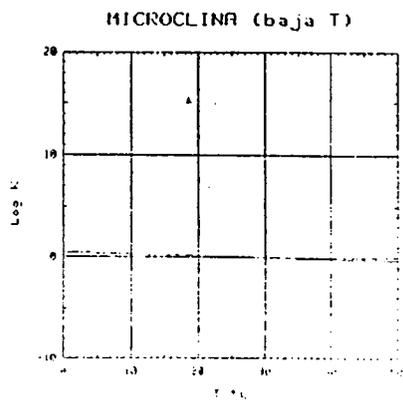
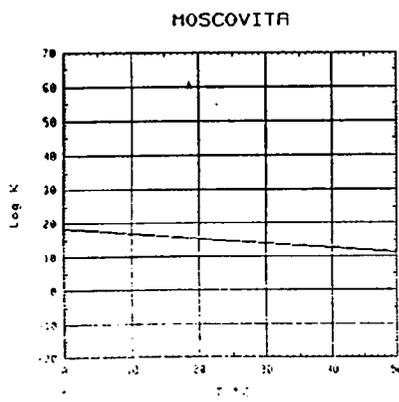
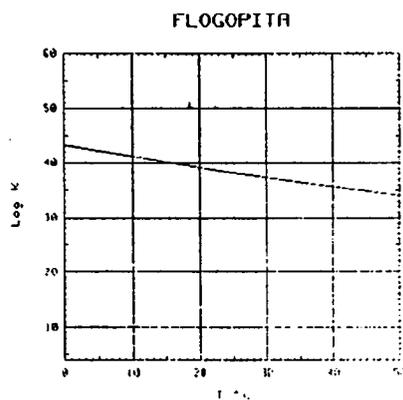
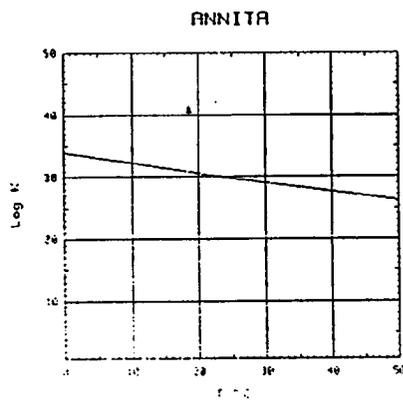
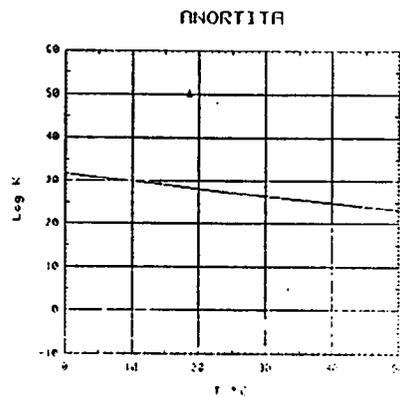
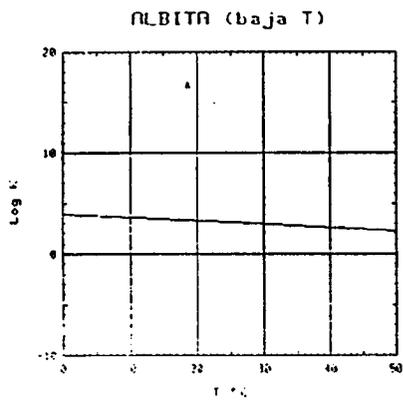
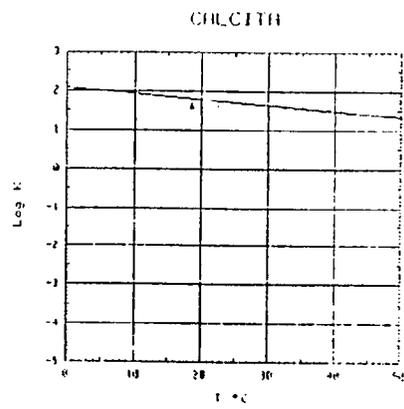
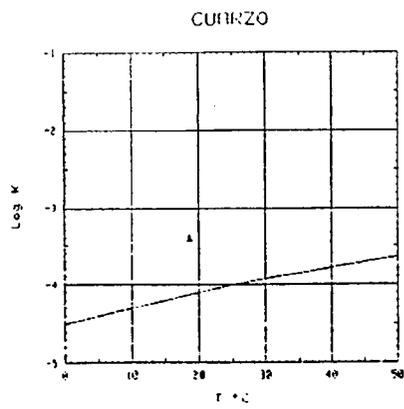


FIG. 1 .-- DIAGRAMAS DE SATURACION DEL MANANTIAL SANTA EULALIA

# ANALISIS QUIMICO

DENOMINACION: FUENTE SANTA EULALIA  
 FECHA :

-----  
 TEMPERATURA (°C): 18.6                      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 344  
 pH a 18°C: 7.54                              DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 146  
 pH a 18°C: 7.80                              Eh campo (mV): -42  
 -----

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
=====				
HCO3-	182.00	2.983	2.983	82.04
CO3=	-	-	-	-
SO4=	12.00	.125	.250	6.87
Cl-	13.00	.367	.367	10.09
F-	<5.0E-1	.026	.026	.72
NO3-	<5.0E-1	.008	.008	.22
SiO2 (H4SiO4)	26.6	.443	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	.01
P2O5	.060	.001	.002	.05
TOTAL....	234.670	3.952	3.636	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
=====				
Na+	15.00	.653	.653	17.91
K+	1.00	.026	.026	.70
Ca++	35.00	.873	1.747	47.93
Mg++	14.00	.576	1.152	31.60
Fe++	.020	0.000	.001	.02
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.20
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	1.53
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.02
Mn++	<5.0E-3	0.000	0.000	0.00
Pb	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
Zn++	.070	.001	.002	.06
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.04
TOTAL....	65.715	2.156	3.644	

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

CLASIFICACION: BICARBONATADA -- CALCICA MAGNESICA

(CO3H+CO3)/Ca = 1.708    Cl/Na = .562    (SO4\*Ca)^1/2 = .661  
 (CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = 1.029    Cl/(Na+K) = .541    (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = .254  
 ((CO3H)^2\*Ca)^1/3 = 2.495    SO4/Ca = .143    Mg/Ca = .659  
 (CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = 1.115    SO4/(Ca+Mg) = .086    Cl/CO3H = .123

ARCHIVO EN DISCO: MMH5 (AMA8-05)

	ppm
R.S. 110°C	245
D.Q.O.	0,6
CN-	-
Cd	<0,001
Cr	<0,005
As	-
Se	-
Hg	-
B	<0,05

El contenido en sílice de la muestra es de 26,6 mg/l. Si bien se trata de un valor relativamente elevado, resulta inferior al de otros manantiales próximos.

#### 5.- PROPUESTA DE AREA DE PROTECCION

El manantial se encuentra en el contacto entre una instrusión granítica y unas tobas ácidas que son impermeables. El granito de Santa Eulalia está parcialmente alterado en superficie y en especial en la zona de contacto con las tobas.

El acuífero lo constituye este granito alterado, limitándose fundamentalmente a la zona de contacto, siendo éste de poca permeabilidad, aunque siempre superior a los materiales que lo rodean que son altamente impermeables.

Para definir el área de protección se ha tenido en cuenta la geomorfología de la zona, pues el manantial se encuentra situado sobre un pequeño arroyo que se inicia en las tobas impermeables y que en épocas de lluvia puede afectar al manantial. Así pues, el área propuesta, con una superficie inferior a los 3 km<sup>2</sup>, incluye al acuífero, el cual se encuentra aislado de otros que puedan existir en la zona, y a los pequeños arroyos que lo cruzan. No existe en la zona ningún otro manantial importante con las características químicas del estudiado.

#### 6.- BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

I.G.M.E. (1913) - Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España.

I.G.M.E. (1947) - Mapa con los puntos de aguas minero-medicinales de España.

I.G.M.E. (1984) - "Hoja Geológica" ARACENA (10-37) E.1:50.000  
Plan Magna. Mapa y memoria.

I.G.M.E. (1986) - Informe sobre las aguas minero-medicinales,  
minero-industriales y de bebida envasada  
existentes en España.

JUNTA DE ANDALUCIA (1986) - La minería andaluza

SERVICIO GEOGRAFICO DEL EJERCITO (1984) - Hoja ARACENA  
(10-37) E. 1:50.000.



**PROPUESTA DE AREA DE PROTECCION**  
**SANTA EULALIA**



BALNEARIO "EL MANZANO" (ALMONASTER LA REAL)

## 1.- INTRODUCCION

### 1.1.- LOCALIZACION GEOGRAFICA

El balneario del Manzano se encuentra situado en la Sierra norte de la provincia de Huelva, en el término municipal de Almonaster la Real en la vertiente Norte de la sierra de Las Bañas. Con unas coordenadas U.T.M. según referencia topográfica del mapa del Servicio Geográfico del Ejército escala 1:50.000 de ARACENA (1.037), X=690800; Y=4192000 y a una altura de 360 m sobre el nivel del mar.

Su acceso se realiza por la carretera local Almonaster la Real-Gil Márquez y se encuentra en el lado izquierdo de la carretera en dirección a Gil Márquez en km 6,1 teniendo indicado el nombre en la puerta.

### 1.2.- UTILIZACION Y DATOS HISTORICOS

El balneario del Manzano aparece citado como tal por primera vez, según la bibliografía consultada, en la "Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España" publicado por el I.G.M.E. en Madrid en 1913, en la que hace referencia al carácter bicarbonatado sódico de sus aguas, y con el siguiente análisis:

Carbonato sódico .....	0,142 gr/l
Carbonato potásico .....	0,001 "
Carbonato cálcico .....	0,014 "
Cloruro sódico .....	0,020 "
Sulfato sódico .....	0,019 "
Sílice .....	0,009 "
Alúmina .....	0,015 "
Materia orgánica .....	0,048 "
TOTAL .....	0,275 "

Vuelve a ser citada en la relación anexa al "Mapa de España con los puntos de aguas minero-medicinales" publicado por el I.G.M.E. en Madrid 1947, y por último en el informe sobre "Las agua minero-medicinales, minero-industriales y de bebidas envasadas existentes en España" I.G.M.E. 1986 se hace referencia a su uso tópico y a su carácter bicarbonatado sódico.

El balneario está actualmente sin uso, aunque existe un marcado interés de ponerlo nuevamente en utilización y mantiene sus baños e instalaciones.

Cuando estuvo en uso (hace unos 40-50 años), los aguas se tomaban en bebida para trastornos estomacales y en baños para enfermedades de la piel.

## 2.- PRINCIPALES RASGOS GEOLOGICOS

La zona de estudio se encuentra situada en la zona Surportuguesa en su contacto con los materiales de Ossa-Morena, concretamente en el dominio meridional de la Sierra de Aracena (provincia de Huelva) en el denominado granito de Gil Márquez, que consiste en un pequeño plutón que se emplaza en

los materiales del Grupo Pulo do Lobo. Estos materiales ígneos constituyen la intrusión ácida más antigua de la zona pues están deformados por la II fase Hercínica lo que nos indica una edad carbonífera.

Petrográficamente se considera una granodiorita, de grano grueso a medio, de bordes angulosos y orientados cuyos componentes principales son cuarzo, albita y feldespatos potásico, teniendo también biotita, clorita y apatito.

Dentro del granito de Gil Márquez y relacionados con fracturas o como pequeños stocks existen unas diabasas, roca más básica que el granito, granuda y de color verdoso cuyos componentes principales son plagioclasas y anfíboles, a veces piroxenos y biotita verde y cuarzo como componente accesorio.

Los materiales de la Formación Pulo do Lobo están en esta zona representados por unos esquistos de grano fino a medio con pequeños niveles cuarcíticos con metamorfismo de contacto en su límite con el granito.

### 3.- CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DEL MANANTIAL

El manantial del Balneario del Manzano se encuentra situado en el granito de Gil Márquez considerado, desde el punto de vista hidrogeológico, prácticamente impermeable, aunque existen zonas relativamente más permeables en la parte más superficial de los afloramientos graníticos debido a la meteorización de los mismos. La potencia de estas zonas de alteración varían mucho de unos puntos a otros ya que dependen más de la topografía que de la litología.

También pueden aumentar su permeabilidad, aunque de carácter local, por fracturación.

El manantial estudiado aparece muy cerca del contacto mecánico del granito con las diabasas y posiblemente relacionado con él y en una zona en la que el granito presenta relativamente una importante meteorización.

Su caudal, aún con las dificultades de medición del mismo, debe ser del orden de 0,3 l/seg.

#### 4.- CARACTERISTICAS HIDROQUIMICAS

Agua de pH elevado (10,38 en campo), mineralización muy baja (291  $\mu$ S/cm), potencial rédox negativo (-159 mV), alto contenido en sílice (41,8 mg/l) y naturaleza bicarbonatada sódica. Estos elementos configuran una tipología de aguas característica de ambientes graníticos, resultado de los procesos de interacción con este tipo de materiales.

En la fig. 1 se representa una serie de diagramas de saturación correspondientes a minerales presentes en las rocas graníticas. En ninguno de ellos se aprecian condiciones de equilibrio puesto que, en todos los casos, el agua se encuentra sobresaturada respecto a dichas fases minerales. A este respecto conviene señalar que el único punto accesible para el muestreo -la fuente- no corresponde con el nacimiento. Este último alimenta subterráneamente a un depósito situado bajo el edificio del Balneario, cuyo único acceso son varias trampillas selladas con cemento. En tales circunstancias no es posible asegurar la inalterabilidad de la muestra, especialmente si se tiene en cuenta que debido al escaso caudal de salida, el tiempo de permanencia del agua en el depósito ha de ser muy prolongado.

El análisis del gas disuelto indica que el nitrógeno constituye la especie predominante (88%V), si bien el rasgo

más destacable de la muestra es su elevado contenido en  $\text{CH}_4$ : 12%V. Teniendo en cuenta la génesis en medio granítico del manantial, así como los indicios de  $\text{H}_2\text{S}$  detectados por vía organolopéptica, cabe atribuir a dicho gas un origen biogénico. Por último, el contenido de dióxido de carbono es bajo (<0,03%), como cabe esperar del elevado pH del agua a que se encuentra asociado.

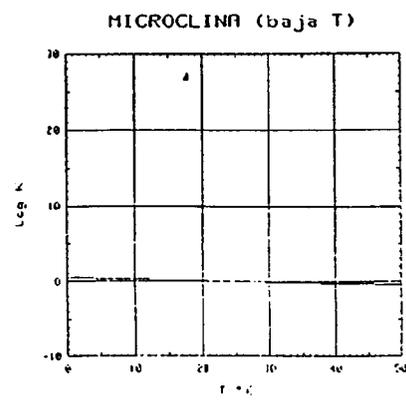
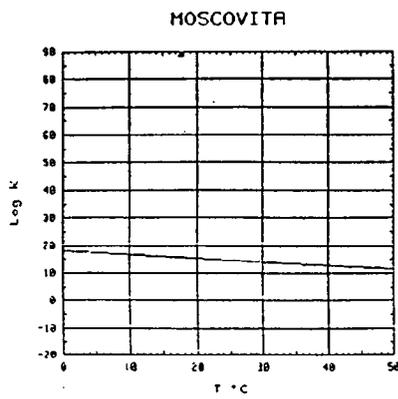
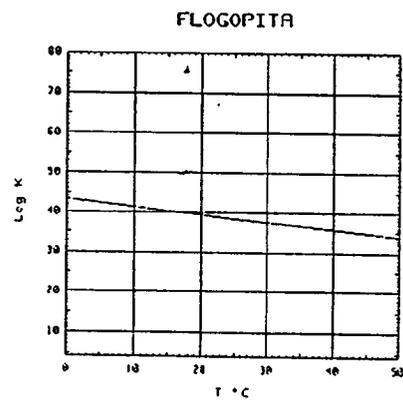
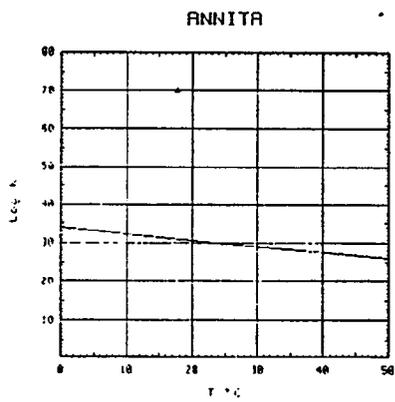
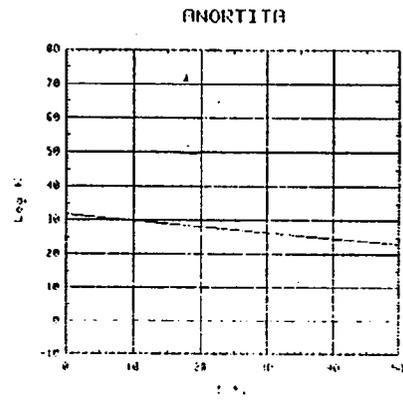
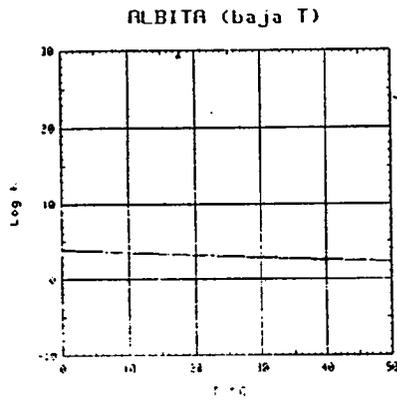
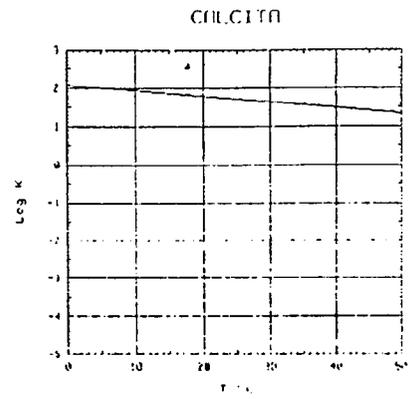
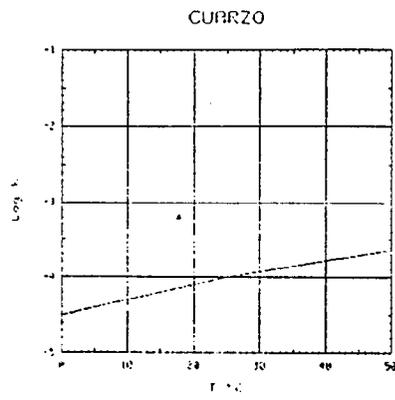


FIG. 1.- DIAGRAMAS DE SATURACION DEL MANANTIAL DEL BALNEARIO EL MANZANO

# \*=====\*

## ANALISIS QUIMICO

# \*=====\*

DENOMINACION: EL MANZANO  
 FECHA :

TEMPERATURA (°C): 17.7                      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 291  
 pH a 17°C: 10.38                              DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 7  
 pH a 18°C: 9.80                                Eh campo (mV): -159

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	124.00	2.032	2.032	66.56
CO3=	7.00	.117	.233	7.64
SO4=	9.00	.094	.187	6.14
Cl-	16.00	.451	.451	14.78
F-	2.500	.132	.132	4.31
NO3--	1.00	.016	.016	.53
SiO2(H4SiO4)	41.8	.696	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	.01
P2O5	.030	0.000	.001	.03
TOTAL....	201.340	3.538	3.053	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	64.00	2.784	2.784	92.55
K+	<5.0E-1	.013	.013	.43
Ca++	1.00	.025	.050	1.66
Mg++	1.00	.041	.082	2.73
Fe++	.030	.001	.001	.04
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.24
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	1.85
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.02
Mn++	.010	0.000	0.000	.01
Pb	0.026	0.000	-	-
Zn++	.420	.006	.013	.43
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.05
TOTAL....	67.596	2.897	3.008	

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

CLASIFICACION: BICARBONATADA --- SODICA

$(CO3H+CO3)/Ca = 45.404$      $Cl/Na = .162$      $(SO4*Ca)^{1/2} = .097$   
 $(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = 17.143$      $Cl/(Na+K) = .161$      $(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = .224$   
 $((CO3H)^2*Ca)^{1/3} = .591$      $SO4/Ca = 3.755$      $Mg/Ca = 1.648$   
 $(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = 18.561$      $SO4/(Ca+Mg) = 1.418$      $Cl/CO3H = .222$

ARCHIVO EN DISCO: MMH2 (AMA8-02)

	ppm
R.S. 110°C	243
D.Q.O.	0,4
CN-	-
Cd	0,001
Cr	0,005
As	-
Se	-
Hg	-
B	<0,05



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

ANALISIS DE GASES

EMPAQUETADO

MUESTRA: AMA8-2

	<u>%V</u>
He	0,12
H <sub>2</sub>	0,0010
O <sub>2</sub>	0,63
N <sub>2</sub>	88
CH <sub>4</sub>	12
CO <sub>2</sub>	<0,03

## 5.- PROPUESTA DE AREA DE PROTECCION

El manantial se encuentra sobre la granodiorita de Gil Márquez, altamente alterada en esta zona. Estas alteraciones son siempre locales y no tienen una continuidad a lo largo de todo el afloramiento, estando aisladas unas de otras. El manantial se encuentra sobre una de ellas, que constituye el acuífero, y en la que la alteración está más acentuada posiblemente a causa de una pequeña intrusión de diabasas que existe al Sur de la misma.

Aunque es una superficie pequeña, los materiales llegan a tener una alta permeabilidad. Esta zona está limitada al Sur por unos esquistos impermeables y que están topográficamente más altos, por lo que el acuífero recibe el agua de escorrentía durante la época de lluvias. El límite Norte de este acuífero lo constituye la propia granodiorita sin alterar. El manantial de "El Manzano" es el único que existe en esta zona de una forma permanente.

El área propuesta para la protección del manantial, tiene una superficie de unos 2 km<sup>2</sup>, e incluye la zona de alteración del granito y la ladera de esquistos que en época de lluvias puede influir sobre el mismo.

## 6.- BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

I.G.M.E. (1913) - Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España.

I.G.M.E. (1947) - Mapa con los puntos de aguas minero-medicinales de España.

I.G.M.E. (1984) - "Hoja Geológica" ARACENA (10-37) E.  
1:50.000 Plan Magna. Mapa y memoria.

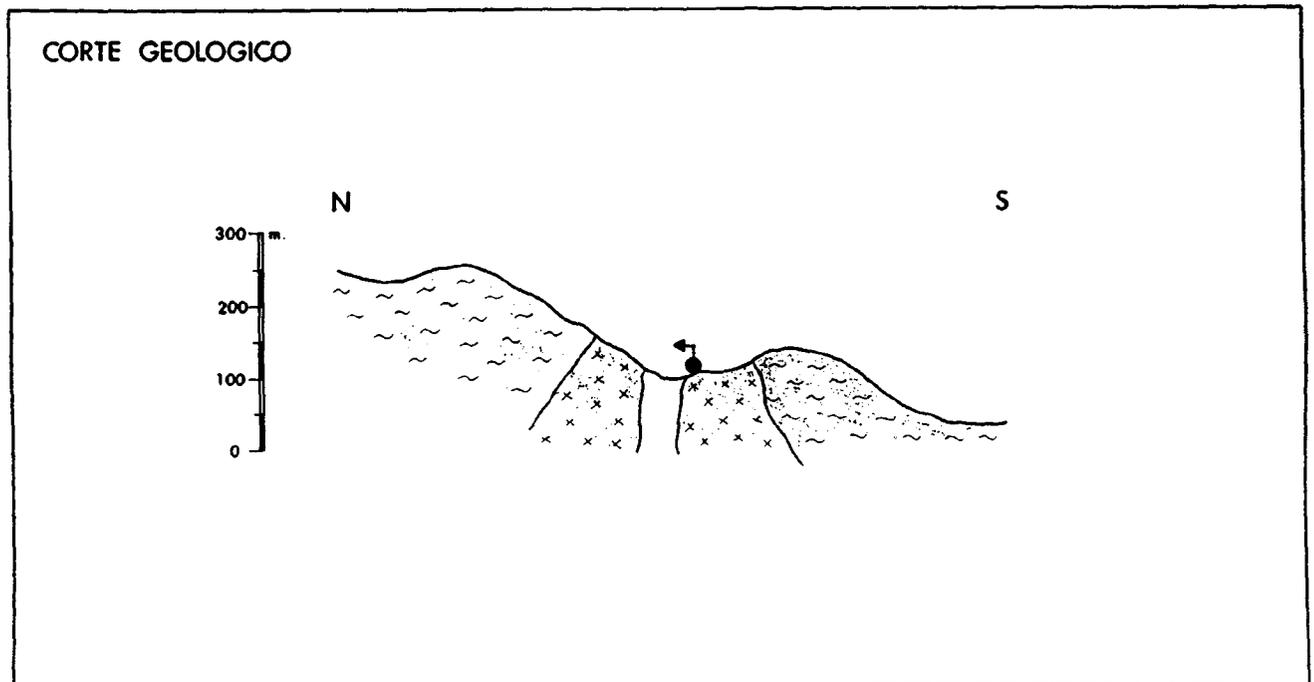
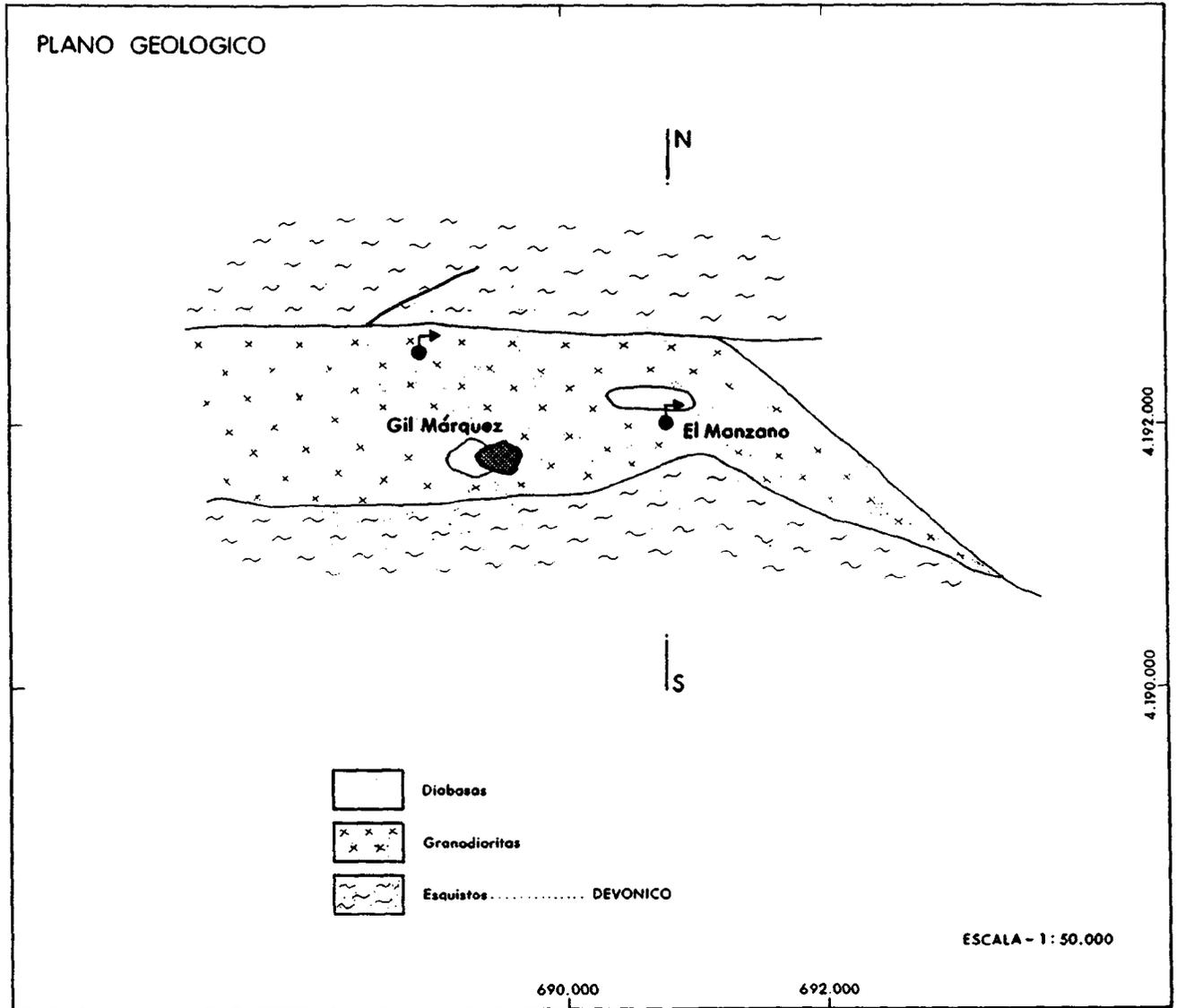
I.G.M.E. (1986) - Informe sobre las aguas minero-medicinales,  
minero-industriales y de bebida envasada  
existentes en España.

JUNTA DE ANDALUCIA (1986) - La minería andaluza

SERVICIO GEOGRAFICO DEL EJERCITO (1984) - Hoja ARACENA  
(10-37) E. 1:50.000.

# BALNEARIO DEL MANZANO

(ALMONASTER LA REAL)





MANANTIAL DE GIL MARQUEZ (ALMONASTER LA REAL)

## 1.- INTRODUCCION

### 1.1.- LOCALIZACION GEOGRAFICA

El manantial Gil Márquez se encuentra situado al Norte de la provincia de Huelva, en el término municipal de Almonaster la Real, en el antiguo apeadero Gil Márquez de la línea ferroviaria de Zafra-Huelva. Con unas coordenadas U.T.M. X=689050; Y=4192300 y a una cota Z=450 m según referencia topográfica del mapa a escala 1:50.000 Aracena (1037) del Servicio Topográfico del Ejército.

El manantial se encuentra en la misma trinchera del ferrocarril, en el km 102,1 de la línea. Al apeadero se accede por la carretera local Almonaster la Real-Valdelamusa, y desde la aldea de Gil Márquez por la carretera que conduce al apeadero.

### 1.2.- UTILIZACION Y DATOS HISTORICOS

Según la bibliografía y los archivos de los distintos organismos consultados, la referencia más antigua de este manantial se tiene en "La relación por provincias de aguas minero-medicinales de España" publicada por el I.G.M.E. en Madrid en 1913, en la que hace alusión al citado manantial por el carácter ferruginoso de sus aguas. También aparece como punto de agua minero-medicinal en la relación anexa al "Mapa de España con los puntos de aguas minero-medicinales"

del I.G.M.E., Madrid 1947, y a partir de esta publicación en todos los trabajos consultados.

Pequeño manantial que actualmente no tiene un uso medicinal, aunque sí lo tuvo, sobre todo cuando funcionaba el cercano balneario del Manzano, para enfermedades del aparato digestivo. Su utilización actual se ha reducido a abrevadero de ganado durante el verano.

## 2.- PRINCIPALES RASGOS GEOLOGICOS DEL ENTORNO

En zona de estudio se encuentra situada en la Sierra Norte de la provincia de Huelva. Son los materiales de la zona Surportuguera, en su contacto con los materiales de Ossa-Morena; más concretamente el manantial se encuentra en el granito de Gil Márquez, pequeño plutón que se emplaza en los materiales del grupo Pulo do Lobo a los que metamorfiza por contacto. Los materiales ígneos de Gil Márquez constituyen la intrusión ácida más antigua de la zona. El granito se encuentra deformado en la II fase de la orogenia Hercínica, pero no por la I fase, lo que nos indica que es de una edad Carbonífera.

Petrográficamente se considera una Granodiorita de grano medio a grueso de bordes angulosos y orientados, cuyos componentes principales son cuarzo, albita y feldespató potásico.

Los materiales del grupo Pulo do Lobo están en esta zona representados por unos esquistos de grano fino a medio con pequeños niveles cuarcíticos, y en la zona de contacto con el granito aparecen minerales como andalucita, cordierita y sillimanita lo que puede indicarnos el grado de metamorfismo por contacto que se alcanza.

### 3.- CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DEL MANANTIAL

Pese al elevado índice pluviométrico de la zona y debido a la práctica impermeabilidad de los materiales (el granito de Gil Márquez), los caudales subterráneos son muy limitados y sólo localmente y ligados a zonas de fracturas, pueden presentar mejores condiciones de permeabilidad. También existe una zona superficial con una gran meteorización de los materiales graníticos, donde aumenta la posibilidad de circulación de fluidos.

El manantial de Gil Márquez, con un caudal inferior a 0,1 l/seg medidos el 17.4.90 y el día 3.7.90, está situado sobre una pequeña fractura de un granito prácticamente inalterado. A pesar de su pequeño caudal, este es prácticamente constante durante todo el año.

Su carácter ferruginoso puede deberse a pequeñas mineralizaciones que se producen a favor de las fracturas.

### 4.- CARACTERISTICAS HIDROQUIMICAS

Agua de naturaleza bicarbonatada cálcica-magnésica y baja mineralización (268  $\mu$ S/cm), con un pH campo de 7,55 y un valor reducido del potencial redox (+6 mV).

Al igual que en otros manantiales de la zona asociados a materiales graníticos, el contenido en sílice de la muestra alcanza un valor elevado: 53,6 mg/l. La surgencia es de carácter ferruginoso, con una concentración en campo de  $Fe^{2+}$  de 2 mg/l.

Los diagramas de saturación de la fig. 1 indican que el agua se encuentra ligeramente sobresaturada respecto a

calcita. Los restantes minerales representados, característicos de ambientes graníticos, muestran también condiciones de sobresaturación si bien más acentuadas.

En lo que respecta al contenido en metales pesados, las determinaciones realizadas no ofrecen valores significativos. Cabe mencionar únicamente el contenido en plomo: 0,16 mg/l.

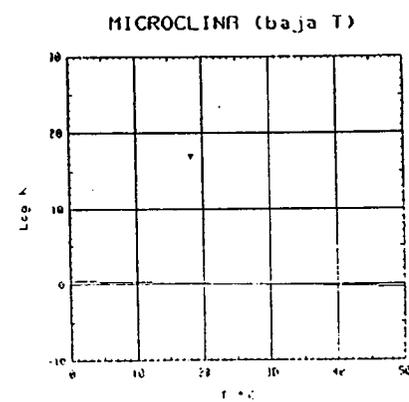
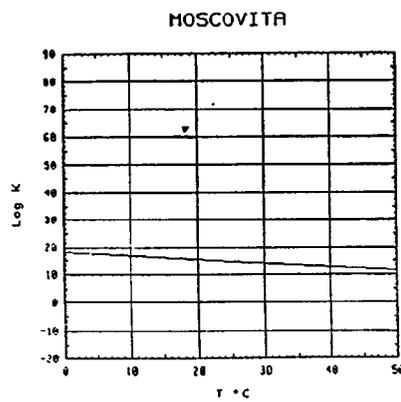
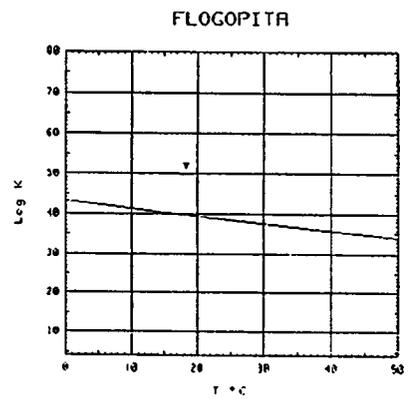
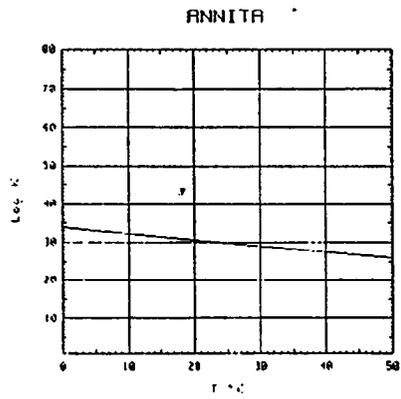
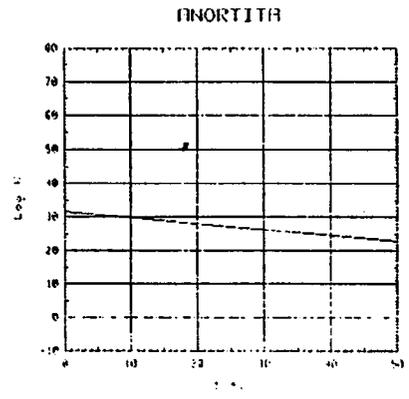
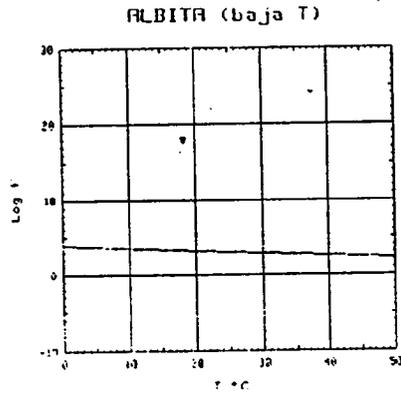
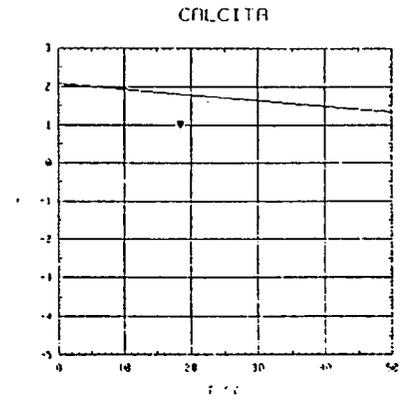
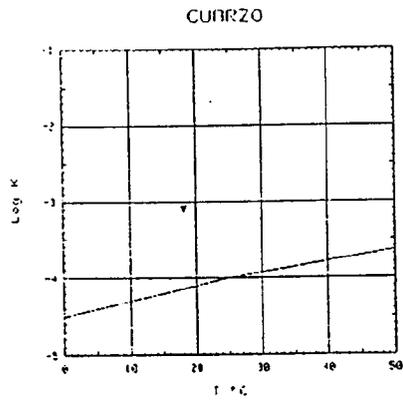


FIG. 1.- DIAGRAMAS DE SATURACION MANANTIAL GIL MARQUEZ

**ANALISIS QUIMICO**  
\*-----\*

DENOMINACION: APEADERO DE GIL MARQUEZ  
FECHA :

TEMPERATURA (°C):	18.3	CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm):	268
pH a 18°C:	7.55	DUREZA TOTAL (ppm CaCO3):	102
pH a 18°C:	7.40	Eh campo (mV):	6

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
=====				
HCO3-	126.00	2.065	2.065	69.23
CO3=	-	-	-	-
SO4=	23.00	.239	.479	16.05
Cl-	14.00	.395	.395	13.24
F-	<5.0E-1	.026	.026	.88
NO3-	1.00	.016	.016	.54
SiO2(H4SiO4)	53.6	.892	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	.01
P2O5	.050	.001	.002	.05
TOTAL.....	218.160	3.635	2.983	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
=====				
Na+	18.00	.783	.783	26.56
K+	3.00	.077	.077	2.60
Ca++	19.00	.474	.948	32.16
Mg++	13.00	.535	1.069	36.27
Fe++	.030	.001	.001	.04
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.24
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	1.89
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.02
Mn++	.006	0.000	0.000	.01
Pb	0.016	0.000	-	-
Zn++	.160	.002	.005	.17
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.05
TOTAL.....	53.822	1.899	2.948	

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

CLASIFICACION: BICARBONATADA -- MAGNESICA CALCICA

(CO3H+CO3)/Ca =	2.178	Cl/Na =	.504	(SO4*Ca) <sup>1/2</sup> =	.674
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	1.024	Cl/(Na+K) =	.459	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	.483
((CO3H) <sup>2</sup> *Ca) <sup>1/3</sup> =	1.593	SO4/Ca =	.505	Mg/Ca =	1.128
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	1.261	SO4/(Ca+Mg) =	.237	Cl/CO3H =	.191

ARCHIVO EN DISCO: MMH3 (AMA8-03)

	ppm
R.S. 110°C	229
D.Q.O.	0,7
CN <sup>-</sup>	-
Cd	0,001
Cr	0,005
As	-
Se	-
Hg	-
B	<0,05

## 5.- PROPUESTA DE AREA DE PROTECCION

El manantial se encuentra situado sobre la granodiorita de Gil Márquez muy cerca del contacto Norte con los esquistos devónicos y sobre una pequeña fractura.

Estos materiales graníticos se encuentran parcialmente alterados en esta zona, aunque la alteración es inferior a los cuatro metros de espesor y muy discontinuas, limitándose la circulación del agua casi exclusivamente a las zonas de fractura. El manantial es de muy escaso caudal y el único en la zona, lo cual nos indica la escasa permeabilidad de estos materiales.

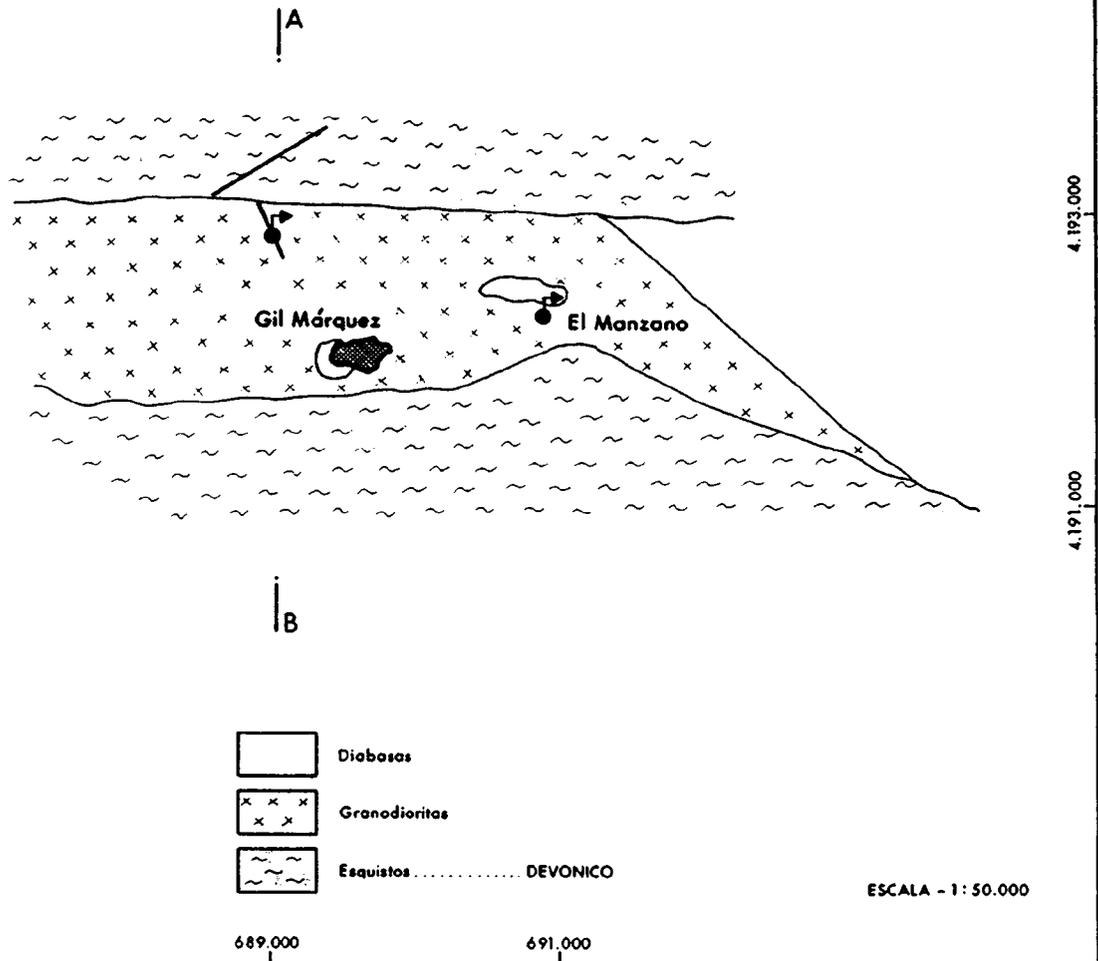
El área propuesta para su protección tiene una superficie inferior a los 2 km<sup>2</sup> y engloba la pequeña fractura sobre la que se encuentra el manantial, una pequeña zona de alteración de la granodiorita y un tramo del contacto con los esquistos devónicos.

## 6.- BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

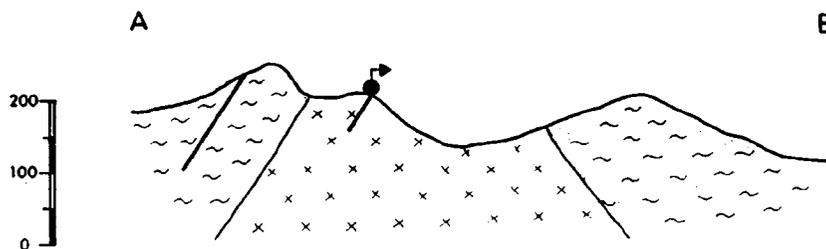
- I.G.M.E. (1913) - Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España.
- I.G.M.E. (1947) - Mapa con los puntos de aguas minero-medicinales de España.
- I.G.M.E. (1984) - "Hoja Geológica" ARACENA (10-37) E. 1:50.000 Plan Magna. Mapa y memoria.
- I.G.M.E. (1986) - Informe sobre las aguas minero-medicinales, minero-industriales y de bebida envasada existentes en España.

# MANANTIAL GIL MARQUEZ (ALMONASTER LA REAL)

## PLANO GEOLOGICO

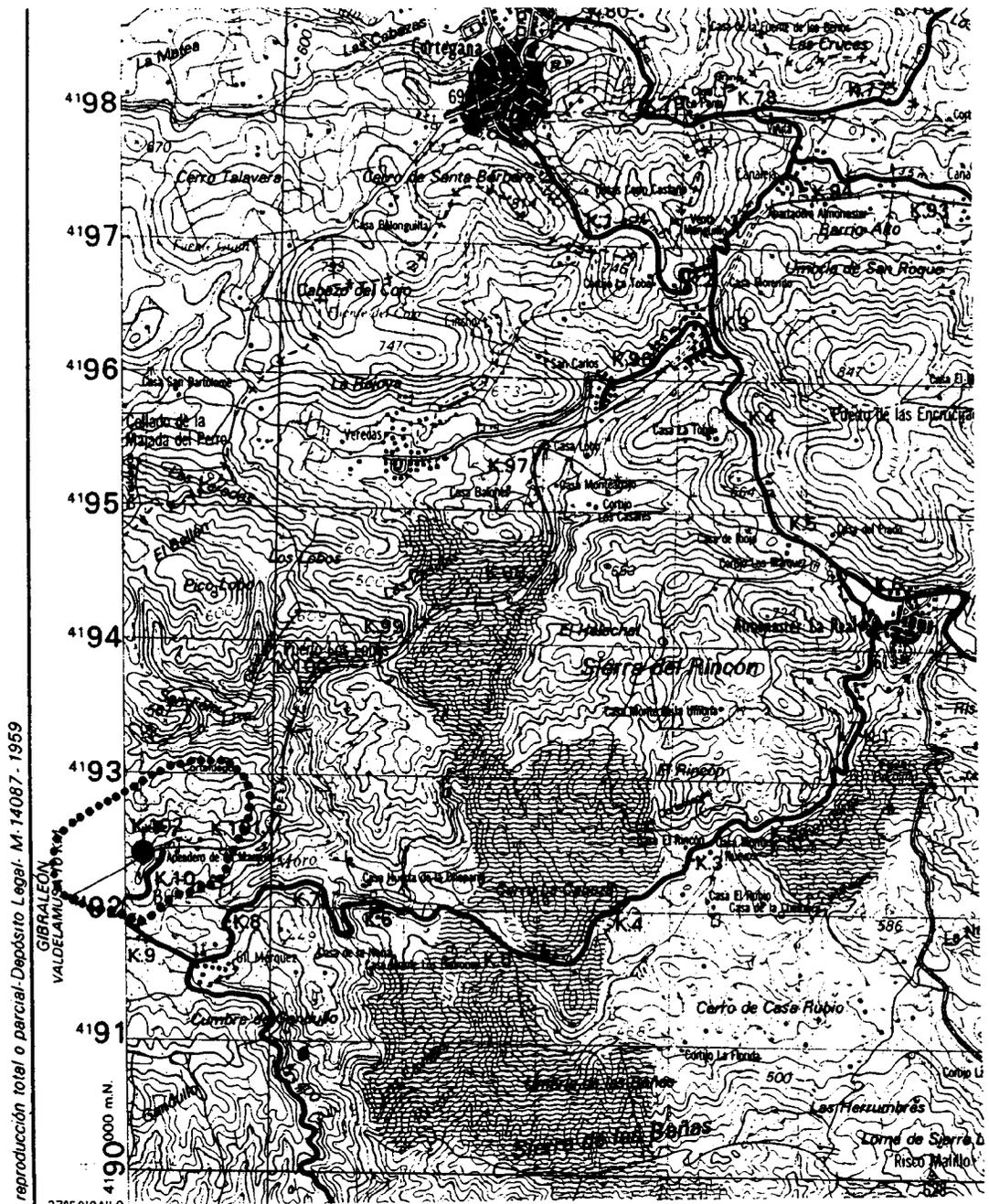


## CORTE GEOLOGICO



# PROPUESTA DE AREA DE PROTECCION

## FUENTE DE GIL MARQUEZ



reproducción total o parcial-Depósito Legal: M-14087-1959  
GIBRALEÓN  
VALDELANUS

ESCALA - 1 : 50.000

SOTIEL-CORONADA (CALAÑAS)

## 1.- INTRODUCCION

### 1.1.- LOCALIZACION GEOGRAFICA

El pozo de Sotiel Coronada (desagüe de mina) se encuentra en el centro geográfico de la provincia de Huelva en la aldea de Sotiel Coronada que pertenece al término municipal de Calañas. Con unas coordenadas U.T.M. X=689200; Y=4163950 y a una altura de 220 m sobre el nivel del mar aparece en el mapa topográfico a escala 1:50.000 de Valverde del Camino (10-39) del Servicio Geográfico del Ejército.

Su acceso se realiza por la carretera local de Valverde del Camino a Calañas y se encuentra en la misma aldea de Sotiel Coronada (km 11).

### 1.2.- UTILIZACION Y DATOS HISTORICOS

Según la bibliografía consultada la primera referencia que se hace sobre el carácter minero-medicinal de estas aguas es en "La relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España", informe del Instituto Geológico de 1913 que dice textualmente: "Junto a la ermita de la Virgen de la Coronada se encuentra en el Siluriano varios manantiales de aguas ferruginosas cobrizas. Todos estos manantiales tienen sus aguas muy cargadas de sulfato cúprico y férrico". Se hace mención, posteriormente, en los informes del IGME de 1947 y de 1986.

Hay que aclarar que actualmente se trata de un pozo-galería, cuando antes de la explotación intensiva de la mina era realmente un manantial, y aquí aparecía en las relaciones de 1913 y 1947 ya indicadas.

Actualmente el uso medicinal de estas aguas ha desaparecido y solamente se usa con este fin las aguas de desagüe de las minas cercanas. Está disminuyendo este uso con el tiempo.

## 2.- PRINCIPALES RASGOS GEOLOGICOS DEL ENTORNO

El manantial se encuentra geológicamente situado en la zona Surportuguesa, la cual se puede dividir en varios sectores bien representados en Portugal. En España sólo está bien representada la banda central o "faja pirítica" y es donde se encuentra el manantial. Los materiales que afloran en esta banda pertenecen al Devónico superior y al Carbonífero inferior; intercalados entre ellos afloran una serie vulcanosedimentaria formada por rocas volcánicas ácidas y básicas. Estas tres formaciones constituyen los tres grandes complejos estratigráficos de la "faja": el Devónico (D), el complejo vulcanosedimentario (CVS) y las facies Culm (Cm).

Los materiales de esta zona sufrieron intensos plegamientos en la primera fase de la orogenia Hercínica creando grandes estructuras anticlinales y síclinales; las fases posteriores originan estructuras menores (pequeños pliegues y esquistosidad) y un conjunto de fallas, quedando la cadena montañosa prácticamente configurada y actuando como un bloque rígido el resto de su historia geológica.

En la zona de estudio afloran materiales del complejo vulcanosedimentario y devónicos. el complejo representado por

lavas y tobas esquistosas de carácter ácido e intermedio, una alternancia de diferentes tipos de pizarras y por unas tobas y aglomerados de carácter ácido. el segundo conjunto lo constituye la formación Devónica formado por una potente sucesión de pizarras y grauvacas.

Los materiales del CVS forman en Sotiel una estructura anticlinal cuyo eje tiene una dirección aproximada N 110 E y con un buzamiento 20-30 al Este, siendo los buzamientos del flanco norte de unos 30°. El Devónico que aflora al Norte también forma una estructura anticlinal y se pone en contacto mecánico con el CVS.

### 3.- CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DEL POZO

El punto estudiado se encuentra situado en una zona en la que la pluviosidad es baja y sobre materiales paleozoicos que en su conjunto tienen escasas reservas acuíferas, por lo que en esta zona los manantiales son bajos en número y en caudal.

La permeabilidad tanto en las pizarras devónicas como en las tobas ácidas e intermedias es muy baja y siempre por fracturación y meteorización, por lo tanto los manantiales se concentran en las zonas más tectonizadas y en las capas alteradas, siendo las fracturas más importantes las que actúan como vías preferentes de circulación de las aguas subterráneas.

El pozo-galería de Sotiel se encuentra sobre las pizarras impermeables del Devónico, pero muy cerca del contacto mecánico con las tobas del CVS, donde existen importantes mineralizaciones de hierro y cobre, pudiéndose explicar así las características químicas de sus aguas. El origen del agua

bombuada desde las cercanas minas es el mismo y las características químicas del agua muy parecidas y son vertidas al cercano río Odiel.

#### 4.- CARACTERISTICAS HIDROQUIMICAS

En la actualidad el manantial de Sotiel-Coronada se encuentra totalmente seco, por lo que no ha sido posible obtener una muestra. No obstante, según algunos vecinos de dicha localidad, el agua utilizada por ésta como abastecimiento tendría presuntamente características similares a las del citado manantial, por lo que se estimó oportuno recoger una muestra. El resultado del análisis no confirma estas apreciaciones, puesto que se trata de agua muy poco mineralizada ( $183 \mu\text{S}/\text{cm}$ ), que no se corresponde en absoluto con las referencias históricas disponibles acerca de la composición del manantial -mineralización elevada, alto contenido en sulfatos, cobre, cinc, etc.-.

#### 5.- PROPUESTA DE AREA DE PROTECCION

El pozo se encuentra sobre las pizarras del devónico y muy cerca del contacto con los materiales del complejo vulcano-sedimentario, que son los explotados por las galerías mineras, aunque la vía que drenaba este pozo se encuentra en la actualidad abandonada.

El acuífero lo constituyen los materiales del complejo que se encuentran bajo los materiales devónicos y que afloran un poco más hacia el Sur. La circulación del agua es siempre más importante en las zonas de fractura (frecuentes en la zona), en las galerías de las minas y en los contactos de las zonas mineralizadas con la roca caja.

# ANALISIS QUIMICO

---

DENOMINACION: MANANTIAL SOTIEL  
 FECHA :

-----  
 TEMPERATURA (°C): 18.5                      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 183  
 pH a 18°C: 8.07                              DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 50  
 pH a 18°C: 7.40                              Eh campo (mV): 183  
 -----

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	28.00	.459	.459	26.95
CO3=	-	-	-	-
SO4=	35.00	.364	.729	42.80
Cl-	17.00	.480	.480	28.16
F-	<5.0E-1	.026	.026	1.55
NO3-	<5.0E-1	.008	.008	.47
SiO2(H4SiO4)	5.7	.095	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	.01
P2O5	.030	0.000	.001	.06
TOTAL....	86.740	1.433	1.703	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	13.00	.566	.566	33.48
K+	1.00	.026	.026	1.51
Ca++	10.00	.250	.499	29.55
Mg++	6.00	.247	.494	29.22
Fe++	.020	0.000	.001	.04
Li+	.30	.043	.043	2.56
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	3.29
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.03
Mn++	<5.0E-3	0.000	0.000	.01
Pb	0.019	0.000	-	-
Zn++	.110	.002	.003	.20
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.09
TOTAL....	31.014	1.153	1.689	

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

CLASIFICACION: SULFATADA CLORURADA -- SODICA CALCICA

(CO3H+CO3)/Ca = .920      Cl/Na = .848      (SO4\*Ca)<sup>1/2</sup> = .603  
 (CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .462      Cl/(Na+K) = .811      (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = 1.108  
 ((CO3H)<sup>2</sup>\*Ca)<sup>1/3</sup> = .472      SO4/Ca = 1.460      Mg/Ca = .989  
 (CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = 1.197      SO4/(Ca+Mg) = .734      Cl/CO3H = 1.045

ARCHIVO EN DISCO: MMH9 (AMA8-09)

	ppm
R.S. 110°C	116
D.Q.O.	0,6
CN <sup>-</sup>	-
Cd	<0,001
Cr	<0,005
As	-
Se	-
Hg	-
B	<0,05

El área propuesta para su protección tiene una superficie inferior a los 2 km<sup>2</sup> y que incluye a los materiales devónicos en su contacto con los del complejo, y el flanco Norte que forman los materiales vulcano-sedimentarios y que se meten debajo de los esquistos devónicos.

#### 6.- BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

I.G.M.E. (1913) - Relación por provincias de las aguas minero-medicinales en España.

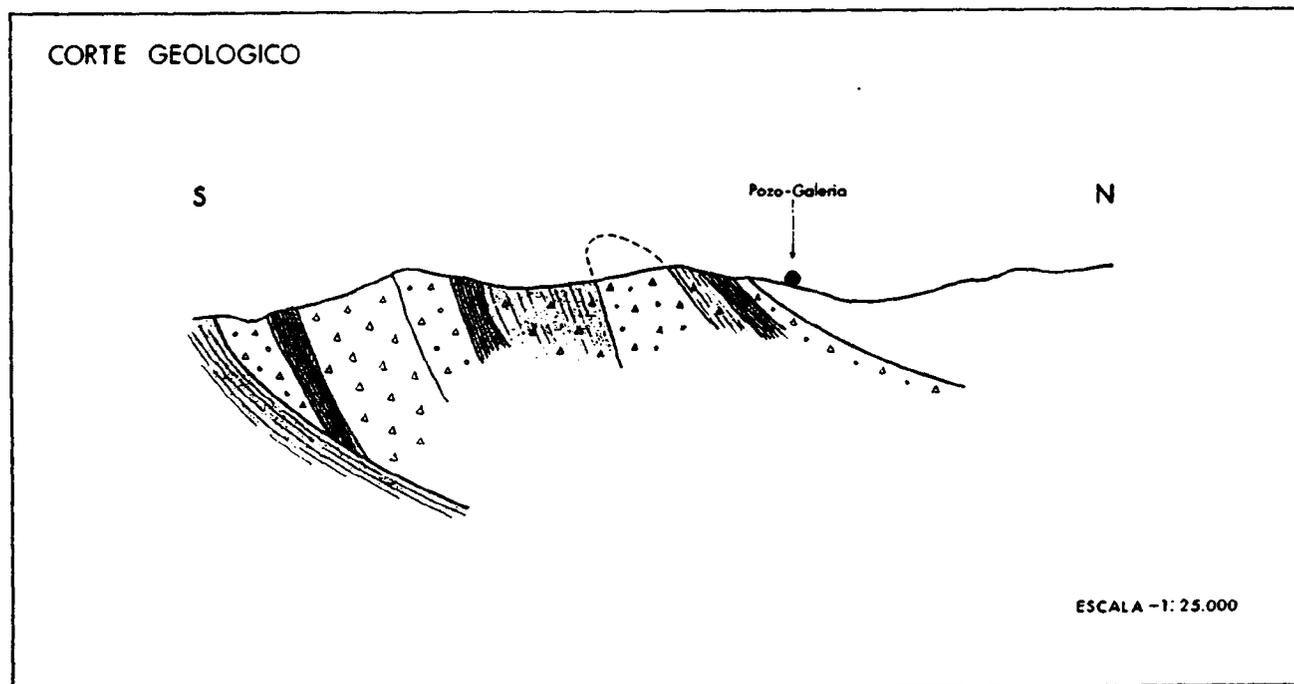
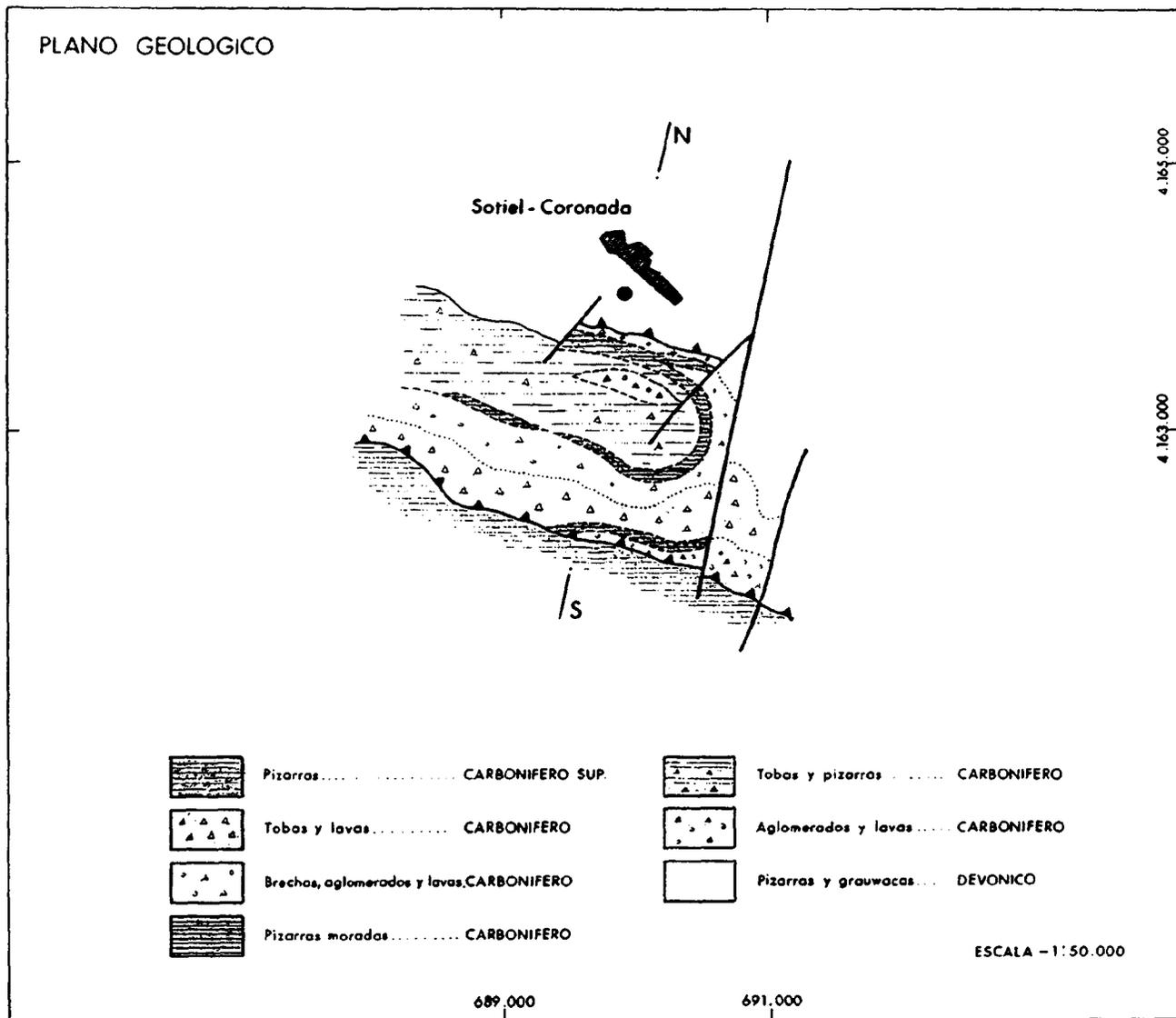
I.G.M.E. (1947) - Mapas con los puntos de aguas minero-medicinales de España.

I.G.M.E. - "Hoja Geológica" VALVERDE DEL CAMINO (10-39) E. 1:50.000. Plan Magna. Mapa y memoria.

I.G.M.E. (1986) - Informe sobre las aguas minero-medicinales, minero-industriales y de bebida envasada existentes en España.

SERVICIO GEOGRAFICO DEL EJERCITO (1989) - Hoja VALVERDE DEL CAMINO (10-39) E. 1:50.000.

# SOTIEL - CORONADA (CALAÑAS)





"LOS POZOS DEL PRADO" SANLUCAR DE GUADIANA

## 1.- INTRODUCCION

### 1.1.- LOCALIZACION GEOGRAFICA

Los Pozos del Prado se encuentran situados al Oeste de la provincia de Huelva, en la comarca del Andévalo muy cerca de la frontera con Portugal, dentro del término municipal de Sanlúcar de Gadiana y en el paraje denominado Casa del Prado. Tiene unas coordenadas U.T.M. X=637200, Y=4149420 y una altura de 60 m sobre el nivel del mar, según referencia topográfica del mapa del Servicio Geográfico del Ejército, escala 1:50.000 San Silvestre de Guzmán (08-40).

Su acceso se realiza por la carretera local Villanueva de los Castillejos-Sanlúcar de Gadiana, tomando un carril hacia el Este, en el km 21 de la misma carretera.

### 1.2.- UTILIZACION Y DATOS HISTORICOS

La primera referencia que hemos obtenido, según la bibliografía disponible, es en 1913 en la "Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España" publicada por el I.G.M.E., en el que se hace referencia al carácter sulfatado de sus aguas y situada en materiales carboníferos. También aparece en la relación anexa al "Mapa de España con los puntos de aguas minero-medicinales" I.G.M.E. en 1947. En la relación del artículo de aguas minero-medicinales publicado por la enciclopedia Espasa y en el informe previo sobre

aguas minero-medicinales, minero-industriales y de bebidas envasadas existentes en España, I.G.M.E. 1986 se encuentra en la lista de puntos existentes en el archivo nacional de puntos de aguas minero-medicinales para la comunidad autónoma de Andalucía. Siempre aparece en dichas relaciones como manantial cuando en realidad se trata de 3 pozos próximos entre ellos.

Su utilización ha quedado reducida a labores de riego en la estación seca, quedando su uso medicinal actualmente olvidado.

## 2.- PRINCIPALES RASGOS GEOLOGICOS DEL ENTORNO

La zona de estudio se encuentra geológicamente en la zona Sur-portuguesa y más concretamente en la banda meridional de la faja pirítica Ibérica. Dentro de la zona Sur-portuguesa se distinguen tradicionalmente tres formaciones principales que de muro a techo son las siguientes: el Devónico, constituido por pizarras y cuarcitas, el Complejo Vulcanosedimentario del Carbonífero inferior y, por último, las facies Culm de pizarras y grauvacas del Carbonífero superior.

Los pozos del Prado se encuentran sobre materiales del Complejo vulcanosedimentario muy cerca del contacto con las facies Culm.

Los materiales que afloran en la zona son los siguientes: el material más antiguo y que aparece en el núcleo del anticlinal de Sanlúcar de Gadiana, está constituido por unas tobas de grano fino y de carácter ácido que, petrográficamente, se consideran unas riolitas. Por encima de estas tobas ácidas aparecen concordantemente unas pizarras moradas de unos 30 m. de espesor máximo que constituyen un buen nivel

guía dentro del complejo vulcanosedimentario, (son unas pizarras y cineritas ferruginosas con radiolarios). A techo de las pizarras se depositan los materiales de una nueva fase volcánica también de carácter ácido y que corresponden a la última fase del complejo vulcanosedimentario; en esta zona predominan unas facies masivas (lavas o tobas recristalizadas) que petrográficamente son riolitas.

Las facies Culm están representadas en la zona por unas pizarras y grauvacas. El contacto con el complejo vulcanosedimentario es normalmente vertical o invertido y localmente puede estar fallado.

### 3.- CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LOS POZOS

La zona de estudio pertenece a la cuenca hidrográfica del Guadiana, con una pluviometría del orden de 600 mm. La casi total impermeabilidad de los materiales que afloran en la zona hace casi imposible la formación de acuíferos importantes. Sólo en las zonas de fracturas, y cuando los contactos son tectónicos, existe la posibilidad de pequeños acuíferos que normalmente están afectados por variaciones estacionales.

Los tres pozos del Prado están situados sobre unas tobas ácidas que aunque muy poco permeables se encuentran muy cerca del contacto con las pizarras del Culm y posiblemente lleguen hasta ellas. El contacto entre las tobas y las pizarras aunque concordantes, en muchas ocasiones se ven afectados por fracturas y constituyen unas zonas propicias para la circulación de fluidos, y que pueden ser el origen de aportación de agua a los pozos del Prado. Se desconoce el caudal de estos pozos pues no tienen ningún tipo de instalación.

#### 4.- CARACTERISTICAS HIDROQUIMICAS

Agua de mineralización moderada (600  $\mu$ S/cm), naturaleza clorurada-bicarbonatada sódica y pH campo= 7,25.

La muestra presenta un contenido en sílice de 28,2 mg/l; el diagrama de saturación para el cuarzo representado en la fig. 1 indica sobresaturación respecto a  $\text{SiO}_2$ . Por el contrario, el agua se encuentra subsaturada en  $\text{CaCO}_3$ . La circulación a través del contacto entre materiales de naturaleza tan dispar como las tobas ácidas y cineritas del complejo vulcano-sedimentario, y el metamórfico (pizarras), hacen sin duda muy difícil llegar a determinar si el tiempo de residencia del agua es suficiente para que el equilibrio agua-roca se establezca, y en caso afirmativo con qué tipo de minerales (no se dispone de datos acerca de la columna del sondeo).

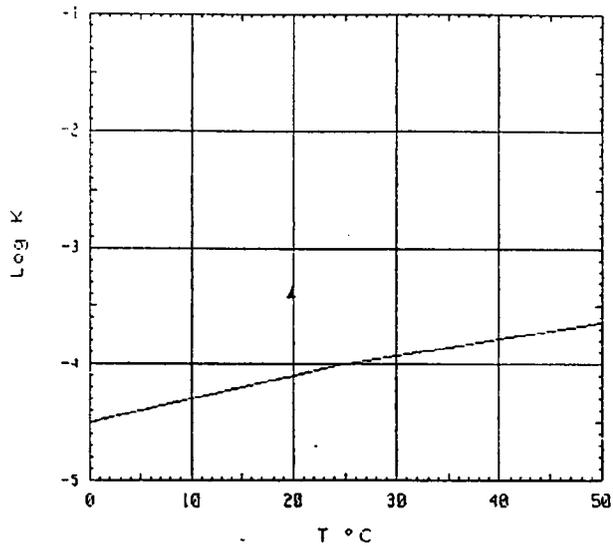
El análisis de metales pesados indica en todos los casos contenidos bajos; únicamente cabe hacer mención de la concentración de cinc: 0,14 mg/l.

#### 5.- PROPUESTA DE AREA DE PROTECCION

Estos pozos se encuentran sobre unas tobas ácidas pertenecientes al complejo vulcanosedimentario y muy cerca de las pizarras de las facies culm que hacen de base impermeable.

Los materiales del complejo que son los que forman el acuífero constituyen en la zona un pequeño afloramiento de dirección Este-Oeste y está situado al Norte de la localidad de Sanlúcar de Guadiana, topográficamente se encuentran por encima de los esquistos que los rodean y aíslan de cualquier otro acuífero de la zona. Este acuífero es poco importante

### CUARZO



### CALCITA

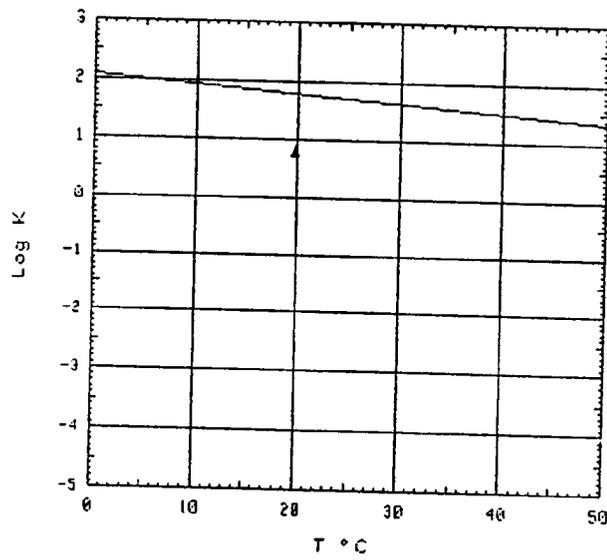


FIG. -- DIAGRAMAS DE SATURACION POZOS EL PRADO

por su escasa permeabilidad pero, en contraste, superior al resto de los materiales de la zona.

**ANALISIS QUIMICO**  
 \*-----\*

DENOMINACION: CASA EL PRADO  
 FECHA :

-----  
 TEMPERATURA (°C): 19.8                      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 600  
 pH a 19°C: 7.25                              DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 156  
 pH a 18°C: 6.80                              Eh campo (mV): 123  
 -----

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
=====				
HCO3--	138.00	2.262	2.262	33.12
CO3=	-	-	-	-
SO4=	84.00	.874	1.749	25.61
Cl-	96.00	2.708	2.708	39.65
F-	<5.0E-1	.026	.026	.39
NO3-	5.00	.081	.081	1.18
SiO2(H4SiO4)	28.2	.469	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
F2O5	.120	.001	.004	.06
TOTAL....	351.830	6.422	6.830	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
=====				
Na+	78.00	3.393	3.393	51.38
K+	2.00	.051	.051	.77
Ca++	24.00	.599	1.198	18.13
Mg++	23.00	.946	1.892	28.65
Fe++	.030	.001	.001	.02
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.11
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.84
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.01
Mn++	.005	0.000	0.000	0.00
Pb	0.018	0.000	-	-
Zn++	.140	.002	.004	.06
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.02
TOTAL....	127.803	5.019	6.604	

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

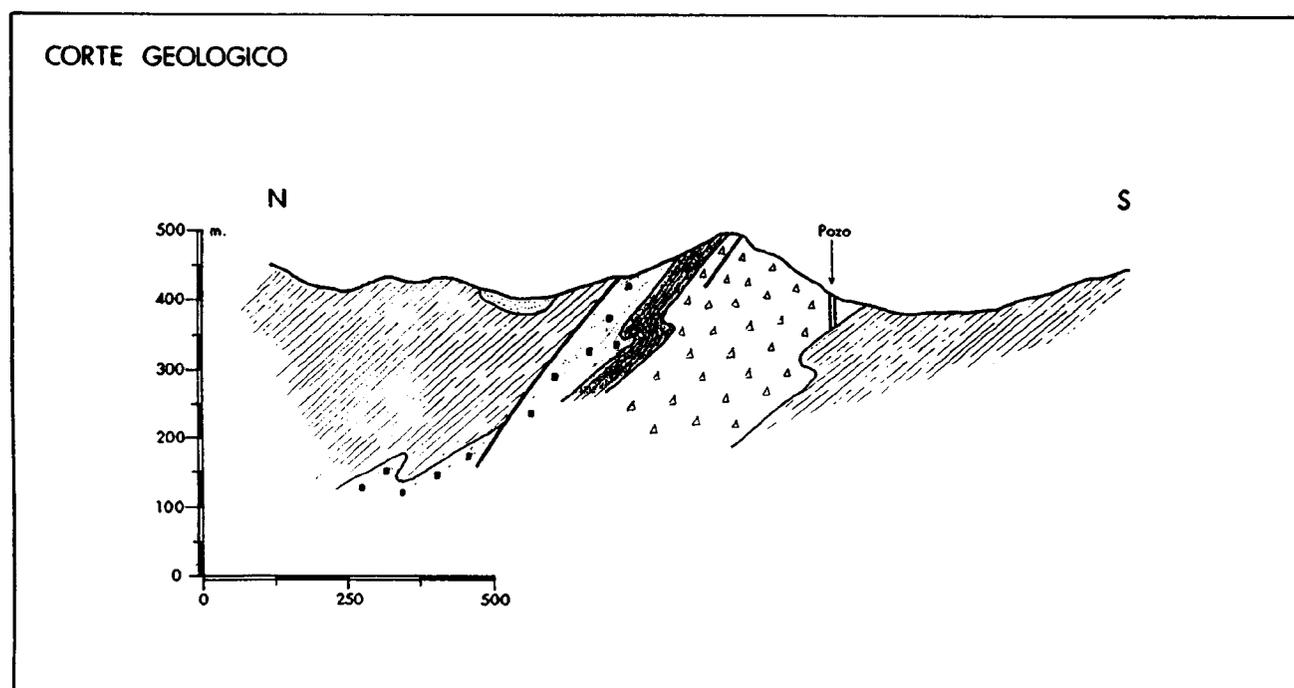
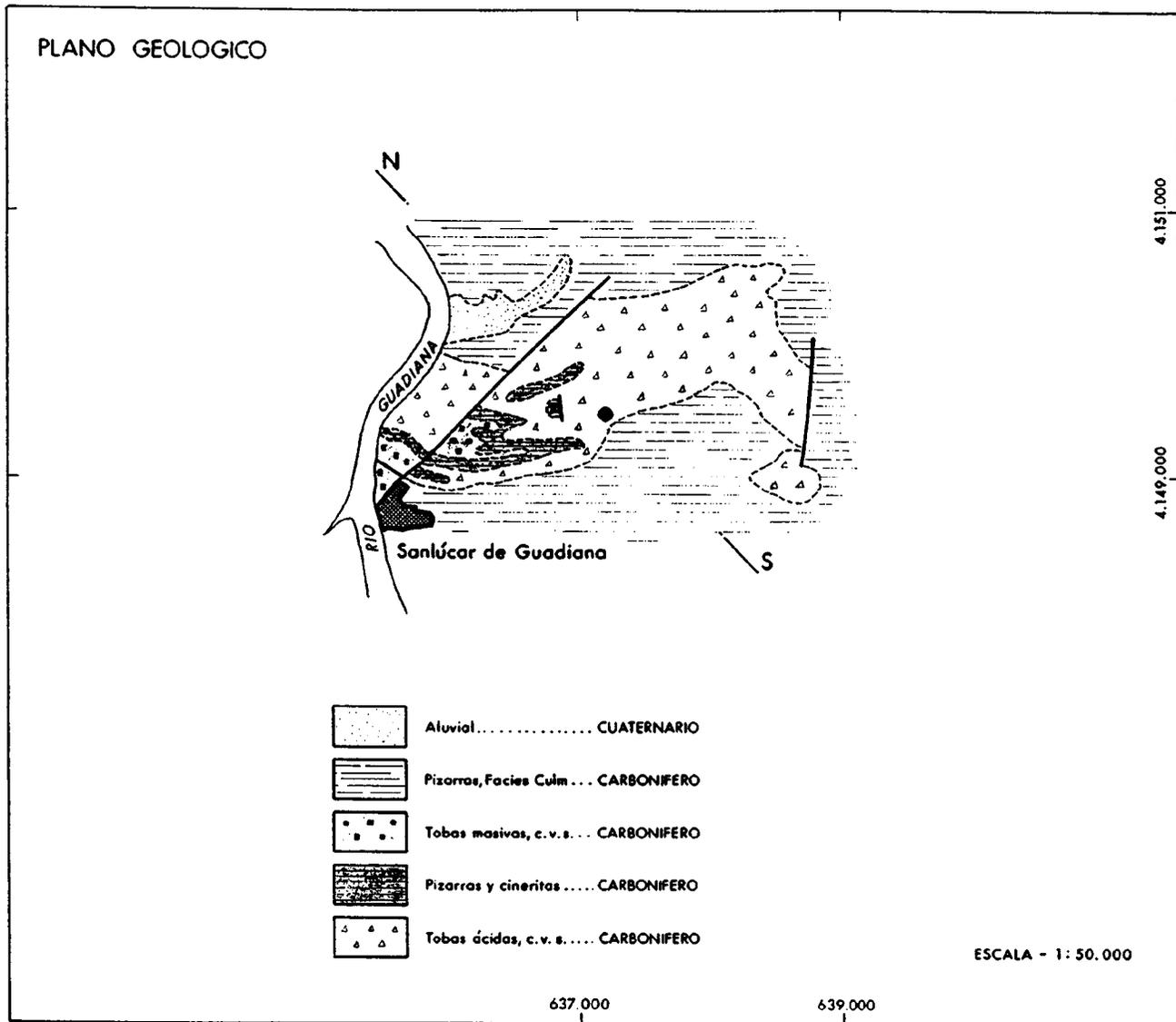
CLASIFICACION: CLORURADA BICARBONATADA -- SODICA

(CO3H+CO3)/Ca = 1.889    Cl/Na = .798    (SO4\*Ca)^1/2 = 1.447  
 (CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = .732    Cl/(Na+K) = .786    (Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = .960  
 ((CO3H)^2\*Ca)^1/3 = 1.830    SO4/Ca = 1.460    Mg/Ca = 1.580  
 (CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = 1.298    SO4/(Ca+Mg) = .566    Cl/CO3H = 1.197

ARCHIVO EN DISCO: MMH7 (AMA8-07)

\_\_\_\_\_ ppm  
 R.S. 110°C                      402  
 D.O.O.                              0.6

# POZO DEL PRADO (SANLUCAR DE GUADIANA)





FUENTE SANTA (GALAROZA)

## 1.- INTRODUCCION

### 1.1.- LOCALIZACION GEOGRAFICA

El manantial se encuentra situado en la Sierra de Aracena, en el Norte de la provincia de Huelva, en el margen derecho del Río Múrtiga y en el camino de las Chinas en el término municipal de Galaroza.

Tiene unas coordenadas U.T.M. X=700500; Y=4200600 y una cota de 530 m sobre el nivel del mar, según el mapa topográfico del Servicio Geográfico del Ejército, Aracena (1037).

El acceso al manantial se realiza por la carretera Sevilla-Lisboa tomando en el km 69,300 la carretera local hacia las Chinas. A menos de un kilómetro se encuentra el manantial, con el nombre indicado.

### 1.2.- UTILIZACION Y DATOS HISTORICOS

El manantial de Fuente Santa aunque conocido y usado tanto para riego como para consumo, no había sido, según la bibliografía consultada, considerado como minero-medicinal. La inclusión en este estudio se debe a la solicitud, realizada por el Sr. D. Salvador Vidoso Ridríguez, de declaración de agua minero-medicinal el día 2.2.83, habiendo quedado archivado el trámite por falta de documentación.

La utilización actual del manantial es para abastecimiento a la cercana aldea de las Chinas; la sobrante o se deja correr hacia el cercano Río Múrtiga o se utiliza para riego en los meses de verano.

También se han realizado las obras de captación de agua hacia Galaroza aunque hasta el momento nunca ha sido utilizada.

## 2.- PRINCIPALES RASGOS GEOLOGICOS DEL ENTORNO

El manantial se encuentra situado en la sierra de Aracena dentro de la zona de Ossa-Morena. La Sierra de Aracena se divide en cuatro dominios principales: el nororiental, el septentrional, el central y el meridional. El manantial de Fuente Santa se encuentra situado en el dominio central, el cual a su vez se divide en el subdominio norte menos metamórfico, siendo los materiales prácticamente los mismos hasta el punto que algunos autores no consideran esta subdivisión.

Nosotros nos limitaremos a una breve descripción de los materiales del subdominio de bajo metamorfismo que es el que afecta directamente al manantial.

Está constituido por tres formaciones fundamentales que son: formación detrítica, constituida por esquistos de color grisáceo y de grano fino, denominada formación de la Umbría y que afloran al Este de la zona de estudio; la formación carbonatada, constituida por mármoles dolomíticos masivos de grano fino a medio y calizas en menor proporción, que representan los relieves principales de la Sierra. Los afloramientos son continuos, aunque se ven afectados por desgarrres sinestrosos de dirección N60°E; por último la formación vulcanosedimentaria que petrográficamente engloba gran canti-

dad de materiales que esquemáticamente podemos resumir en: a) unas metavulcanitas ácidas, constituídas fundamentalmente por unas tobas claras de grano fino, con desarrollo de esquistosidad, y que representan cartográficamente la mayor parte del área de estudio; b) metabasitas de afinidad básica, representadas por unas lavas y tobas con una esquistosidad grosera y aspecto masivo, como pequeños lentejones, afloran en la zona de estudio; c) mármoles blancos, con una potencia que puede llegar a 200 m que son unas calizas muy puras y que hacia el Este pasan a ser más oscuras y más impuras. El manantial estudiado se encuentra en el contacto de estos mármoles con las tobas ácidas; d) por último englobamos en este grupo una serie de materiales no aflorantes en la zona de estudio y que no afectan al funcionamiento del manantial, como calcoesquistos, roca mezcla de silicatos cálcicos y metacineritas.

Estructuralmente la zona se encuentra en el flanco Norte del sinclinal Fuenteheridos-La Umbría, en el que la formación de la Umbría ocupa el núcleo del mismo, encima la formación carbonatada y sobre ambos la formación vulcanosedimentaria, aunque posiblemente se trate de una serie invertida siendo el material más antiguo la formación vulcanosedimentaria que se considera de edad Precámbrica y la formación carbonatada Cámbrica.

El dominio Central está situado en una zona de cizalla con una fracturación muy intensa con dos juegos de fracturas principales, uno de dirección E-W y otro N60°E.

### 3.- CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DEL MANANTIAL

El manantial de Fuente Santa se encuentra situado en una zona en la que la pluviosidad es muy alta (900 a 1000 l/m<sup>2</sup> año). En esta zona, exceptuando las rocas carbonatadas,

el resto se trata de materiales impermeables, siendo la formación carbonatada del dominio central, con una karstificación incipiente y una compleja fracturación, el principal acuífero de la zona, haciendo de sustrato impermeable tanto la formación detrítica de La Umbría como la vulcanosedimentaria.

La zona de estudio se encuentra situada casi exclusivamente en materiales vulcanosedimentarios. Dentro de esta formación localmente afloran unos mármoles que pueden alcanzar potencias considerables y al igual que en el caso de la formación carbonatada, su intensa fracturación facilita la circulación de fluidos, siendo las tobas ácidas el sustrato impermeable de estos mármoles. Existen en el contacto de estos materiales, importantes surgencias, como la fuente de la Teja con un caudal de 5 l/seg. o la fuente del Avellano con 15 l/seg y el manantial de Fuente Santa con 10 l/seg. (según I.G.M.E. 4-5-82).

El hecho de que la zona esté intensamente fracturada, al estar en una zona de cizalla, así como la importancia de estos caudales, en comparación con la superficie del afloramiento, nos hace pensar que el acuífero puede estar comunicado con otros de similares características hacia el Este, como se puede observar en la cartografía, y con el acuífero que constituye la formación carbonatada situada al sur de la zona.

#### 4.- CARACTERISTICAS HIDROQUIMICAS

Agua de naturaleza bicarbonatada cálcica, con un nivel de conductividad moderado-bajo (476  $\mu$ S/cm) y un pH campo de 7,95. La temperatura es de 14,8°C.

El bajo contenido salino del agua así como su carácter frío pueden ser interpretados como indicios de un origen somero del manantial. Asimismo, si bien no compromete su potabilidad, la concentración de nitratos detectada en la muestra -14 mg/l- evidencia su vulnerabilidad respecto a la infiltración de contaminantes, coherente con el supuesto origen somero antes apuntado.

Los diagramas de saturación representados en la fig. 1 no reflejan condiciones de equilibrio, si bien en el caso de la calcita el agua se encuentra próxima a esta situación.

El contenido en sílice de la muestra -16,1 mg/l- resulta ligeramente elevado para una surgencia fría y de escasa mineralización, por lo que su presencia probablemente esté relacionada con los materiales volcánicos asociados a la génesis del manantial.

El análisis del gas extraído in situ indica una composición global muy próxima a la del aire atmosférico, de la que difiere solamente en los contenidos de  $\text{CH}_4$  (20 ppm) y  $\text{CO}_2$  (1,1%).

##### 5.- PROPUESTA DE AREA DE PROTECCION

El manantial se encuentra situado en el contacto entre unos mármoles pertenecientes a la formación vulcano-sedimentaria y unas tobas pertenecientes a la misma formación. Situado en el flanco Norte del anticlinal de Fuenteheridos-La Umbría, zona de una alta complejidad tectónica.

El acuífero lo constituyen los mármoles, que como hemos dicho se encuentran altamente tectonizados y con una karstificación incipiente, siendo importante la circulación

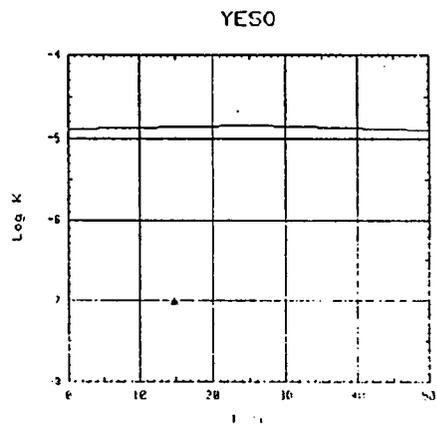
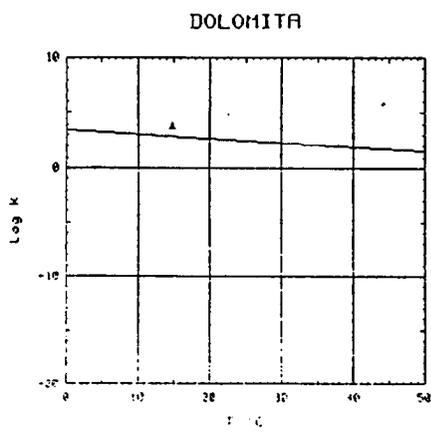
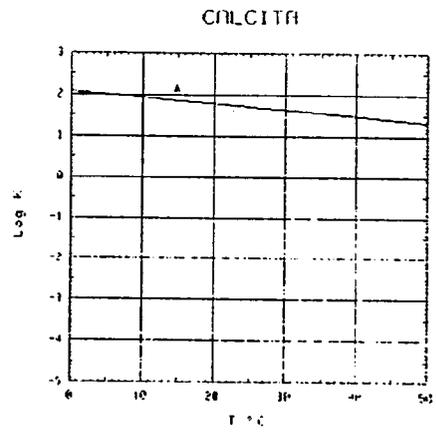
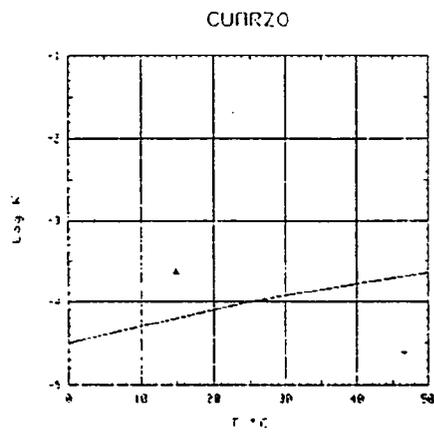


FIG. 1.- DIAGRAMAS DE SATURACION MANANTIAL DE FUENTE SANTA

**ANALISIS QUIMICO**  
 \*=====\*

DENOMINACION: FUENTE SANTA  
 FECHA :

TEMPERATURA (°C): 14.9      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 476  
 pH a 14°C: 7.95      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 157  
 pH a 18°C: 7.70      Eh campo (mV): 85

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	166.00	2.721	2.721	74.48
CO3=	-	-	-	-
SO4=	15.00	.156	.312	8.55
Cl-	13.00	.367	.367	10.04
F-	<5.0E-1	.026	.026	.72
NO3-	14.00	.226	.226	6.18
SiO2 (H4SiO4)	16.1	.268	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	.01
P2O5	.030	0.000	.001	.03
TOTAL....	224.640	3.764	3.653	

**CATIONES**

Na+	8.00	.348	.348	9.78
K+	1.00	.026	.026	.72
Ca++	46.00	1.148	2.295	64.50
Mg++	10.00	.411	.823	23.12
Fe++	.010	0.000	0.000	.01
Li+	<5.0E-2	.007	.007	.20
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	1.56
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.02
Mn++	<5.0E-3	0.000	0.000	.01
Pb	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
Zn++	<5.0E-2	.001	.002	.04
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.04
TOTAL....	65.685	1.961	3.559	

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

CLASIFICACION: BICARBONATADA -- CALCICA

(CO3H+CO3)/Ca =	1.185	Cl/Na =	1.054	(SO4*Ca) <sup>1/2</sup> =	.847
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) =	.873	Cl/(Na+K) =	.982	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) =	.254
((CO3H) <sup>2</sup> *Ca) <sup>1/3</sup> =	2.571	SO4/Ca =	.136	Mg/Ca =	.358
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) =	.973	SO4/(Ca+Mg) =	.100	Cl/CO3H =	.135

ARCHIVO EN DISCO: MMH1 (AMA8-01)

	ppm
R.S. 110°C	322
D.Q.O.	0,7
CN-	-
Cd	<0,001
Cr	<0,005
As	-
Se	-
Hg	-
B	<0,05



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

FORMA GASEOSA  
MUESTRA: AMA8-1

	<u>%V</u>
He	<0,0010
H <sub>2</sub>	<0,0010
O <sub>2</sub>	20
N <sub>2</sub>	80
CH <sub>4</sub>	0,0020
CO <sub>2</sub>	1,1

del agua y teniendo una gran permeabilidad. Los afloramientos de estos mármoles que aparecen como pequeñas manchas en una alineación Noroeste-Sureste, aunque en cartografía no aparezcan de una forma continua, constituyen afloramientos de una masa importante.

El manantial tiene un elevado caudal y no es el único que drena este acuífero. Son puntos destacados de drenaje la fuente de la Teja, la del Avellano, así como la fuente pública de Galaroza.

El acuífero muy posiblemente no se encuentre aislado sino que pudiera estar conectado con el importante acuífero del núcleo carbonatado del anticlinal de Fuenteheridos, tanto por contacto directo como por medio de las importantes fracturas que existen en la zona, aunque esto no ha sido demostrado.

El área de protección propuesta es una banda de unos ocho kilómetros de larga por unos dos de ancha y que incluye los afloramientos de los mármoles y una parte del río Múrtiga con sus aluviones que atraviesa esta formación.

#### 6.- BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

CHARTER EXPLORACIONES, S.A. (1987) - Estudio del inventario de impacto ambiental del proyecto Fuenteheridos.

I.G.M.E. (1982) - Informe hidrogeológico de abastecimiento a Aracena.

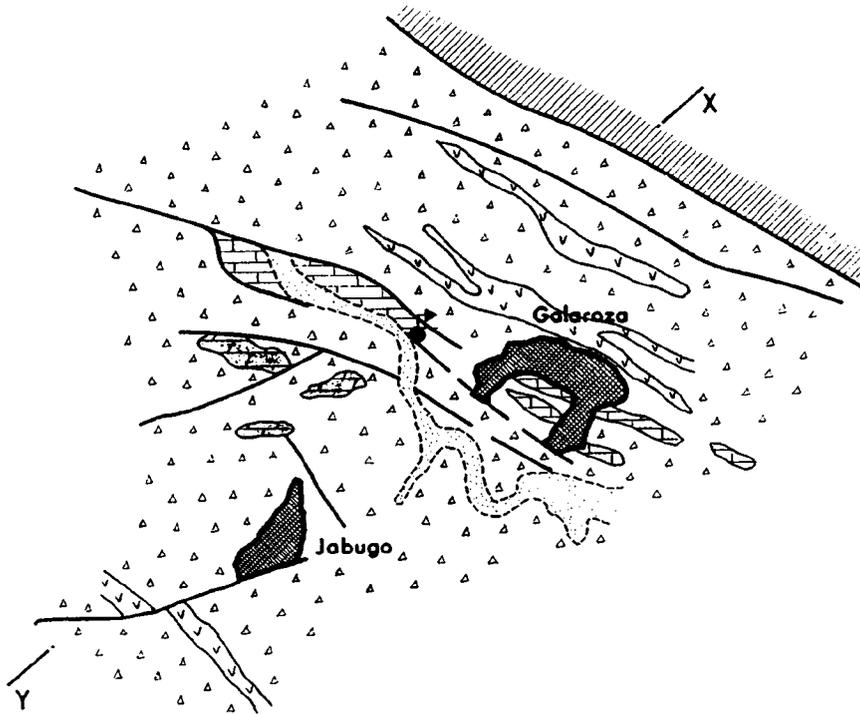
I.G.M.E. (1984) - "Hoja Geológica" ARACENA (10-37) E. 1:50.000 Plan Magna. Mapa y memoria.

JUNTA DE ANDALUCIA (1986) - La minería andaluza

SERVICIO GEOGRAFICO DEL EJERCITO (1984) - Hoja ARACENA  
(10-37) E. 1:50.000

# FUENTE SANTA (GALAROZA)

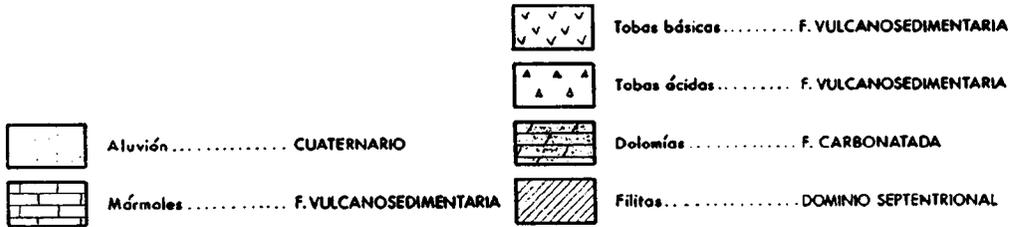
## PLANO GEOLOGICO



4.202.000

4.200.000

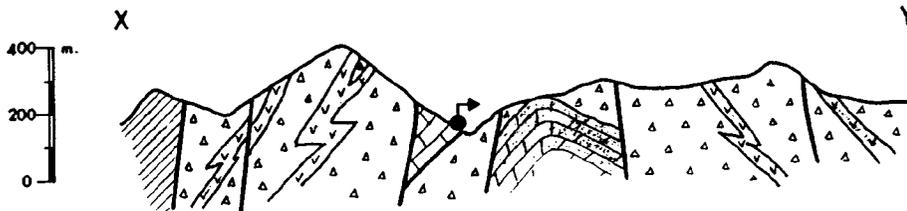
ESCALA - 1 : 50.000



700.000

702.000

## CORTE GEOLOGICO





SONDEOS DE ADARO (VALVERDE DEL CAMINO)

## 1.- INTRODUCCION

### 1.1.- LOCALIZACION GEOGRAFICA

Los dos sondeos de ADARO se encuentran en la provincia de Huelva, sobre el barranco de Aguas Agrias, uno en el término municipal de Valverde del Camino y otro en el de Calañas, siendo las coordenadas U.T.M. del primero  $X=689500$ ;  $Y=4157400$  y a una altura sobre el nivel del mar de 70 m y las del segundo sondeo  $X=689600$ ;  $Y=4157550$  y a una cota de 70 m, según referencia topográfica de Calañas (9-39) del Servicio Geográfico del Ejército.

Su acceso se realiza por la carretera local de los Pinos (Valverde del Camino) a Calañas. En el km 1 a la derecha de la carretera, se debe tomar un camino hacia el Este y se encuentran a unos siete kilómetros.

### 1.2.- UTILIZACION Y DATOS HISTORICOS

No existen antecedentes sobre estas aguas pues los sondeos se realizaron en el último quinquenio (1985-90) dentro del plan de investigación minera que la E.N. ADARO realiza en la faja pirítica de Huelva. Son conocidos como sondeos del permiso "Autonomía".

Dentro de los mismas características que presentan estos sondeos se incluyen las aguas de Sotiel-Coronada en la

provincia de Huelva y ya más distantes, en la provincia de Sevilla, la Pradilla del Tardón y el sondeo Aznalcóllar, en la zona minera del mismo nombre.

Debido a las características químicas de sus aguas ferroso-cúpricas y a la semejanza con los manantiales citados es por lo que se incluyen estos dos sondeos en este trabajo de aguas minero-medicinales.

Actualmente se usa como aportación de agua en las campañas de sondeos que se realizan en la zona.

## 2.- PRINCIPALES RASGOS GEOLOGICOS DEL ENTORNO

Los sondeos se encuentran situados geológicamente sobre la zona Surportuguesa, la cual se puede dividir en varios sectores, bien representados en Portugal, pero que en España sólo está bien representada la banda central o "faja pirítica" en la que se encuentran los sondeos. Los materiales que en esta zona afloran pertenecen al Devónico Superior y al Carbonífero inferior e intercalados entre ellos una serie vulcanosedimentaria, formada por rocas ácidas y básicas. Estas tres formaciones constituyen los tres grandes complejos estratigráficos de la "faja"; el Devónico (D), el complejo vulcano-sedimentario (CVS) y las facies Culm (Cm). Los materiales de esta zona sufrieron intensos plegamientos en la primera fase de la orogenia Hercínica, creando grandes estructuras anticlinales y sinclinales; las fases posteriores originaron estructuras menores (pequeños pliegues y esquistosidad) y un conjunto de fallas, quedando las cadenas montañosas prácticamente configuradas y actuando como un bloque rígido el resto de su historia geológica.

Los sondeos están realizados sobre la facies Culm, constituida por unas pizarras grises arcillosas, a veces algo silíceas con frecuentes niveles detríticos milimétricos y centimétricos. Según las columnas esquemáticas de los citados sondeos, estas pizarras con pequeñas variaciones se mantienen hasta los 380 m aproximadamente en ambos sondeos, seguidos de unas cineritas verdoso-amarillentas y unas tufitas verdosas y grises oscuras. Estos dos últimos materiales, pertenecientes al complejo vulcano-sedimentario, pueden contener importantes mineralizaciones.

Los contactos entre el Culm y el complejo vulcano-sedimentario es siempre tectónico y aparecen muy fracturados los materiales que se ponen en contacto.

### 3.- CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LOS SONDEOS

La zona estudiada, en el barranco Aguas Agrias, pertenece a la cuenca hidrográfica del Odiel y dentro de una formación pizarrosa que dan unos relieves abruptos en relación con los paisajes alomados de las rocas volcánicas.

El agua surge de los sondeos con un caudal de 0,1 l/seg. en el primero y de 0,3 l/seg. (20 de Junio de 1990) y hemos de tener en cuenta que el sondeo 1 está volado y totalmente taponado, de ahí el hecho de que el caudal sea sensiblemente menor.

Los materiales en los que se encuentra el sondeo son las pizarras del Culm que son prácticamente impermeables al igual que las cineritas del complejo vulcanosedimentario. En ambos sondeos la surgencia se produce a una profundidad de 380 m justo en el contacto entre ambas formaciones, que como vimos en el apartado anterior, se encuentra ampliamente tec-

tonizado, siendo ésta pues una zona de circulación preferente del agua.

Las características químicas del agua de estos sondeos se deben posiblemente a las importantes mineralizaciones que se encuentran en el seno del complejo vulcano-sedimentario.

#### 4.- CARACTERISTICAS HIDROQUIMICAS

Agua bicarbonatada sódica de pH campo= 8,9, potencial redox relativamente bajo (+70 mv) y una conductividad de 953  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Según se indica en el apartado precedente, la circulación del agua tiene lugar a través del contacto tectonizado entre las pizarras del Culm y las cineritas del complejo vulcanosedimentario. La definición del equilibrio agua-roca evidentemente se complica debido a la dispar naturaleza de ambos materiales, de modo que resulta difícil determinar los minerales implicados en el presunto equilibrio.

Los diagramas de saturación de la fig. 1 indican que el agua se encuentra sobresaturada en cuarzo. Como cabía esperar del elevado pH de la muestra, existe también sobresaturación respecto a  $\text{CaCO}_3$ .

Según los resultados de los análisis químicos realizados, no se aprecian contenidos elevados de metales pesados que pudieran interpretarse como indicios de la presencia de sulfuros. El agua en contacto con este tipo de mineralizaciones suele poseer una tipología muy característica, debido fundamentalmente a procesos de alteración: pH ácido, abundante presencia de sulfatos provenientes de la oxidación del  $\text{S}^=$

y alto contenido en metales pesados. Ninguna de estas características se encuentra en la muestra en cuestión.

En lo que respecta a la composición del gas asociado al agua, el análisis indica que la especie predominante es el nitrógeno (93%V), detectándose también un notable contenido en metano (7,7%V). Estos resultados sugieren que se trata de aire atmosférico, que en su tránsito subterráneo ha perdido la mayor parte del oxígeno y a su vez ha adquirido otros componentes como el CH<sub>4</sub>, He y CO<sub>2</sub>. Respecto al primero de estos gases conviene señalar que el agua desprende un olor característico, semejante al que se aprecia en otras captaciones ricas en metano de origen biogénico. En el presente caso la génesis del CH<sub>4</sub> podría estar relacionada con una hipotética presencia de materia orgánica en las pizarras.

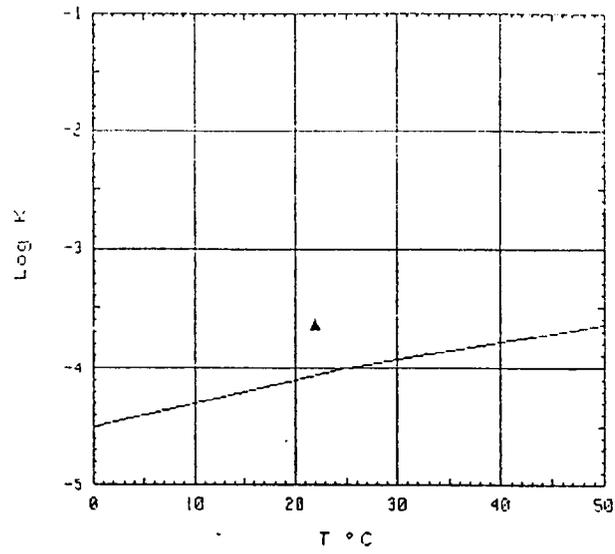
#### 5.- PROPUESTA DE AREA DE PROTECCION

Los sondeos se encuentran sobre unas pizarras pertenecientes a las facies Culm, materiales totalmente impermeables y que en ningún caso llegan a constituir un acuífero.

El agua surge a los 380 metros de profundidad coincidiendo con el contacto de las pizarras con unas cineritas del complejo vulcanosedimentario (las cuales se encuentran mineralizadas y son el objetivo de estos sondeos de investigación). Este contacto se encuentra altamente tectonizado y constituye por sí mismo el acuífero que drenan estos dos sondeos.

En la zona no existe ningún manantial, pero sí una malla de sondeos de investigación, en la que los dos estudiados son los que se encuentran topográficamente más bajos

### CUIRZO



### CALCITA

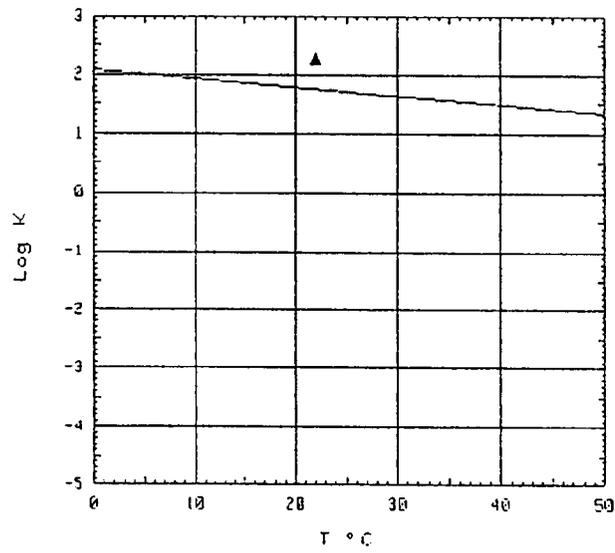


FIG. 1.- DIAGRAMAS DE SATURACION SONDEOS ADARO (VALVERDE DEL CAMINO)

# ANALISIS QUIMICO

DENOMINACION: SONDEO A-1  
 FECHA :

TEMPERATURA (°C): 22.0      CONDUCTIVIDAD (E-6 S/cm): 953  
 pH a 22°C: 8.90      DUREZA TOTAL (ppm CaCO3): 18  
 pH a 18°C: 7.90      En campo (mV): 70

ANIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
HCO3-	443.00	7.261	7.261	70.00
CO3=	-	-	-	-
SO4=	3.00	.031	.062	.60
Cl-	100.00	2.821	2.821	27.20
F-	4.000	.211	.211	2.03
NO3-	1.00	.016	.016	.16
SiO2(H4SiO4)	15.6	.260	-	-
B	-	-	-	-
NO2-	<1.0E-2	0.000	0.000	0.00
P2O5	.050	.001	.002	.02
TOTAL.....	566.660	10.600	10.373	

CATIONES	ppm	mMol/l	meq/l	% meq/l
Na+	212.00	9.222	9.222	94.73
K+	3.00	.077	.077	.79
Ca++	4.00	.100	.200	2.05
Mg++	2.00	.082	.165	1.69
Fe++	.030	.001	.001	.01
Li+	.06	.009	.009	.09
Al+++	<5.0E-1	.019	.056	.57
NH4+	<1.0E-2	.001	.001	.01
Mn++	<5.0E-3	0.000	0.000	0.00
Pb	0.02	0.000	-	-
Zn++	.150	.002	.005	.05
Cu++	<5.0E-2	.001	.002	.02
TOTAL.....	221.825	9.512	9.735	

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

CLASIFICACION: BICARBONATADA -- SODICA

(CO3H+CO3)/Ca = 36.377	Cl/Na = .306	(SO4*Ca) <sup>1/2</sup> = .112
(CO3H+CO3)/(Ca+Mg) = 19.741	Cl/(Na+K) = .303	(Cl+SO4)/(Ca+K+Na) = .304
((CO3H) <sup>2</sup> *Ca) <sup>1/3</sup> = 2.191	SO4/Ca = .313	Mg/Ca = .824
(CO3H+CO3+SO4)/(Ca+Mg) = 20.112	SO4/(Ca+Mg) = .172	Cl/CO3H = .389

ARCHIVO EN DISCO: MMH8 (AMA8-08)

	ppm
R.S. 110°C	726
D.Q.O.	1,6
CN-	-
Cd	<0,001
Cr	0,006
As	-
Se	-
Hg	-
B	0,50



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

411-0 -  
MUESTRA: AMA8-8

	<u>%V</u>
He	0,59
H <sub>2</sub>	<0,0010
O <sub>2</sub>	0,61
N <sub>2</sub>	93
CH <sub>4</sub>	7,7
CO <sub>2</sub>	0,14

siendo los únicos surgentes, lo cual no quiere decir que el resto no alcance el acuífero.

Para definir exactamente el acuífero habría que cerrar la malla de sondeos haciendo pruebas de bombeo, lo que no está al alcance de este estudio. Teniendo esto en cuenta, el área de protección propuesta se limita a una zona de unos dos kilómetros cuadrados, bajo la cual sabemos se extiende el acuífero.

#### 6.- BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

I.G.M.E. - "Hoja Geológica" CALAÑAS (9-39) E. 1:50.000  
Plan Magna. Mapa y memoria.

I.G.M.E. - "Hoja Geológica" VALVERDE DEL CAMINO  
(10-39) E. 1:50.000. Plan Magna. Mapa y  
memoria.

JUNTA DE ANDALUCIA (1986) - La minería andaluza

SERVICIO GEOGRAFICO DEL EJERCITO (1985) - Hoja CALAÑAS (9-39)  
E. 1:50.000.

# SONDEOS DE ADARO

(VALVERDE DEL CAMINO)

