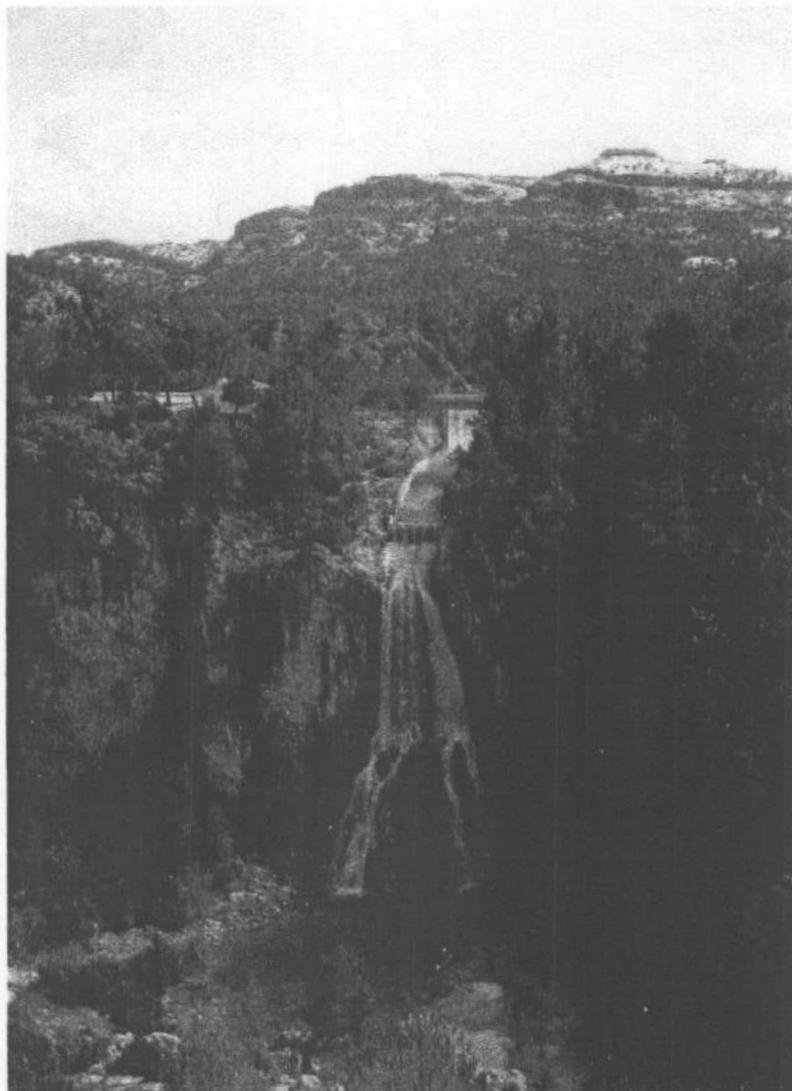


PROYECTO PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA  
HIDROGEOLÓGICA DE LAS UNIDADES 05.01 SIERRA DE CAZORLA,  
05.02 QUESADA-CASTRIL, 07-07 SIERRAS DE SEGURA-CAZORLA  
Y CARBONATADO DE LA LOMA DE ÚBEDA



TOMO VII  
GEOQUÍMICA E ISÓTOPOS



MINISTERIO  
DE CIENCIA  
Y TECNOLOGÍA



Instituto Geológico  
y Minero de España



Ministerio de  
Medio Ambiente

# **GEOQUÍMICA E ISÓTOPOS**

**TOMO VII**

## ÍNDICE

### 9. APLICACIÓN DE TÉCNICAS GEOQUÍMICAS E ISOTÓPICAS EN LOS SECTORES DE VILLACARRILLO-MOGÓN Y SEGURA DE LA SIERRA

<b>9.1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS .....</b>	<b>620</b>
<b>9.2. TRABAJOS PROGRAMADOS .....</b>	<b>621</b>
<b>9.3. DESCRIPCIÓN DE LOS MUESTREOS Y ANÁLISIS REALIZADOS ..</b>	<b>622</b>
<b>9.3.1. Zona de Villacarrillo-Mogón .....</b>	<b>623</b>
<b>9.3.2. Zona de Segura de la Sierra .....</b>	<b>627</b>
<b>9.3.3. Análisis realizados .....</b>	<b>628</b>
<b>9.4. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN .....</b>	<b>629</b>
<b>9.4.1. Zona de Villacarrillo-Mogón .....</b>	<b>629</b>
9.4.1.1. Caracterización geoquímica .....	629
9.4.1.2. Caracterización isotópica .....	640
<b>9.4.2. Zona de Segura de la Sierra .....</b>	<b>656</b>
9.4.2.1. Caracterización geoquímica .....	656
9.4.2.2. Caracterización isotópica .....	660
<b>9.5. RESUMEN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>664</b>
<b>ANEJOS .....</b>	<b>670</b>
<b>ANÁLISIS GEOQUÍMICOS .....</b>	<b>671</b>
<b>DETERMINACIONES ISOTÓPICAS .....</b>	<b>672</b>

Mesozoica de la Meseta o Cobertera Tabular. En esta zona los materiales carbonatados del Jurásico no presentan plegamientos o tectónica apreciable, siendo su disposición sensiblemente subhorizontal o con ligero buzamiento hacia el sur.

Por el contrario al este y sureste los materiales afloran constituyendo la zona más occidental de la Sierra de Cazorla, perteneciente al Prebético Externo, afectados por una intensa tectónica de pliegues y con buzamientos variables pero que a menudo supera los 50-60° con dirección ESE ó E.

El problema hidrogeológico se plantea a la hora de determinar de cuál de ambos afloramientos procede la recarga de la formación hidrogeológica que se encuentra en el subsuelo del área de Villacarrillo, entre los ríos Guadalimar y Guadalquivir, y si existe comunicación hidrogeológica entre ellos. Esta duda incide, dificultándola, en la estimación de los recursos del acuífero.

En la segunda zona, Segura de la Sierra, el problema planteado consiste en la atribución hidrogeológica de las importantes descargas que se producen en los materiales jurásicos que son superiores a las que se podría esperar, teniendo en cuenta la superficie de infiltración de los mismos.

Así pues, en este contexto hidrogeológico, los objetivos planteados para ambas zonas se podrían concretar en el estudio mediante técnicas geoquímicas e isotópicas de los dos problemas citados. Ambos en relación al origen (zona de recarga) del agua subterránea explotada por sondeos o surgente en manantial.

## **9.2. TRABAJOS PROGRAMADOS**

Para alcanzar los objetivos señalados se programaron una serie de trabajos de muestreos y análisis de laboratorio que para las dos zonas contempladas comprendían los siguientes puntos:

#### ZONA DE VILLACARRILLO-MOGÓN

- Muestreo para análisis geoquímico de 15 puntos de agua situados entre las áreas de río Guadalimar y Sierra de Cazorla (Mogón)
- Muestreo para análisis isotópicos de los mismos puntos. Puesto que se iba a analizar carbono-13 era necesario llevar a cabo un muestreo de precipitado de carbonatos en las aguas de cada punto.

#### ZONA DE SEGURA DE LA SIERRA

- Muestreo para análisis geoquímico de 10 puntos de agua situados tanto en materiales de Cretácico superior como de Jurásico.
- Muestreo para análisis isotópicos de los mismos puntos, así como de precipitado de carbonato para determinación de carbono-13.

En todos los puntos muestreados se ha llevado a cabo la determinación in situ de parámetros físico-químicos.

Los resultados de los laboratorios, tras un chequeo rutinario se incorporarían a soporte informático para su posterior elaboración y tratamiento, preparación de tablas y gráficos, estudio de relación, interpretación geoquímica e hidrogeológica, etc.

Finalmente y tras el estudio y evaluación de la interrelación posible a la vista de los resultados citados, se redactará un documento informe final en el que se presentan las conclusiones más importantes alcanzadas.

### **9.3. DESCRIPCIÓN DE LOS MUESTREOS Y ANÁLISIS REALIZADOS**

El desarrollo de los trabajos de campo condujo, finalmente, a un muestreo algo diferente al programado, ya que se muestrearon 18 puntos de agua en la zona de

Villacarrillo-Mogón y 8 puntos de agua en la zona de Segura de la Sierra. Debido a dificultades de tipo meteorológico y de períodos de regadío, fue necesario llevar a cabo todo el trabajo en 2 campañas de muestreo.

En la tabla 9.3.1 se presenta un resumen de los datos más significativos de ubicación geográfica de los puntos de muestreo, que a su vez se presenta en los mapas de las figuras 9.3.1 y 9.3.2. El número de orden asignado permite su identificación en estos mapas. El número de inventario es el correspondiente a la base de datos del IGME. Las coordenadas UTM y cotas se han deducido del plano 1:25.000 correspondiente.

### **9.3.1. Zona de Villacarrillo-Mogón**

Como ya se ha mencionado el problema que se intenta analizar en esta zona es el origen de la recarga hídrica del acuífero calizo-dolomítico existente en el subsuelo del área de Villacarrillo. Existen básicamente dos alternativas: a) la procedencia de la recarga en la infiltración de agua a través de los carbonatos situados al norte de la zona, en las inmediaciones del río Guadalimar, pertenecientes a la Cobertera Tabular de la Meseta o b) la recarga hídrica se produce en las calizas y dolomías de la Sierra de Cazorla, situados al este y sureste de la zona estudiada. En consecuencia, se han muestreado puntos situados en las proximidades de ambas áreas de posible recarga y para las cuales no existen dudas de la procedencia de agua. Al mismo tiempo se han muestreado 6 puntos de agua en la zona considerada como problema.

Excepto el manantial de los Baños del Saladillo o Ntra. Sra. del Buen Consejo, identificado con el número de orden 18, el resto de los puntos de agua muestreados son sondeos.

ZONA DE VILLACARRILLO-MOGÓN					
Nº de	Toponimia	Nº inventario	Coordenadas UTM		Cota (m)
Orden			X	Y	
1	Herrera	213610031	483.850	4.221.000	420
2	Cortijo Alto	213610036	487.485	4.215.630	712
3	El Pocico I	213610039	489.300	4.217.050	635
4	La Casica	213610044	489.940	4.222.210	560
5	La Rincona	213610045	486.190	4.219.720	525
6	Corea	213610046	484.040	4.218.490	540
7	Cooperativa Ntra. Sra. del Pilar	213620034	493.350	4.219.025	790
8	Caserío del Prior	213620041A	491.090	4.221.380	570
9	El Mono	213620042	492.400	4.215.900	695
10	Cortijo Altillo Bajo	213660019	497.125	4.211.800	550
11	La Coneja	213660032	496.650	4.212.000	518
12	Carrascal	213660034	497.175	4.212.650	495
13	Carrascal	213660035	497.250	4.212.975	510
14	Los Rubiales (Las Candelarias)	213660036	497.575	4.213.100	475
15	El Rastrillo	213660037	492.950	4.212.550	510
16	Los Calares	213660040	491.625	4.211.100	465
17	Caravaca	213660041	497.900	4.213.200	500
18	Ntra. Sra. del Buen Consejo	213670037	499.050	4.213.900	480

ZONA DE SEGURA DE LA SIERRA					
Nº de	Toponimia	Nº inventario	Coordenadas UTM		Cota (m)
Orden			X	Y	
1	San Miguel	223470019	530.940	4.244.720	920
2	El Pardal	223480030	536.300	4.244.200	1150
3	Seminario	223480095	538.500	4.243.800	1230
4	Linarejos	223530011	532.850	4.241.725	880
5	La Maleza	223530023	532.225	4.237.700	880
6	Amurjo	223530079	530.500	4.241.400	770
7	Fuente del Tejo	223540017	540.600	4.236.800	1395
8	Nacimiento Rolamiel	223540002	535.125	4.241.100	1295

Tabla 9.3.1. Puntos de agua muestreados.

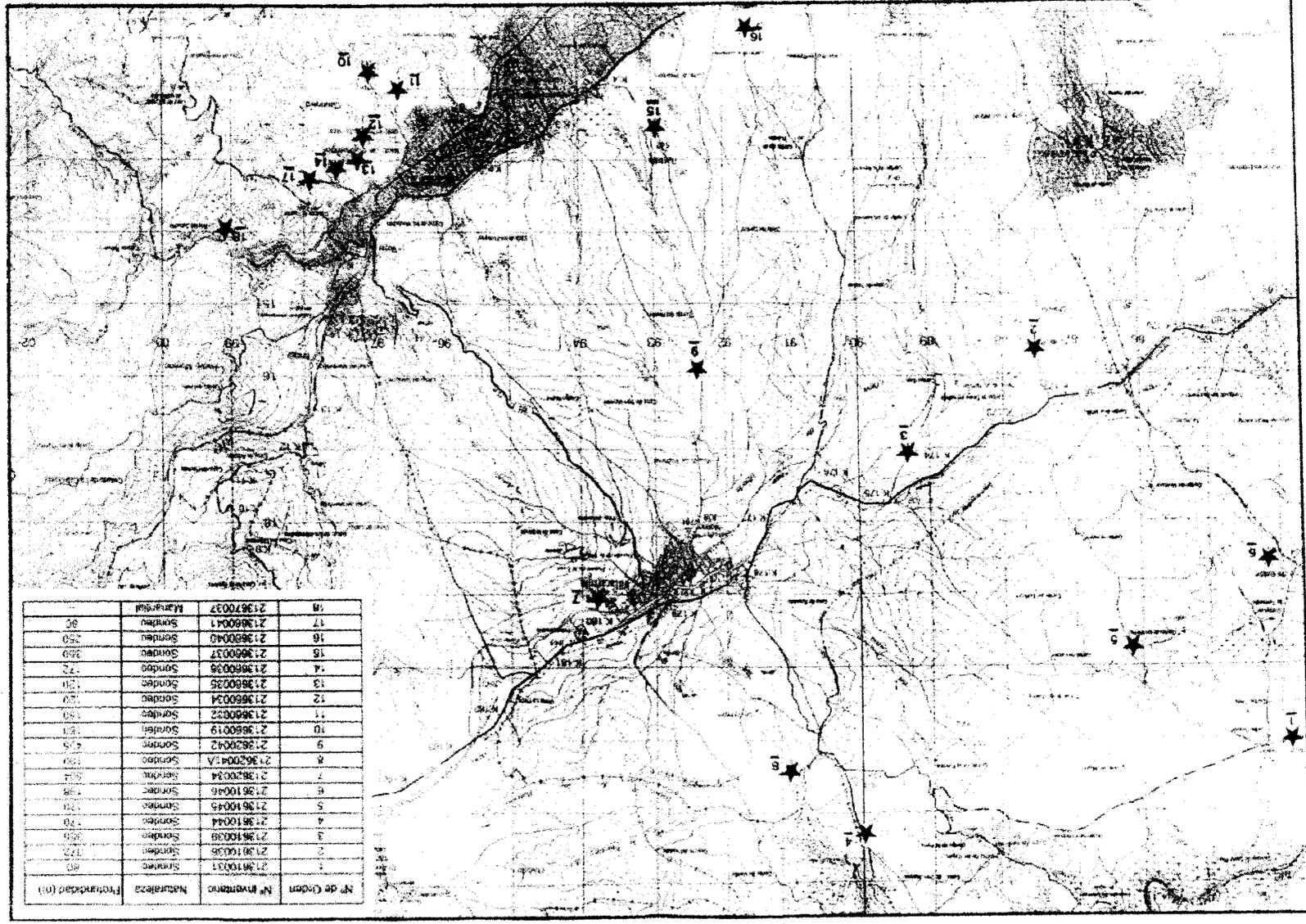


Figura 9.3.1. Zona de Villacarrillo-Mogón. Localización de puntos muestreados. Cuadrícula de 1/50.000.

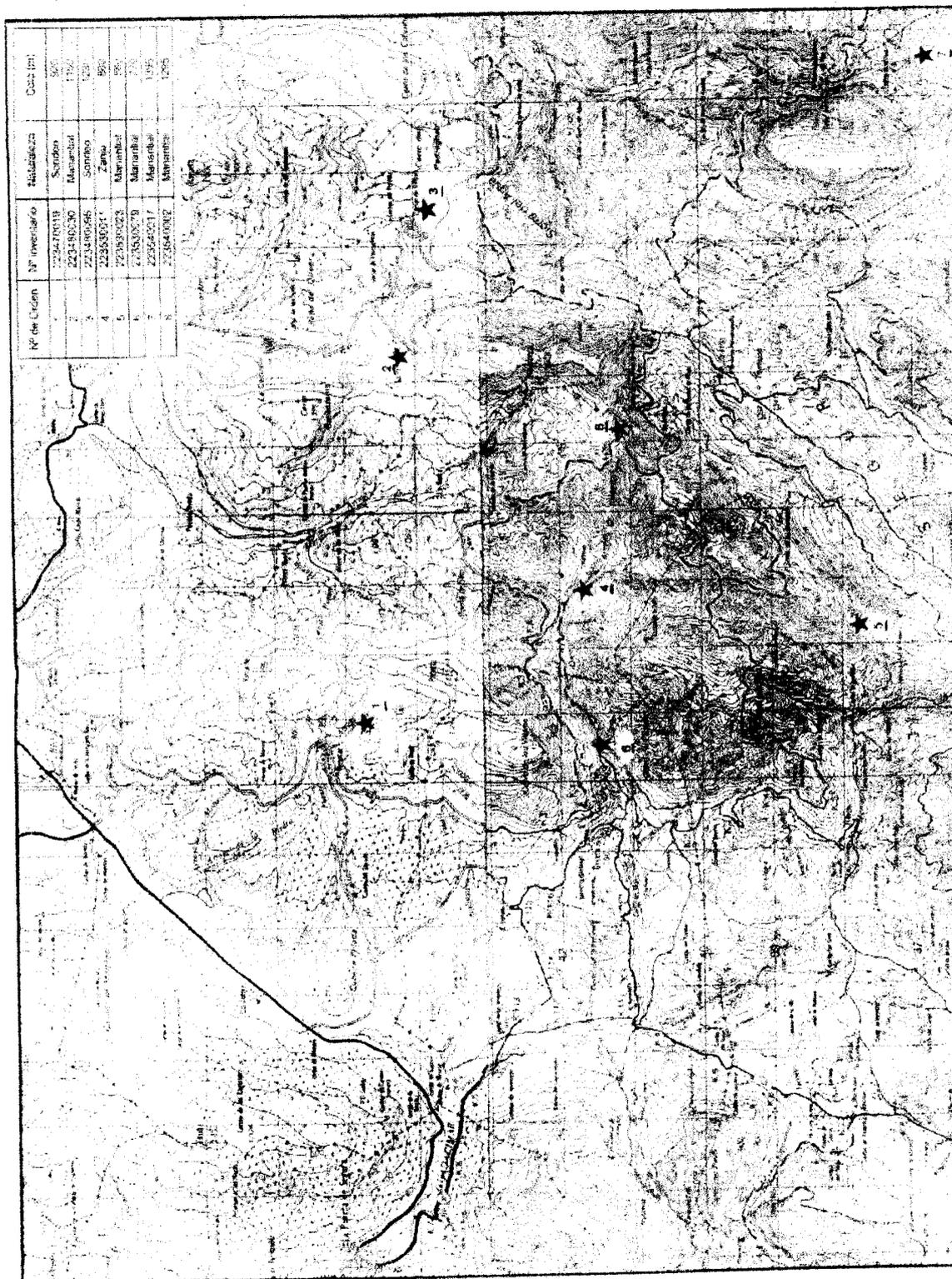


Figura 9.3.2. Zona de Segura de la Sierra. Localización de puntos estudiados. Cuadrícula 1/50.000.

En el área norte (río Guadalimar) se han muestreado 5 sondeos, identificados con los números de orden 1, 4, 5, 6 y 8. De ellos tres se sitúan muy próximos a los afloramientos (1, 4 y 8) mientras que 5 y 6 se sitúan sobre materiales terciarios a distancia de 1 a 3 Km de los afloramientos. En el área sur (Sierra de Cazorla) se han muestreado 7 puntos de agua (6 sondeos y 1 manantial) identificados con los puntos 10, 11, 12, 13, 14, 17 y 18. Todos ellos se encuentran ubicados sobre materiales cretácicos o jurásicos del borde de la Sierra de Cazorla y por lo tanto captando el agua de formaciones asociadas a la misma.

En la zona central o “área problema” se han muestreado, como ya se ha citado, 6 sondeos, de los que 3 (números de orden 2, 3 y 7) se encuentran más próximos al área del río Guadalimar, 2 (números de orden 15 y 16) se encuentran más próximos a la Sierra de Cazorla, y el restante (número de orden 9) equidistante a ambas zonas.

### **9.3.2 Zona de Segura de la Sierra**

En esta zona (Figura 9.3.2.) la problemática planteada era identificar la recarga de los materiales jurásicos de borde y su posible relación con los acuíferos cretácicos que se les superponen. El contacto entre ambas formaciones es una falla normal de dirección aproximada N 35 E y cuya traza se puede seguir en la cartografía MAGNA en un tramo de 7-8 km. Al oeste queda la formación jurásica muy tectonizada y compartimentada por fallas que en general son normales, mientras que al este queda la formación cretácica menos tectonizada, con amplios anticlinales y sinclinales.

Además de muestrear el manantial de La Maleza, se han muestreado 3 puntos de agua (números de orden 1, 4 y 6) de la formación jurásica, mientras que de la formación cretácica se han muestreado cuatro puntos (números de orden 2, 3, 7 y 8). Los puntos identificados como 1 y 3 son sondeos, mientras que todos los demás son manantiales o surgencias ligadas a zanjas (nº 4). El sondeo nº 3 perfora materiales del Cretácico

inferior, de carácter semipermeable, situados bajo el acuífero cretácico principal y desconectado del mismo.

### 9.3.3. Análisis realizados

En todos los puntos mencionados se han realizado las determinaciones de campo siguientes: Temperatura, pH, Conductividad y Eh. Además se han tomado las siguientes muestras:

- 1 litro de muestra preparada para análisis geoquímico completo.
- 1 litro de muestra para determinación de concentración de tritio.
- 5 litros de muestra para obtención de precipitado y posterior determinación de carbono-13.
- 1 decilitro de muestra para determinaciones de oxígeno-18 y deuterio.

Los análisis geoquímicos han sido efectuados en los laboratorios del IGME en Tres Cantos.

Las determinaciones de la concentración de tritio han sido efectuadas en los laboratorios del “Servei de datacio de triti i carbono 14” de la Universidad Autónoma de Barcelona.

Las determinaciones de deuterio y oxígeno-18 así como de carbono-13 se han llevado a cabo en el laboratorio del Centro Experimental del Zaidín (C.S.I.C.) en Granada.

## 9.4. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

### 9.4.1 Zona de Villacarrillo-Mogón

#### 9.4.1.1. Caracterización geoquímica

En las tablas 9.4.1 y 9.4.1.a se presenta el resultado de los análisis geoquímicos efectuados en las muestras tomadas en esta zona en mg/l y meq/l respectivamente. Además de las determinaciones de cationes y aniones mayoritarios se han analizado otra serie de iones típicos para caracterización de las aguas subterráneas así como de cationes y elementos metálicos.

Código	Nº inventario	Naturaleza	Análisis químicos (meq/l)						
			HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
1	213610031	Sondeo	5,57	2,87	0,73	1,52	0,10	4,89	3,78
2	213610036	Sondeo	6,29	2,79	6,12	7,66	0,18	4,29	3,45
3	213610039	Sondeo	5,18	2,62	0,85	1,31	0,08	4,34	3,45
4	213610044	Sondeo	3,79	20,13	0,65	0,65	0,23	16,27	7,90
5	213610045	Sondeo	5,41	2,79	2,54	3,78	0,13	3,29	3,54
6	213610046	Sondeo	5,34	3,08	4,54	5,70	0,23	3,74	3,78
7	213620034	Sondeo	4,13	27,90	1,38	3,44	0,28	23,55	7,49
8	213620041A	Sondeo	3,77	28,25	2,17	7,13	0,54	18,06	7,07
9	213620042	Sondeo	6,88	5,04	2,57	4,13	0,26	4,84	5,76
10	213660019	Sondeo	12,13	4,31	12,53	16,92	0,26	4,69	6,17
11	213660032	Sondeo	8,59	4,18	1,07	3,39	0,15	3,84	6,91
12	213660034	Sondeo	10,56	8,83	2,23	16,10	0,31	1,80	2,55
13	213660035	Sondeo	6,29	1,71	0,76	2,13	0,10	2,69	4,03
14	213660036	Sondeo	6,42	1,75	0,79	2,44	0,10	2,40	3,87
15	213660037	Sondeo	7,21	1,46	8,89	15,01	0,31	1,60	1,65
16	213660040	Sondeo	4,44	2,21	38,37	26,01	0,43	7,68	7,57
17	213660041	Sondeo	4,46	2,19	1,33	0,61	0,05	4,24	5,18
18	213670037	Manantial	5,70	15,49	78,42	67,43	0,49	16,22	11,52

Tabla 9.4.1.a. Zona de Villacarrillo-Mogón. Análisis químicos (meq/l).

Esta caracterización geoquímica se completa en la tabla 9.4.2 en la que se presenta el valor, para cada punto muestreado, de las relaciones iónicas más características. En las figuras 9.4.1 y 9.4.2 se presentan gráficamente la composición en aniones y cationes mayoritarios del colectivo total de aguas analizadas, mediante los

diagramas de Langelier-Ludwing y Piper respectivamente, mientras que en las figuras 9.4.1.a, 9.4.1.b, 9.4.1.c, 9.4.2.a, 9.4.2.b, 9.4.2.c se presentan los mismos datos separados por áreas.

Tabla 9.4.1. Zona de Villacarrillo-Mogón. Determinaciones físico-químicas.

Codigo*	Inventario	Naturaleza	Determinaciones in situ					Determinaciones en laboratorio																																
			Cota (metros)	Fecha (muestra)	T (°C)	pH	Conduct. (µS/cm)	Eh (mV)	Fecha análisis	pH	Conduct. 20°C (µS/cm)	R.S. 110°C (mg/l)	Análisis químicos (mg/l)																											
													HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	F	Ca	Na	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	MN <sup>2+</sup>	Li	Fe <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Cr	Pb	As	B	SiO <sub>2</sub>					
1	213610031	Sondeo	420	08/02/99	19.5	7.20	791	162	16/03/99	7.4	625	560	340	0	130	20	48	0.025	0.25	0.0013	35	4	80	48	0.025	0.025	0.09	0.010	0.025	0.07	0.0005	0.0025	0.005	0.005	0.17	20.5				
2	213610036	Sondeo	712	10/02/99	30.8	7.22	1324	-89	16/03/99	7.3	1343	896	384	0	134	217	3	3.80	0.59	0.090	176	7	86	42	0.025	0.025	0.27	0.029	0.025	0.025	0.0005	0.0025	0.005	0.005	0.51	16.3				
3	213610039	Sondeo	635	09/02/99	30.1	7.25	733	-70	16/03/99	7.4	734	530	316	0	126	30	7	0.025	0.25	0.006	30	3	87	42	0.025	0.025	0.13	0.010	0.025	0.07	0.0005	0.0025	0.005	0.005	0.16	24.4				
4	213610044	Sondeo	566	15/04/99	22.6	7.05	1620	106	10/06/99	7.2	1640	1260	231	0	967	23	4	0.025	0.25	0.0013	15	9	326	96	0.07	0.05	0.06	0.010	0.025	0.025	0.0005	0.0025	0.005	0.005	0.12	18.0				
5	213610045	Sondeo	525	20/04/99	23.4	7.47	830	20	10/06/99	7.6	900	570	330	0	134	90	10	0.025	0.25	0.0013	87	5	86	43	0.025	0.11	1.17	0.010	0.025	0.14	0.0005	0.0025	0.005	0.005	0.25	18.5				
6	213610046	Sondeo	540	20/04/99	27.1	7.21	1160	-160	10/06/99	7.4	1122	746	326	0	146	161	11	8.50	0.52	0.0013	131	9	75	48	0.025	0.19	0.42	0.010	0.025	0.025	0.0005	0.0025	0.005	0.005	0.48	17.3				
7	213620034	Sondeo	790	08/02/99	28.9	6.86	2140	-58	16/03/99	7.3	3121	2205	282	0	1340	46	3	0.025	0.25	0.005	79	11	472	91	0.025	0.025	2.84	0.102	0.025	0.025	0.0005	0.0025	0.005	0.005	0.902	22.8				
8	213620041	Sondeo	570	13/04/99	14.6	7.25	2730	32	10/06/99	7.5	3004	2103	230	0	1357	77	1	0.025	0.25	0.0013	164	21	362	86	0.025	0.18	0.28	0.106	0.025	0.025	0.0005	0.0025	0.005	0.005	0.45	14.4				
9	213620042	Sondeo	695	13/04/99	31.6	6.82	1220	-186	10/06/99	7.3	1154	864	420	0	242	91	10	7.50	0.60	0.0013	96	10	97	70	0.57	0.21	0.85	0.010	0.025	0.025	0.0005	0.0025	0.005	0.005	0.31	16.7				
10	213660019	Sondeo	550	10/02/99	19.5	7.41	2530	67	16/03/99	7.3	2631	1858	740	0	207	444	4	0.025	0.97	0.055	369	10	94	78	0.025	0.025	0.06	0.010	0.025	0.025	0.0005	0.0025	0.005	0.005	1.63	12.1				
11	213660030	Sondeo	518	20/04/99	20.6	7.26	1056	24	10/06/99	7.5	1043	744	524	0	201	30	1	0.025	1.08	0.0013	78	6	77	84	0.025	0.10	0.03	0.010	0.025	0.08	0.0005	0.0025	0.005	0.032	39.3					
12	213660034	Sondeo	485	20/04/99	20.2	7.56	1853	25	10/06/99	7.6	1670	1227	644	0	424	79	11	0.025	1.16	0.0013	370	12	36	31	0.025	0.18	0.18	0.010	0.025	0.025	0.0005	0.0025	0.005	0.005	1.61	14.0				
13	213660035	Sondeo	510	20/04/99	23.5	7.22	743	-70	10/06/99	7.6	730	493	384	0	82	27	1	0.025	0.68	0.0013	49	4	54	49	0.025	0.025	0.13	0.010	0.025	0.12	0.0005	0.0025	0.005	0.005	0.26	12.7				
14	213660036	Sondeo	475	20/04/99	22.6	7.32	726	-10	10/06/99	7.7	730	482	392	0	84	28	0.25	0.025	0.68	0.0013	58	4	49	47	0.025	0.025	0.16	0.010	0.025	0.10	0.0005	0.0025	0.005	0.005	0.32	12.3				
15	213660037	Sondeo	510	20/04/99	22.1	7.40	1690	-301	10/06/99	7.6	1615	1073	440	0	70	315	14	15.00	0.73	0.0013	345	12	32	20	4.87	0.26	0.81	0.020	0.025	0.025	0.0005	0.0025	0.005	0.005	0.87	16.8				
16	213660040	Sondeo	465	09/02/99	32.0	7.36	4530	-290	16/03/99	7.3	4761	3142	271	0	106	1390	0.25	0.025	0.58	-	598	17	154	92	16.40	0.71	6.36	0.344	0.025	0.025	0.0005	0.0025	0.005	0.005	1.74	16.2				
17	213660041	Sondeo	500	20/04/99	19.5	7.19	970	121	10/06/99	7.4	964	622	272	0	105	47	120	0.025	0.25	0.0013	14	2	85	63	0.025	0.025	0.16	0.010	0.025	0.025	0.0005	0.0025	0.005	0.005	0.12	13.2				
18	213670027	Monitoreo	490	10/02/99	14.4	7.62	3720	-260	16/03/99	7.4	10511	6719	348	0	744	2780	0.25	0.025	-	-	1560	19	325	140	1.40	1.81	0.02	0.010	0.025	0.025	0.0005	0.0025	0.005	0.029	9.16	16.0				

Código	N° inventario	Naturaleza	Relaciones iónicas				
			Cota				
			(msnm)	rHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /rCa <sup>2+</sup>	rHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /rSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	rCl/rNa <sup>+</sup>	
1	213610031	Sondeo	420	0,59	1,14	1,94	0,48
2	213610036	Sondeo	712	0,65	1,47	2,26	0,80
3	213610039	Sondeo	635	0,60	1,19	1,97	0,65
4	213610044	Sondeo	560	1,24	0,23	0,19	0,99
5	213610045	Sondeo	525	0,85	1,64	1,94	0,67
6	213610046	Sondeo	540	0,82	1,43	1,73	0,80
7	213620034	Sondeo	790	1,18	0,18	0,15	0,40
8	213620041A	Sondeo	570	1,56	0,21	0,13	0,30
9	213620042	Sondeo	695	1,04	1,42	1,37	0,62
10	213660019	Sondeo	550	0,92	2,59	2,81	0,74
11	213660032	Sondeo	518	1,09	2,24	2,05	0,32
12	213660034	Sondeo	495	4,91	5,88	1,20	0,14
13	213660035	Sondeo	510	0,63	2,34	3,69	0,36
14	213660036	Sondeo	475	0,73	2,68	3,67	0,32
15	213660037	Sondeo	510	0,91	4,52	4,95	0,59
16	213660040	Sondeo	465	0,29	0,58	2,01	1,47
17	213660041	Sondeo	500	0,52	1,05	2,04	2,18
18	213670037	Manantial	480	0,96	0,35	0,37	1,16

Tabla 9.4.2. Zona de Villacarrillo-Mogón (relaciones iónicas)

El análisis e interpretación de las tablas y los diagramas presentados permite realizar las siguientes puntualizaciones:

1. En las aguas muestreadas en cada una de las zonas origen, es decir, zona del río Guadalimar y zona de Sierra de Cazorla, se encuentran representados diversos tipos o familias de agua. No es posible asignar a cada zona una composición inequívoca para el agua captada por los sondeos muestreados.

Así, en las cinco muestras de la zona del río Guadalimar, se tienen las siguientes características:

- Nº 1: Bicarbonatada cálcica
- Nº 4: Sulfatada cálcica
- Nº 5: Bicarbonatada sódico-magnésica
- Nº 6: Bicarbonatada-clorurada sódico-magnésica
- Nº 8: Sulfatada cálcica

Mientras que en el grupo de la Sierra de Cazorla se tienen las siguientes características:

- Nº 10: Clorurada-bicarbonatada sódica
- Nº 11: Bicarbonatada magnesico-cálcica
- Nº 12: Bicarbonatada-sulfatada sódica
- Nº 13: Bicarbonatada magnésico-cálcica
- Nº 14: Bicarbonatada magnésico-cálcica
- Nº 17: Bicarbonatada magnésico-cálcica
- Nº 18: Clorurada sódica

2. Para las aguas cuyo origen se quiere identificar y son objeto de estudio se tienen las siguientes características:

- Nº 2: Bicarbonatada-clorurada sódica
- Nº 3: Bicarbonatada cálcico-magnésica
- Nº 7: Sulfatada cálcica
- Nº 9: Bicarbonatada-sulfatada magnésico-cálcica
- Nº 15: Clorurada-bicarbonatada sódica
- Nº 16: Clorurada sódica

3. Esta diversidad de tipos o facies en las aguas subterráneas denota la presencia de materiales evaporíticos en el subsuelo, que debido a su alta solubilidad, alteran fácilmente la composición bicarbonatada cálcica típica del agua de recarga.

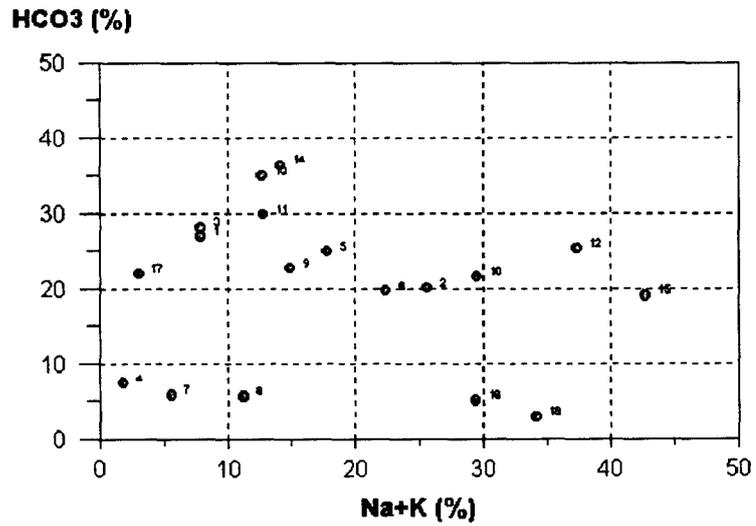


Figura 9.4.1. Zona de Villacarrillo-Mogón. Diagrama de Langelier-Ludwig.

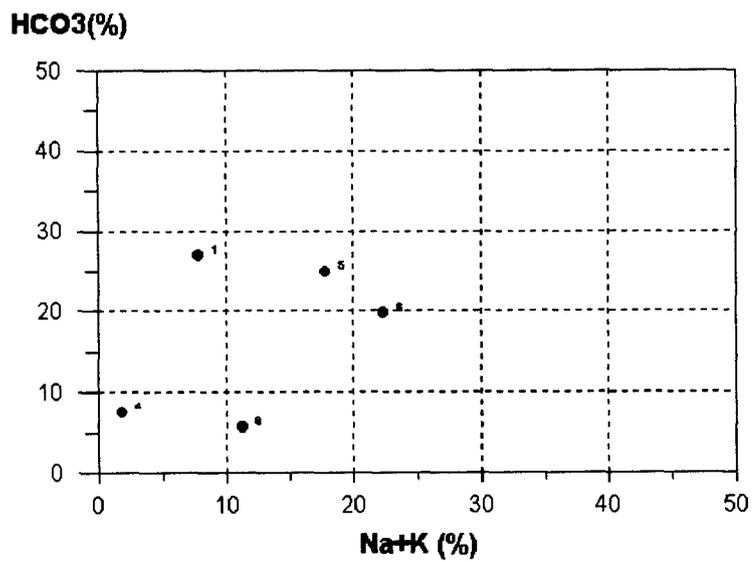


Figura 9.4.1.a. Zona de Villacarrillo-Mogón. Diagrama de Langelier-Ludwig.

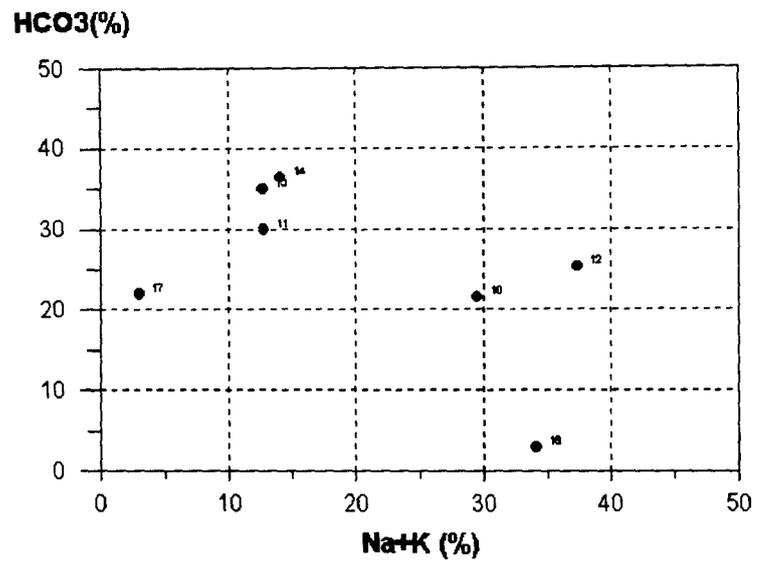


Figura 9.4.1.b. Zona de Villacarrillo-Mogón. Diagrama de Langelier-Ludwig.

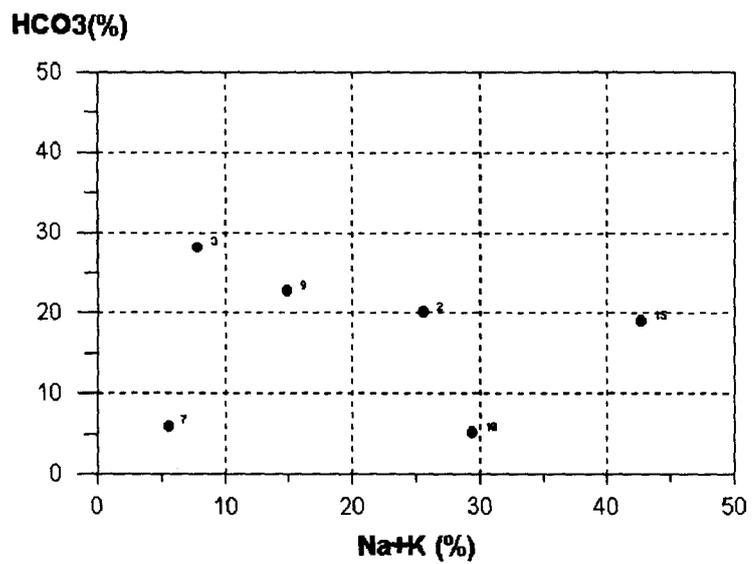


Figura 9.4.1.c. Zona de Villacarrillo-Mogón. Diagrama de Langelier-Ludwig.

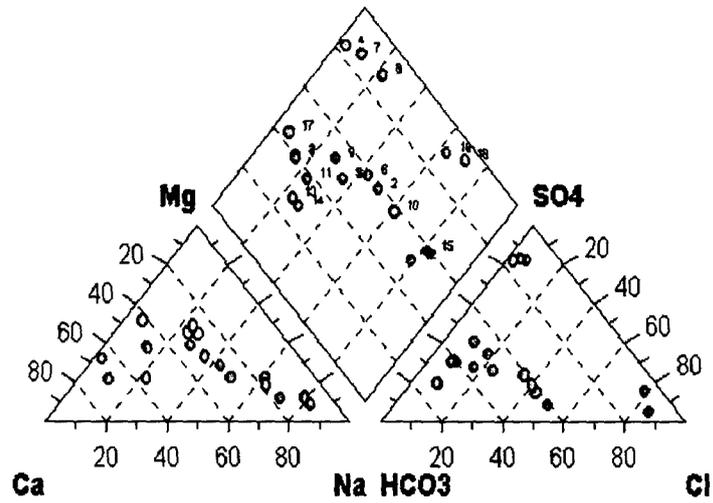


Figura 9.4.2. Zona de Villacarrillo-Mogón. Diagrama de Piper.

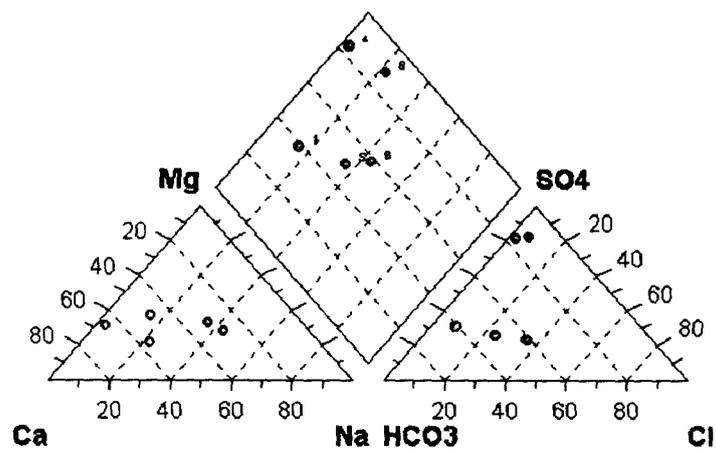


Figura 9.4.2.a. Zona de Villacarrillo-Mogón. Diagrama de Piper.

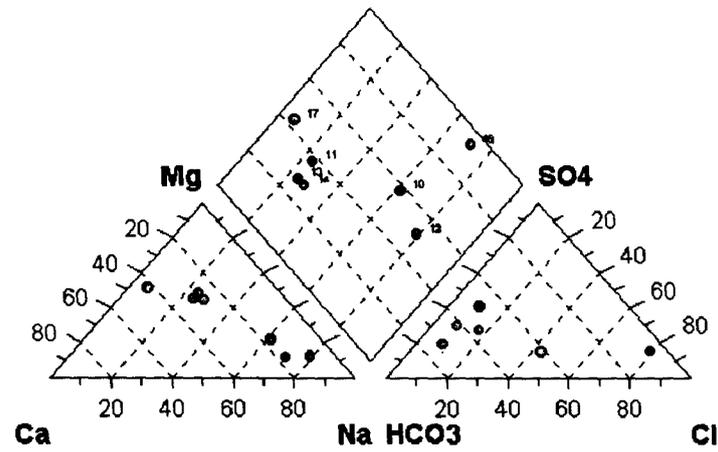


Figura 9.4.2.b. Zona de Villacarrillo-Mogón. Diagrama de Piper.

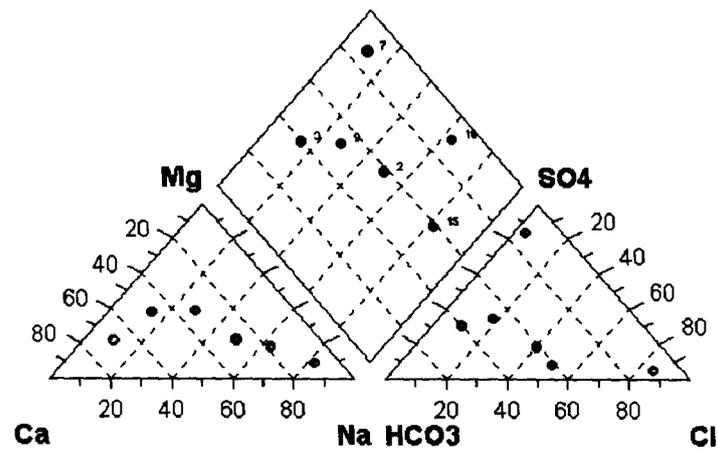


Figura 9.4.2.c. Zona de Villacarrillo-Mogón. Diagrama de Piper.

4. En las aguas que se pueden asignar a las dolomías de la Cobertera Tabular se pueden identificar claramente dos tipos elementales de agua: bicarbonatada cálcica (sondeo n° 1) y sulfatada cálcica (sondeos n° 4 y 8). La primera de ellas típica de infiltración de agua de lluvia circulando por calizas y/o dolomías, la segunda con una marcada influencia de disolución de yesos (probablemente de la formación triásica que subyace a los carbonatos de la Cobertera Tabular).

Existen otros dos puntos con aguas en las que se aprecia una variación sobre el agua original (tipo sondeo n° 1, bicarbonatada cálcica) que puede ser debida a una evolución con sustitución iónica o bien a una mezcla de dos aguas. Son los puntos n° 5 (agua bicarbonatada sódico-magnésica) y el n° 6 (agua bicarbonatada-clorurada sódico-magnésica).

Es decir, asociada a la misma formación existen varios tipos de aguas, que además se pueden distribuir geográficamente: hacia el noreste se tienen agua sulfatadas cálcicas que reflejan la presencia de los yesos triásicos en el subsuelo, y hacia el noroeste se tienen aguas bicarbonatadas cálcicas que sufren modificaciones iónicas al alejarse de la zona de afloramiento.

5. En las aguas que se pueden asignar a los carbonatos de la Sierra de Cazorla se identifican asimismo varios grupos diferentes. En primer lugar, cuatro sondeos tienen aguas muy similares del tipo bicarbonatadas magnésico-cálcicas (sondeos nos 11,13, 14 y 17), típica de infiltración y circulación por materiales calizo-dolomíticos.

Por otra parte se tiene el manantial de Baños del Saladillo con un agua salobre muy mineralizada (10.511  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de conductividad, y 6.719 mg/l de R.S. a 110 °C) de tipo clorurado sódico, sin duda ligada a las evaporitas extruidas por una falla inversa de dirección aproximada N 30 E que afecta al macizo jurásico existente al NE de

Mogón. La temperatura del agua en la surgencia (14,4 °C) no revela una circulación muy profunda.

Finalmente, existen otros dos puntos con singularidades en la composición de sus aguas: el sondeo nº 10 cuyas aguas son del tipo clorurada-bicarbonatada sódica (posibles mezclas del agua de infiltración con aguas cloruradas sódicas, similares al manantial) y el sondeo nº 12 con aguas del tipo bicarbonatada-sulfatada sódica. Estos dos puntos captan almacenamientos con aguas diferenciadas de las captadas en los sondeos del primer grupo.

En el caso de la Sierra de Cazorla no se aprecia una relación entre la diferenciación geoquímica y la situación geográfica por lo que la primera debe estar ligada a la fuerte tectonización de los materiales en un área muy próxima al frente de plegamiento de los materiales prebéticos.

6. En las aguas del área central, relleno neógeno de la depresión del Guadalquivir, la variabilidad se acrecienta, siendo difícil llegar a identificar grupos de varios sondeos. Existen aguas con predominio de los bicarbonatos (tanto sódico como cálcico o magnésico) pero con alguna influencia de tipo evaporítico (clorurada o sulfatada) como las de los sondeos nºs 2, 3 y 9, que geográficamente son próximos y se sitúan en la cubeta central y pudieran estar relacionados con las aguas de los sondeos 1, 5 y 6 muy similares. Otro sondeo (nº 7) presenta un agua claramente sulfatada cálcica, muy similar a la de los sondeos nºs 4 y 8 próximos a los afloramientos de la Cobertera Tabular.

Finalmente, dos sondeos (nºs 15 y 16) presentan un tipo de agua predominantemente clorurada sódica, que debe estar ligada a la presencia en el subsuelo de fenómenos geológicos similares a los que condicionan el tipo de agua del manantial nº 18 y el sondeo nº 10 de la zona de la Sierra de Cazorla.

Estas puntualizaciones deducidas de una interpretación meramente geoquímica permiten aventurar algunas hipótesis sobre el origen de la recarga de los sondeos del centro de la cubeta. Así, los sondeos 2, 3 y 9 muestran evidencia de estar relacionados con los nº 1, 5 y 6 y por o tanto su recarga debe relacionarse con esta zona de los carbonatos de la Cobertera Tabular. El sondeo nº 7 muestra una composición muy similar en todos los aspectos a la de los sondeos nºs 4 y 8, por lo que su recarga se puede asociar a las aguas infiltradas en esta zona de la misma formación anterior.

Finalmente, los sondeos nºs 15 y 16 parecen estar ligados a fenómenos geológicos (frentes de cabalgamiento) propios del dominio prebético y por lo tanto de la Sierra de Cazorla. En puntos posteriores se tratará de confirmar estas hipótesis (sí ello es posible) a partir de datos isotópicos.

#### 9.4.1.2. Caracterización isotópica

En la tabla 9.4.3 se presentan los datos de las determinaciones isotópicas realizadas en la zona de Villacarrillo-Mogón. Como ya se mencionó son cuatro las determinaciones realizadas sobre las muestras: isótopos estables (deuterio y oxígeno-18), tritio y carbono-13. Los dos primeros para estudiar la posible evolución de las aguas desde su infiltración así como realizar una estimación de la localización del área de recarga. El isótopo radiactivo  $^3\text{H}$ , permite, al menos teóricamente, estimar el tiempo transcurrido desde la infiltración de las aguas hasta el momento del muestreo, es decir, la “antigüedad” del agua muestreada. Finalmente, la determinación del contenido en el isótopo del carbono,  $\delta^{13}\text{C}$ , en los precipitados obtenidos del agua, permite realizar una estimación del origen de las especies carbonatadas presentes en el agua. Esta última estimación, como se pondrá de manifiesto posteriormente es muy grosera, debido a los amplios márgenes en  $\delta^{13}\text{C}$  que presentan las diferentes fuentes de este elemento: materia orgánica (metano), plantas  $\text{C}_3$ , plantas  $\text{C}_4$ , carbonatos marinos, etc.

Código	Nº inventario	Naturaleza	Toponimia	d <sup>18</sup> O (‰ SMOV)	d <sup>2</sup> H (‰ SMOV)	<sup>3</sup> H (U.T.)	d <sup>13</sup> C (‰ PDB)
1	213610031	Sondeo	Herrera	-6,2	-45	9.9 ± 0.6	-13,16
2	213610036	Sondeo	Cortijo Alto	-6,1	-43	3.7 ± 0.6	-14,63
3	213610039	Sondeo	El Pocico I	-6,1	-41	4 ± 0.6	-11,63
4	213610044	Sondeo	La Casica	-5,7	-40	1.8 ± 0.5	-14,2
5	213610045	Sondeo	La Rincona	-5,7	-40	2.9 ± 0.5	-13,9
6	213610046	Sondeo	Corea	-5,4	-42	2.8 ± 0.5	-13,7
7	213620034	Sondeo	Cooperativa Ntra. Sra. del Pilar	-6,6	-44	9.4 ± 0.6	-11,72
8	213620041A	Sondeo	Caserío del Prior	-6,6	-46	8 ± 0.6	-11,3
9	213620042	Sondeo	El Mono	-6,2	-41	2.8 ± 0.5	-13,9
10	213660019	Sondeo	Cortijo Altillo Bajo	-6,7	-47	9.6 ± 0.6	-9,88
11	213660032	Sondeo	La Coneja	-5,4	-46	6.9 ± 0.6	-11,0
12	213660034	Sondeo	Carrascal	-6,0	-47	5.9 ± 0.6	-9,69
13	213660035	Sondeo	Carrascal	-6,1	-42	5.4 ± 0.6	-12,5
14	213660036	Sondeo	Los Rubiales (Las Candelarias)	-5,6	-49	4.6 ± 0.6	-12,3
15	213660037	Sondeo	El Rastrillo	-6,5	-44	2.7 ± 0.5	-17,9
16	213660040	Sondeo	Los Calares	-7,1	-48	6.4 ± 0.6	--
17	213660041	Sondeo	Caravaca	-6,2	-47	13.5 ± 0.6	-13,0
18	213670037	Manantial	Ntra. Sra. del Buen Consejo (Baños del Saladillo)	-6,5	-48	7.6 ± 0.6	-12,88

Tabla 9.4.3. Zona de Villacarrillo-Mogón. Determinaciones isotópicas.

## a) Isótopos estables

La composición isotópica de las aguas subterráneas de un acuífero es en la mayor parte de los casos similar a la de las precipitaciones cuya infiltración recarga el acuífero. Salvo circulaciones muy profundas y/o muy lentas esta composición de la precipitación es la media del área en que se encuentran los acuíferos. A su vez la composición isotópica de las aguas de lluvia depende de una compleja serie de fenómenos climatológicos y físico-químicos, que le confieren una variedad importante. A pesar del carácter cíclico de estos fenómenos, es factible identificar una composición isotópica media de las aguas de pluviometría, para una región concreta.

En este sentido existe una relación entre contenido de Deuterio ( $\delta^2\text{H}$ ) y oxígeno-18 ( $\delta^{18}\text{O}$ ) para cada región. También a nivel mundial es posible expresar una relación media. Es la conocida recta de Craig o Línea Meteorica Mundial (LMM) para las aguas de lluvia  $\delta^2\text{H} = 8 \delta^{18}\text{O} + 10$ .

Puesto que el proceso de alimentación de los acuíferos desde la infiltración hasta su incorporación al mismo, amortigua las oscilaciones cíclicas del contenido en isótopos estables, es posible asignar a las aguas subterráneas de los acuíferos una composición media constante en el tiempo y muy similar a la de las precipitaciones locales.

Este principio tiene no obstante algunas excepciones ligadas a la historia particular del ciclo del agua en la zona considerada. Entre estas excepciones cabe citar como más importante:

- Zona de recarga alejada del acuífero y situada a una cota sensiblemente diferente. Es el conocido efecto altitud. Generalmente el aumento de la altura de la zona de recarga se traduce en una disminución en el valor de  $\delta^2\text{H}$  y que se hace más negativo. Este efecto es debido tanto a cambios de temperatura como a variación en la composición isotópica dentro de la nube durante su ascensión. El gradiente de variación es diferente de un lugar a otro, pero sus valores medios son  $-0,25\text{‰}$ , aproximadamente, cada 100 metros para el  $\delta^{18}\text{O}$  y  $-2,5\text{‰}$  cada 100 metros para el  $\delta^2\text{H}$ .
- Modificación en la composición isotópica por fenómenos de evaporación antes de su infiltración (ríos, lagos, embalses, etc.). Esta evaporación puede producirse tanto durante la caída del agua desde la nube al suelo (especialmente en atmósfera muy seca y caliente, finales de verano) como en la misma superficie.
- Asimismo puede producirse evaporación cuando el agua se encuentra en la zona no saturada infiltrándose hacia el acuífero.
- Recargas procedentes de ríos que a su vez transportan el agua desde grandes distancias.

- Fenómenos de mezclas de aguas de distintas procedencias (alimentación subterránea de diferentes acuíferos, recarga de infiltración y de río, etc.).
- Otras causas menos habituales de cambio isotópico pueden ser: intercambio con el oxígeno de las rocas carbonatadas o silíceas, intercambio con otras especies ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_x$ ), fraccionamiento debido a elevadas temperaturas (zonas geotérmicas), etc.

En la figura 9.4.3 se presenta la composición isotópica de los puntos muestreados junto a la Línea Meteorica Mundial (de Craig) así como a la recta representativa de las precipitaciones en la región de la Sierra de Cazorla y Segura ( $\delta^2\text{H} = 7,758 \text{ }^{18}\text{O} + 10,29$ ) obtenida en un estudio detallado con cerca de 200 determinaciones en materiales de montaña en toda la zona de las sierras citadas, cuyos resultados fueron publicados en la International Conference on Water Resources in Mountains Regions Lausanne (1990).

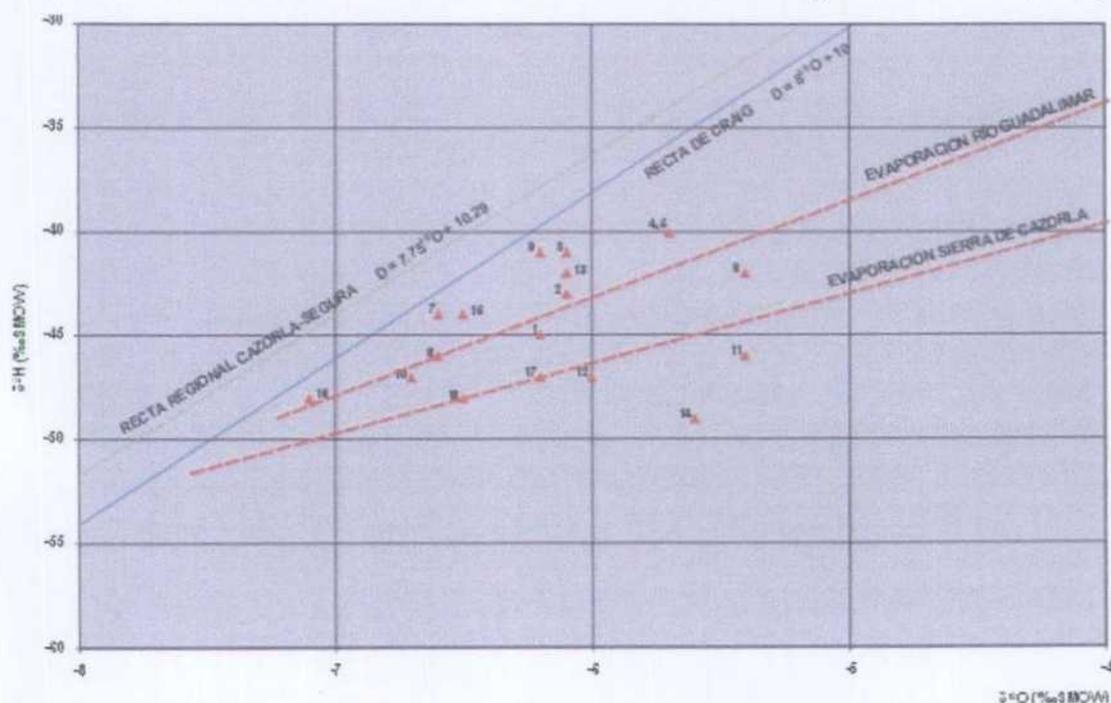


Figura 9.4.3. Zona de Villacarrillo-Mogón. Relación oxígeno-18/deuterio.

El análisis de este gráfico pone de relieve algunos de los puntos comentados anteriormente. El más evidente es que una gran parte de las determinaciones realizadas

demuestra procesos de evaporación en las aguas. El efecto de la evaporación previa a la infiltración se manifiesta en el gráfico por una disminución del exceso de deuterio, llegando en ocasiones a alcanzar valores negativos. Los puntos con un mismo origen se alinean según rectas de evaporación de pendientes inferiores a 5 como muestra la figura 9.4.4 (CEDEX: composición isotópica de las precipitaciones y aguas subterráneas en la Península Ibérica). Los puntos analizados se desplazan de la recta de las precipitaciones locales, adquiriendo valores de  $\delta^{18}\text{O}$  menos negativos.

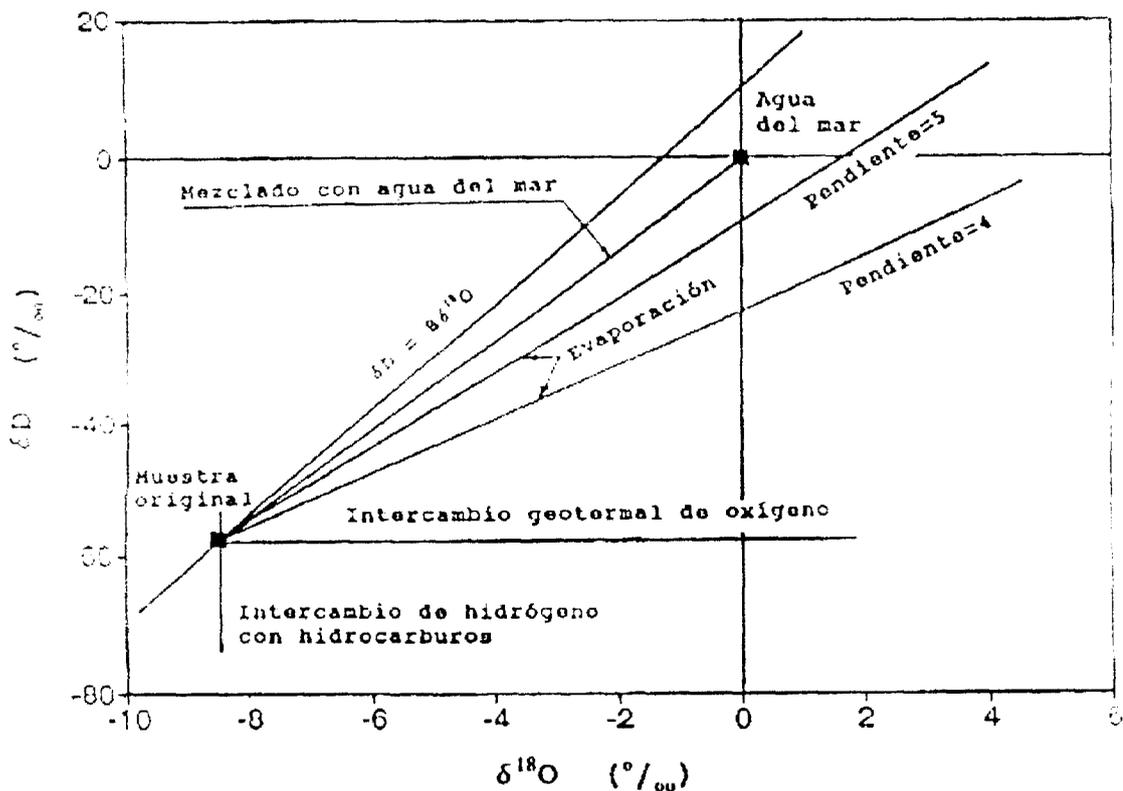


Figura 9.4.4. Cambios de la composición isotópica del agua producidos por diferentes procesos.

Fuente: CEDEX. Composición isotópica de las precipitaciones y aguas subterráneas en la Península Ibérica.

En el caso de la zona de Villacarrillo-Mogón se pueden trazar dos líneas de evaporación: una primera de menor pendiente que sería regresión de los puntos 10, 11, 12, 13, 14, 17 y 18, es decir, los puntos representativos de la Sierra de Cazorla y una segunda de mayor pendiente que sería la regresión de los puntos 1, 4, 5, 6 y 8. Estas dos rectas caracterizan y diferencian las aguas de las dos áreas mencionadas. El punto de

intersección con la LMM (recta de Craig) o con la recta de las aguas locales representa la composición isotópica original de las aguas de precipitación. Si se toma como recta de referencia la de la lluvia locales (recta regional Cazorla-Segura  $D = 7,75 O^{18} + 10,29$ , anteriormente citada), los dos conjuntos de puntos tiene el mismo agua original ya que las dos rectas confluyen aproximadamente en el punto  $^{18}O = -8,4$ ,  $^2H = -5,5$ .

Esta conclusión no es descabellada si se piensa que en origen, las zonas que alimentan el río Guadalimar (que a su vez puede recargar los carbonatos de la Cobertera Tabular) están muy próximas a las zonas que alimentan la presa del Tranco de Beas y el río Guadalquivir que podrían alimentar los carbonatos de la Sierra de Cazorla.

Si se toma como referencia la recta de CRAIG ( $D = 8 ^{18}O + 10$ ), el punto de intersección difiere ligeramente. Mientras que para las aguas de la Sierra de Cazorla sería  $^{18}O = -7,82$ ,  $D = -52,83$ , para las aguas de la Cobertera Tabular sería  $^{18}O = -7,60$ ,  $D = -51,09$ .

De acuerdo con este gráfico y dada su situación relativa los puntos de agua del centro de la zona (números de orden 2, 3, 7, 9, 15 y 16), parece que están más relacionados con las aguas de la Cobertera Tabular, siendo la deriva de  $^{18}O$  por efecto de evaporación menor o más amortiguada.

#### b) Tritio

La utilización del contenido en tritio de las aguas subterráneas para datación de las mismas ha sido una técnica habitual en las últimas décadas pero recientemente está empezando a caer en desuso. Su utilización se basa en la variación del contenido en tritio en las aguas de precipitación, debida a la acumulación de este isótopo radiactivo en la atmósfera por las pruebas nucleares, así como en el conocimiento del proceso de desintegración radiactiva del mismo con un período de semidesintegración de 12,5 años

aproximadamente, es decir, que cada 12,5 años el contenido en tritio se reduce a la mitad.

El contenido en tritio de las aguas de precipitación ha sido estudiado utilizando los datos de una extensa red de estaciones distribuidas por todo del mundo. Este estudio ha conducido a la elaboración de una curva de distribución, que es función del desarrollo de dos pruebas nucleares. Con los datos de esta red de estaciones, especialmente numerosas en el hemisferio norte, se ha elaborado una curva general de distribución del contenido en tritio en este hemisferio, válida en general como primera aproximación para cualquier estación continental situada a más de 50-100 km de la costa (A. Plata. *Concentración de tritio en las precipitaciones del globo a partir del año 1953. Características general y modelo de distribución*. Curso de Isótopos en el Agua. CEDEX).

En la tabla 9.4.4 se presentan los datos correspondientes a las estaciones de OTAWA (la más antigua), VIENA y MADRID, así como las estimaciones llevadas a cabo con el modelo para el hemisferio norte. La figura 9.4.5 representa estos valores. Este análisis llega hasta los primeros años de la década de los noventa. Posteriormente ha seguido decreciendo hasta alcanzar valores muy bajos en los últimos años.

Para el presente proyecto se han solicitado datos al laboratorio del “Servei de datacio de triti i Carbono 14” de la Universidad Autònoma de Barcelona. Los datos suministrados por el profesor J. Trilla, director del laboratorio, se presentan en la tabla 4.5. Están referidos a Cataluña, y contienen determinaciones de tritio mes a mes desde 1970 hasta 1999. En las figuras 9.4.6 y 9.4.7 se ha representado gráficamente la evolución, separando meses de verano y meses de invierno. Como puede contrastarse con estos datos, el contenido en tritio de las lluvias ha seguido bajando, de manera que en los últimos años ha vuelto a los valores existentes antes de las pruebas nucleares (3-6 U.T.).

Años	Ottawa	Viena	Hem. Norte	Madrid
1953	25,1		25,9	
1954	241,7		281,8	
1955	41,4		40,7	
1956	153,9		180,2	
1957	115,1		115,8	
1958	447,3		575,3	
1959	451,6		451,5	
1960	156,0		156,1	
1961	227,0	107,8	165,1	
1962	992,5	902,2	851,9	
1963	2710,1	3278,1	3080,7	
1964	1332,9	1738,1	1657,4	
1965	775,2	863,9	840,8	
1966	560,8	544,7	564,2	
1967	324,0	297,4	327,3	
1968	216,9	234,7	249,6	
1969	253,7	218,8	236,4	
1970	193,8	191,0	201,6	104,6
1971	206,1	243,2	241,9	153,2
1972	92,4	145,2	128,7	51,4
1973	93,5	115,8	114,1	64,8
1974	99,1	152,8	128,2	67,1
1975	75,9	140,5	109,1	38,7
1976	57,0	97,4	85,6	31,2
1977	74,0	93,5	76,3	39,5
1978	73,5	92,1	84,7	44,7
1979	43,7	55,3	50,9	21,9
1980	43,5	40,5	44,8	33,5
1981	55,1	43,2	48,3	41,5
1982	46,0	32,3	33,6	14,5
1983	51,2	28,7	29,1	11,6
1984	36,5	19,4	23,2	18,6
1985	33,0	21,3	22,4	11,5
1986	42,1	21,5	22,1	37,4
1987	32,4	19,4	20,5	10,4
1988	36,7	17,9	19,5	12,3
1989	40,0	25,7	22,7	10,8
1990	30,1	16,8	16,2	6,5
1991	34,6	17,1	16,5	6,5
1992				6,0
1993				5,5

Referencia: CEDEX. *Curso de hidrología isotópica*

Tabla 9.4.4. Concentraciones de tritio en diferentes localizaciones.

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubr	Noviemb	Diciembr
1970									89	92	71	83
1971	62		167	203	273	362	204	157	42	95	23	49
1972	54	53	67	101	90	75	90	92	46	14	16	16
1973	37	53	69	74	101	91	109	68	19	26	27	23
1974	50		39	139	110	110	59	52	32	33	26	24
1975	28	33	72	80	109	91	70	64	53	22	80	78
1976	29	28	54	52	76	75	44	33	10	25	16	23
1977	27	35	33	38	67	69	52	38	25	29	44	34
1978	65	43	36	52	94	56	34	42	18	25	26	12
1979	23	24	21	25	32	80	20	16	11	14	10	8
1980	35	9	11	61	96	31	24	16	24	6	15	10
1981	10	15	29	52	24	27	42	8	30	8		13
1982	20	17	7		22	21	22	23	18	31	7	12
1983		9	12	6	15	16	11	14	10	20	6	3
1984	11	16	18	15	14	27	12	12	14	9	5	5
1985	10	10	12	8	13	12	15	12	12	8	3	10
1986	5	7	10	12	14	16	15	8	11	10	6	8
1987	4	6	10	15	12	9	9	14	18	19	10	8
1988	17	14	11	8	17	16	19	16	11	6	14	16
1989	18	14	15	10,9	12,7	15,9	16,9		8,8	11,4	12	8,6
1990	10,2	4,4		15,1	9,1	12,9	7,8	7,1	5,1	2,9	2,9	4,5
1991	4,3	4,4	5,9	7,3	8,1	6	9,4	9,4	4,7	2,9	3,8	4,1
1992	8,3	6,7	4,1	4,1	7,6	11,3	7,1	4,2	2,4	2,7	3,2	3,2
1993		11,6	12,4	4,4	7,2	5,4	6,9	5,5	2,8	2,8	3,5	
1994	4,5	6,4	6,7	7,1	4,5	7,1			5,1	7,1	5,9	5,9
1995		5,5		7,5	5,5	12,9		5,5	6,5	5,4	6,7	7,4
1996	3,1	4,4	5,8	6,5	7,4	9,7	12,5	7,8	10,2	6,2	6,8	3,9
1997	5,4		5,4	6,8	8,9	6,7	6,2	6,2	5,6	6,4	3,9	3,9
1998	4,8	8	8,6	7,9	12,5	8,9	14,7	10,1	8,2	5,9	3,5	4,6
1999	2,8		4,3									

Referencia: J.Trilla. Universidad Autónoma de Barcelona

Tabla 9.4.5. Contenido en tritio del agua de lluvia en Cataluña.

Esto significa que, excepto para concentraciones de tritio muy bajas (1-2 U.T.) en las que se puede asegurar que el tiempo transcurrido desde su infiltración es mayor de 50 años, en los demás casos concentraciones en tritio superiores a 3-4 U.T., introducen indeterminaciones en la datación, ya que representan aguas que pueden haberse infiltrado muy recientemente (2-3 años) o antes de 1953.

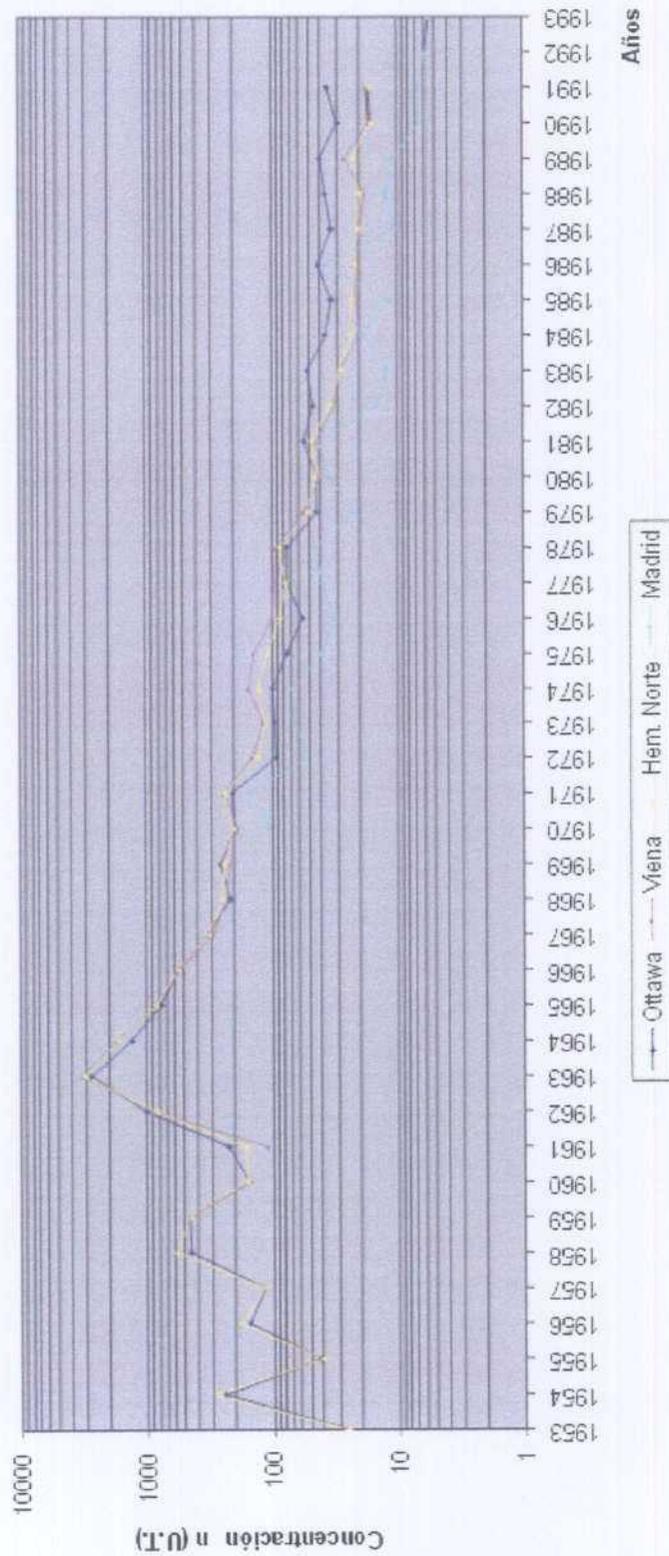


Figura 9.4.5. Concentraciones de tritio. Referencia: CEDEX. Curso de hidrología isotópica.

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1970									89	92	71	83
1971	62		167	203	273	362	204	157	42	95	23	49
1972	54	53	67	101	90	75	90	92	46	14	16	16
1973	37	53	69	74	101	91	109	68	19	26	27	23
1974	50		39	139	110	110	59	52	32	33	26	24
1975	28	33	72	80	109	91	70	64	53	22	80	78
1976	29	28	54	52	76	75	44	33	10	25	16	23
1977	27	35	33	38	67	69	52	38	25	29	44	34
1978	65	43	36	52	94	56	34	42	18	25	26	12
1979	23	24	21	25	32	80	20	16	11	14	10	8
1980	35	9	11	61	96	31	24	16	24	6	15	10
1981	10	15	29	52	24	27	42	8	30	8	8	13
1982	20	17	7	22	22	21	22	23	18	31	7	12
1983		9	12	6	15	16	11	14	10	20	6	3
1984	11	16	18	15	14	27	12	12	14	9	5	5
1985	10	10	12	8	13	12	15	12	12	8	3	10
1986	5	7	10	12	14	16	15	8	11	10	6	8
1987	4	6	10	15	12	9	9	14	18	19	10	8
1988	17	14	11	8	17	16	19	16	11	6	14	16
1989	18	14	15	109	127	159	169		88	11.4	12	8.6
1990	10.2	4.4		15.1	9.1	12.9	7.8	7.1	5.1	2.9	2.9	4.5
1991	4.3	4.4	5.9	7.3	8.1	6	9.4	9.4	4.7	2.9	3.8	4.1
1992	6.3	6.7	4.1	4.1	7.6	11.3	7.1	4.2	2.4	2.7	3.2	3.2
1993		11.6	12.4	4.4	7.2	5.4	6.9	5.5	2.8	2.8	3.5	
1994	4.5	6.4	6.7	7.1	4.5	7.1			5.1	7.1	5.9	5.9
1995		5.5		7.5	5.5	12.9		5.5	6.5	5.4	6.7	7.4
1996	3.1	4.4	5.8	6.5	7.4	9.7	12.5	7.8	10.2	6.2	6.8	3.9
1997	5.4		5.4	6.8	8.9	6.7	6.2	6.2	5.6	6.4	3.9	3.9
1998	4.8	8	8.6	7.9	12.5	8.9	14.7	10.1	8.2	5.9	3.5	4.6
1999	2.8		4.3									

Referencia: J. Trilla. Universidad Autónoma de Barcelona

Tabla 9.4.5. Contenido en tritio del agua de lluvia en Cataluña.

Referencia: J. Trilla. Universidad Autónoma de Barcelona.

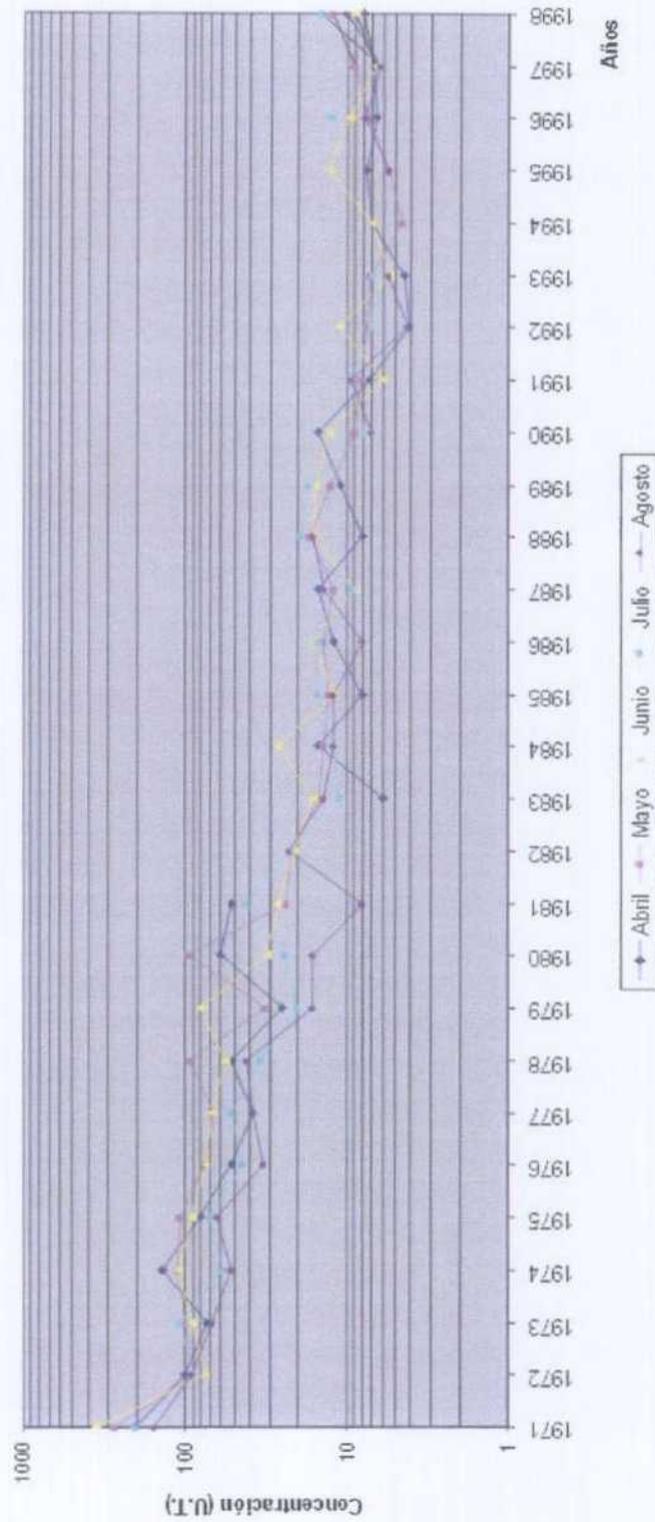


Figura 9.4.6. Concentraciones de tritio en Cataluña.

Referencia: J.Trilla. Universidad Autónoma de Barcelona.

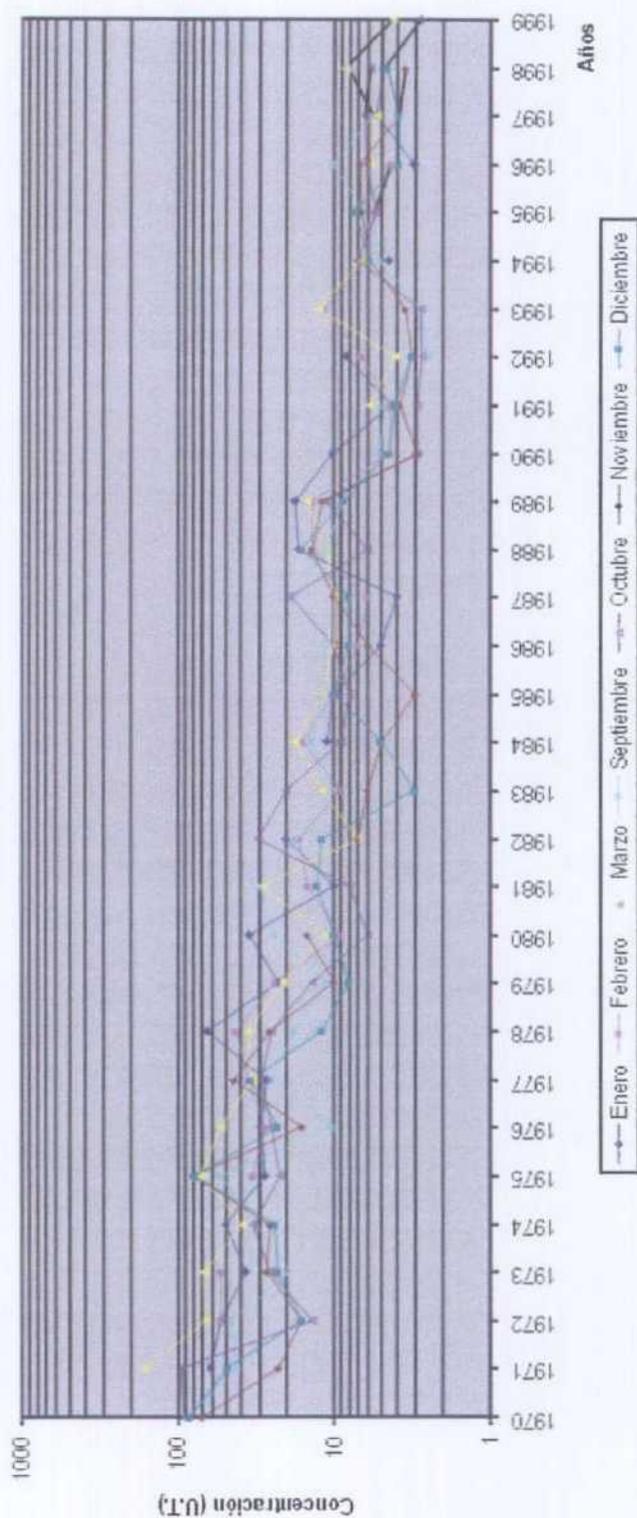


Figura 9.4.7. Concentraciones de tritio en Cataluña.

Referencia: J. Trilla, Universidad Autónoma de Barcelona.

Otros factores de incertidumbre en la datación con tritio están ligados a las características del flujo subterráneo que puede ser modelizado desde un sistema del tipo renovación total sin mezcla (modelo de pistón) hasta un sistema de mezcla total (modelo de renovación exponencial). En la realidad la configuración interna del acuífero y su heterogeneidad conducen a sistemas o modelos intermedios y complejos.

Sólo un conocimiento físico muy preciso del mismo permitiría la aplicación de un modelo justificadamente. El modelo de renovación exponencial (mezcla total), aplicado habitualmente, está expuesto por A. Plata en el estudio del CEDEX “Origen y dinámica de las aguas subterráneas en el macizo de la Serrezuela de Pegalajar (Jaén). 1994”.

En la figura 9.4.8 se presenta la relación entre el contenido en tritio de las aguas subterráneas y el tiempo de renovación para este modelo. Como ya se ha citado para valores superiores a 6 U.T. se presenta una indeterminación en el período de renovación. Asimismo, y como el mismo autor expone, los tiempos de renovación, que puede ser de 7-10 años o bien de más de 50 años. Asimismo, y como el mismo autor expone, los tiempos de renovación calculados según este modelo hay que considerarlos como un límite máximo.

De acuerdo con la tabla 9.4.3, el contenido en tritio de las aguas muestreadas en la zona de Villacarrillo-Mogón es muy variable. Salvo algunos casos (sondeos números 4, 5, 6, 9 y 15) en que los valores son inferiores a 3 U.T., los demás puntos muestran valores intermedios de 4 hasta 13 U.T. Para los primeros puntos cualquier modelo aplicado daría una antigüedad a las aguas superior a los 50-60 años (según el modelo de mezcla total podría alcanzar los 500 años, lo que no parece creíble dada la mineralización, que no es demasiado elevada).

Sin embargo, para los restantes puntos existe la indeterminación ya comentada. Si se aplica un modelo de pistón (sin mezcla) la antigüedad de las aguas podría ser de 8-

15 años o bien del orden de 40-45 años. Estos márgenes se deben tanto a la variación del contenido en tritio de las muestras como a la variación del contenido de las precipitaciones (figura 9.4.5).

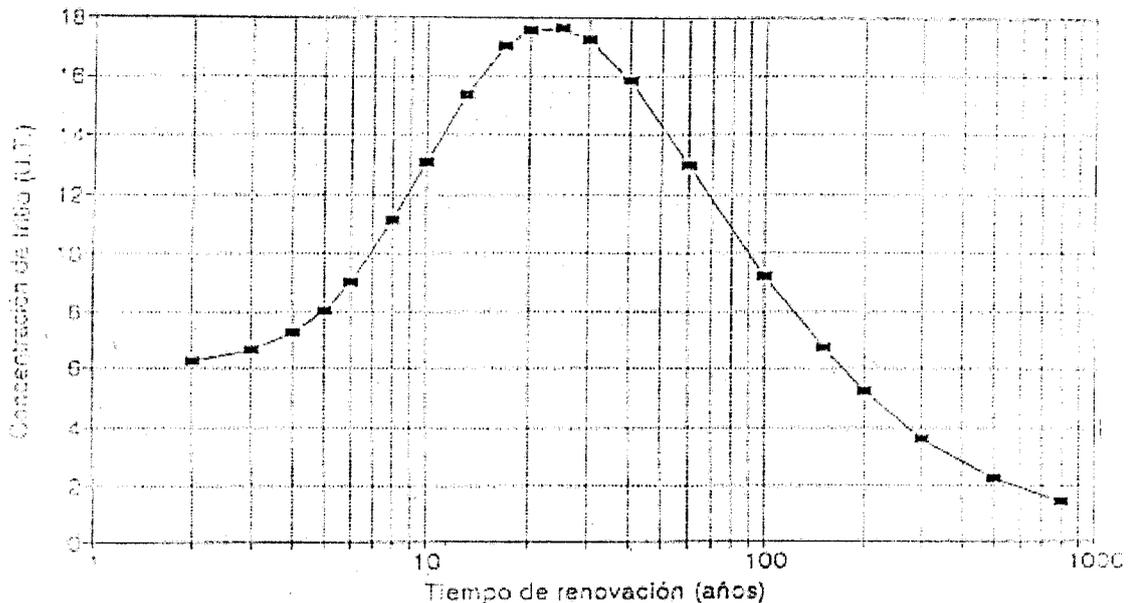


Figura 9.4.8. Relación entre la concentración de tritio y el tiempo de renovación del agua en el acuífero kárstico suponiendo un modelo exponencial de renovación.

Estas indeterminaciones, ligadas a la complejidad de los modelos mencionados, son las que han conducido al desuso citado en la utilización del tritio, que ha de tomarse como un indicador cualitativo. A no ser que en estudios de mucho detalle puede aplicarse con más fundamento.

### c) Estudio del carbono 13

La pequeña variabilidad del  $\delta^{13}\text{C}$  con la temperatura (1‰ cada 27 °C) favorece la utilización de este isótopo como indicador de la fuente de carbono que origina las especies carbonatadas del agua.

La composición isotópica del carbono en los distintos compuestos de los que forma parte varía en un amplio intervalo. Desde valores de +20‰ en algún carbonato (roca) hasta valores de -90‰ en el metano.

En la figura 9.4.9 (A. Delgado Huertas. Tesis Doctoral) se muestra la composición isotópica en  $\delta^{13}\text{C}$  de las principales fuentes.

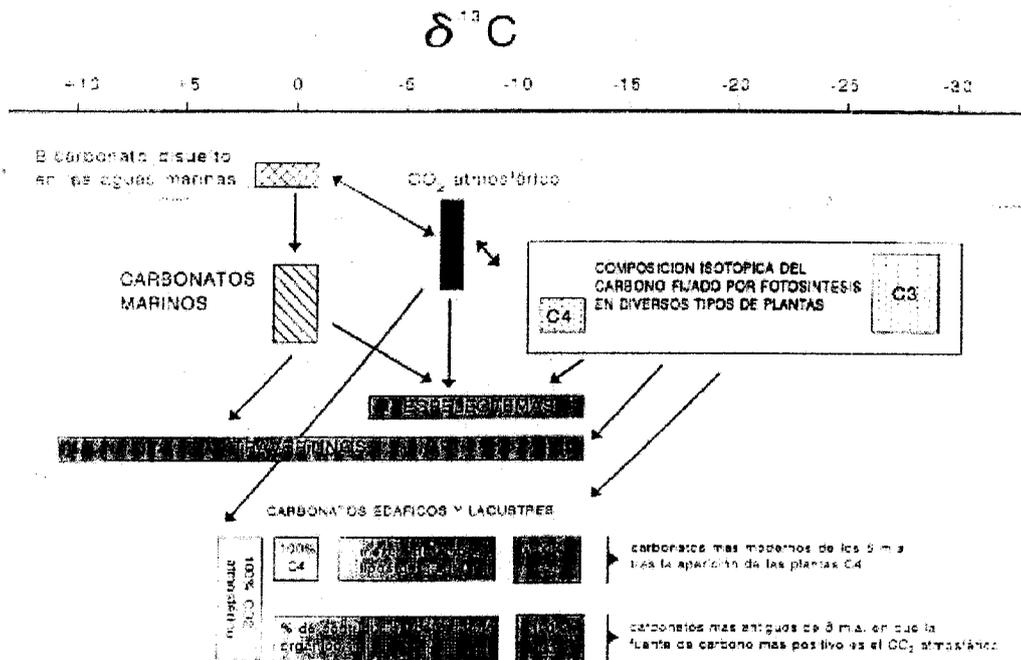


Figura 9.4.9. Composición isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) de las principales fuentes que intervienen en la génesis de carbonatos de origen sedimentario. Fuente: A. Delgado Huertas. Tesis Doctoral.

Básicamente hay que considerar las siguientes fuentes de carbono con los correspondientes valores característicos del  $\delta^{13}\text{C}$ :

Carbonatos marinos:	de 0 a + 2‰ $\delta^{13}\text{C}$
$\text{CO}_2$ atmosférico:	de -5 a -8‰ $\delta^{13}\text{C}$
Fotosíntesis de Plantas grupo $\text{C}_4$ :	de -10 a -20‰ $\delta^{13}\text{C}$
Fotosíntesis de Plantas grupo $\text{C}_3$ :	de -20 a -30‰ $\delta^{13}\text{C}$

Materia orgánica:  $> 25-30\text{‰ } \delta^{13}\text{C}$

A la vista de los resultados expuestos en la tabla 9.4.3 de determinación isotópica se puede concluir que los carbonatos existentes en las muestras de agua estudiadas proceden en su gran mayoría del carbono fijado por la fotosíntesis de las plantas (especialmente plantas del grupo  $C_4$ ). La denominación  $C_3$  y  $C_4$  se refiere a los dos procesos de fotosíntesis existentes que difieren entre sí por el número de átomos de carbono de los primeros compuestos intermedios del proceso.

Solamente en el caso de las muestras de los sondeos números 10 y 12 podrían asignarse cierta influencia del  $\delta^{13}\text{C}$  procedente de los carbonatos marinos. De hecho, estas dos muestras son las que revelan un mayor contenido en bicarbonatos de todas las analizadas.

#### **9.4.2. Zona de Segura de la Sierra**

##### **9.4.2.1. Caracterización geoquímica**

En las tablas 9.4.6 y 9.4.6.a se presentan los resultados de los análisis geoquímicos (en mg/l y meq/l) llevados a cabo en las 8 muestras tomadas en esta zona. La tabla 4.7 muestra el valor de las relaciones iónicas más características.

En las figuras 9.4.10 y 9.4.11 se presentan gráficamente la composición de las aguas en aniones y cationes mayoritarios, mediante los diagramas de Langelier-Ludwing y Piper respectivamente.

Código inventario	Naturaleza	Determinaciones in situ				Análisis químicos (mg/l)																															
		Cota (metros)	Fecha (mes/año)	Temperatura (°C)	pH	Conduct. (µS/cm)	Ch. (mg/l)	Ca	Mg	Na+K	Cl	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	F	SO <sub>4</sub>	CO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	As	B	SiO <sub>2</sub>												
1	224-0010	Condes	520	11/02/99	11.6	7.54	539	164	1603698	7.4	530	320	0	31	11	4	0.025	0.25	0.0013	6	0.25	58	33	0.025	0.025	0.010	0.010	0.010	0.010	0.025	0.025	0.0025	0.0025	0.005	0.005	0.02	4.3
2	224-0020	Minareta	1140	11/02/99	10.7	8.10	340	182	1603698	7.6	345	220	0	8	11	2	0.025	0.25	0.0013	2	0.25	54	17	0.025	0.025	0.010	0.010	0.010	0.025	0.025	0.0025	0.0025	0.005	0.005	0.02	3.8	
3	224-0030	Minareta	1220	11/02/99	10.6	7.86	719	150	1603698	7.8	614	460	0	6	11	2	0.025	0.25	0.0013	4	0.25	54	37	0.025	0.025	0.010	0.010	0.010	0.025	0.025	0.0025	0.0025	0.005	0.005	0.02	5.5	
4	224-0040	2º zona de drenaje	980	11/02/99	12.1	7.79	703	596	1603698	7.8	521	300	0	31	11	5	0.025	0.25	0.0013	4	0.25	54	37	0.025	0.025	0.010	0.010	0.010	0.025	0.025	0.0025	0.0025	0.005	0.005	0.02	4.1	
5	224-0050	Minareta	980	21/04/99	13.5	7.43	529	372	1603698	7.9	433	311	0	38	8	1	0.025	0.25	0.0013	4	0.25	54	37	0.025	0.025	0.010	0.010	0.010	0.025	0.025	0.0025	0.0025	0.005	0.005	0.02	5.2	
6	224-0070	Minareta	170	21/04/99	15.3	7.28	611	360	1603698	7.7	607	409	0	38	13	4	0.025	0.25	0.0013	6	0.25	54	42	0.025	0.025	0.010	0.010	0.010	0.025	0.025	0.0025	0.0025	0.005	0.005	0.02	4.5	
7	224-0080	Minareta	1360	21/04/99	15.3	7.31	445	301	1603698	7.8	420	243	0	38	5	0.25	0.025	0.25	0.0013	2	0.25	54	23	0.025	0.025	0.010	0.010	0.010	0.025	0.025	0.0025	0.0025	0.005	0.005	0.02	4.0	
8	224-0090	Minareta	730	11/02/99	8.4	8.74	620	233	1603698	8.0	487	328	0	20	1	1	0.025	0.25	0.0013	2	0.25	61	34	0.025	0.025	0.010	0.010	0.010	0.025	0.025	0.0025	0.0025	0.005	0.005	0.02	3.7	

Tabla 9.4.6. Zona de Segura de la Sierra. Determinaciones fisico-químicas.

El análisis e interpretación de estas tablas y diagramas permite realizar las siguientes consideraciones:

1. En contraposición al caso anteriormente estudiado de la zona de Villacarrillo-Mogón, en esta zona de Segura de la Sierra, no existe variabilidad apreciable entre las diferentes muestras analizadas. Todas ellas se clasificarían claramente en el grupo de las bicarbonatadas cálcicas de baja mineralización (el R.S. a 110 °C no supera nunca los 500 mg/l). Esto revela aguas de escasa circulación subterránea como evidencian por otra parte la baja temperatura de surgencia, el bajo contenido en SiO<sub>2</sub> y el bajo contenido en Cl.
2. Sólo en el caso de la muestra nº 6 (Amurjo, surgencia captada en dolomías jurásicas en las proximidades de Orcera), parece evidenciar una circulación más profunda y prolongada. La proximidad de afloramientos triásicos podría ser responsable del relativamente elevado contenido en sulfatos (96 mg/l).
3. El manantial nº 5 La Maleza no presenta ninguna diferencia geoquímica apreciable que pudiera diferenciarlo de otros puntos.

Código	Nº inventario	Naturaleza	Análisis químicos (meq/l)						
			HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
1	223470019	Sondeo	5,24	0,48	0,31	0,26	0,01	3,39	2,71
2	223480030	Manantial	3,82	0,19	0,03	0,09	0,01	2,79	1,40
3	223480095	Sondeo	6,29	1,17	0,14	0,17	0,03	4,69	3,04
4	223530011	Zanjas de drenaje	5,41	0,65	0,11	0,17	0,03	3,79	2,63
5	223530023	Manantial	4,54	0,81	0,17	0,17	0,03	3,74	1,73
6	223530079	Manantial	5,51	2,00	0,37	0,26	0,05	4,19	3,45
7	223540017	Manantial	4,02	0,69	0,14	0,09	0,01	2,74	2,06
8	223540002	Manantial	5,18	0,42	0,03	0,09	0,01	3,04	2,80

Tabla 9.4.6.a. Zona de Segura de la Sierra. Análisis químicos (meq/l).

Código	N° inventario	Naturaleza	Cota (msnm)	Relaciones iónicas			
				$r\text{HCO}_3^-/r\text{Ca}^{2+}$	$r\text{HCO}_3^-/r(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})$	$r\text{HCO}_3^-/r\text{SO}_4^{2-}$	$r\text{HCO}_3^-/r\text{Cl}^-$
1	223470019	Sondeo	920	1,55	0,86	10,95	16,90
2	223480030	Manantial	1150	1,37	0,91	20,38	135,37
3	223480095	Sondeo	1230	1,34	0,81	5,40	44,62
4	223530011	Zanjas de drenaje	880	1,43	0,84	8,38	47,93
5	223530023	Manantial	880	1,21	0,83	5,59	26,82
6	223530079	Manantial	770	1,31	0,72	2,76	15,02
7	223540017	Manantial	1395	1,46	0,84	5,84	28,47
8	223540002	Manantial	1295	1,70	0,89	12,44	183,60

Tabla 9.4.7. Zona de Segura de la Sierra. Relaciones iónicas.

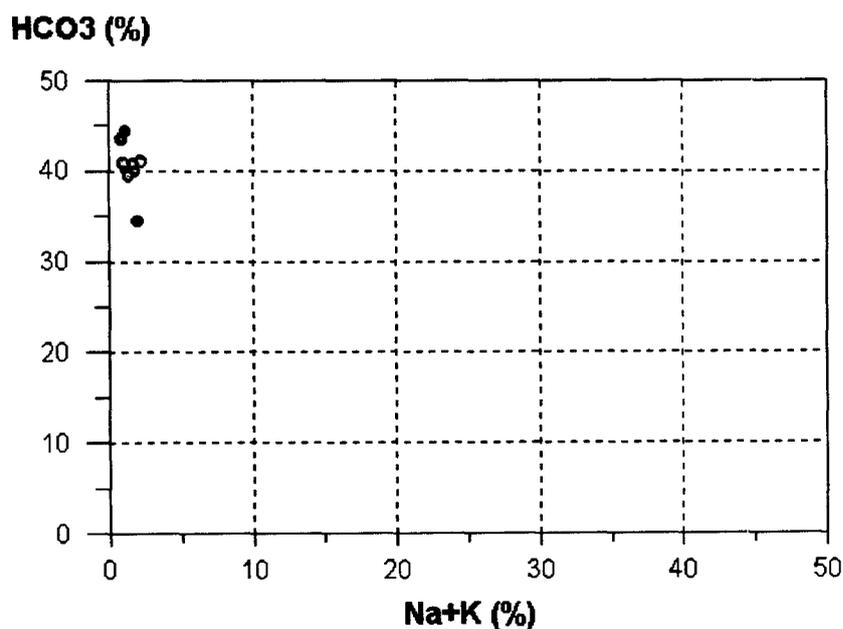


Figura 9.4.10. Zona de Segura de la Sierra. Diagrama de Langelier-Ludwig.

Su temperatura parece mostrar una circulación algo más profunda que los restantes puntos (excepto el ya mencionado n° 6, Amurjo), pero este factor podría ser debido tanto a circulación en formaciones cretácicas como en formaciones jurásicas.

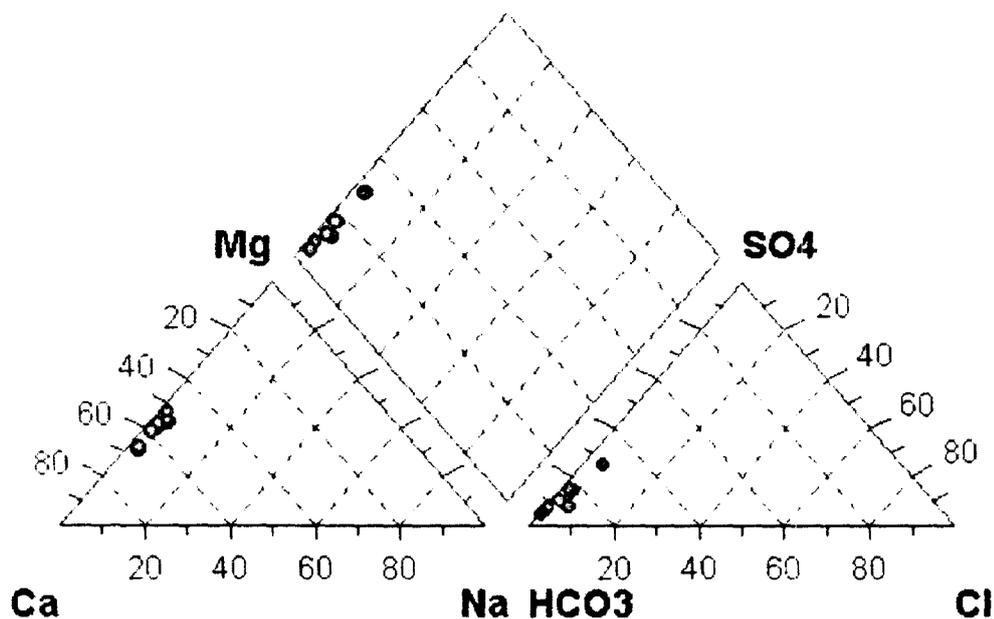


Figura 9.4.11. Zona de Segura de la Sierra. Diagrama de Piper.

#### 9.4.2.2. Caracterización isotópica

Los datos de las determinaciones isotópicas llevadas a cabo en esta zona se presentan en la tabla 9.4.8. También estos datos revelan una gran homogeneidad en las muestras estudiadas como se expone a continuación.

Código	Nº inventario	Naturaleza	Toponimia	$\delta^{18}\text{O}$ (‰ SMOV)	$\delta^2\text{H}$ (‰ SMOV)	$^3\text{H}$ (U.T.)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰ PDB)
1	223470019	Sondeo	San Miguel	-7,9	-52	$11,5 \pm 0,7$	-
2	223480030	Manantial	El Pardal	-8,1	-56	$9,1 \pm 0,6$	-12,55
3	223480095	Sondeo	Seminario	-8	-52	$8,8 \pm 0,6$	-11,96
4	223530011	Zanjas de drenaje	Linarejos	-8,2	-54	$10,1 \pm 0,6$	-11,87
5	223530023	Manantial	La Maleza	-7,5	-54	$9,4 \pm 0,6$	-13,4
6	223530079	Manantial	Amurjo	-7,8	-50	$10,9 \pm 0,6$	-12,9
7	223540017	Manantial	Fuente del Tejo	-7,7	-51	$6,9 \pm 0,6$	-11,6
8	223540002	Manantial	Nacimiento Rolamiel	-8,1	-56	$10,1 \pm 0,6$	-11,16

Tabla 9.4.8. Zona de Segura de la Sierra. Determinaciones isotópicas.

## a) Isótopos estables

En la figura 9.4.12 se presenta el diagrama deuterio-oxígeno 18, con las dos líneas de aguas de precipitación ya mencionadas anteriormente.

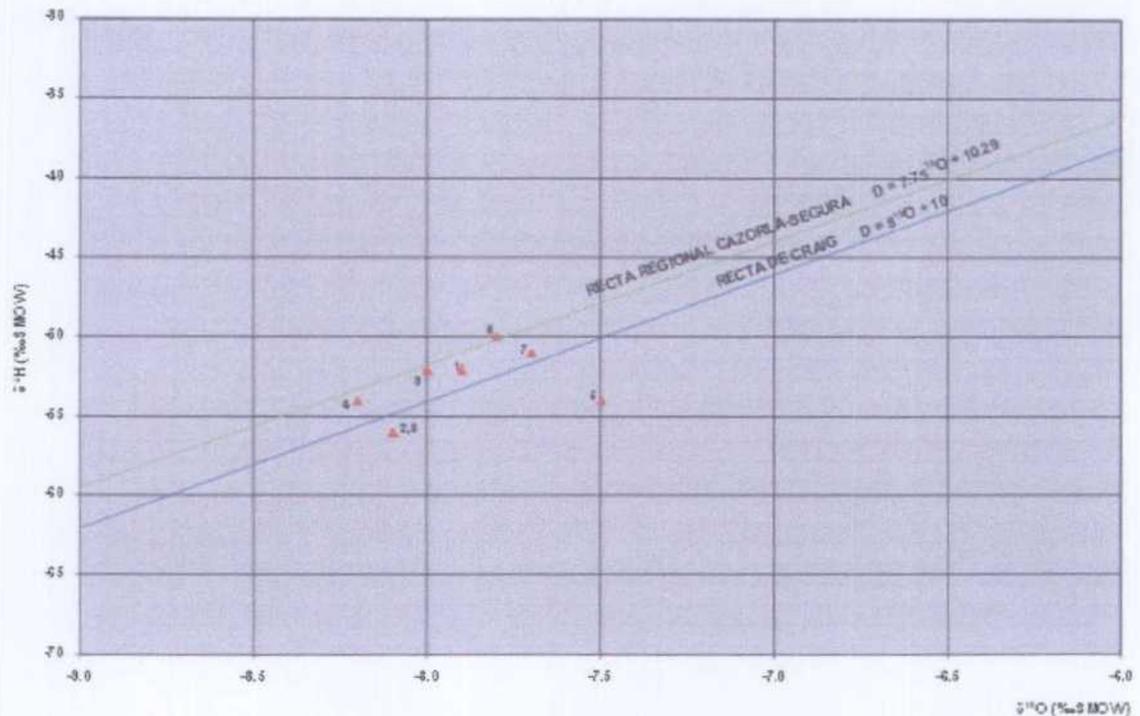


Figura 9.4.12. Zona de Segura de la Sierra. Relación oxígeno 18-deuterio.

Todos los puntos analizados se sitúan junto a las rectas de Craig (LMM) y a la de las precipitaciones locales, lo que evidencia la ausencia de procesos modificadores de la composición isotópica. Las aguas son isotópicamente idénticas a las aguas de infiltración de la zona, lo que junto a los resultados geoquímicos evidencian una circulación muy somera y relativamente rápida.

Como única excepción (y sólo relativa) habría que citar el agua del manantial nº 5 (La Maleza), que muestra una ligera deriva en el  $^{18}\text{O}$ , lo que podría representar una alimentación o zona de recarga algo alejada.

En esta zona, a diferencia de la zona de Villacarrillo-Mogón en la que el contenido en  $\delta^{18}\text{O}$  estaba siempre modificado, se puede evaluar la altitud de las zonas de recarga de los diferentes manantiales, en función de la variabilidad  $\delta^{18}\text{O}$ – altitud en las precipitaciones.

En el estudio de las Sierras de Cazorla y Segura ya comentado anteriormente, con cerca de 200 determinaciones de  $\delta^{18}\text{O}$ , se calculó la recta de correlación entre cota o altitud en metros y contenidos en  $\delta^{18}\text{O}$

$$\delta^{18}\text{O} = -0,0028 h - 4,1489$$

ó

$$h = -357,14 \delta^{18}\text{O} - 1.481,75$$

En la figura 4.13 se ha representado esta recta. La altura de recarga calculada para los contenidos en  $\delta^{18}\text{O}$  de las muestras de esta zona son las siguientes:

Muestra n° de orden	Toponimia	Cota (m)	$\delta^{18}\text{O}$	Altura calculada de recarga (m)
1	San Miguel	920	-7.9	1340
2	El Pardal	1150	-8.1	1441
3	Seminario	1230	-8	1375
4	Linarejos	880	-8.2	1447
5	La Maleza	880	-7.5	1197
6	Amurjo	770	-7.8	1303
7	Fuente del Tejo	1395	-7.7	1268
8	Nacimiento Rolamiel	1295	-8.1	1411

La única disparidad en estos cálculos corresponde a la Fuente del Tejo cuya altura de área de recarga calculada es inferior a la cota del manantial.

En los tres puntos situados sobre materiales jurásicos, las cotas de recarga estimadas superan ampliamente la altitud media de los materiales jurásicos aflorantes,

lo que podría sugerir que una parte de la recarga de este acuífero procede de los extensos afloramientos de calizas, margas y arenas del Cretácico inferior situados al Este y cuya permeabilidad se ha considerado tradicionalmente como baja en su conjunto; mientras que el resto procedería de los propios afloramientos jurásicos. Ello explicaría las importantes descargas subterráneas que se producen en el acuífero jurásico.

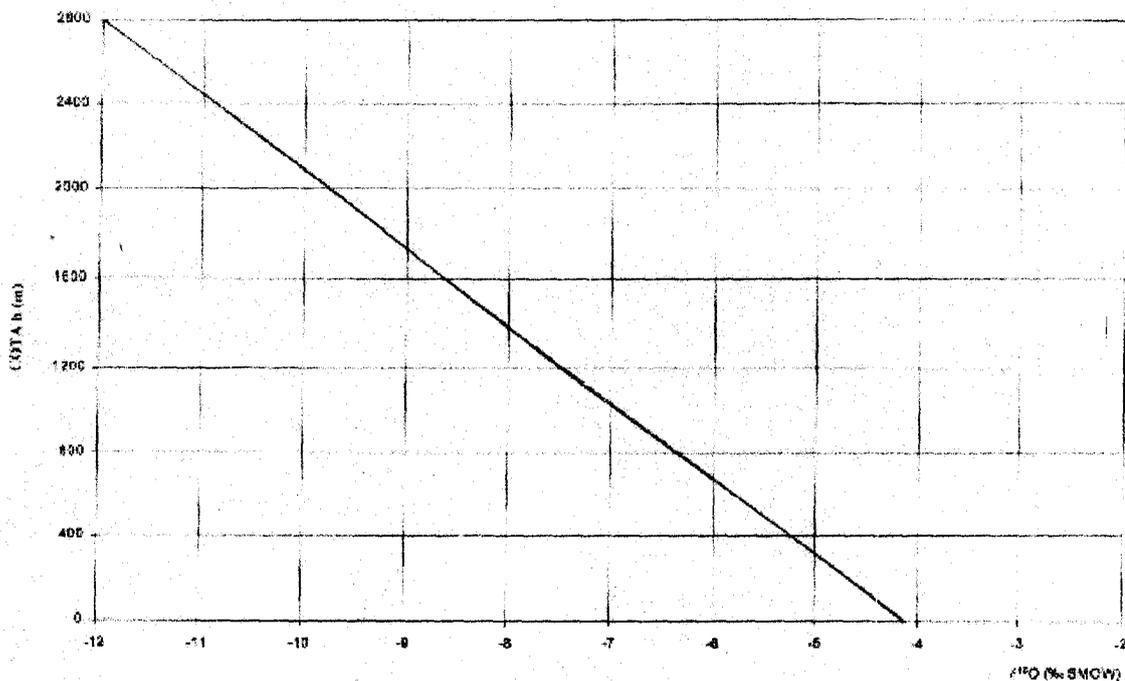


Figura 9.4.13. Relación altura- $\delta^{18}\text{O}$  en las aguas de las sierras de Cazorla y Segura.

#### b) Tritio

Las concentraciones medidas en las determinaciones de tritio de las muestras de la zona de Segura de la Sierra, ofrecen menor variabilidad que las muestras de Villacarrillo-Mogón. Como se expone en la tabla 9.4.3 las concentraciones en tritio se encuentran en el rango de 9-11 U.T. (excepto para la muestra nº 7, Fuente del Tejo, que es del orden de 7 U.T.). De acuerdo con todo lo expuesto en el apartado correspondiente de la zona de Villacarrillo-Mogón, la antigüedad de estas aguas, ó período de renovación, no debe exceder los 7-8 años en un modelo de mezcla total o los 13-15 años en un modelo de pistón.

El conocimiento geológico de la zona puede permitir aproximar un poco más estos datos y fijar el límite en 3-5 años como máximo.

Las pequeñas diferencias observadas en el contenido en tritio de los puntos situados sobre materiales jurásicos y los situados sobre materiales cretácicos podrían indicar circuitos de flujo algo más profundos y por lo tanto tiempo de residencia ligeramente mayor en el caso de las aguas de materiales jurásicos.

c) Contenido en  $\delta^{13}\text{C}$  de los carbonatos

En esta zona el análisis de este isótopo es muy similar al expuesto para Villacarrillo, siendo la variabilidad de los datos menor, si cabe, que en dicha zona. Se puede por lo tanto asegurar que el carbono de los bicarbonatos disueltos en las aguas procede del  $\text{CO}_2$  atmosférico sometido a los procesos de fotosíntesis por la cobertura vegetal.

## 9.5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Como consecuencia de la problemática encontrada en los estudios hidrogeológicos llevados a cabo por el IGME en la provincia de Jaén (zonas de Villacarrillo-Mogón y Segura de la Sierra), a la hora de asignar áreas de recarga (y por lo tanto recursos hídricos) a determinadas unidades, este organismo decide realizar un estudio de aplicación de técnicas geoquímicas e isotópicas en dichas áreas.

En la zona de Villacarrillo-Mogón el problema planteado era identificar la zona de recarga de diversos sondeos situados entre los ríos Guadalimar y Guadalquivir, en el entorno de Villacarrillo.

Para la zona de Segura de la Sierra el problema planteado era identificar la procedencia de las aguas de recarga de los materiales jurásicos y su posible relación con los materiales cretácicos.

Para alcanzar estos objetivos se han realizado los siguientes trabajos:

- Muestreo de 18 puntos de agua en la zona de Villacarrillo para análisis geoquímico completo.
- Muestreo de los mismos puntos para determinaciones isotópicas de  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$  y  $\delta^{13}\text{C}$ . Para este último era necesario precipitar cantidad suficiente de carbonatos a partir de 5 litros de muestra.
- Muestreo de 8 puntos de agua en la zona de Segura de la Sierra para análisis geoquímico completo.
- Muestreo de los mismos puntos para las determinaciones isotópicas citadas.
- Preparación de muestras y envío a laboratorio.
- Análisis geoquímico completo (incluyendo determinaciones de indicadores geoquímicos y metales pesados) en los laboratorios del IGME.
- Determinaciones del contenido en tritio de las 26 muestras recogidas, llevadas a cabo por el “Servei de datacio de triti i carbon 14” de la Universidad Autónoma de Barcelona.
- Determinación de isótopos estables en agua y  $\delta^{13}\text{C}$  en precipitados de carbonato, de las 26 muestras, en el laboratorio del Centro Experimental del Zaidín (CSIC) en Granada.

- Recepción y control de resultados analíticos.
- Elaboración y tratamiento de datos geoquímicos e isotópicos. Preparación de gráficos. Interpretación.
- Elaboración de informe.

Las principales conclusiones alcanzadas en el estudio, expuestas en el capítulo anterior, se pueden resumir en los siguientes puntos:

#### **Zona de Villacarrillo-Mogón**

Las aguas muestreadas tanto en el área de afloramiento de los carbonatos de la Cobertera Tabular de la Meseta (río Guadalimar), como las muestreadas en el área de Mogón (Sierra de Cazorla) muestran diversidad de facies química. Para la primera se pueden definir dos familias diferentes: bicarbonatadas cálcicas y sulfatadas cálcicas, estas últimas asociadas a la presencia de yesos de formaciones evaporíticas triásicas. Para la segunda se pueden identificar dos familias y dos puntos singulares: aguas bicarbonatadas magnésico-cálcicas en cuatro puntos, agua clorurada sódica en el manantial de Baños del Saladillo y aguas de mezclas bien clorurada-bicarbonatada o bicarbonatada-sulfatada en los puntos citados. Estas diferencias en la composición de aguas relativamente próximas revelan la influencia de una estructuración geológica compleja en el caso de la Sierra de Cazorla, probablemente como consecuencia del plegamiento de los materiales prebéticos.

En el caso de las aguas muestreadas en la zona central de Villacarrillo (objeto principal del estudio), se presentan también diversos tipos geoquímicos de aguas, acentuándose el efecto de mezclas con la evolución propia de la circulación más profunda. En la mayor parte de los puntos se puede identificar una relación con las

aguas muestreadas en el área del río Guadalimar de los que parecen evolucionar geoquímicamente. Existen dos puntos próximos al río Guadalquivir con aguas de tipo clorurada sódica, posiblemente relacionadas con la extrusión de materiales triásicos en los frentes de plegamiento prebético.

El estudio de los isótopos estables en las aguas muestreadas pone en evidencia la existencia de procesos de evaporación en las aguas de recarga, lo que origina una deriva en el contenido del  $\delta^{18}\text{O}$ . La línea de evaporación es diferente para cada una de las áreas muestreadas, evidenciando el diferente origen para cada tipo de agua.

Los contenidos en  $\delta^{18}\text{O}$  de las aguas muestreadas en la zona central de Villacarrillo, permiten confirmar su relación geoquímica con las aguas muestreadas en el área del río Guadalimar como se ha citado anteriormente. En todo caso, el proceso de evaporación identificado permite predecir que las áreas de recogida de la pluviometría, que posteriormente recarga los acuíferos se pueden encontrar bastante alejadas de la zona de infiltración y del acuífero.

Las determinaciones de tritio llevadas a cabo muestran una gran variabilidad para esta zona. Excepto para algunas muestras (sondeos nos 4, 5, 6, 9 y 15) cuyo contenido es muy bajo (inferior a 3 U.T.) en los que se puede asegurar una antigüedad superior a los 40-50 años cualquiera que sea el modelo de interpretación aplicado, en las demás muestras existe indeterminación en la asignación del tiempo de circulación o de renovación pudiendo ser del orden de 8-15 años o bien del orden de 40-50 años. Sólo un estudio hidrogeológico detallado podría justificar la discriminación entre ambas alternativas.

Finalmente el estudio del isótopo  $\delta^{13}\text{C}$ , pone en evidencia que el carbono de los bicarbonatos disueltos en el agua tiene su origen en el  $\text{CO}_2$  atmosférico procesado mediante fotosíntesis del tipo  $\text{C}_4$  por la cobertura vegetal de las zonas de infiltración. No se reconoce en ningún caso aportes de carbono orgánico o endógeno. Sin embargo

en dos sondeos (los n<sup>os</sup> 10 y 12) en que el contenido en bicarbonatos es más elevado parece existir de alguna influencia de disolución de carbonatos ya que el  $\delta^{13}\text{C}$  sufre un ligero aumento.

### **Zona de Segura de la Sierra**

Todas las aguas muestreadas en esta zona tienen una gran homogeneidad química, siendo todas del tipo bicarbonatado cálcico con escasa circulación subterránea en general. Se trata de aguas de baja mineralización y baja temperatura de surgencia. En la caracterización geoquímica no existe ningún signo que permita alguna diferenciación geológica. Sólo en el caso de una surgencia próxima a Orcera puede deducirse una influencia de materiales triásicos (yesos).

Tampoco los análisis isotópicos realizados revelan diferencias significativas entre aguas del cretácico y aguas del jurásico. La altura de la zona de recarga es en todos los casos muy parecida situándose entre 1.200 y 1.450 metros.

Puesto que los materiales jurásicos afloran a cotas, en general, menor de 1.200 metros, estos datos sugieren la posibilidad de que una parte de la recarga de los carbonatos jurásicos procedan de los extensos afloramientos de calizas, margas y arenas del Cretácico Inferior que se sitúan sobre ellos y han sido considerados como de permeabilidad media o baja. Esta consideración podría explicar las importantes descargas subterráneas y manantiales de los acuíferos jurásicos, por lo que debería tenerse en cuenta en la realización de los balances.

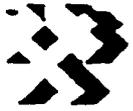
Los contenidos de tritio evidencian una antigüedad en las aguas que no debe superar como máximo los 7-8 años en modelos de mezcla total o los 13-15 años en modelos de pistón, si bien a la vista del conocimiento geológico y de la composición química parecen más razonables tiempos de 3-5 años. Por otra parte se observan ligeras

diferencias en el contenido en tritio de las aguas de procedencia jurásica con respecto a las del Cretácico lo que significaría tiempos de residencia algo diferentes.

Los contenidos en  $\delta^{13}\text{C}$  confirman las mismas conclusiones que en la zona de Villacarrilo siendo el origen del carbono debido a procesos de fotosíntesis de  $\text{CO}_2$  atmosférico por la cubierta vegetal.

**ANEJOS**

**Anejo 1.**  
**ANÁLISIS GEOQUÍMICOS**



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

De Laboratorio AGUAS, División de Aguas Subterráneas

INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Bono de envío n° ..... 99/052 .....  
 Referencia de Laboratorio ..... N:1 .....  
 Referencia de envío (Ident. de la muestra) ..... JAEN-1 .....  
 Fecha de entrega a Laboratorio ..... 08 03 99 .....

N° DE REGISTRO		Fecha de toma			Fecha de análisis			Prof. Toma		N° Muestra		Min. inicio prueba							
2136 2 0034		08 02 99			16 03 99														
1	9	10	15	16	21	22	25	26	27	28	32								
M.T.	D.Q.O.	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca										
		49	1340	252	0	3	49	91	472										
33	34	37	38	42	43	47	48	51	52	54	55	58	59	63	64	67	68	72	
K	pH	Conductividad 20°C (1)		R.S 110°C	NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Temp. en campo	F <sub>2</sub>									
	73	76	77	79	80	85	86	91	92	95	96	99	100	103	104	107	108	109	110
		11	73	3121	2205	000	000	000	238										

B	F	Li	Br	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr										
031	000	000		264	0102	000	000	000	000										
111	115	116	119	120	123	124	127	128	131	132	135	136	139	140	143	144	147	148	151

Ni	Cd	As	Sb	Se	Al	CN	Detergentes	Hg									
	00000	00000				0005											
152	155	156	160	161	164	165	168	169	172	173	176	177	180	181	184	185	189

Fenoles	H.A.P.	Plaguicidas total	Radiactividad ALFA (2)		Radiactividad BETA (2)								
190	194	195	200	201	207	208	212	213	216	217	221	222	225

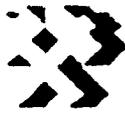
Elemento 1		Elemento 2		MANT.			
				258			
Elemento 3		Elemento 4					
226	227	228	233	234	235	236	241
242	243	244	249	250	251	252	257

El Jefe de Laboratorio:	RECIBIDO D.A.S.	Vº Bº	Recibido Gabinete Informática

INDICACIONES

- Cualquier modificación en los datos de base, comunicarlo en ficha de punto de agua
- Se indicará si hay datos en la 2ª parte de la ficha con S ó N
- El punto decimal está representado por (▲). Las demás determinaciones serán redondeadas a número entero, ajustándose a la última casilla de la derecha de cada campo.
- Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto: (1) en µS/cm (2) en pCi/l
- Eventualmente, el contenido específico de cada plaguicida será expresado en OBSERVACIONES.
- H.A.P. = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
- Prof. Toma  Profundidad de la toma de muestras en metros

OBSERVACIONES :  
PERTENECEN AL PROYECTO:  
 Aplicación de técnicas Geoquímicas e Isotópicas en el estudio hidrogeológico de las áreas "SEGURA DE LA SIERRA Y VILLACARRILLO" (JAEN)  
 N: SICODAD 95116



# Instituto Tecnológico GeoMinero de España

De Laboratorio AGUAS a División de Aguas Subterráneas

## INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Bono de envío n° 99/052

Referencia de Laboratorio

N:2

Referencia de envío (Ident. de la muestra)

J A E N - 2

Fecha de entrega a Laboratorio

08 03 99

N° DE REGISTRO			Fecha de toma			Fecha de análisis			Prof. Toma		N° Muestra		Min. inicio prueba																										
2136 7 0031			08 02 99			16 03 99																																	
1	9	10	15	16	21	22	25	26	27	28	32																												
M.T.	D.Q.O.	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca																														
		26	138	340	0	46	35	46	98																														
33	34	37	38	42	43	47	48	51	52	54	55	58	59	63	64	67	68	72																					
K	pH	Conductividad 20°C (1)		R.S. 110°C		NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Temp. en campo		F <sub>1</sub>																											
	74	825		590		000	000	000	205																														
73	76	77	79	80	85	86	91	92	95	96	99	100	103	104	107	108	109	110																					
B	F	Li	Br	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr																														
111	115	116	119	120	123	124	127	128	131	132	135	136	139	140	143	144	147	148	151																				
Ni	Cd	As	Sb	Se	Al	CN	Detergentes	Hg																															
152	155	158	160	161	164	165	168	169	172	173	176	177	180	181	184	185	189																						
Fenoles		H.A.P.		Plaguicidas total			Radiactividad ALFA (2)			Radiactividad BETA (2)																													
190		194		195			200			201			207			208			212			213			216			217			221			222			225		
Elemento 1				Elemento 2			Elemento 3			Elemento 4			MANT.																										
226		227		228			233			234			235			236			241			258																	
Elemento 3				Elemento 4																																			
242		243		244			249			250			251			252			257																				

El Jefe de Laboratorio: 	RECIBIDO D.A.S. <input type="checkbox"/>	V° B° <input type="checkbox"/>	Recibido Gabinete Informática <input type="checkbox"/>
-----------------------------	---	-----------------------------------	---

### INDICACIONES

- Cualquier modificación en los datos de base, comunicarlo en ficha de punto de agua
- Se indicará si hay datos en la 2ª parte de la ficha con S ó N
- El punto decimal está representado por (▲). Las demás determinaciones serán redondeadas a número entero, ajustándose a la última casilla de la derecha de cada campo.
- Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto: (1) en µS/cm (2) en pCi/l
- Eventualmente, el contenido específico de cada plaguicida será expresado en OBSERVACIONES.
- H.A.P. = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
- Prof. Toma  
 Profundidad de la toma de muestras en metros

OBSERVACIONES : .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

De Laboratorio **AGUA** División de Aguas Subterráneas

**INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS**

Bono de envío n° 99/052

Referencia de Laboratorio

N:3

Referencia de envío (Ident. de la muestra)

JAEN-3

Fecha de entrega a Laboratorio

08 03 99

N° DE REGISTRO			Fecha de toma			Fecha de análisis			Prof. Toma		N° Muestra		Min. inicio prueba		
1	2	3	4	5	6	09	02	99	16	03	99				
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
M.T.	D.Q.O.	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca						
			30	126	316	0		42	87						
33	34	37	38	42	43	47	48	51	52	54	55	58	59	63	
K	pH	Conductividad 20°C (1)		R.S. 110°C		NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Temp. en campo		F <sub>1</sub>			
	3	74	734	530	000	000	000	244							
73	76	77	79	80	85	86	91	92	95	96	99	100	103	104	

B	F	Li	Br	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr
016	000	000		013	000	000	007	000	000
111	115	116	119	120	123	124	127	128	131
132	135	136	139	140	143	144	147	148	151

Ni	Cd	As	Sb	Se	Al	CN	Detergentes	Hg
	00000	00000				0006		
152	155	158	160	161	164	165	168	169
172	173	176	177	180	181	184	185	189

Fenoles	H.A.P.	Plaguicidas total	Radiactividad ALFA (2)		Radiactividad BETA (2)	
190	194	195	200	201	207	208
212	213	216	217	221	222	225

Elemento 1	Elemento 2	Elemento 3	Elemento 4
226 227	228 233	234 235	236 241
242 243	244 249	250 251	252 257

MANT.

258

El Jefe de Laboratorio:	RECIBIDO D.A.S.	Vº Bº	Recibido Gabinete Informática

**INDICACIONES**

- Cualquier modificación en los datos de base, comunicarlo en ficha de punto de agua
- Se indicará si hay datos en la 2ª parte de la ficha con S ó N
- El punto decimal está representado por (▲). Las demás determinaciones serán redondeadas a número entero, ajustándose a la última casilla de la derecha de cada campo.
- Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto: (1) en µS/cm (2) en pCi/l
- Eventualmente, el contenido específico de cada plaguicida será expresado en OBSERVACIONES.
- H.A.P. = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

Prof. Toma

Profundidad de la toma de muestras en metros

OBSERVACIONES: REF.: EL Pozico

.....

.....

.....

.....

.....



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

De Laboratorio **AGUAS** a División de Aguas Subterráneas

INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Bono de envío n° 99/052  
Referencia de Laboratorio N-4  
Referencia de envío (Ident. de la muestra) JAFN-4  
Fecha de entrega a Laboratorio 08 03 99

N° DE REGISTRO			Fecha de toma			Fecha de análisis			Prof. Toma		N° Muestra		Min. inicio prueba	
1	9	10	09	02	99	16	03	99						
M.T.	D.Q.O.	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca					
		1360	106	231	0	0	598	92	154					
33	34	37	38	42	43	47	48	51	52	54	55	58	59	
K	pH	Conductividad 20°C (1)	R.S 110°C	NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Temp. en campo	F <sub>2</sub>					
	7.7	43	4781	3142	000	1640	000	162						
73	76	77	79	80	85	86	91	92	95	96	99	100	103	

B	F	Li	Br	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr
111	115	116	119	120	123	124	127	128	131
132	135	136	139	140	143	144	147	148	151

Ni	Cd	As	Sb	Se	Al	CN	Detergentes	Hg
152	155	156	160	161	164	165	168	169
172	173	176	177	180	181	184	185	189

Fenoles	H.A.P.	Plaguicidas total	Radiactividad ALFA (2)	Radiactividad BETA (2)
190	194	195	200	201
207	208	212	213	216
217	221	222	225	
Elemento 1	Elemento 2	Elemento 3	Elemento 4	MANT.
226	227	228	233	234
235	236	241	241	258
Elemento 3	Elemento 4			
242	243	244	249	250
251	252	257		

El Jefe de Laboratorio: 	RECIBIDO D.A.S. <input type="checkbox"/>	V° B° <input type="checkbox"/>	Recibido Gabinete Informática <input type="checkbox"/>
-----------------------------	---	-----------------------------------	---

INDICACIONES

- Cualquier modificación en los datos de base, comunicarlo en ficha de punto de agua
- Se indicará si hay datos en la 2ª parte de la ficha con S ó N
- El punto decimal está representado por (▲). Las demás determinaciones serán redondeadas a número entero, ajustándose a la última casilla de la derecha de cada campo.
- Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto:  
(1) en µS/cm (2) en pCi/l
- Eventualmente, el contenido específico de cada plaguicida será expresado en OBSERVACIONES.
- H.A.P. = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
- Prof. Toma  
 Profundidad de la toma de muestras en metros

OBSERVACIONES: REF.: LOS CALARES

.....

.....

.....

.....

.....



# Instituto Tecnológico GeoMinero de España

De Laboratorio **AGUAS** a División de Aguas Subterráneas

## INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Bono de envío n° 99/052  
 Referencia de Laboratorio N:5  
 Referencia de envío (Ident. de la muestra) J.A.E.N.-5  
 Fecha de entrega a Laboratorio 08 08 99

N° DE REGISTRO		Fecha de toma			Fecha de análisis			Prof. Toma		N° Muestra		Min. inicio prueba						
2186 10036		10 02 99			16 03 99													
1	9	10	15	16	21	22	25	26	27	28	32							
M.T.	D.Q.O.	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca									
		214	134	384	0	3	146	42	86									
33	34	37	38	42	43	47	48	51	52	54	55	58	59	63	64	67	68	72
K	pH	Conductividad 20°C (1)		R.S 110°C		NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	P.O <sub>4</sub>	SiO <sub>2</sub>	Temp. en campo		F <sub>2</sub>						
	7	1343		896		380	000	000	183									
73	76	77	79	80	85	86	91	92	95	96	99	100	103	104	107	108	109	110

B	F	Li	Br	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr										
051	058	000		024	0039	000	000	000	000										
111	115	116	119	120	123	124	127	128	131	132	135	136	139	140	143	144	147	148	151

Ni	Cd	As	Sb	Se	Al	CN	Detergentes	Hg									
	00000	00000				0050											
152	155	156	160	161	164	165	168	169	172	173	176	177	180	181	184	185	189

Fenoles		H.A.P.		Plaguicidas total			Radiactividad ALFA (2)			Radiactividad BETA (2)			
190	194	195	200	201	207	208	212	213	216	217	221	222	225
Elemento 1		Elemento 2			Elemento 3			Elemento 4			MANT.		
226 227		228 233			234 235			236 241			258		
Elemento 3		Elemento 4											
242 243		244 249			250 251			252 257					

El Jefe de Laboratorio: 	RECIBIDO D.A.S. <input type="checkbox"/>	Vº Bº <input type="checkbox"/>	Recibido Gabinete Informática <input type="checkbox"/>
-----------------------------	---	-----------------------------------	---

### INDICACIONES

- Cualquier modificación en los datos de base, comunicarlo en ficha de punto de agua
- Se indicará si hay datos en la 2ª parte de la ficha con S ó N
- El punto decimal está representado por (▲). Las demás determinaciones serán redondeadas a número entero, ajustándose a la última casilla de la derecha de cada campo.
- Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto:  
(1) en µS/cm (2) en pCi/l
- Eventualmente, el contenido específico de cada plaguicida será expresado en OBSERVACIONES.
- H.A.P. = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
- Prof. Toma  Profundidad de la toma de muestras en metros

**OBSERVACIONES :**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

De Laboratorio AGUAS La División de Aguas Subterráneas

INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Bono de envío n° 99/052

Referencia de Laboratorio

N° 6

Referencia de envío (Ident. de la muestra)

JAN-6

Fecha de entrega a Laboratorio

08 03 99

N° DE REGISTRO			Fecha de toma			Fecha de análisis			Prof. Toma		N° Muestra		Min. inicio prueba					
2136	7	0037	10	02	99	16	03	99										
1	9	10	15	16	21	22	25	26	27	28	32							
M.T.	D.Q.O.	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca									
		2780	744	348	0	0	1550	140	325									
33	34	37	38	42	43	47	48	51	52	54	55	58	59	63	64	67	68	72
K	pH	Conductividad 20°C (1)		R.S 110°C		NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Temp. en campo	F <sub>2</sub>							
	7.4	10511		6719		000	140	000	160									
73	76	77	79	80	85	86	91	92	95	96	99	100	103	104	107	108	109	110

B	F	Li	Br	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr										
916		191		003	0000	000	000	000	000										
111	115	116	119	120	123	124	127	128	131	132	135	136	139	140	143	144	147	148	151

Ni	Cd	As	Sb	Se	Al	CN	Detergentes	Hg									
	0000	0029															
152	155	158	160	161	164	165	168	169	172	173	176	177	180	181	184	185	189

Fenoles	H.A.P.	Plaguicidas total	Radiactividad ALFA (2)			Radiactividad BETA (2)							
190	194	195	200	201	207	208	212	213	216	217	221	222	225

Elemento 1	Elemento 2	Elemento 3	Elemento 4	MANT.											
				258											
226	227	228	233	234	235	236	241	242	243	244	249	250	251	252	257

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

INDICACIONES

- Cualquier modificación en los datos de base, comunicarlo en ficha de punto de agua
- Se indicará si hay datos en la 2ª parte de la ficha con S ó N
- El punto decimal está representado por ( Δ ). Las demás determinaciones serán redondeadas a número entero, ajustándose a la última casilla de la derecha de cada campo.
- Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto: (1) en μS/cm (2) en pCi/l
- Eventualmente, el contenido específico de cada plaguicida será expresado en OBSERVACIONES.
- H.A.P. = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

Prof. Toma  
 Profundidad de la toma de muestras en metros

OBSERVACIONES :

---



---



---



---



---



---



---



---



INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Bono de envío n° 99/052  
 Referencia de Laboratorio N: 7  
 Referencia de envío (Ident. de la muestra) J.A.S.N. 7  
 Fecha de entrega a Laboratorio 08 03 99

N° DE REGISTRO			Fecha de toma			Fecha de análisis			Prof. Toma		N° Muestra		Min. inicio prueba	
1	9	10	10	02	99	16	03	99						
M.T.	D.Q.O.	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca					
		444	207	740	0	4	389	75	94					
33	34	37	38	42	43	47	48	51	52	54	55	58	59	63
K	pH	Conductividad 20°C (1)	R.S 110°C	NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Temp. en campo	F <sub>2</sub>					
	10	73	2931	1858	000	000	000	121						
73	76	77	79	80	85	86	91	92	95	96	99	100	103	104

B	F	Li	Br	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr
	163	097	000	006	0000	000	000	0000	0000
111	115	116	119	120	123	124	127	128	131
132	135	136	139	140	143	144	147	148	151

Ni	Cd	As	Sb	Se	Al	CN	Detergentes	Hg
	00000	00000				0055		
152	155	156	160	161	164	165	168	169
172	173	176	177	180	181	184	185	189

Fenoles	H.A.P.	Plaguicidas total	Radiactividad ALFA (2)	Radiactividad BETA (2)
190	194	195	200	201
207	208	212	213	216
217	221	222	225	
Elemento 1	Elemento 2	Elemento 3	Elemento 4	MANT.
				258
226	227	228	233	234
235	236	241		
Elemento 3	Elemento 4			
242	243	244	249	250
251	252	257		

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

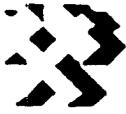
INDICACIONES

- Cualquier modificación en los datos de base, comunicarlo en ficha de punto de agua
- Se indicará si hay datos en la 2ª parte de la ficha con S ó N
- El punto decimal está representado por (▲). Las demás determinaciones serán redondeadas a número entero, ajustándose a la última casilla de la derecha de cada campo.
- Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto: (1) en µS/cm (2) en pCi/l
- Eventualmente, el contenido específico de cada plaguicida será expresado en OBSERVACIONES.
- H.A.P. = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

Prof. Toma

●  Profundidad de la toma de muestras en metros

OBSERVACIONES: Ref: Pozo B  
 El valor de los metales se determinó en la muestra filtrada y acidulada en el laboratorio.  
 En la muestra acidulada se originó el color del Fe el 22'2 µg/l



INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Bono de envío n° 99/052  
Referencia de Laboratorio N:8  
Referencia de envío (Ident. de la muestra) J A E N - 8  
Fecha de entrega a Laboratorio 08 03 99

N° DE REGISTRO			Fecha de toma			Fecha de análisis			Prof. Toma			N° Muestra		Min. inicio prueba				
1	9	10	11	02	99	16	03	99										
M.T.	D.Q.O.	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca									
33	34	37	38	42	43	47	48	51	52	54	55	58	59	63	64	67	68	72
		11	23	320	0	4	6	33	68									
K	pH	Conductividad 20°C (1)		R.S 110°C		NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Temp. en campo		F <sub>2</sub>						
73	76	77	79	80	85	86	91	92	95	96	99	100	103	104	107	108	109	110
	6	44	553	366	000	000	000	000	43									

B	F	Li	Br	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr										
111	115	116	119	120	123	124	127	128	131	132	135	136	139	140	143	144	147	148	151
002	000	000		000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000

Ni	Cd	As	Sb	Se	Al	CN	Detergentes	Hg									
152	155	156	160	161	164	165	168	169	172	173	176	177	180	181	184	185	189
		000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000

Fenoles		H.A.P.		Plaguicidas total		Radiactividad ALFA (2)			Radiactividad BETA (2)				
190	194	195	200	201	207	208	212	213	216	217	221	222	225
Elemento 1		Elemento 2		Elemento 3		Elemento 4		MANT.					
226	227	228	233	234	235	236	241	258					
242	243	244	249	250	251	252	257						

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

INDICACIONES

- Cualquier modificación en los datos de base, comunicarlo en ficha de punto de agua
- Se indicará si hay datos en la 2ª parte de la ficha con S ó N
- El punto decimal está representado por (▲). Las demás determinaciones serán redondeadas a número entero, ajustándose a la última casilla de la derecha de cada campo.
- Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto: (1) en µS/cm (2) en pCl/l
- Eventualmente, el contenido específico de cada plaguicida será expresado en OBSERVACIONES.
- H.A.P. = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
- Prof. Toma  Profundidad de la toma de muestras en metros

OBSERVACIONES: REF: SAN MIGUEL

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

De Laboratorio **AGUAS** a División de Aguas Subterráneas

**INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS**

Bono de envío n° 99/052  
 Referencia de Laboratorio N:9  
 Referencia de envío (Ident. de la muestra) JAEN-9  
 Fecha de entrega a Laboratorio 08 03 99

N° DE REGISTRO		Fecha de toma			Fecha de análisis			Prof. Toma		N° Muestra		Min. inicio prueba						
2234 8 0030		11 02 99			16 03 99													
1	9	10	15	16	21	22	25	26	27	28	32							
M.T.	D.Q.O.	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca									
		1	9	283	0	2	2	14	56									
33	34	37	38	42	43	47	48	51	52	54	55	58	59	63	64	67	68	72
K	pH	Conductividad 20°C (1)	R.S 110°C	NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Temp. en campo										
	6	46	355	229	000	000	000	38										
73	76	77	79	80	85	86	91	92	95	96	99	100	103	104	107	108	109	

B	F	Li	Br	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr										
	002	000	000	000	000	000	000	000	000										
111	115	116	119	120	123	124	127	128	131	132	135	136	139	140	143	144	147	148	151

Ni	Cd	As	Sb	Se	Al	CN	Detergentes	Hg									
	000	000	000	000	000	000	000	000									
152	155	156	160	161	164	165	168	169	172	173	176	177	180	181	184	185	189

Ferroles	H.A.P.	Plaguicidas total	Radiactividad ALFA (2)	Radiactividad BETA (2)									
190	194	195	200	201	207	208	212	213	216	217	221	222	225

Elemento 1	Elemento 2	Elemento 3	Elemento 4	MANT.
226 227	228 233	234 235	236 241	258
Elemento 3	Elemento 4			
242 243	244 249	250 251	252 257	

El Jefe de Laboratorio:	RECIBIDO D.A.S.	Vº Bº	Recibido Gabinete Informática

**INDICACIONES**

- Cualquier modificación en los datos de base, comunicarlo en ficha de punto de agua
- Se indicará si hay datos en la 2ª parte de la ficha con S ó N
- El punto decimal está representado por (▲). Las demás determinaciones serán redondeadas a número entero, ajustándose a la última casilla de la derecha de cada campo.
- Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto: (1) en µS/cm (2) en pCl/l
- Eventualmente, el contenido específico de cada plaguicida será expresado en OBSERVACIONES.
- H.A.P. = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
- Prof. Toma  Profundidad de la toma de muestras en metros

**OBSERVACIONES :**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

De Laboratorio AGUAS a División de Aguas Subterráneas

INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Bono de envío n° 99/052  
 Referencia de Laboratorio N:10  
 Referencia de envío (Ident. de la muestra) JAEN-10  
 Fecha de entrega a Laboratorio 08 03 99

N° DE REGISTRO			Fecha de toma			Fecha de análisis			Prof. Toma			N° Muestra		Min. inicio prueba	
1	9		11	02	99	16	03	99							
M.T.	D.Q.O.	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca						
		5	56	384	0	0	4	37	94						
33	34	37	38	42	43	47	48	51	52	54	55	58	59	63	64
K	pH	Conductividad 20°C (1)	R.S 110°C	NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Temp. en campo							
	1	76	616	450	000	000	000	55							
73	76	77	79	80	85	86	91	92	95	96	99	100	103	104	107

B	F	Li	Br	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr
	002	000	000	035	0000	000	016	0000	0000
111	115	116	119	120	123	124	127	128	131
132	135	136	139	140	143	144	147	148	151

Ni	Cd	As	Sb	Se	Al	CN	Detergentes	Hg
	0000	0000				0000		
152	155	156	160	161	164	165	168	169
172	173	176	177	180	181	184	185	189

Fenoles	H.A.P.	Plaguicidas total	Radiactividad ALFA (2)	Radiactividad BETA (2)
190	194	195	200	201
207	208	212	213	216
217	221	222	225	
Elemento 1			Elemento 2	
226	227	228	233	234
235	236	241		
Elemento 3			Elemento 4	
242	243	244	249	250
251	252	257		

MANT.  
258

El Jefe de Laboratorio: 	RECIBIDO D.A.S. <input type="checkbox"/>	V° B°	Recibido Gabinete Informática <input type="checkbox"/>
-----------------------------	---	-------	---

INDICACIONES

- Cualquier modificación en los datos de base, comunicarlo en ficha de punto de agua
- Se indicará si hay datos en la 2ª parte de la ficha con S ó N
- El punto decimal está representado por (▲). Las demás determinaciones serán redondeadas a número entero, ajustándose a la última casilla de la derecha de cada campo.
- Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto: (1) en µS/cm (2) en pCVI
- Eventualmente, el contenido específico de cada plaguicida será expresado en OBSERVACIONES.
- H.A.P. = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
- Prof. Toma  Profundidad de la toma de muestras en metros

OBSERVACIONES: REF.: SEMINARIO.....

.....

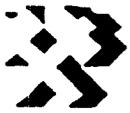
.....

.....

.....

.....

.....



INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Bono de envío n° 99/052

Referencia de Laboratorio N:11

Referencia de envío (Ident. de la muestra) JAEN-11

Fecha de entrega a Laboratorio 08 03 99

N° DE REGISTRO 2235 3 6011

Fecha de toma 11 02 99

Fecha de análisis 16 03 99

Prof. Toma

N° Muestra

Min. inicio prueba

M.T. D.Q.O. Cl SO<sub>4</sub> HCO<sub>3</sub> CO<sub>3</sub> NO<sub>3</sub> Na Mg Ca

33 34 37 38 42 43 47 48 51 52 54 55 58 59 63 64 67 68 72

K pH Conductividad 20°C (1) R.S 110°C NO<sub>2</sub> NH<sub>4</sub> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> SiO<sub>2</sub> Temp. en campo

73 76 77 79 80 85 86 91 92 95 96 99 100 103 104 107 108 109

F<sub>2</sub> 110

B F Li Br Fe Mn Cu Zn Pb Cr

111 115 116 119 120 123 124 127 128 131 132 135 136 139 140 143 144 147 148 151

Ni Cd As Sb Se Al CN Detergentes Hg

152 155 158 160 161 164 165 168 169 172 173 176 177 180 181 184 185 189

Fenoles H.A.P. Plaguicidas total Radiactividad ALFA (2) Radiactividad BETA (2)

190 194 195 200 201 207 208 212 213 216 217 221 222 225

Elemento 1 226 227 228 233 Elemento 2 234 235 236 241

Elemento 3 242 243 244 249 Elemento 4 250 251 252 257

MANT. 258

El Jefe de Laboratorio: *[Signature]*

RECIBIDO D.A.S. [ ] [ ] [ ]

V° B°

Recibido Gabinete Informática [ ] [ ] [ ]

INDICACIONES

- Cualquier modificación en los datos de base, comunicarlo en ficha de punto de agua
- Se indicará si hay datos en la 2ª parte de la ficha con S ó N
- El punto decimal está representado por (▲). Las demás determinaciones serán redondeadas a número entero, ajustándose a la última casilla de la derecha de cada campo.
- Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto: (1) en µS/cm (2) en µCi/l
- Eventualmente, el contenido específico de cada plaguicida será expresado en OBSERVACIONES.
- H.A.P. = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
- Prof. Toma [ ] [ ] [ ] Profundidad de la toma de muestras en metros

OBSERVACIONES :

.....

.....

.....

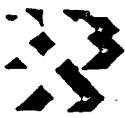
.....

.....

.....

.....





# Instituto Tecnológico GeoMinero de España

De Laboratorio Aguas a División de Aguas Subterráneas

## INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Bono de envío n° 99/171

Referencia de Laboratorio

1

Referencia de envío (Ident. de la muestra)

JAEN-1

Fecha de entrega a Laboratorio

30 04 99

N° DE REGISTRO			Fecha de toma			Fecha de análisis			Prof. Toma			N° Muestra		Min. inicio prueba				
<u>2136 2 00411A</u>			<u>19 04 99</u>			<u>10 06 99</u>												
1	9	10	15	16	21	22	25	26	27	28	32							
M.T.	D.Q.O.	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca									
<input checked="" type="checkbox"/>	<u>110</u>	<u>77</u>	<u>1357</u>	<u>230</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>164</u>	<u>86</u>	<u>362</u>									
33	34	37	38	42	43	47	48	51	52	54	55	58	59	63	64	67	68	72
K	pH	Conductividad 20°C (1)		R.S 110°C		NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Temp. en campo		F <sub>2</sub>						
<u>21</u>	<u>7.5</u>	<u>3004</u>		<u>2103</u>		<u>000</u>	<u>000</u>	<u>000</u>	<u>144</u>			<input checked="" type="checkbox"/>						
73	76	77	79	80	85	86	91	92	95	96	99	100	103	104	107	108	109	110

B	F	Li	Br	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr										
<u>045</u>	<u>000</u>	<u>018</u>		<u>028</u>	<u>0108</u>	<u>000</u>	<u>000</u>	<u>0000</u>	<u>0000</u>										
111	115	116	119	120	123	124	127	128	131	132	135	136	139	140	143	144	147	148	151
Ni	Cd	As	Sb	Se	Al	CN	Detergentes	Hg											
	<u>00000</u>	<u>0000</u>		<u>0000</u>		<u>0000</u>		<u>00000</u>											
152	155	156	160	161	164	165	168	169	172	173	176	177	180	181	184	185	189		

Fenoles		H.A.P.		Plaguicidas total			Radiactividad ALFA (2)			Radiactividad BETA (2)					
190	194	195	200	201	207	208	212	213	216	217	221	222	225		
Elemento 1		Elemento 2		Elemento 3		Elemento 4									
<u>000</u>		<u>00000</u>		<u>00000</u>		<u>000</u>		<u>00000</u>		<u>00000</u>		<u>00000</u>			
226 227		228 233		234 235		236 241		250 251		252 257		258			
242 243		244 249													

El Jefe de Laboratorio:	RECIBIDO D.A.S.	V° B°	Recibido Gabinete Informática
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### INDICACIONES

- Cualquier modificación en los datos de base, comunicarlo en ficha de punto de agua
- Se indicará si hay datos en la 2ª parte de la ficha con S ó N
- El punto decimal está representado por (▲). Las demás determinaciones serán redondeadas a número entero, ajustándose a la última casilla de la derecha de cada campo.
- Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto: (1) en µS/cm (2) en pCi/l
- Eventualmente, el contenido específico de cada plaguicida será expresado en OBSERVACIONES.
- H.A.P. = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
- Prof. Toma  Profundidad de la toma de muestras en metros

OBSERVACIONES: 213620041A

*Proyecto "Aplicación de técnicas geoquímicas e isotópicas en el estudio hidrogeológico de las Ane de S. de la Tierra" Villacastillo*

Pertenece al envío JAEN-14

N.º SICOAN: 95116





# Instituto Tecnológico GeoMinero de España

De Laboratorio Aguas a División de Aguas Subterráneas

## INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Bono de envío n° 99.171

Referencia de Laboratorio

3

Referencia de envío (Ident. de la muestra)

JAEN-3

Fecha de entrega a Laboratorio

30 04 99

N° DE REGISTRO			Fecha de toma			Fecha de análisis			Prof. Toma		N° Muestra		Min. inicio prueba						
<u>2136 0032</u>			<u>20 04 99</u>			<u>10 06 99</u>													
1	9	10	15	16	21	22	25	26	27	28	32								
M.T.	D.Q.O.	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca										
<u>00</u>	<u>111</u>	<u>38</u>	<u>201</u>	<u>524</u>	<u>00</u>	<u>001</u>	<u>0078</u>	<u>0084</u>	<u>0077</u>										
33	34	37	38	42	43	47	48	51	52	54	55	58	59	63	64	67	68	72	
K	pH	Conductividad 20°C (1)	R.S 110°C	NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Temp. en campo	F <sub>2</sub>										
<u>0006</u>	<u>75</u>	<u>1043</u>	<u>00744</u>	<u>0000</u>	<u>0000</u>	<u>0000</u>	<u>304</u>		<u>00</u>										
73	76	77	79	80	85	86	91	92	95	96	99	100	103	104	107	108	109	110	
B	F	Li	Br	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr										
<u>0039</u>	<u>108</u>	<u>0110</u>		<u>1003</u>	<u>0000</u>	<u>0000</u>	<u>0008</u>	<u>0000</u>	<u>0000</u>										
111	115	116	119	120	123	124	127	128	131	132	135	136	139	140	143	144	147	148	151
Ni	Cd	As	Sb	Se	Al	CN	Detergentes	Hg											
<u>0000</u>	<u>000000</u>	<u>0032</u>		<u>0000</u>		<u>0000</u>		<u>000000</u>											
152	155	156	160	161	164	165	168	169	172	173	176	177	180	181	184	185	189		
Fenoles	H.A.P.	Plaguicidas total	Radiactividad ALFA (2)	Radiactividad BETA (2)															
<u>000000</u>	<u>000000</u>	<u>000000</u>	<u>000000</u>	<u>000000</u>															
190	194	195	200	201	207	208	212	213	216	217	221	222	225						
Elemento 1						Elemento 2													
<u>00</u>						<u>00</u>													
226	227	228	233	234	235	236	241												
Elemento 3						Elemento 4													
<u>00</u>						<u>00</u>													
242	243	244	249	250	251	252	257												
MANT.																			
<u>00</u>																			
258																			

El Jefe de Laboratorio: 	RECIBIDO D.A.S. <u>00</u> <u>00</u> <u>00</u>	V° B°	Recibido Gabinete Informática <u>00</u> <u>00</u> <u>00</u>
-----------------------------	--	-------	--

- ### INDICACIONES
- Cualquier modificación en los datos de base, comunicarlo en ficha de punto de agua
  - Se indicará si hay datos en la 2ª parte de la ficha con S ó N
  - ⤴ El punto decimal está representado por (▲). Las demás determinaciones serán redondeadas a número entero, ajustándose a la última casilla de la derecha de cada campo.
  - Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto: (1) en µS/cm (2) en pCVI
  - ⤴ Eventualmente, el contenido específico de cada plaguicida será expresado en OBSERVACIONES.
  - ⤴ H.A.P. = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
- Prof. Toma  
   Profundidad de la toma de muestras en metros

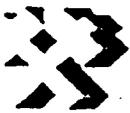
OBSERVACIONES :  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....











# Instituto Tecnológico GeoMinero de España

De Laboratorio Agua S. a División de Aguas Subterráneas

## INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Bono de envío n° 99/171

Referencia de Laboratorio

8

Referencia de envío (Ident. de la muestra)

JAEN - 8

Fecha de entrega a Laboratorio

30 04 99

N° DE REGISTRO			Fecha de toma			Fecha de análisis			Prof. Toma			N° Muestra		Min. inicio prueba					
2235	3	0023	21	04	99	10	06	99											
1		9	10		15	16		21	22		25	26	27						32
M.T.	D.Q.O.	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca										
		6	39	277	0	1	4	21	75										
33	34	37	38	42	43	47	48	51	52	54	55	58	59	63	64	67	68	72	
K	pH	Conductividad 20°C (1)	R.S 110°C	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Temp. en campo	F <sub>2</sub>										
	76	77	79	80	85	86	91	92	95	96	99	100	103	104	107	108	109		
		76	77	79	80	85	86	91	92	95	96	99	100	103	104	107	108	109	110

B	F	Li	Br	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr
003	000	000		000	0000	000	000	0000	0000
111	115	116	119	120	123	124	127	128	131
132	135	136	139	140	143	144	147	148	151
Ni	Cd	As	Sb	Se	Al	CN	Detergentes	Hg	
	00000	0000		0000		0000		00000	
152	155	156	160	161	164	165	168	169	172
173	176	177	180	181	184	185	189		

Fenoles	H.A.P.	Plaguicidas total	Radiactividad ALFA (2)	Radiactividad BETA (2)
190	194	195	200	201
207	208	212	213	216
217	221	222	225	
Elemento 1	Elemento 2	Elemento 3	Elemento 4	MANT.
226 227	234 235	236 241	236 241	258
Elemento 3	Elemento 4			
242 243	244 249	250 251	252 257	

El Jefe de Laboratorio:	RECIBIDO D.A.S.	Vº Bº	Recibido Gabinete Informática

### INDICACIONES

- Cualquier modificación en los datos de base, comunicarlo en ficha de punto de agua
  - Se indicará si hay datos en la 2ª parte de la ficha con S ó N
  - El punto decimal está representado por (▲). Las demás determinaciones serán redondeadas a número entero, ajustándose a la última casilla de la derecha de cada campo.
  - Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto: (1) en µS/cm (2) en pCVI
  - Eventualmente, el contenido específico de cada plaguicida será expresado en OBSERVACIONES.
  - H.A.P. = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
- Prof. Toma  
Profundidad de la toma de muestras en metros

OBSERVACIONES :

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



# Instituto Tecnológico GeoMinero de España

De Laboratorio Aguas a División de Aguas Subterráneas

## INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Bono de envío n° 99/171  
 Referencia de Laboratorio 9  
 Referencia de envío (Ident. de la muestra) JAEN-9  
 Fecha de entrega a Laboratorio 30 04 99

N° DE REGISTRO			Fecha de toma			Fecha de análisis			Prof. Toma		N° Muestra		Min. inicio prueba					
2235 3 0079			21 04 99			10 06 99												
1	9	10	15	16	21	22	25	26	27	28	32							
M.T.	D.Q.O.	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca									
	08	13	96	336	0	4	6	42	84									
33	34	37	38	42	43	47	48	51	52	54	55	58	59	63	64	67	68	72
K	pH	Conductividad 20°C (1)		R.S 110°C		NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SIO <sub>2</sub>	Temp. en campo		F <sub>2</sub>						
	2 77	607		409		000	000	000	45									
73	76	77	79	80	85	86	91	92	95	96	99	100	103	104	107	108	109	110

B	F	Li	Br	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr										
003	000	000		036	0000	000	029	0000	0000										
111	115	116	119	120	123	124	127	128	131	132	135	136	139	140	143	144	147	148	151
Ni	Cd	As	Sb	Se	Al	CN	Detergentes	Hg											
	00000	0000		0000		0000		00000											
152	155	156	160	161	164	165	168	169	172	173	176	177	180	181	184	185	189		

Fenoles	H.A.P.	Plaguicidas total	Radiactividad ALFA (2)			Radiactividad BETA (2)							
190	194	195	200	201	207	208	212	213	216	217	221	222	225
Elemento 1						Elemento 2							
	226	227	228	233			234	235	236	241			
Elemento 3						Elemento 4							
	242	243	244	249			250	251	252	257			

MANT.  
258

El Jefe de Laboratorio: 	RECIBIDO D.A.S. <input type="checkbox"/>	V° B°	Recibido Gabinete Informática <input type="checkbox"/>
-----------------------------	---	-------	---

### INDICACIONES

- Cualquier modificación en los datos de base, comunicarlo en ficha de punto de agua
- Se indicará si hay datos en la 2ª parte de la ficha con S ó N
- El punto decimal está representado por (▲). Las demás determinaciones serán redondeadas a número entero, ajustándose a la última casilla de la derecha de cada campo.
- Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto: (1) en µS/cm (2) en pCi/l
- Eventualmente, el contenido específico de cada plaguicida será expresado en OBSERVACIONES.
- H.A.P. = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

Prof. Toma  Profundidad de la toma de muestras en metros

### OBSERVACIONES :

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....





# Instituto Tecnológico GeoMinero de España

De Laboratorio Aguas a División de Aguas Subterráneas

## INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Bono de envío n° 99/171

Referencia de Laboratorio

11

Referencia de envío (Ident. de la muestra)

JAEN-11

Fecha de entrega a Laboratorio

30 04 99

N° DE REGISTRO			Fecha de toma			Fecha de análisis			Prof. Toma			N° Muestra		Min. inicio prueba														
1	2	3	4	5	6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
M.T.	D.Q.O.		Cl	SO <sub>4</sub>		HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>		NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca																
	0	8	2	3	9	6	4	2	3	1	0	4	1	5	9	6	3	2	6									
33	34	37	38	42	43	47	48	51	52	54	55	58	59	63	64	67	68	72										
K	pH	Conductividad 20°C (1)			R.S. 110°C			NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Temp. en campo		F <sub>2</sub>														
9	7	2	1	6	4	0	1	2	6	9	0	0	0	1	8	9												
73	76	77	79	80	85	86	91	92	95	96	99	100	103	104	107	108	109	110										

B	F	Li	Br	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr										
1	0	1	3	0	0	0	0	0	0										
111	115	116	119	120	123	124	127	128	131	132	135	136	139	140	143	144	147	148	151
Ni	Cd	As	Sb	Se	Al	CN	Detergentes	Hg											
0	0	0	0	0	0	0	0	0											
152	155	158	160	161	164	165	168	169	172	173	176	177	180	181	184	185	189		

Fenoles			H.A.P.			Plaguicidas total			Radiactividad ALFA (2)			Radiactividad BETA (2)											
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
190	194	195	200	201	207	208	212	213	216	217	221	222	225										
Elemento 1			Elemento 2			Elemento 3			Elemento 4			MANT.											
2	2		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	258									
226	227		228	233		234	235		236	241													
Elemento 3			Elemento 4																				
2	2		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2										
242	243		244	249		250	251		252	257													

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

### INDICACIONES

- Cualquier modificación en los datos de base, comunicarlo en ficha de punto de agua
- Se indicará si hay datos en la 2ª parte de la ficha con S ó N
- El punto decimal está representado por (▲). Las demás determinaciones serán redondeadas a número entero, ajustándose a la última casilla de la derecha de cada campo.
- Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto: (1) en µS/cm (2) en pCi/l
- Eventualmente, el contenido específico de cada plaguicida será expresado en OBSERVACIONES.
- H.A.P. = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
- Prof. Toma  Profundidad de la toma de muestras en metros

OBSERVACIONES: Pozo La Casica

---



---



---



---



---



---



---



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

De Laboratorio Aguas a División de Aguas Subterráneas

INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Bono de envío n° 99/171

Referencia de Laboratorio

12

Referencia de envío (Ident. de la muestra)

JAEN-12

Fecha de entrega a Laboratorio

30 04 99

N° DE REGISTRO			Fecha de toma			Fecha de análisis			Prof. Toma			N° Muestra		Min. inicio prueba			
1 9			20 04 99			10 06 99											
M.T.	D.Q.O.	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca								
	22	161	148	326	0	11	131	46	75								
33	34 37	38	42 43 47	48 51 54	55 58 59	63	64 67	68 72									
K	pH	Conductividad 20°C (1)		R.S. 110°C		NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Temp. en campo		F <sub>2</sub>					
	74	1122		746		850	000	000	172			110					
73	76 77 79	80 85 86	91 92 95 96	99 100 103	104 107 108 109												

B	F	Li	Br	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr
046	052	019		042	0000	000	000	0000	0000
111 115	116 119	120 123	124 127	128 131	132 135	136 139	140 143	144 147	148 151
Ni	Cd	As	Sb	Se	Al	CN	Detergentes	Hg	
	00000	0000		0000		0000		00000	
152 155	156 160 161	164 165 168	169 172 173 176	177 180 181 184	185 189				

Fenoles			H.A.P.			Plaguicidas total			Radiactividad ALFA (2)			Radiactividad BETA (2)		
190 194 195	200 201	207	208 212 213 216	217 221 222 225										
Elemento 1	Elemento 2			Elemento 3			Elemento 4			MANT.				
226 227	228 233			234 235			236 241			258				
Elemento 3	Elemento 4													
242 243	244 249			250 251			252 257							

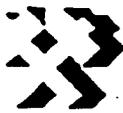
El Jefe de Laboratorio:	RECIBIDO D.A.S.	V° B°	Recibido Gabinete Informática

INDICACIONES

- Cualquier modificación en los datos de base, comunicarlo en ficha de punto de agua
- Se indicará si hay datos en la 2ª parte de la ficha con S ó N
- El punto decimal está representado por (▲). Las demás determinaciones serán redondeadas a número entero, ajustándose a la última casilla de la derecha de cada campo.
- Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto: (1) en µS/cm (2) en pCi/l
- Eventualmente, el contenido específico de cada plaguicida será expresado en OBSERVACIONES.
- H.A.P. = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

Prof. Toma Profundidad de la toma de muestras en metros

OBSERVACIONES: "Pozo Corea"



Instituto Tecnológico GeoMinero de España

De Laboratorio Aguas a División de Aguas Subterráneas

INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Bono de envío nº 99/171

Referencia de Laboratorio

13

Referencia de envío (Ident. de la muestra)

JAEN-13

Fecha de entrega a Laboratorio

30 04 99

Nº DE REGISTRO			Fecha de toma			Fecha de análisis			Prof. Toma			Nº Muestra		Min. inicio prueba					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
20	04	99	10	06	99														
M.T.	D.Q.O.	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca										
33	34	37	38	42	43	47	48	51	52	54	55	58	59	63	64	67	68	72	73
			47			1105	272			0		120		14		63		85	
K	pH	Conductividad 20°C (1)	R.S. 110°C	NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SIO <sub>2</sub>	Temp. en campo	F <sub>2</sub>										
73	76	77	79	80	85	86	91	92	95	96	99	100	103	104	107	108	109	110	
		2	74		964		622		000		000		000		132				

B	F	Li	Br	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr										
111	115	116	119	120	123	124	127	128	131	132	135	136	139	140	143	144	147	148	151
		012		000				015		0000		000		000		0000		0000	
Ni	Cd	As	Sb	Se	Al	CN	Detergentes	Hg											
152	155	156	160	161	164	165	168	169	172	173	176	177	180	181	184	185	189		
			00000		0000			0000				0000					00000		

Fenoles	H.A.P.	Plaguicidas total	Radiactividad ALFA (2)	Radiactividad BETA (2)															
190	194	195	200	201	207	208	212	213	216	217	221	222	225						
Elemento 1						Elemento 2													
226	227					234	235							236	241				
Elemento 3						Elemento 4													
242	243					250	251							252	257				

El Jefe de Laboratorio:	RECIBIDO D.A.S.	Vº Bº	Recibido Gabinete Informática

INDICACIONES

- Cualquier modificación en los datos de base, comunicarlo en ficha de punto de agua
- Se indicará si hay datos en la 2ª parte de la ficha con S ó N
- El punto decimal está representado por (▲). Las demás determinaciones serán redondeadas a número entero, ajustándose a la última casilla de la derecha de cada campo.
- Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto: (1) en µS/cm (2) en pCi/l
- Eventualmente, el contenido específico de cada plaguicida será expresado en OBSERVACIONES.
- H.A.P. = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
- Prof. Toma Profundidad de la toma de muestras en metros

OBSERVACIONES: Pozo Caravaca

---



---



---



---



---



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

De Laboratorio Aguas a División de Aguas Subterráneas

INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Bono de envío n° 99/171

Referencia de Laboratorio

14

Referencia de envío (Ident. de la muestra)

JAEN-14

Fecha de entrega a Laboratorio

30 04 99

N° DE REGISTRO		Fecha de toma			Fecha de análisis			Prof. Toma		N° Muestra		Min. inicio prueba						
1	9	20	04	99	10	06	99											
M.T.	D.Q.O.	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca									
	09	90	134	330	0	10	87	43	66									
33	34	37	38	42	43	47	48	51	52	54	55	58	59	63	64	67	68	72
K	pH	Conductividad 20°C (1)		R.S 110°C		NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Temp. en campo		F <sub>2</sub>						
	76	900	579	000	000	000	1185											
73	76	77	79	80	85	86	91	92	95	96	99	100	103	104	107	108	109	110

B	F	Li	Br	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr										
025	000	0111		1117	0000	000	014	0000	0000										
111	115	116	119	120	123	124	127	128	131	132	135	136	139	140	143	144	147	148	151
Ni	Cd	As	Sb	Se	Al	CN	Detergentes	Hg											
	00000	00000		0000		0000		00000											
152	155	158	160	161	164	165	168	169	172	173	176	177	180	181	184	185	189		

Fenoles		H.A.P.		Plaguicidas total			Radiactividad ALFA (2)			Radiactividad BETA (2)			
190	194	195	200	201	207	208	212	213	216	217	221	222	225
Elemento 1		Elemento 2		Elemento 3		Elemento 4		MANT.					
226	227	228	233	234	235	236	241	258					
Elemento 3		Elemento 4		Elemento 5		Elemento 6		Elemento 7					
242	243	244	249	250	251	252	257						

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

INDICACIONES

- Cualquier modificación en los datos de base, comunicarlo en ficha de punto de agua
- Se indicará si hay datos en la 2ª parte de la ficha con S ó N
- El punto decimal está representado por (▲). Las demás determinaciones serán redondeadas a número entero, ajustándose a la última casilla de la derecha de cada campo.
- Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto: (1) en µS/cm (2) en pCVI
- Eventualmente, el contenido específico de cada plaguicida será expresado en OBSERVACIONES.
- H.A.P. = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
- Prof. Toma  Profundidad de la toma de muestras en metros

OBSERVACIONES: Poto La Rincena

**Anejo 2.**  
**DETERMINACIONES ISOTÓPICAS**

## SERVEI DE DATACIO DE TRITI I CARBONI-14

Bellaterra, 6 de julio de 1999

Sr. D. Luis Ocaña Robles

Tecnología y Recursos de la Tierra

Plaza Castilla, 3-20° D-1

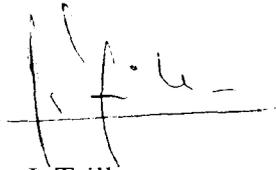
28046 MADRID

Distinguido Sr.,

Tengo el placer de comunicarle los resultados de los contenidos en tritio de las muestras a continuación detalladas, por usted remitidas.

Identificación muestra	U. T.
213620034	9,4 ± 0,6
213610031	9,9 ± 0,6
El Pocico	4 ± 0,6
Los Calares	6,4 ± 0,6
213610036	3,7 ± 0,6
213670037	7,6 ± 0,6
Pozo B	9,6 ± 0,6
San Miguel	11,5 ± 0,7
223480030	9,1 ± 0,6
Seminario	8,8 ± 0,6
223530011	10,1 ± 0,6
223540002	10,1 ± 0,6

Muy atentamente,

  
J. Trilla

Director del Servicio

Departament de Geologia  
Unitat de Geodinàmica Externa  
i d'Hidrogeologia



Edifici Cs  
08193 Bellaterra (Barcelona), Spain  
Tel.: (3) 581 12 59 - (3) 581 30 22  
Fax: (3) 581 12 63

## SERVEI DE DATACIO DE TRITI I CARBONI-14

DATE: 6 de julio de 1999

FROM: Josep Trilla

FAX NUMBER: 93 - 581 12 63

TO:

NAME: Sr. D. Miguel del Pozo Gómez

ORGANIZATION: ITGE

FAX NUMBER: 91/ 442 62 16

TOWN: MADRID

COUNTRY: SPAIN

NUMBER OF PAGES (Including this one): 1

Distinguido Sr.,

Tenemos el gusto de comunicarle los resultados del contenido en tritio de las muestras que se indican, por usted remitidas.

Identificación muestra	U.T.
213620041A	$8 \pm 0,6$
213620042	$2,8 \pm 0,5$
213660032	$6,9 \pm 0,6$
213660034	$5,9 \pm 0,6$
213660035	$5,4 \pm 0,6$
213660036	$4,6 \pm 0,6$
213660037	$2,7 \pm 0,5$
223530023	$9,4 \pm 0,6$
223530079	$10,9 \pm 0,6$
223530083	$6,9 \pm 0,6$
Pozo La Casica	$1,8 \pm 0,5$
Pozo Corea	$2,8 \pm 0,5$
Pozo Caravaca	$13,5 \pm 0,6$
Pozo La Rincona	$2,9 \pm 0,5$

Atentamente,

J. Trilla

Director del Servicio



**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS  
ESTACION EXPERIMENTAL DEL ZAIDIN**

Profesor Albareda, 1  
18008 GRANADA  
ESPAÑA

Teléfono: (958) 121011  
e-mail: antodel@eez.csic.es  
Telefax: (958) 129600

**DE: Antonio Delgado Huertas**

**A: Att. D. Miguel Del Pozo**  
**DIRECCION: ITGE**

**FAX: 91-3495742**

**ASUNTO: Estimado Sr. Del Pozo,**

Tal como hemos acordado en nuestra conversación telefónica, le envío los análisis de las muestras.

MUESTRA	$\delta^{13}\text{C}$ PDB	$\delta^{18}\text{O}$ V-SMOW	$\delta^2\text{H}$ V-SMOW
Los Calares	-	-7,1	-48
223480030	-12,55	-8,1	-56
223530011	-11,87	-8,2	-54
213610036	-14,63	-6,1	-43
213610031	-13,16	-6,2	-45
El pocico	-11,63	-6,1	-41
Pozo B	-9,88	-6,7	-47
213670037	-12,88	-6,5	-48
Seminario	-11,96	-8	-52
213620034	-11,72	-6,6	-44
223540002	-11,16	-8,1	-56
San Miguel	-	-7,9	-52
213620041A	-11,3	-6,6	-46
213620042	-13,9	-6,2	-41
213660032	-11,0	-5,4	-46
213660034	-9,69	-6,0	-47
213660035	-12,5	-6,1	-42
213660036	-12,3	-5,6	-49
213660037	-17,9	-6,5	-44
223530023	-13,4	-7,5	-54
223530079	-12,9	-7,8	-50
223530083	-11,6	-7,7	-51
Pozo La Casica	-14,2	-5,7	-40
Pozo Corca	-13,7	-5,4	-42
Pozo Caravaca	-13,0	-6,2	-47
Pozo La Rincona	-13,9	-5,7	-40

Un cordial saludo.

**Nº TOTAL DE PAGINAS (INCLUIDA PORTADA): 4**

**FECHA: 6-7-99**

