



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

**ESTUDIO DE LAS AGUAS MINERO-MEDICINALES,  
MINERO-INDUSTRIALES, TERMALES, Y  
DE BEBIDA ENVASADAS EN  
LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ARAGÓN**

**IV. RECONOCIMIENTOS HIDROGEOLÓGICOS  
DE DETALLE**

**TOMO IV.3: PROVINCIA DE ZARAGOZA**



SECRETARIA GENERAL DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES  
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

## INDICE

0.	PLANO DE SITUACIÓN DE LOS RECONOCIMIENTOS HIDROGEOLÓGICOS DE DETALLE REALIZADOS EN LA PROVINCIA DE ZARAGOZA .....	Pág.	1
1.	ESTUDIO DE DETALLE ZA1: ALHAMA DE ARAGÓN .....	"	3
1.1.	INTRODUCCIÓN .....	"	4
1.2.	ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA .....	"	7
1.3.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	"	12
1.4.	HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA DESCARGA SUBTERRÁNEA HIDROTÉRMAL DE ALHAMA DE ARAGÓN .....	"	15
1.4.1.	Esquema de circulación subterránea .....	"	16
1.4.2.	Tiempo de residencia en el subsuelo y temperatura máxima en profundidad .....	"	19
1.4.3.	Mezclas de aguas subterráneas distintas en las captaciones y surgencias hidrotermales .....	"	20
1.4.4.	Recursos hidrotermales de Alhama de Aragón .....	"	21
1.5.	LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS SURGENCIAS Y CAPTACIONES DE AGUA MINERAL DE ALHAMA DE ARAGÓN .....	"	23
1.5.1.	Termas Pallarés .....	"	23
1.5.2.	Balneario de Cantarero .....	"	33
1.5.3.	Balneario Guajardo .....	"	35

1.5.4.	Termas de San Roque .....	Pág.	36
1.5.5.	Otras surgencias termales de Alhama de Aragón...	"	39
1.6.	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE ALHAMA DE ARAGÓN .....	"	40
1.7.	VULNERABILIDAD CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE LOS FLUJOS SUBTERRÁNEOS DE ALHAMA DE ARAGÓN .....	"	44
1.8.	PERÍMETRO DE PROTECCIÓN DEL APROVECHAMIENTO HIDROTHERMAL DE ALHAMA DE ARAGÓN .....	"	47
1.8.1.	Protección inmediata .....	"	47
1.8.2.	Protección global contra la contaminación y contra afecciones en cantidad .....	"	52
2.	ESTUDIO DE DETALLE ZA2: CALCENA .....	"	58
2.1.	INTRODUCCIÓN .....	"	59
2.2.	HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA "FUENTE DE LA OJOSA" .....	"	61
2.3.	LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA "FUENTE DE LA OJOSA" .....	"	63
2.4.	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA .....	"	64
2.5.	VALORACIÓN DE LA SURGENCIA .....	"	67
3.	ESTUDIO DE DETALLE ZA3: EMBID DE ARIZA .....	"	68
3.1.	INTRODUCCIÓN .....	"	69
3.2.	ANTECEDENTES HISTÓRICOS .....	"	71
3.3.	HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA DESCARGA SUBTERRÁNEA HIDROTHERMAL DE EMBID DE ARIZA .....	"	72

3.3.1.	Esquema de circulación subterránea .....	Pág.	73
3.3.2.	Tiempo de residencia en el subsuelo y temperatura máxima en profundidad .....	"	75
3.4.	LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA GALERÍA DE DRENAJE "LA ALBERCA" .....	"	77
3.5.	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA .....	"	79
3.6.	VALORACIÓN DE LA SURGENCIA .....	"	82
4.	ESTUDIO DE DETALLE ZA4: ÉPILA .....	"	83
4.1.	INTRODUCCIÓN .....	"	84
4.2.	HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA DESCARGA SUBTERRÁNEA DE LA "FUENTE CASCARRERA" .....	"	86
4.3.	LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA "FUENTE CASCARRERA" .....	"	88
4.4.	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA .....	"	89
4.5.	VALORACIÓN DE LA SURGENCIA .....	"	92
5.	ESTUDIO DE DETALLE ZA5: JARABA .....	"	93
5.1.	INTRODUCCIÓN .....	"	94
5.2.	ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA .....	"	97
5.3.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	"	103
5.4.	HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA DESCARGA SUBTERRÁNEA HIDROTÉRMICA DE JARABA .....	"	105
5.4.1.	Esquema de circulación subterránea .....	"	106
5.4.2.	Tiempo de residencia en el subsuelo y temperatura máxima en profundidad .....	"	109

5.4.3.	Mezclas de aguas subterráneas distintas en las captaciones y surgencias hidrotermales .....	Pág.	111
5.4.4.	Recursos hidrotermales de Jaraba .....	"	112
5.5.	LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS SURGENCIAS Y CAPTACIONES DE AGUA MINERAL DE JARABA .....	"	114
5.5.1.	Balneario La Virgen .....	"	114
5.5.2.	Embotelladora Fontecabras.....	"	117
5.5.3.	Balneario Sicilia y Embotelladora Fontjaraba .....	"	119
5.5.4.	Baños de Serón .....	"	123
5.5.5.	Embotelladora Agua de Lunares .....	"	128
5.5.6.	Otras surgencias termales clasificadas .....	"	132
5.5.7.	Otras surgencias termales no clasificadas .....	"	133
5.6.	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE JARABA .....	"	137
5.7.	VULNERABILIDAD CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE LOS FLUJOS SUBTERRÁNEOS DE JARABA .....	"	142
5.8.	PERÍMETRO DE PROTECCIÓN DEL APROVECHAMIENTO HIDROTHERMAL DE JARABA .....	"	146
6.	ESTUDIO DE DETALLE ZA6: MEDIANA DE ARAGÓN .....	"	153
6.1.	INTRODUCCIÓN .....	"	154
6.2.	ANTECEDENTES HISTÓRICOS .....	"	156
6.3.	HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA DESCARGA SUBTERRÁNEA HIDROTHERMAL DE MEDIANA DE ARAGÓN .....	"	157
6.3.1.	Esquema de circulación subterránea .....	"	158
6.3.2.	Tiempo de residencia en el subsuelo y temperatura máxima en profundidad.....	"	160
6.4.	LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA "FUENTE DE LA MAGDALENA" .....	"	163

6.5.	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA .....	Pág.	164
6.6.	VALORACIÓN DE LA SURGENCIA .....	"	167
7.	ESTUDIO DE DETALLE ZA7: MUEL .....	"	168
7.1.	INTRODUCCIÓN .....	"	169
7.2.	HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA DESCARGA SUBTERRÁNEA DE MUEL .....	"	171
7.2.1.	Esquema de circulación subterránea .....	"	172
7.2.2.	Tiempo de residencia en el subsuelo .....	"	174
7.3.	LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA "FUENTE DE LA VIRGEN" .....	"	176
7.4.	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA .....	"	177
7.5.	VALORACIÓN DE LA SURGENCIA .....	"	181
8.	ESTUDIO DE DETALLE ZA8: MONASTERIO DE PIEDRA ..	"	182
8.1.	INTRODUCCIÓN .....	"	183
8.2.	ANTECEDENTES HISTÓRICOS .....	"	185
8.3.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	"	187
8.4.	HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DE LOS SISTEMAS ACUÍFEROS QUE DAN LUGAR A LAS DESCARGAS SUBTERRÁNEAS DEL MONASTERIO DE PIEDRA ....	"	188
8.4.1.	Esquema de circulación subterránea .....	"	189
8.4.2.	Tiempo de residencia en el subsuelo del agua de la "Fuente de la Salud o de la Peña" .....	"	192
8.5.	LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS SURGENCIAS DEL MONASTERIO DE PIEDRA .....	"	193
8.6.	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA .....	"	195

8.7.	POSIBILIDADES DE REGULACIÓN HIDROGEOLOGICA DE LA "FUENTE DE SAN JUAN"	Pág.	198
9.	ESTUDIO DE DETALLE ZA9: SIERRA DEL MONCAYO .....	"	202
9.1.	INTRODUCCIÓN .....	"	203
9.2.	HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA DE FLUJO SUBTERRÁNEO DE LA SIERRA DEL MONCAYO .....	"	205
9.3.	LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS SURGENCIAS Y CAPTACIONES DE LA SIERRA DEL MONCAYO .....	"	207
9.4.	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA .....	"	213
10.	ESTUDIO DE DETALLE ZA10: PARACUELLOS DE JILOCA .....	"	216
10.1.	INTRODUCCIÓN .....	"	217
10.2.	ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA .....	"	219
10.3.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	"	222
10.4.	HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA DE FLUJO SUBTERRÁNEO DE PARACUELLOS DE JILOCA .....	"	224
10.4.1.	Esquema de circulación subterránea .....	"	224
10.4.2.	Tiempo de residencia en el subsuelo .....	"	227
10.5.	LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS SURGENCIAS Y CAPTACIONES DE AGUA MINERAL DE PARACUELLOS DE JILOCA .....	"	228
10.6.	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE PARACUELLOS DE JILOCA .....	"	232
10.7.	VULNERABILIDAD CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DEL FLUJO SUBTERRÁNEO DE PARACUELLOS DE JILOCA .....	"	236

10.8. PERÍMETRO DE PROTECCIÓN DEL APROVECHAMIENTO HIDROMINERAL DE PARACUELLOS DE JILOCA .....	Pág.	238
10.8.1. Protección inmediata .....	"	239
10.8.2. Protección global contra la contaminación y contra las afecciones en cantidad .....	"	240
11. ESTUDIO DE DETALLE ZA11: RUEDA DE JALÓN .....	"	245
11.1. INTRODUCCIÓN .....	"	246
11.2. HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA DESCARGA SUBTERRÁNEA HIDROTÉRMAL DE LOS "OJOS DE PONTI" .....	"	248
11.2.1. Esquema de circulación subterránea .....	"	249
11.2.2. Tiempo de residencia en el subsuelo y temperatura máxima en profundidad .....	"	251
11.2.3. Recursos hidrotermales de los "Ojos de Ponti" .....	"	253
11.3. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA SURGENCIA DE LOS "OJOS DE PONTI" .....	"	254
11.4. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA .....	"	255
11.5. VALORACIÓN DE LA SURGENCIA .....	"	258
12. ESTUDIO DE DETALLE ZA12: TIERMAS .....	"	259
12.1. INTRODUCCIÓN .....	"	260
12.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA .....	"	263
12.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	"	266
12.4. HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA DE FLUJO HIDROTÉRMAL DE TIERMAS .....	"	267
12.4.1. Esquema de circulación subterránea .....	"	268
12.4.2. Tiempo de residencia en el subsuelo y temperatura máxima en profundidad .....	"	269

12.4.3. Mezclas de aguas subterráneas distintas en las captaciones y surgencias hidrotermales .....	Pág.	272
12.4.4. Recursos hidrotermales de Tiermas .....	"	272
12.5. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS SURGENCIAS Y CAPTACIONES DE <i>AGUA</i> <i>MINERAL DE TIERMAS</i> .....	"	273
12.6. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE TIERMAS .....	"	277
12.7. VULNERABILIDAD CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DEL FLUJO SUBTERRÁNEO HIDROTHERMAL DE TIERMAS .....	"	281
12.8. PERÍMETRO DE PROTECCIÓN DEL APROVECHAMIENTO HIDROTHERMAL DE TIERMAS .....	"	283
12.8.1. Protección inmediata .....	"	283
12.8.2. Protección global contra la contaminación y contra las afecciones en cantidad .....	"	285
13. ESTUDIO DE DETALLE ZA13: ASSOVERAL .....	"	289
13.1. INTRODUCCIÓN .....	"	290
13.2. HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA DESCARGA SUBTERRÁNEA HIDROTHERMAL DE ASSOVERAL .....	"	292
13.3. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA "FUENTE DEL BAÑO" DE ASSOVERAL .....	"	295
13.4. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA .....	"	296
13.5. VALORACIÓN DE LA SURGENCIA .....	"	299
14. ESTUDIO DE DETALLE ZA14: VILLANUEVA DE HUERVA .....	"	300
14.1. INTRODUCCIÓN .....	"	301

14.2. HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA DESCARGA SUBTERRÁNEA DE LA "FUENTE DEL BAÑO CERRADO" DE VILLANUEVA DE HUERVA .....	Pág.	303
14.3. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA "FUENTE DEL BAÑO CERRADO" DE VILLANUEVA DE HUERVA .....	"	306
14.4. VALORACIÓN DE LA SURGENCIA .....	"	307
15. ESTUDIO DE DETALLE ZA15: APROVECHAMIENTOS CLÁSICOS ABANDONADOS EN LA PROVINCIA DE ZARAGOZA .....	"	308
15.1. BAÑOS DE QUINTO .....	"	310
15.1.1. Antecedentes históricos .....	"	310
15.1.2. Características hidrogeológicas del sistema acuífero que da lugar a la surgencia hidromineral de Quinto .....	"	313
15.1.3. Localización y características de la "Fuente del Baño" de Quinto .....	"	313
15.1.4. Características hidrogeoquímicas del agua subterránea .....	"	316
15.1.5. Valoración de la surgencia .....	"	317
15.2. BAÑOS DE FONTÉ .....	"	320
15.2.1. Antecedentes históricos .....	"	320
15.2.2. Características hidrogeológicas del sistema acuífero que da lugar a la surgencia de los Baños de Fonté .....	"	322
15.2.3. Localización y características del manantial de los Baños de Fonté .....	"	323
15.3. LA SULFÚRICA .....	"	325
15.3.1. Antecedentes históricos .....	"	325
15.3.2. Características hidrogeológicas del sistema acuífero captado por el aprovechamiento de Aguas y Sales de Mediana de Aragón .....	"	327

15.3.3. Localización y características de las captaciones de Agua y Sales de Mediana de Aragón .....	Pág.	327
15.4. FITA SANTA FE.....	"	330
15.4.1. Antecedentes históricos .....	"	330
15.4.2. Características hidrogeológicas del sistema acuífero captado por el aprovechamiento de Agua Fita Santa Fe .....	"	330
15.4.3. Localización y características de la captación de Agua Fita Santa Fe .....	"	332

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. IV.3.0	: Reconocimientos hidrogeológicos de detalle. Provincia de Zaragoza .....	Pág.	2
Fig. IV.3.1	: Estudio de detalle ZA1: Alhama de Aragón. Plano de situación general .....	"	6
Fig. IV.3.2	: Estudio de detalle ZA1: Alhama de Aragón. Esquema y corte hidrogeológico de detalle .....	"	17
Fig. IV.3.3	: Estudio de detalle ZA1: Alhama de Aragón. Localización de surgencias y aprovechamientos .....	"	24
Fig. IV.3.4	: Estudio de detalle ZA1: Alhama de Aragón. Facies hidroquímicas: diagrama de Piper .....	"	42
Fig. IV.3.5	: Estudio de detalle ZA1: Alhama de Aragón. Perímetro de protección cuantitativa y cualitativa propuesto .....	"	57
Fig. IV.3.6	: Estudio de detalle ZA2: Calcena. Plano y croquis de situación .....	"	60
Fig. IV.3.7	: Estudio de detalle ZA2: Calcena. Esquema y corte hidrogeológico de detalle .....	"	62
Fig. IV.3.8	: Estudio de detalle ZA2: Calcena. Facies hidroquímica: diagrama de Piper .....	"	66
Fig. IV.3.9	: Estudio de detalle ZA3: Embid de Ariza. Plano y croquis de situación .....	"	70
Fig. IV.3.10	: Estudio de detalle ZA3: Embid de Ariza. Esquema y corte hidrogeológico de detalle .....	"	74

Fig. IV.3.11 : Estudio de detalle ZA3: Embid de Ariza. Facies hidroquímica: diagrama de Piper .....	Pág. 81
Fig. IV.3.12 : Estudio de detalle ZA4: Épila. Plano y croquis de situación .....	" 85
Fig. IV.3.13 : Estudio de detalle ZA4: Épila. Esquema y corte hidrogeológico de detalle .....	" 87
Fig. IV.3.14 : Estudio de detalle ZA4: Épila. Facies hidroquímica: diagrama de Piper .....	" 90
Fig. IV.3.15 : Estudio de detalle ZA5: Jaraba. Plano y croquis de situación .....	" 96
Fig. IV.3.16 : Estudio de detalle ZA5: Jaraba. Esquema y corte hidrogeológico de detalle .....	" 107
Fig. IV.3.17 : Estudio de detalle ZA5: Jaraba. Localización de surgencias y aprovechamientos .....	" 115
Fig. IV.3.18 : Estudio de detalle ZA5: Jaraba. Facies hidroquímicas: diagrama de Piper .....	" 138
Fig. IV.3.19 : Estudio de detalle ZA5: Jaraba. Perímetro de protección cuantitativa y cualitativa propuesto .....	" 152
Fig. IV.3.20 : Estudio de detalle ZA6: Mediana de Aragón. Plano y croquis de situación .....	" 155
Fig. IV.3.21 : Estudio de detalle ZA6: Mediana de Aragón. Esquema y corte hidrogeológico de detalle .....	" 159
Fig. IV.3.22 : Estudio de detalle ZA6: Mediana de Aragón. Facies hidroquímicas: diagrama de Piper .....	" 166

Fig. IV.3.23 : Estudio de detalle ZA7: Muel. Plano y croquis de situación .....	Pág. 170
Fig. IV.3.24 : Estudio de detalle ZA7: Muel. Esquema y corte hidrogeológico de detalle .....	" 173
Fig. IV.3.25 : Estudio de detalle ZA7: Muel. Facies hidroquímicas: diagrama de Piper .....	" 180
Fig. IV.3.26 : Estudio de detalle ZA8: Monasterio de Piedra. Plano y croquis de situación .....	" 184
Fig. IV.3.27 : Estudio de detalle ZA8: Monasterio de Piedra. Esquema y corte hidrogeológico de detalle .....	" 190
Fig. IV.3.28 : Estudio de detalle ZA8: Monasterio de Piedra. Facies hidroquímicas: diagrama de Piper .....	" 197
Fig. IV.3.29 : Estudio de detalle ZA8: Monasterio de Piedra. Plano de situación del posible sondeo de regulación hidrogeológica de la "Fuente de San Juan" .....	" 199
Fig. IV.3.30 : Estudio de detalle ZA9: Sierra del Moncayo. Plano general de situación .....	" 204
Fig. IV.3.31 : Estudio de detalle ZA9: Sierra del Moncayo. Esquema y corte hidrogeológico de detalle .....	" 206
Fig. IV.3.32 : Estudio de detalle ZA9: Sierra del Moncayo. Facies hidroquímicas: diagrama de Piper .....	" 215
Fig. IV.3.33 : Estudio de detalle ZA10: Paracuellos de Jiloca. Plano y croquis de situación .....	" 218
Fig. IV.3.34 : Estudio de detalle ZA10: Paracuellos de Jiloca. Esquema y corte hidrogeológico de detalle .....	" 225
Fig. IV.3.35 : Estudio de detalle ZA10: Paracuellos de Jiloca. Facies hidroquímicas: diagrama de Piper .....	" 234

Fig. IV.3.36 : Estudio de detalle ZA10: Paracuellos de Jiloca. Perímetro de protección cuantitativa y cualitativa propuesto .....	Pág. 244
Fig. IV.3.37 : Estudio de detalle ZA11: Rueda de Jalón. Plano y croquis de situación .....	" 247
Fig. IV.3.38 : Estudio de detalle ZA11: Rueda de Jalón. Esquema y corte hidrogeológico de detalle .....	" 250
Fig. IV.3.39 : Estudio de detalle ZA11: Rueda de Jalón. Facies hidroquímica: diagrama de Piper .....	" 257
Fig. IV.3.40 : Estudio de detalle ZA12: Tiermas. Plano y croquis de situación .....	" 262
Fig. IV.3.41 : Estudio de detalle ZA12: Tiermas. Esquema y corte hidrogeológico de detalle .....	" 270
Fig. IV.3.42 : Estudio de detalle ZA12: Tiermas. Facies hidroquímica: diagrama de Piper .....	" 279
Fig. IV.3.43 : Estudio de detalle ZA12: Tiermas. Perímetro de protección cuantitativa y cualitativa propuesto .....	" 288
Fig. IV.3.44 : Estudio de detalle ZA13: Assoveral. Plano y croquis de situación .....	" 291
Fig. IV.3.45 : Estudio de detalle ZA13: Assoveral. Esquema y corte hidrogeológico de detalle .....	" 294
Fig. IV.3.46 : Estudio de detalle ZA13: Assoveral. Facies hidroquímica: diagrama de Piper .....	" 298
Fig. IV.3.47 : Estudio de detalle ZA14: Villanueva de Huerva. Plano y croquis de situación .....	" 302

Fig. IV.3.48 : Estudio de detalle ZA14: Villanueva de Huerva. Esquema y corte hidrogeológico de detalle .....	Pág. 305
Fig. IV.3.49 : Estudio de detalle ZA15: Baños de Quinto. Plano y croquis de situación .....	" 311
Fig. IV.3.50 : Estudio de detalle ZA15: Baños de Quinto. Esquema y corte hidrogeológico de detalle .....	" 314
Fig. IV.3.51 : Estudio de detalle ZA15: Baños de Quinto. Facies hidroquímica: diagrama de Piper .....	" 318
Fig. IV.3.52 : Estudio de detalle ZA15: Baños de Fonté. Plano y croquis de situación .....	" 321
Fig. IV.3.53 : Estudio de detalle ZA15: Baños de Fonté. Esquema y corte hidrogeológico de detalle .....	" 324
Fig. IV.3.54 : Estudio de detalle ZA15: La Sulfúrica. Plano y croquis de situación .....	" 326
Fig. IV.3.55 : Estudio de detalle ZA15: La Sulfúrica. Esquema y corte hidrogeológico de detalle .....	" 328
Fig. IV.3.56 : Estudio de detalle ZA15: Fita Santa Fe. Plano y croquis de situación .....	" 331
Fig. IV.3.57 : Estudio de detalle ZA15: Fita Santa Fe. Esquema y corte hidrogeológico de detalle .....	" 333

**0. PLANO DE SITUACIÓN DE LOS  
RECONOCIMIENTOS HIDROGEOLÓGICOS  
DE DETALLE REALIZADOS  
EN LA PROVINCIA DE ZARAGOZA**

RECONOCIMIENTOS HIDROGEOLÓGICOS DE DETALLE  
PROVINCIA DE ZARAGOZA



LEYENDA

♂	MANANTIAL
○	POZO
⊕	SONDEO
3112/3/0001	NÚMERO DE REGISTRO EN EL ARCHIVO NACIONAL DE PUNTOS DE AGUA DEL ITGE
●	SURGENCIA O CAPTACIÓN DE AGUA TERMAL (T ≥ 20 °C)
●	SURGENCIA O CAPTACIÓN DE AGUA FRÍA (T < 20 °C)
●	ESTUDIO DE DETALLE CON SU NÚMERO DE ORDEN

LISTADO DE ESTUDIOS DE DETALLE

- ED ZA1: ALHAMA DE ARAGÓN
- ED ZA2: CALCENA
- ED ZA3: EMBID DE ARIZA
- ED ZA4: ÉPILA
- ED ZA5: JARABA
- ED ZA6: MEDIANA DE ARAGÓN
- ED ZA7: MUEL
- ED ZA8: MONASTERIO DE PIEDRA
- ED ZA9: SIERRA DEL MONCAYO
- ED ZA10: PARACUELLOS DE JILOCA
- ED ZA11: RUEDA DE JALÓN
- ED ZA12: TIERMAS
- ED ZA13: ASSOVERAL
- ED ZA14: VILLANUEVA DE HUERVA
- ED ZA15: APROVECHAMIENTOS CLÁSICOS ABANDONADOS

ESCALA GRÁFICA



FIG. IV.3.0

**1. ESTUDIO DE DETALLE ZA1  
ALHAMA DE ARAGÓN**

## 1.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de detalle **ZA1: Alhama de Aragón** incluye el grupo de surgencias y captaciones<sup>1</sup> termales situadas al sur y al oeste de Alhama de Aragón, que han dado lugar desde la época de los romanos a importantes aprovechamientos hidrotermales históricos. En la actualidad existen cuatro establecimientos balnearios, Termas Pallarés, Balneario Cantarero, Balneario Guajardo y Termas de San Roque, que utilizan surgencias termales que descargan un agua subterránea declarada de utilidad pública y clasificada como agua **minero-medicinal**<sup>2</sup>; además, se describen algunos otros manantiales que no han sido objeto de clasificación oficial, pero cuya agua es idéntica a la de las surgencias clasificadas, ya que todas ellas forman la parte visible de la descarga hidrotermal de un sistema acuífero muy extenso en el que la circulación subterránea tiene lugar a gran profundidad en las formaciones carbonatadas del Jurásico inferior y del Cretácico, y cuya descarga tiene lugar hacia el río Jalón en las inmediaciones de Alhama de Aragón.

Por tratarse de una zona de aprovechamiento vigente de agua minero-medicinal, el estudio de detalle tiene el doble objetivo, hidrogeológico y administrativo, de:

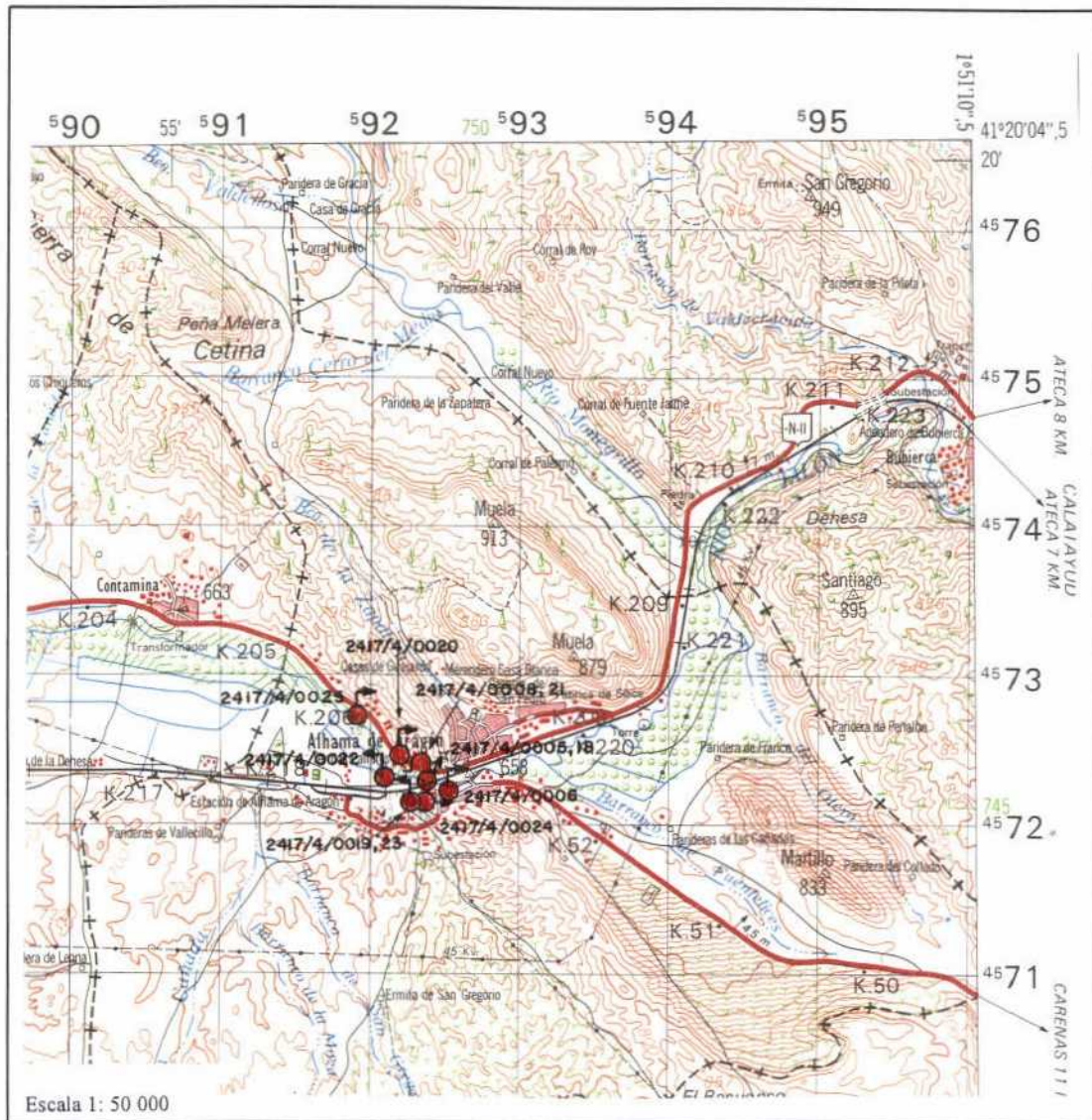
- identificar y caracterizar desde los puntos de vista geológico, hidrogeológico, hidrodinámico, hidrogeoquímico e isotópico el sistema acuífero que da origen a las surgencias, estableciendo el modelo conceptual de flujo y evaluando, en la medida de lo posible, los recursos hídricos del mismo; y
- justificar, delimitar y describir las medidas técnicas que se consideran

1 Con el término "captaciones" se hace referencia a sondeos, pozos y galerías, y, en general, a toda obra realizada para interceptar y captar un flujo subterráneo. El de "surgencias" implica salidas naturales y espontáneas de agua subterránea (manantiales, fuentes, salidas naturales hacia un río, etc.).

2 Por simplicidad terminológica, en lo sucesivo se incluirán en la denominación genérica de *agua mineral* a las aguas de origen subterráneo clasificadas administrativamente como "minero-medicinales", "minero-industriales", "minerales naturales", "de manantial" o "termales", reguladas administrativamente por la siguiente normativa: Ley de Minas (ley 22/1973, de 21 de julio), Reglamento General para el Régimen de la Minería (aprobado por el R.D. 2857/1978, de 25 de agosto), Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera (aprobado por el R.D. 863/1985, de 2 de abril) y sus ITC's, Reglamentación Técnico-Sanitaria para el Abastecimiento y Control de Calidad de las Aguas Potables de Consumo Público (aprobada por el R.D. 1138/1990, de 14 de septiembre), y Reglamentación Técnico-Sanitaria para la Elaboración, Circulación y Comercio de Aguas de Bebida Envasada (aprobada por el R.D. 1164/1991, de 22 de julio).

necesarias para asegurar una adecuada protección cualitativa y cuantitativa del sistema de flujo subterráneo hidrotermal de Alhama de Aragón y una óptima explotación de sus captaciones y surgencias, casi todas las cuales descargan un agua subterránea declarada de utilidad pública y clasificada como **agua minero-medicinal**.

En la fig. IV.3.1 se incluye un mapa general de situación de los balnearios de Alhama de Aragón y de las captaciones y surgencias hidrotermales históricas.



**FIG. IV.3.1**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA1:ALHAMA DE ARAGÓN  
PLANO DE SITUACIÓN GENERAL**

## 1.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA

Los baños de Alhama de Aragón fueron ya citados por los principales historiadores latinos de la antigüedad (Ptolomeo, Plinio, Antonino y Estrabón), que los referían como *Aqua Bilbitam vel Bilbitanorum* o *Aquae Bilbilitanae vel Bilbilitanorum*. No se conservan vestigios de la época romana, salvo que como tal se considere la terma primitiva (ahora Baño del Moro), que era una especie de pila excavada aprovechando una cavidad natural en la roca, parcialmente cubierta en la actualidad por las instalaciones balnearias de Termas de San Roque.

Es evidente que las aguas termales fueron utilizadas después por los árabes, de cuya lengua procede la voz *alhama*, pero tampoco se conocen restos de sus instalaciones, seguramente por sucesivos asolamientos que sufrió la plaza de Alhama durante los tiempos de la dominación árabe y de la reconquista, debido a su situación estratégica entre los reinos de Castilla y Aragón.

La primera mención moderna a las aguas de Alhama de Aragón aparece en la obra de Alfonso Limón Montero "Espejo Cristalino de las Aguas de España", editada en 1697, en la que se cita la existencia de varias fuentes en las dos márgenes del río Jalón.

En la "Historia Universal de las Fuentes Minerales de España" de Pedro Gómez de Bedoya, editada en los años 1764 y 1765, se cita la existencia de una casa de baños-hospedería en Alhama de Aragón, en la margen derecha del río Jalón (debe ser la edificación conocida como *Casita*, que fue construida alrededor de 1122 sobre las termas romanas originales, según refiere Tomás Parraverde en su Monografía de 1860). Esta primitiva instalación, tras diversas reformas y cambio de propietarios es la denominada actualmente como Termas de San Roque (antes Termas Martínez, Baños Viejos de San Roque, Baños Viejos o primitivos).

En los años 1845-1850 ya existían dos instalaciones balnearias, de acuerdo con la información reflejada en el "Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus Posesiones de Ultramar" de Pascual Madoz: los Baños Viejos, que son los baños primitivos mencionados en el

párrafo anterior, y los Nuevos. El establecimiento de los Baños Nuevos (corresponde al actual edificio de Baños de San Fermín, que forma parte del complejo de Termas Pallarés) fue construido en 1827 en la margen izquierda del río Jalón junto a la carretera Madrid-Zaragoza; además de las instalaciones de baño y hospedaje, el edificio servía como parador de la línea de coches-diligencia que unía Madrid con Barcelona.

El tercer establecimiento termal de Alhama fue construido en 1853 sobre unas surgencias de agua situadas en el mismo costado rocoso en el que estaban situados los Baños Viejos, según la extensa y completa descripción que realiza Tomás Parraverde, antiguo médico director de Alhama, en su "Monografía de las Aguas y Baños Minero-Termo-Medicinales de Alhama de Aragón", publicada en 1860. El nuevo edificio lindaba con el de los Baños primitivos, llamados Viejos, y se denominó originalmente Baños de San Roque (actualmente Balneario de Cantarero). En ese tiempo, los Baños Nuevos y habían pasado a denominarse Baños de San Fermín.

Entre 1860 y 1865 se construyeron las instalaciones del cuarto aprovechamiento, en orden cronológico de construcción, propiedad de Manuel Matheu. En los grabados que aparecen en una anónima "Reseña de las Termas y Establecimientos de Baños de la propiedad de D. Manuel Matheu en el término de Alhama de Aragón", publicada en 1865, se reconocen las instalaciones de Termas Matheu, que estaban compuestas por: los edificios de los actuales Hotel Termas y Hotel Parque (inicialmente casa de invierno y casa de verano, unidas por una galería en voladizo sobre la carretera Madrid-Barcelona), el edificio de la Cascada, el Lago Termal, un Palacio y el edificio del Baño Árabe (posteriormente Baños del Rey) construidos para alojamiento y casa de baños, respectivamente, del Rey Francisco de Asís de Borbón, marido de Isabel II, que realizó una cura de aguas en Alhama (nunca fueron utilizados para su fin original porque no llegaron a producirse posteriores visitas reales), y una fuente acondicionada en el jardín de la finca, actualmente destruida (ha sido inventariada con la denominación de La Meona).

En 1880 tuvo lugar la apertura del Balneario de Tello (actual Balneario Guajardo), de la que se da cuenta en el "Anuario Oficial de las Aguas

Minerales de España. Tomo II" publicado en 1883. En 1893 fue adquirido por Ramón Guajardo, quien cambió la denominación del establecimiento a la que se conserva en la actualidad.

A finales del siglo XIX el establecimiento de los Baños de San Fermín fue adquirido por Manuel Matheu, cuyas propiedades pasaron a denominarse Baños Termas Matheu y San Fermín. Hacia 1910, las instalaciones de Termas Matheu y San Fermín fueron transferidas a Ramón Pallarés por los herederos de Matheu. Por la misma época se dividió, probablemente como consecuencia de una herencia, la propiedad de los Baños Viejos y de los Baños Nuevos de San Roque.

Recientemente, en 1993, el Balneario Guajardo, que había permanecido cerrado desde 1990, fue adquirido por el Excmo. Ayuntamiento de Alhama, quedando la configuración actual de los establecimientos de Alhama de Aragón de la siguiente forma:

- **Baños de San Roque** (antes Baños Viejos, Baños Viejos de San Roque, Balneario Martínez). Un único edificio construido sobre las primitivas termas romanas, con instalaciones recientemente modernizadas.
- **Termas Pallarés**. Dispone de unas de las más completas instalaciones balnearias de España, compuesta por los siguientes edificios e instalaciones balnearias:
  - . Hotel Parque, con galería de baños en activo, alimentada por un manantial de los Baños del Rey.
  - . Hotel Termas, con galería de baños fuera de uso desde 1977 aproximadamente, pero con utilización hotelera.
  - . Hostal de los Baños de San Fermín y Cuenta, sin uso de las instalaciones hoteleras ni de la galería de baños desde 1984.
  - . Baños del Rey, edificio cerrado y fuera de uso prácticamente desde la Guerra Civil de 1936.
  - . La Cascada, especie de baño turco, situada en los bajos de un hotel cerrado durante la guerra.

Lago termal.

- **Balneario de Cantarero** (antes Baños de San Roque y Baños Nuevos de San Roque). Consta de dos edificios, baños y hotel, unidos por un pasaje elevado sobre la calle que los separa.
- **Balneario Guajardo** (antes Balneario de Tello). Consta de un único edificio con galería de baños e instalaciones hoteleras.

La primera referencia oficial a los baños de Alhama de Aragón aparece en el Real Decreto de 29/6/1816, por el que se instituyeron las direcciones de aguas y baños minerales de 31 establecimientos del territorio español (de Aragón están incluidos Alhama, Panticosa, Quinto y Tiermas).

Por información recibida de los actuales propietarios, las aguas de las Termas de San Roque (antiguos Baños Viejos) y las de los aprovechamientos de Termas Pallarés fueron declaradas de utilidad pública por un R.D. de 6/11/1867.

Posteriormente, la Gaceta de Madrid de 16/4/1869 recoge una Nota de la Dirección General de Beneficencia y Establecimientos Penales en la que se indican "las temporadas en que están abiertos los establecimientos de baños y aguas minerales que han obtenido la declaración de utilidad pública, su concurrencia, nombre de los directores facultativos,...". Entre los establecimientos citados están los de Alhama, sin especificar denominaciones, con sus aguas clasificadas como ácido-carbónicas sin hierro.

Las aguas de Alhama de Aragón también aparecen en la relación de los manantiales que gozan de declaración de utilidad pública al 15/4/1873 incluida en la "Guía-Manual de Baños y Aguas Minerales destinada al servicio público" de 1873.

Con posterioridad, mediante un RD del 31/3/1881, publicado en la Gaceta de Madrid del 1/4/1881, fueron declaradas de utilidad pública "las aguas que nacen en la propiedad de D. José Tello Cubero", que en la actualidad corresponden al Balneario Guajardo.

Más reciente es la declaración como minero-medicinales de las aguas del Balneario de Cantarero, que recibieron la citada clasificación por

resolución de la Dirección General de Minas del Ministerio de Industria de 9/11/1973, publicada en el BOE nº 6/74 de 7/11/1974.

Finalmente, como resultado de una solicitud de concesión de explotación de 15/7/1987, promovida conjuntamente por los cuatro aprovechamientos entonces existentes (Balnearios Guajardo, Cantarero, Martínez y Termas Pallarés), la Dirección General de Industria y Energía de la Diputación General de Aragón otorgó a los solicitantes la Concesión de Explotación directa, con el nº 2 702 de Zaragoza, por resolución de 18/5/1989, previa demarcación por los técnicos de la citada dirección del perímetro de protección solicitado para la concesión, que abarca 12 cuadrículas mineras.

### 1.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

El fondo de publicaciones relacionadas con las aguas minerales recopilado en el marco del **EAMA** incluye 78 documentos en los que se citan los aprovechamientos hidrotermales de Alhama de Aragón, aunque sólo 12 se refieren específicamente a los distintos balnearios de Alhama; la relación de todos ellos, junto con una sinopsis de su contenido se adjunta en la ficha de inventario de las surgencias de los Baños del Rey (2417/4/0003). En dicha base documental hay varias publicaciones que recogen datos parciales de caudal y temperatura de surgencia en los distintos puntos de interés, aunque muchas de ellas repiten los valores reflejados en trabajos anteriores<sup>3</sup>. En realidad, a parte de la efectuada en el marco del **EAMA**<sup>4</sup>, que afecta a todos los puntos en los que en la actualidad es posible controlar su caudal y temperatura, no hay ninguna valoración que se refiera a todas las surgencia de Alhama, debido a que los datos recogidos en alguno de los documentos más completos se refieren a los manantiales aprovechados en la época de su publicación, cuando no estaban en marcha todos los establecimientos que se conocen hoy día.

Sólo se dispone de valoraciones originales de caudales contenidas en las 5 publicaciones siguientes:

- [1] "Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar". Pascual Madoz. La Ilustración. Impr. establ. tipográfico-literario Universal; Madrid, 1845-1850.

Edición facsímil-composición relativa a Aragón (3 tomos). Ámbito Ediciones, S.A. y Diputación General de Aragón; Valladolid, 1985.

- [2] "Tratado completo de las fuentes minerales de España". Pedro María Rubio. Estab. Tip. de D.R.R. de Rivera; Madrid, 1853 (740 págs).

3 La referencia [5] "Balneario de Alhama de Aragón. Consideraciones sobre el grupo de manantiales de aguas mineromedicinales de Alhama de Aragón". J.M. López Azcona. Anales de la Real Academia de Farmacia, nº 2; Madrid, 1983 (páginas 335-358)" incluye, junto con datos propios, valores tomados de la referencia [1] y de las actuaciones de la Sección de Minas de Zaragoza recogidas como referencias [6] y [7].

4 **EAMA** es la abreviatura de la denominación simplificada (Estudio de las Aguas Minerales de Aragón) de PROYECTO PARA EL ESTUDIO Y EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS AGUAS MINERO-MEDICINALES, MINERO-INDUSTRIALES, TERMALES Y DE BEBIDA ENVASADAS EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ARAGÓN.

- [3] "Monografía de las aguas y baños minero-termo-medicinales de Alhama de Aragón". Tomás Parraverde y Aguilar. Imp. Gabriel Alhambra; Madrid, 1860 (143 págs).
- [4] "Estudio hidrogeológico de las termas de Alhama de Aragón (Zaragoza)". Francisco Hernández Pacheco. 1<sup>er</sup> Congreso Luso-Español de Hidrología; Lisboa, 1947 (págs. 421-440).
- [5] "Balneario de Alhama de Aragón. Consideraciones sobre el grupo de manantiales de aguas mineromedicinales de Alhama de Aragón". J.M. López Azcona. Anales de la Real Academia de Farmacia, nº 2; Madrid, 1983 (páginas 335-358).

Por lo que respecta a las temperaturas, no se ha seleccionado ninguna referencia bibliográfica porque la mayoría de ellas contienen valores generales para todas las aguas de Alhama.

También se han tenido en cuenta los estudios e informes de carácter hidrogeológico y geotérmico realizados por el **ITGE** y la **CHE**, y los trabajos específicos referidos a las *aguas minerales* de Aragón. Todos ellos están reflejados en las Referencias Bibliográficas Básicas que acompañan al listado de puntos inventariados en la provincia de Zaragoza que figura al inicio del Tomo II.3. Además, como es lógico, se ha considerado la información recogida en los reconocimientos llevados a cabo en el **EAMA**.

Además de la documentación referida, se ha contado con la información recogida en los Archivos Nacionales de Puntos de Agua y de Puntos de Aguas Minero-Medicinales y de Bebida Envasadas, que mantiene el **ITGE**, y con los expedientes administrativos existentes en las Sección de Minas de Zaragoza de la Diputación General de Aragón, y con 4 actas de actuaciones efectuadas por dicha Sección:

- [6] Medidas de caudal efectuadas los días 21-22/9/1944 en las captaciones del Hotel Termas y Hotel San Fermín y Cuenta (Termas Pallarés) y del Balneario Guajardo.
- [7] Medidas de caudal efectuadas el 14/9/60 en la captación del Hotel Termas (Termas Pallarés).
- [8] Medidas de caudal efectuadas el 31/1/61 en la surgencia del

**Balneario Guajardo.**

- [9] **Medidas de caudal efectuadas el 2/5/1991 en los manantiales del Balneario de Cantarero.**

#### **1.4. HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA DESCARGA SUBTERRÁNEA HIDROTÉRMICA DE ALHAMA DE ARAGÓN**

Las surgencias y captaciones de los aprovechamientos balnearios de Alhama de Aragón, junto con el resto de las salidas de agua termal, visibles o no, hacia el río Jalón a su paso por la citada localidad, forman parte de la descarga del Subsistema Acuífero del borde norte de la sierra de Solorio, perteneciente al Sistema Acuífero 57 "Mesozoico de Monreal-Gallocanta", según la división efectuada en el PIAS. Se trata de un sistema acuífero de gran extensión, que ocupa una superficie total aproximada de 1 050 km<sup>2</sup>, repartidos sobre las provincias de Guadalajara, Soria y Zaragoza, a la que corresponden unos 500 km<sup>2</sup> en el sector delimitado aproximadamente por los ríos Henar, Jalón y Piedra.

Geológicamente, el dominio acuífero está situado en el borde occidental de la Rama aragonesa de la Cordillera Ibérica. En él afloran materiales desde el Paleozoico hasta el Cuaternario, con disposición sensiblemente tabular afectada por grandes fracturas de dirección ibérica (NO-SE), que dan lugar a fuertes desplazamientos verticales, y, secundariamente, por fracturas de dirección ENE-OSO.

Los acuíferos principales son:

- El Jurásico inferior (Lías), compuesto por brechas calcáreas, conio-las, calizas y dolomías tableadas, calizas margosas y margas, con una potencia total máxima de unos 350 m.
- El Cretácico superior, constituido por un conjunto calizo-dolomítico de unos 300 m de espesor total.

Separando ambos conjuntos acuíferos se encuentra el Cretácico inferior en facies Utrillas, conjunto de baja permeabilidad compuesto por arenas, microconglomerados, arcillas y lutitas.

El substrato del sistema lo constituyen las arcillas, lutitas, margas y yesos del Triásico en facies Keuper.

A techo del Cretácico superior aparece el Terciario, representado por

el relleno mioceno del extremo SE de la depresión de Almazán, compuesto por conglomerados, areniscas y lutitas, de carácter poco permeable y varios cientos de metros de espesor.

Localmente tienen importancia hidrogeológica los rellenos aluviales de los ríos Mesa y, sobre todo, Jalón. En el aluvial de este último se produce la mayor parte de la descarga termal del conjunto acuífero mesozoico, aunque la mayoría de los aprovechamientos balnearios utilizan surgencias individualizadas que tienen lugar en los afloramientos de las calizas del Cretácico superior (Coniaciense).

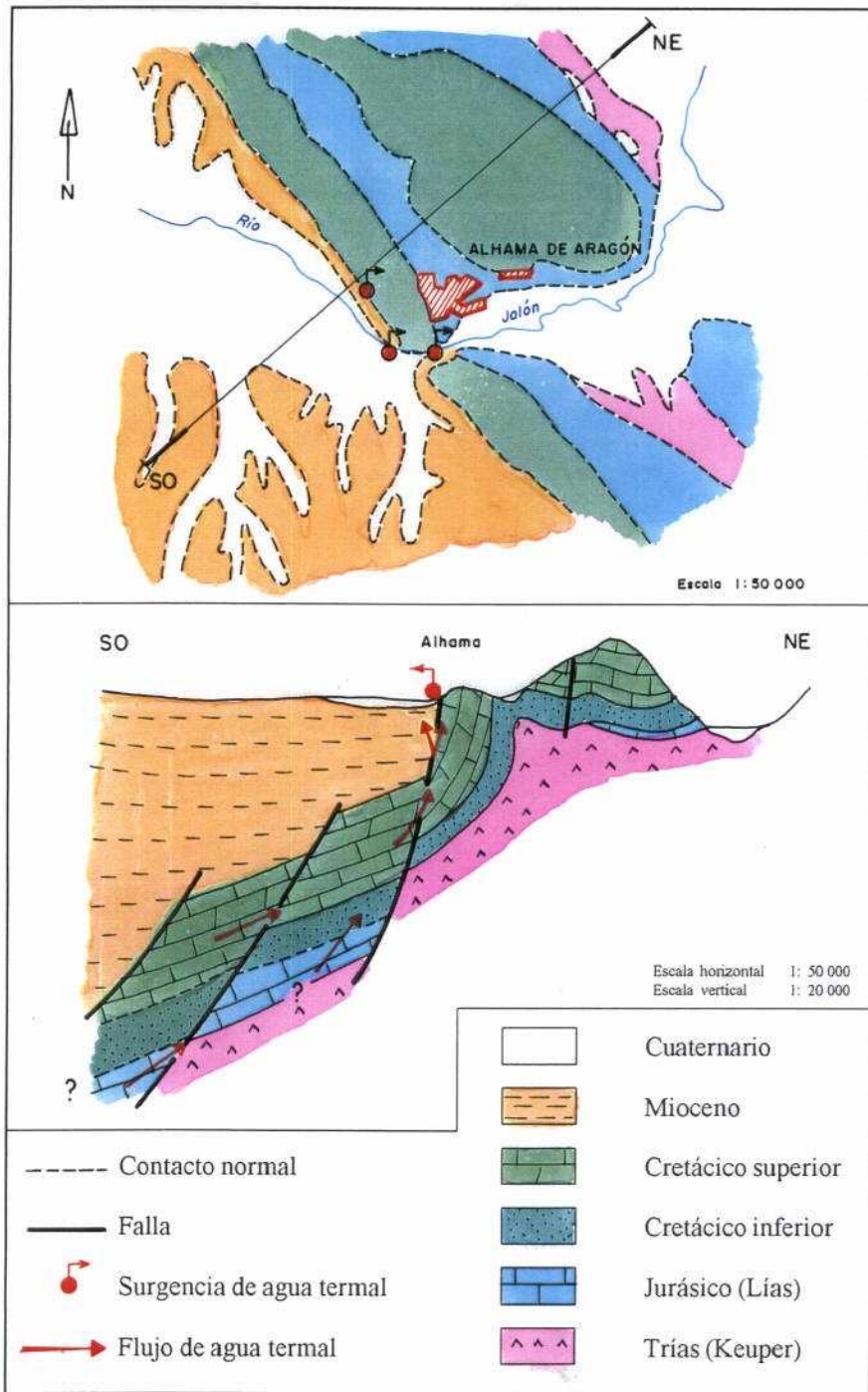
Las formaciones acuíferas, afectadas por una intensa fracturación y con fenómenos de carstificación, afloran extensamente en el sector SO de la unidad y, a partir de la alineación Jaraba-Ibdes, que coincide con una importante fractura, se hunden bajo el potente relleno terciario, para volver a aflorar en una banda de dirección NO-SE al N de Alhama de Aragón, donde las series mesozoicas se apoyan en el umbral paleozoico de Ateca, adquiriendo posición subvertical.

En la fig. IV.3.2 se incluye un esquema y corte hidrogeológico de detalle de los alrededores de la zona de descarga termal de Alhama de Aragón.

#### **1.4.1. Esquema de circulación subterránea**

La recarga principal del sistema se produce por infiltración en los afloramientos jurásicos y cretácicos de la sierra de Solorio y sus estribaciones, a cotas comprendidas entre 1 000 y 1 300 m s.n.m. El flujo subterráneo tiene lugar en sentido SO-NE, a gran profundidad, a través de las formaciones carbonatadas del Jurásico inferior y del Cretácico superior.

El conjunto mesozoico está hundido y recubierto por materiales terciarios de varios cientos de metros de espesor y baja a muy baja permeabilidad, que conforman un techo seriamente confinante para la circulación subterránea. El flujo a gran profundidad y a través de un sistema muy extenso determina un tiempo de residencia del agua muy elevado (decenas de años), y determina el carácter termal de las



**FIG. IV.3.2**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA1:ALHAMA DE ARAGÓN  
ESQUEMA Y CORTE HIDROGEOLÓGICO DE DETALLE**

emergencias; de la misma forma, el prolongado contacto con los materiales evaporíticos del Trías y los arenosos del Albiense explica los relativamente altos contenidos en sales y sílice del agua termal que emerge en Alhama.

La descarga se produce en sentido ascendente como consecuencia de la "verticalización" y afloramiento de los materiales acuíferos cretácicos, que se produce en el borde nordeste de la estructura, concretamente en Alhama y sus alrededores, donde afloran el Trías y el Paleozoico. El acuífero jurásico no aflora, pero es indudable su presencia en la base de la estructura, de modo que el agua subterránea que circula por él se descarga hacia el Cretácico superior, bien a través de los materiales de la facies Utrillas intermedia, bien directamente a través de zonas fracturadas o en sectores de contacto directo entre las dos series carbonatadas mesozoicas. La descarga del agua termal tiene lugar en las proximidades del cauce del río Jalón, es decir, en las zonas de menor altitud, donde la cota topográfica está en torno a los 660 m s.n.m. Las salidas del agua se producen directamente en zonas de fractura de las propias calizas del Cretácico superior o hacia el relleno aluvial del río, que debe albergar un pequeño acuífero libre.

A la parte principal, la descrita, del flujo hidrotermal de Alhama se superpone una componente secundaria debida a la recarga que tiene lugar en los afloramientos del Cretácico superior en la zona próxima a la de descarga, es decir, la estrecha banda de dirección NE-SO adosada al Paleozoico, entre Embid de Ariza y el embalse de la Tranquera.

De acuerdo con lo descrito, la descarga del flujo hidrotermal de Alhama de Aragón tiene dos componentes:

- Una, mayoritaria, termal (temperatura superior a 32 °C), infiltrada en zonas muy alejadas (decenas de km) del área de descarga, y de régimen sensiblemente constante dadas la geometría y el hidrodinamismo de las formaciones atravesadas: circulación subterránea profunda y muy lenta a través de un acuífero de gran extensión que absorbe las variaciones del

régimen de recarga por infiltración en zonas francamente alejadas de la de surgencia del agua.

- Otra, minoritaria, fría, de infiltración local y, por tanto, corto recorrido, pequeño tiempo de residencia en el subsuelo y régimen variable, estrechamente ligado a las oscilaciones estacionales de la precipitación.

#### 1.4.2. Tiempo de residencia en el subsuelo y temperatura máxima en profundidad

Las dataciones isotópicas realizadas en el marco del EAMA, a partir de la determinación del contenido en tritio del agua de seis de los puntos de agua termal inventariados, junto con las realizadas por el ITGE en 1981<sup>5</sup>, permiten una interpretación bastante realista, aunque no totalmente inequívoca, de la edad del agua que, de acuerdo con el esquema de circulación descrito en los párrafos anteriores, se descarga en las surgencias hidrotermales tradicionales de Alhama de Aragón. En efecto, los valores determinados, incluidos en la tabla adjunta, pueden ser interpretados según dos vías.

Punto	Tritio (UT)
2417/4/0005	5,8 ± 1,6
2417/4/0006	6,0 ± 2,0
2417/4/0008	6,7 ± 1,4
2417/4/0018	3,2 ± 2,0
2417/4/0019	5,9 ± 1,6
2417/4/0020	8,4 ± 1,6

La primera, y más verosímil, de las interpretaciones consiste en suponer que se trata de un agua infiltrada antes de que en 1952

5 En el "Estudio de las manifestaciones termales de Extremadura-Salamanca-Aragón-Rioja, orientadas a su posible explotación como recursos geotérmicos" (ITGE, 1982), se efectuaron determinaciones de tritio en la galería del Hotel Termas (2417/4/0008) y en la surgencia del Lago Termal (2417/4/0019), obteniéndose unos contenidos de  $0,6 \pm 1,0$  y  $0,2 \pm 1,2$  UT, respectivamente. Estos resultados indican un agua anterior a 1952 con prácticamente ausencia de mezcla con aguas más recientes. Es decir, en 1982, el agua de la surgencia hidrotermal de Alhama de Aragón tenía entonces, como mínimo, una antigüedad de 30 años.

comenzasen las pruebas termonucleares en la atmósfera, que tendría prácticamente ausencia de tritio, mezclada con agua de infiltración más o menos reciente, cuyo contenido en tritio es, como máximo, de unas pocas decenas de UT. La posibilidad de mezcla está apoyada por la existencia de oxígeno disuelto en el agua en concentraciones moderadas, entre 4 y 6 ppm, en las surgencias menos aireadas.

La segunda posibilidad, poco probable, es que se trate de agua correspondiente a los primeros experimentos nucleares. En este caso, la única forma de comprobar la verosimilitud de la hipótesis es observar la evolución del contenido en tritio del agua termal de Alhama, que debería ir en aumento en los próximos años.

Cualquiera de los dos supuestos supondría un tiempo de residencia subterránea del agua termal que se descarga en Alhama de aragón de, como mínimo, 40 años.

Por otro lado, los cálculos geotermométricos realizados en el EAMA, junto con los efectuados en el estudio citado previamente<sup>5</sup> y en otro posterior<sup>6</sup>, también realizado por el ITGE, han permitido estimar en unos 50 °C la temperatura geotermométrica del sistema, que coincide con el equilibrio isotópico de los sulfatos disueltos y el agua. Esa temperatura alcanzada por el agua subterránea termal en el subsuelo significa que las formaciones acuíferas mesozoicas llegarían a estar a unos 1 300 m de profundidad teórica por debajo de la zona de descarga<sup>7</sup>.

#### **1.4.3. Mezclas de aguas subterráneas distintas en las captaciones y surgencias hidrotermales**

De acuerdo con el esquema de flujos subterráneos descrito anteriormente, las surgencias de agua termal que se producen a través de zonas fisuradas en los afloramientos calizos del Cretácico superior

6 "Proyecto para la realización de estudios geoquímicos de isótopos y gases en distintas zonas con manifestaciones termales del territorio nacional", realizado por el ITGE en 1986.

7 Dicha estimación se basa en una temperatura media ambiente local de 11°C, y un gradiente geotérmico supuesto normal, es decir, 3° C/100 m.

tienen un mayor o menor grado de mezcla con aguas frías de infiltración reciente en los afloramientos situados al NO y SE de Alhama. Esta mezcla se produce de forma natural por la estructura del acuífero, de forma que puede afirmarse que es inevitable, pero no deja de tener trascendencia por la repercusión que, como se indica más adelante, puede tener sobre la calidad del agua termal.

Por su parte, el tramo acuífero libre albergado en los depósitos aluviales del río Jalón recibe por su muro la mayor parte de la descarga del flujo hidrotermal, haciendo de esa forma posible su mezcla con la somera y, por tanto, muy fría circulación subterránea de aquél. En las condiciones expuestas, es claro que cualquier captación realizada en dichos depósitos aluviales captará necesariamente, en mayor o menos proporción, una mezcla de aguas subterráneas: las termales, de circulación profunda y largo tiempo de residencia en el subsuelo, y las frías, superficiales y de infiltración reciente.

Sin embargo, es preciso tener en cuenta que el riesgo de extraer un agua subterránea resultante de la mezcla descrita en el párrafo anterior no está limitado a las captaciones excavadas exclusivamente en los depósitos detríticos del aluvial. En efecto, un sondeo que, después de atravesarlos sin captarlos (por una adecuada cementación del tramo inicial correspondiente al relleno) penetrase en el acuífero cretácico, o que estuviera emboquillado directamente sobre calizas podría fácilmente inducir un aporte de agua superficial (del río) y/o subterránea (del tramo acuífero libre) si el nivel piezométrico en bombeo se situase a cota más baja (menor carga hidráulica) que la del nivel de la superficie libre en el acuífero aluvial. Si, además de un bombeo en las condiciones indicadas, el sondeo no estuviese adecuadamente aislado a la altura de los depósitos aluviales, el aporte de agua desde dicho acuífero libre se vería acelerado.

#### **1.4.4. Recursos hidrotermales de Alhama de Aragón**

Resulta francamente difícil evaluar la descarga hidrotermal total que tiene lugar en el entorno de Alhama de Aragón, ya que la única posibilidad de obtener un valor representativo es realizar aforos

en dos secciones del río Jalón localizadas aguas arriba y aguas abajo de la zona de descarga termal, controlando simultáneamente la red de acequias de regadío. Esta operación es difícil de efectuar debido al estado del cauce del río, muy invadido por vegetación y con orillas de difícil acceso, que impide localizar dos secciones adecuadas para un aforo con molinete; de hecho, durante los trabajos del EAMA fue imposible realizar los aforos.

Afortunadamente, se dispone de varios aforos diferenciales realizados en 1987 por el ITGE como parte de las actividades del "Estudio de detalle del borde septentrional de la sierra de Solorio (Zaragoza)". De los 6 aforos disponibles (se efectuó una medida al mes entre enero y junio de 1987), el que permite una mejor aproximación de la descarga termal es el que se efectuó el 26/6/1987: en dicha fecha, el caudal del Jalón era de 40 l/s a la altura de Cetina (unos 5 km aguas arriba de Alhama), y de 474 l/s aguas abajo de Alhama. Teniendo en cuenta que las acequias de riego no transportaban agua el día indicado, se puede estimar que **la descarga hidrotermal total de Alhama de Aragón es de unos 435 l/s**, ya que parece que las medidas de caudal se realizaron en un momento en el que la componente local y fría de la descarga debía ser mínima.

Como acotación mínima de la descarga termal puede utilizarse la suma de todos los caudales que fue posible medir en los reconocimientos hidrogeológicos del EAMA. De acuerdo con los valores que se reflejan en el apartado siguiente, una acotación mínima, aunque con una componente no despreciable de agua de fría de infiltración local, de la descarga hidrotermal de Alhama de Aragón es de **302,6 l/s**.

## **1.5. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS SURGENCIAS Y CAPTACIONES DE AGUA MINERAL DE ALHAMA DE ARAGÓN**

La descarga hidrotermal que tiene lugar en el entorno de Alhama de Aragón está individualizada en numerosos puntos, la mayoría de los cuales poseen clasificación oficial como de agua minero-medicinal y están aprovechados por los cuatro establecimientos balnearios existentes. Además de la descarga difusa hacia el aluvial del Jalón hay otros manantiales, de los cuales sólo se ha inventariado uno, situado en las afueras del pueblo, que es aprovechado en la actualidad para abastecer un estanque en el área recreativo-deportiva municipal. En los siguientes subapartados se describen, agrupados por aprovechamientos balnearios, todos los puntos de surgencia y captación con clasificación oficial, cuya situación se ha representado en la fig. IV.3.3. La posición de todos los puntos de agua que se describen seguidamente se ha deducido a partir de su localización aproximada en la hoja 24-17 (436) "Alhama de Aragón" del Mapa General de España a escala 1: 50 000.

### **1.5.1. Termas Pallarés**

#### **a. Galería del Hotel Termas (2417/4/000)**

Está situada en la planta sótano del Hotel Termas. Es una galería de captación de unos 40 m de longitud actual (según un informe del Distrito Minero de Zaragoza de 1960, la galería tenía entonces una longitud de 113,44 m), de 1,3 m de alto por 0,7 m de ancho, que hacia el exterior del punto de emboquillado continúa por medio de un canal cubierto desde el que, mediante tomas directas con grifo, se suministra el agua a las bañeras, situadas en 11 habitaciones alineadas a lo largo de la conducción, que componen la galería de baños.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento son:

X = 592,350

Y = 4 572,400

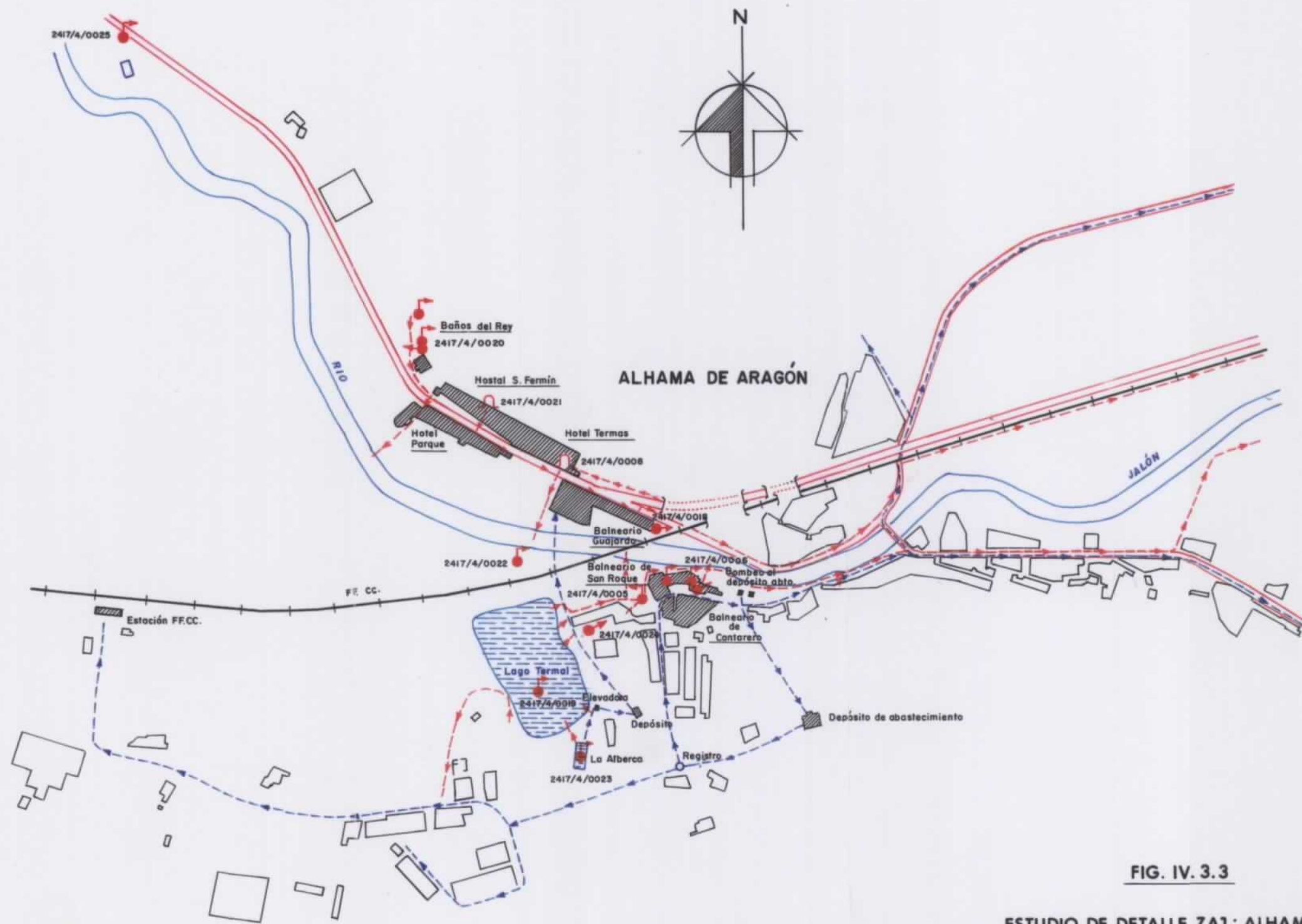

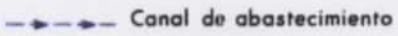
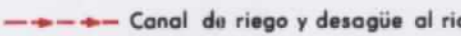


FIG. IV. 3.3

ESTUDIO DE DETALLE ZA1 : ALHAMA DE ARAGÓN  
 LOCALIZACIÓN DE SURGENCIAS Y APROVECHAMIENTOS

ESCALA 1:5 000

-  Manantial
-  Canal de abastecimiento
-  Canal de riego y desagüe al río

Z = 660 m s.n.m.

Los valores del caudal descargado y la temperatura del agua termal reflejados en los documentos históricos referidos al final del apartado 1.3., y el año de su publicación, son:

[6] Q = 9,17 l/s 1944

[7] Q = 8,050 " 1960

Los días 23/3/1992 y 13/3/1993, fechas en las que se llevaron a cabo dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de caudal y temperatura:

Q = 11,63 l/s t = 32,2 °C

Las diferencias que se observan en los caudales aforados no son fácilmente justificables, ya que las características de la galería de captación son las mismas en todas ellas. Únicamente la medida de 1960 debe estar afectada por las obras del túnel de la carretera N-II a su paso por Alhama, que interceptó algunas zonas fracturadas por las que surgió agua termal. La diferencia entre las otras dos medidas sólo puede atribuirse a dos circunstancias: una, la desconocida fiabilidad de la medida de 1944 frente a la muy fiable medida de 1992, y otra, la presencia en 1992 de una mayor proporción de la componente local y fría de la descarga.

Desde luego, la muestra de agua tomada el 13/3/1993 dio un contenido de  $6,7 \pm 1,4$  UT que refleja un apreciable grado de mezcla de agua termal con más de 40 años de permanencia en el subsuelo con agua fría infiltrada en los afloramientos calizos próximos a la zona de descarga.

Las instalaciones están en desuso desde hace unos 15 años a causa de las avenidas del río Jalón que inundan periódicamente la galería, cada vez con más frecuencia, como consecuencia de la elevación que ha ido experimentando con el tiempo el lecho del río.

**b. Galería de Termas San Fermín (2417/4/0021)**

Está situada en los bajos del edificio del Hostal San Fermín. Es una galería de drenaje de dimensiones desconocidas que continúa mediante un canal cubierto que discurre a lo largo de la pared de la galería de baños, compuesta por 6 habitaciones con sus respectivas bañeras, dispuestas alineadamente a lo largo de la conducción, desde la que se toma el agua directamente para cada bañera.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento son:

$$\begin{aligned} X &= 592,350 \\ Y &= 4\,572,450 \\ Z &= 660 \quad \text{m s.n.m.} \end{aligned}$$

Los valores del caudal descargado y la temperatura del agua termal reflejados en los documentos históricos referidos al final del apartado 1.3., y el año de su publicación, son:

[1]	Q = 2,352 l/s	1845 ?
[2]	Q = 2,29 "	1853
[3]	Q = 5,33 "	1860
[6]	Q = 20,33(?) "	1944

Los días 23/3/1992 y 13/3/1993, fechas en las que se llevaron a cabo dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del **EAMA**, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de caudal y temperatura:

$$Q = 4,72 \quad \text{l/s} \quad t = 32,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Con la excepción del caudal aforado en 1944 que, evidentemente, es erróneo, la diferencia que se observa entre los dos primeros caudales (los recogidos en las referencias [1] y [2]) y los correspondientes a la referencia [3] y al aforo efectuado en el **EAMA** son atribuibles, sin duda, a cambios en la

captación del agua, que, entre 1853 y 1860, debió pasar de ser una surgencia en condiciones naturales a una galería de drenaje. Por su parte, la pequeña diferencia entre los valores de 1860 y de 1992 puede deberse a taponamiento parcial de las zonas fisuradas de surgencia o de las conducciones, aunque también puede ser reflejo de diferentes proporciones en la componente local y fría de la descarga, que sería mayor en la más antigua.

Las instalaciones están en desuso por las mismas razones que las del Hotel Termas. La captación no parece presentar problemas, aunque para la puesta en servicio de la galería habría que acondicionar las cabinas y las bañeras, deterioradas por la falta de uso desde hace unos 15 años.

**c. Manantiales de Baños del Rey (2417/4/0020)**

Bajo la denominación de Baños del Rey se incluyen 3 manantiales situados dentro o en los alrededores del edificio denominado Baños del Rey, construcción singular situada en las afueras de Alhama, que fue edificada para ser utilizada como casa de baños por el rey Francisco de Asís de Borbón.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas del emplazamiento del edificio son:

X = 592,200  
Y = 4 572,500  
Z = 660 m s.n.m.

Uno de los manantiales está localizado dentro del edificio de Baños del Rey, a cuyo interior no es posible acceder, por encontrarse en estado semirruinoso. El agua sale a una acequia colectora que tiene su origen en el excedente del manantial que abastece al Hotel Termas.

El día 25/3/1992, fecha en la que se llevó a cabo uno de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en

el marco del **EAMA**, se midió el siguiente valor de caudal:

$$Q = 28,68 \text{ l/s}$$

El segundo de los manantiales, el menos importante de los tres, nace en el escarpe calizo, a pocos metros del edificio de Baños del Rey. El agua se recoge en un pequeño depósito y sale, en parte, por una tubería de unos 15 m de longitud que termina en un grifo que vierte a un pequeño pilón con desagüe en la acequia colectora; el resto del agua rebosa en el depósito de la pared rocosa y va por un pequeño canal a la acequia colectora.

El día 25/3/1992, se midió el siguiente valor de caudal:

$$Q = 1,96 \text{ l/s}$$

El **manantial del Hotel Parque** surge unos 100 m aguas arriba del edificio de Baños del Rey. Desde el punto de surgencia, el agua es conducida por un canal cubierto hasta un distribuidor situado en cabeza de un aljibe que sirve de depósito regulador para el agua antes de ser usada en las instalaciones de baños e inhalaciones del hotel, hasta las que llega por una tubería enterrada. El agua excedente se conduce desde el aljibe a la acequia colectora o hasta un lavadero que desagua finalmente en la misma acequia.

Los días 25/3/1992 y 13/3/1993, fecha en la que se llevaron a cabo dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del **EAMA**, se midieron los siguientes valores de caudal y temperatura:

$$Q = 12,75 \text{ l/s} \quad t = 31,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

No existen valores históricos que puedan ser comparados con los caudales de surgencia actuales que, al menos en el caso del Manantial del Hotel Parque, corresponde a una mezcla de agua

termal profunda y anterior a 1952 con una apreciable proporción de agua fría de infiltración local, tal como pone de relieve el contenido en tritio,  $8,4 \pm 1,6$  UT, de la muestra de agua tomada en 1993 en el marco del **EAMA**.

El acondicionamiento del manantial citado es muy antiguo y bastante deficiente, impropio del uso que se da actualmente al agua: es el soporte de la balneoterapia termal de un establecimiento tan antiguo como prestigioso entre los del ramo en España. Realmente, la captación resulta muy vulnerable a una eventual contaminación. Para eliminar este riesgo sería preciso realizar las obras oportunas para garantizar la estanqueidad y salubridad de la conducción del agua termal, entre el punto de surgencia y la galería de tratamientos del Hotel Parque.

**d. Fuente La Meona (2417/4/0022)**

El agua surge en una pequeña excavación practicada en el aluvial de la margen derecha del Jalón. Antigüamente estaba acondicionada como una fuente circular con monolito en el centro, que está actualmente seca, ya que el agua es derivada por medio de un tubo que descarga libremente en una acequia que desemboca en el cauce del río. Es decir, en la actualidad no se utiliza esta captación.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento son:

$$X = 592,100$$

$$Y = 4\,572,325$$

$$Z = 660 \quad \text{m s.n.m.}$$

Los días 23/3/1992 y 13/3/1993, fechas en las que se llevaron a cabo dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del **EAMA**, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de caudal y temperatura:

$$Q = 2,20 \quad \text{l/s} \quad t = 29,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

**e. Manantial La Alberca (2417/4/0023)**

Es una alberca excavada en el aluvial del Jalón, de 10 x 20 x 1 m aproximadamente, que recoge y almacena el agua que surge en su fondo. La captación desagua por medio de dos conducciones: una acequia de unos 40 m de longitud, que conduce el agua hasta el lago termal, y otra que también deriva al lago o la conduce a una estación de bombeo que eleva el agua a un pequeño depósito situado en parque de Termas Pallarés, desde el que, por gravedad, el agua va hasta el edificio del Casino.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento son:

$$\begin{aligned} X &= 592,275 \\ Y &= 4\ 572,125 \\ Z &= 660 \quad \text{m s.n.m.} \end{aligned}$$

Su caudal no pudo ser aforado individualmente durante los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA. Un aforo realizado durante el reconocimiento efectuado el día 12/3/93, que incluye el caudal conjunto de descarga del manantial "La Alberca", de los manantiales del Lago Termal y del manantial de La Cascada que desagua en el lago cuando éste está vacío, dio un caudal total de 215,3 l/s. Ese mismo día, el ITGE midió el siguiente valor de temperatura en la surgencia de La Alberca:

$$t = 27,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

**f. Manantiales de La Cascada (2417/4/0024)**

Son dos pequeñas galerías que captan el agua termal en los afloramientos calizos de la margen derecha del río Jalón, a una veintena de metros de la parte posterior de un edificio anexo al hotel La Cascada. Desde la zona de surgencia, el agua es conducida por sendos canales cubiertos. Cuando el Lago Termal está lleno, los dos manantiales alimentan a La Casca-

da, que es una especie de baño turco donde se realizan tratamientos por inhalación del vapor que se desprende al caer un chorro de agua espectacular (formado por las aportaciones de los dos manantiales denominados de "La Cascada" y por el rebosamiento del lago termal) por una cascada de obra, mientras que cuando el lago termal está vaciado (el lago se vacía todos los años durante la primera del mes de marzo para limpieza y reparación de acequias de riego) uno de los manantiales desagua en el lecho del lago y el otro lo hace directamente al río.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento son:

$$\begin{aligned} X &= 592,350 \\ Y &= 4\ 572,150 \\ Z &= 660 \quad \text{m s.n.m.} \end{aligned}$$

Por las características de las captaciones y conducciones de agua, los dos manantiales no pueden ser aforados individualmente. El día 12 /3/1992, fecha en la que se llevó a cabo uno de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del **EAMA**, se realizó un aforo del caudal conjunto de descarga del manantial "La Alberca", de los manantiales del Lago Termal y del manantial de La Cascada que desagua en el lago cuando éste está vacío. El valor del caudal conjunto citado y el de la temperatura medida en la descarga al lago de uno de los manantiales de La Cascada en la fecha citada son:

$$Q = 215,3 \quad \text{l/s} \quad t = 30,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Las captaciones no presentan problemas, dado el uso a que se destina el agua.

**g. Manantiales del Lago Termal (2417/4/0019)**

El lago termal es una excavación de gran superficie en el aluvial del río Jalón que, a nivel máximo de llenado de agua, tiene una extensión aproximada de 25 000 m<sup>2</sup>. Recoge la

surgencia que se produce en varios puntos del fondo del lago y la del manantial "La Alberca". La salida del agua se produce, en parte, por filtraciones directas no cuantificables hacia el aluvial del río y, mayoritariamente, por rebosamiento hacia una arqueta de distribución, desde la que una parte del agua se eleva por bombeo hasta la cascada para inhalaciones, mientras que el resto excedente se deriva hacia una acequia de riego y/o al río.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento son:

$$\begin{aligned} X &= 592,275 \\ Y &= 4\ 572,200 \\ Z &= 660 \quad \text{m s.n.m.} \end{aligned}$$

Por las características de la red de conducciones de agua, el agua que brota en el fondo del lago no puede ser aforado individualmente. El día 12 /3/1992, fecha en la que se llevó a cabo uno de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del **EAMA**, se realizó un aforo del caudal conjunto de descarga del manantial "La Alberca", de los manantiales del Lago Termal y del manantial de La Cascada que desagua en el lago cuando éste está vacío. El valor del caudal conjunto y el de la temperatura medida en uno de los puntos de emergencia del agua en el lecho del lago, en la fecha indicada son:

$$Q = 215,3 \quad \text{l/s} \quad t = 30,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La muestra de agua tomada el 12/3/1993 en el marco del **EAMA** dio un contenido de  $5,9 \pm 1,6$  UT, que refleja un apreciable grado de mezcla de agua termal con más de 40 años de permanencia en el subsuelo con agua fría infiltrada en los afloramientos calizos próximos a la zona de descarga.

Teniendo en cuenta que el uso que se da al agua es mayoritariamente lúdico, la salida del agua, que se produce en condi-

ciones más o menos naturales, no requiere ningún tipo de captación.

### 1.5.2. Balneario de Cantarero

#### h. Manantiales San Roque 1 y San Roque 2 (2417/4/0006)

El agua de los dos manantiales del Balneario de Cantarero surge en sendas fisuras del afloramiento calizo de la margen derecha del río Jalón, sobre el que está construido directamente el edificio del balneario, y es recogida por medio de dos pequeños canales cubiertos que la distribuyen entre las distintas instalaciones balnearias.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento son:

$$\begin{aligned} X &= 592,525 \\ Y &= 4\ 572,225 \\ Z &= 660 \quad \text{m s.n.m.} \end{aligned}$$

En uno de los documentos históricos referidos al final del apartado 1.3. se refleja un valor del caudal conjunto de los dos manantiales que entonces debían formar una única surgencia. El valor del caudal descargado y el año de su publicación, son:

$$[3] \quad Q = 11,33 \quad \text{l/s} \quad 1860$$

El manantial **San Roque 1** suministra agua a la cascada para inhalaciones y a 5 cabinas de baño. Desagua por un canal en una acequia de riego; justo antes del punto de descarga en la acequia hay unas tuberías que captan el agua para abastecimiento a una parte de la población del Alhama de Aragón.

Los valores del caudal de agua termal descargado reflejados en los documentos históricos referidos al final del apartado 1.3., y el año de su publicación, son:

$$[9] \quad Q = 6,4 \quad \text{l/s} \quad 1991$$

Los días 24/3/1992 y 13/3/1993, fechas en las que se llevaron a cabo dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del **EAMA**, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de caudal y temperatura:

$$Q = 5,80 \text{ l/s} \quad t = 31,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

La muestra de agua tomada el 13/3/1993 en el marco del **EAMA** dio un contenido de  $6,0 \pm 2,0$  UT, que, como en resto de puntos muestreados en Alhama, refleja un apreciable grado de mezcla de agua termal con más de 40 años de permanencia en el subsuelo con agua fría infiltrada en los afloramientos calizos próximos a la zona de descarga.

La surgencia denominada **San Roque 2** abastece a la piscina termal, a 3 cabinas de baño y a un chorro de la sala de inhalaciones (una pequeña cascada denominada "Cabeza de León") situado junto a la cascada principal para inhalaciones.

Los valores del caudal de agua termal descargado reflejados en los documentos históricos referidos al final del apartado 3., y el año de su publicación, son:

$$[9] \quad Q = 3,2 \quad \text{l/s} \quad 1991$$

Los días 24/3/1992 y 13/3/1993, fechas en las que se llevaron a cabo dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del **EAMA**, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de caudal y temperatura:

$$Q = 3,17 \quad \text{l/s} \quad t = 31,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

Los valores de caudales disponibles ofrecen diferencias relativamente pequeñas, atribuibles a la presencia en grado variable en el conjunto de la descarga de la componente de agua fría de infiltración local.

El acondicionamiento de los dos manantiales es aceptable, ya que el punto de surgencia está muy próximo a las instalaciones termales y las conducciones ofrecen una protección suficiente

del agua captada.

### 1.5.3. Balneario Guajardo

#### i. Manantial de los Baños (2417/4/0018)

El manantial principal, llamado "de los Baños", está en una angosta galería situada en el sótano del edificio del balneario. El agua está captada por una pequeña excavación en roca y circula por una canal cubierto (que cuenta con varios registros) que se bifurca en un canal principal, que suministra agua a una galería de baños compuesta por 8 cabinas con sendas bañeras, y uno secundario, que conduce el sobrante a un depósito subterráneo, desde donde se bombea el agua para servicio de las habitaciones y del resto de las instalaciones.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento son:

$$\begin{aligned} X &= 592,375 \\ Y &= 4\ 572,325 \\ Z &= 660 \quad \text{m s.n.m.} \end{aligned}$$

Los valores del caudal (y, en su caso, temperatura) de agua termal descargado reflejados en los documentos históricos referidos al final del apartado 1.3., y el año de su publicación, son:

$$\begin{aligned} [6] \quad Q &= 3,32 \quad \text{l/s} && 1944 \\ [8] \quad Q &= 5,14 \quad \text{l/s} \quad t = 33,5 \text{ }^\circ\text{C} && 1961 \end{aligned}$$

Los días 21/3/1992 y 13/3/1993, fechas en las que se llevaron a cabo dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de caudal y temperatura:

$$Q = 3,682 \quad \text{l/s} \quad t = 32,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

La diferencia que se observa entre el caudal medido en 1961

con respecto a los otros dos valores es difícil de justificar, salvo que corresponda a diferencias en las surgencias captadas en cada época (en las distintas publicaciones referentes al Balneario Guajardo se cita la existencia de 3 ó 4 manantiales, desconociéndose el grado de captación en el pasado y en la actualidad de los mismos) y/o a distintas proporciones en la componente fría y local de la descarga. Los valores de temperatura no pueden usarse como referencia porque el termómetro digital utilizado en los reconocimientos efectuados en el marco del EAMA medía sistemáticamente una temperatura entre 1 y 2°C menor que los valores asignados tradicionalmente a todas las surgencias termales reconocidas.

La muestra de agua tomada el 13/3/1993 en el marco del EAMA dio un contenido de  $3,2 \pm 2,0$  UT, que refleja un moderado grado de mezcla, el menor de todas las aguas muestreadas en Alhama, de agua termal con más de 40 años de permanencia en el subsuelo con agua fría infiltrada en los afloramientos calizos próximos a la zona de descarga.

El acondicionamiento del manantial se encontraba en la época en que fue reconocido en muy mal estado; sobre él se deben manifestar serias reservas sobre el cumplimiento de las medidas de protección necesarias para su aprovechamiento público como agua minero-medicinal. Es necesario el saneamiento y reacondicionamiento de la captación en caso de que vuelva a utilizarse con fines balnearios.

#### **1.5.4. Termas de San Roque**

##### **j. Manantiales de Termas de San Roque (2417/4/0005)**

Los 4 manantiales que en la actualidad hay individualizados en este establecimiento se han considerado conjuntamente, dado que están muy próximos entre sí. Están situados, tres en el interior del edificio ("El Moro", que forma una cascada sobre un estanque que corresponde al baño de hombres de la terma original de Alhama, "El Morico", y un tercero que va

directamente a las 4 bañeras de la galería de baños, que debe ser el antiguamente destinado al baño de mujeres) y uno en el exterior, denominado "El Chorrillo", que vierte su agua a un depósito cubierto desde el que se bombea el agua a un calentador para su uso en tratamientos y baños. Salvo en el caso de "El Moro" no son visibles las obras de captación y conducción, ya que el edificio de Termas San Roque está construido directamente sobre el afloramiento rocoso en el que parece haber una surgencia difusa de agua termal con, al parecer, varias tomas para diferentes servicios del edificio (se pueden observar canalizaciones en varios puntos de las plantas bajas, que no se sabe de donde vienen ni adonde van), pero no se conoce el punto de captación, excepto en los tres citados.

Originalmente, los actuales manantiales de "El Moro" y de las bañeras debían formar la terma romana, aprovechamiento primitivo de la descarga hidrotermal de Alhama de Aragón. La terma era una especie de estanque excavado aprovechando una cavidad natural en las calizas cretácicas donde surge el agua formando una cascada natural.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) del conjunto y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento son:

$$\begin{aligned} X &= 592,375 \\ Y &= 4\,572,325 \\ Z &= 660 \quad \text{m s.n.m.} \end{aligned}$$

Los valores del caudal de las descargas agua termal reflejados en los documentos históricos referidos al final del apartado 1.3., no son correlacionables con los actuales, seguramente por las modificaciones que con el paso del tiempo se han ido introduciendo en las captaciones. Los valores antiguos y el año de su publicación, son:

- [1] En esta publicación, de 1845-1850, se recogen caudales separados para los baños de hombres ( $Q = 1,075 \text{ l/s}$ ), de mujeres ( $Q = 0,739 \text{ l/s}$ ) y de pobres ( $Q = 0,470$ )

l/s).

- [2] Esta publicación incluye dos datos de caudal diferentes. En una descripción inicial de los baños hace referencia a una única descarga de 1,729 l/s; posteriormente recoge los datos del Diccionario de Madoz [1]. Indica una temperatura genérica de 35 °C.
- [3] En la Monografía de Tomás Parraverde se refleja un caudal total de 5,27 l/s para el conjunto de las surgencias, valor que sí puede ser equiparable a la suma de caudales medidos durante los trabajos del EAMA.

Los días 23/3/1992 y 13/3/1993, fechas en las que se llevaron a cabo dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA, se midieron los siguientes valores de caudal y temperatura:

Manantial "El Moro"       $Q = 2,89 \text{ l/s}$

Manantial "de Bañeras"       $Q = 0,74 \text{ l/s}$

Manantial "El Morico"       $Q = 0,19 \text{ l/s}$

Manantial "El Chorrillo"       $Q = 1,51 \text{ l/s}$        $t = 31,2^\circ\text{C}$

La muestra de agua tomada el 13/3/1993 en el manantial "El Chorrillo" dio un contenido de  $5,8 \pm 1,6 \text{ UT}$ , que refleja un apreciable grado de mezcla de agua termal con más de 40 años de permanencia en el subsuelo con agua fría infiltrada en los afloramientos calizos próximos a la zona de descarga.

El acondicionamiento de los manantiales es aceptable, ya que garantiza suficientemente la protección del agua, con la excepción de "El Chorrillo", cuyo punto de descarga debería sanearse y ser dotado de un acondicionamiento que lo protegiese adecuadamente, ya que está localizado al aire libre en un recinto cerrado, con suelo de tierra, anexo al edificio principal, que sirve también como almacén de materiales de deshecho.

## 1.6. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE ALHAMA DE ARAGÓN

La descripción que se incluye a continuación se apoya en los resultados de las determinaciones fisicoquímicas "in situ" y los análisis efectuados por el ITGE sobre las muestras tomadas en el marco del EAMA en los siguientes 11 puntos hidrotermales:

<u>Captación o surgencia</u>	<u>Fecha del muestreo</u>
Galería del Hotel Termas	13/3/1993
Galería de los Baños de San Fermín y Cuenta	id.
Manantial de Baños del Hotel Parque (Baños del Rey)	id.
Fuente La Meona	id.
Manantial La Alberca	id.
Manantiales de La Cascada	id.
Manantiales del Lago Termal	id.
Manantial San Roque I	id.
Manantial de los Baños (Balneario Guajardo)	id.
Manantial El Chorrillo (Termas de San Roque)	id.
Manantiales del km 206a de la N-II	id.

### a. Parámetros fisicoquímicos

La temperatura del agua termal en los 11 puntos hidrotermales muestreados estaba comprendida entre 27,2 y 32,6 °C, aunque sólo los manantiales de La Alberca y La Meona presentaban temperaturas inferiores a 30 °C, seguramente por enfriamiento del agua en el aluvial del Jalón.

Todas las descargas hidrotermales presentan condiciones oxidantes (Eh positivo, comprendido entre 210 y 324 mV), pH próximos a la neutralidad (entre 6,762 y 7,526) y contenidos medios de oxígeno disuelto (entre 4,08 y 7,63 mg/l), en nivel inferior a la concentración de saturación, lo que indica procesos de mezcla con agua de infiltración reciente, circunstancia corroborada por los contenidos en tritio determinados en todos los puntos muestreados (el valor mínimo de tritio corresponde al manantial de los baños del Balneario Guajardo,  $3,2 \pm 2,0$ , que refleja probablemente una mezcla de agua con más de 40 años de antigüedad con otra de infiltración reciente).

## **b. Mineralización e iones mayoritarios**

Las conductividades eléctricas, con valores muy homogéneos comprendidos entre 1 128 y 1 226  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , reflejan la notable mineralización del agua termal de Alhama de Aragón, que presenta residuo seco a 110 °C siempre superior a 700 mg/l (entre 711 y 835 mg/l).

Entre los cationes, predomina siempre y de forma clara el calcio (superior a 100 ppm, salvo en el Lago Termal), con presencia notable de magnesio, en torno a los 50 ppm, es decir, en el límite de concentración máxima admitida por la Reglamentación Técnico-Sanitaria (RTS) para las aguas de consumo humano y para las *aguas minerales* envasadas. El sodio también se presenta en concentraciones medias (siempre más de 57 ppm), mientras que el contenido en potasio es muy escaso (2 ppm como máximo).

Los aniones mayoritarios son las especies del ciclo del ácido carbónico (bicarbonatos siempre superiores a 230 ppm) y los sulfatos, ligeramente por debajo de 250 ppm en la mayoría de los puntos analizados, es decir, cerca de la concentración máxima admitida por la RTS. Los cloruros están presentes en unas concentraciones cercanas a los 100 ppm y los nitratos en torno a las 15 ppm.

En la fig. IV.3.4 se han representado de forma gráfica las facies de las aguas muestreadas, mediante un clásico diagrama de Piper en el que se observa una clara agrupación de todas las muestras de agua termal de Alhama, que presentan una facies sulfatada-bicarbonatada cálcico-magnésica, propia de una circulación en materiales calizo-dolomíticos en contacto con materiales ricos en sales (los evaporíticos del Keuper) y en sílice (el propio Keuper o, con mayor probabilidad, los de la facies Utrillas), esta última circunstancia puesta de manifiesto en unos contenidos en sílice, del orden de 15 ppm, altos para agua que circula en rocas carbonatadas.

## **c. Otros componentes**

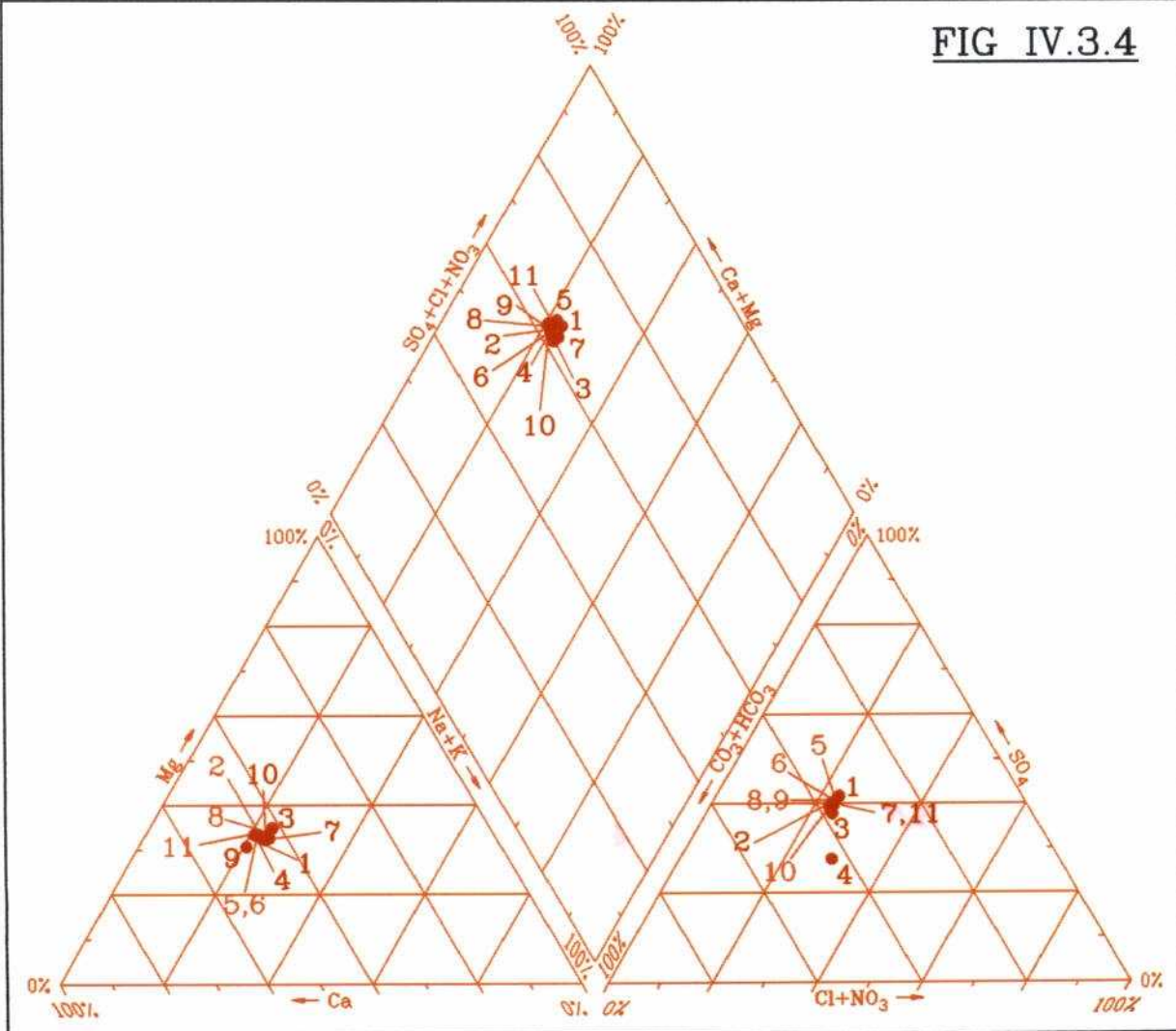
Únicamente destaca en todos los puntos hidrotermales muestreados la presencia de boro, aunque en concentraciones muy inferiores al nivel guía que la normativa vigente admite para las aguas potables de

ESTUDIO DE LAS AGUAS MINERALES DE ARAGÓN  
 ESTUDIO DE DETALLE ZA1: ALHAMA DE ARAGÓN

DESCARGA HIDROTHERMAL DE ALHAMA DE ARAGÓN  
 FACIES HIDROQUÍMICAS: DIAGRAMA DE PIPER

- 1: "GALERIA DEL HOTEL TERMAS" (2417/4/0008)
- 2: "MANANTIAL DE LOS BAÑOS DEL REY" (2417/4/0020)
- 3: "MANANTIALES DEL LAGO TERMAL" (2417/4/0019)
- 4: "MANANTIAL SAN ROQUE I" (2417/4/0005)
- 5: "MANANTIAL DE BAÑOS" (2417/4/0018)
- 6: "MANANTIAL EL CHORRILLO" (2417/4/0005)
- 7: "GALERIA DE BAÑOS DE SAN FERMIN" (2417/4/0021)
- 8: "FUENTE DE LA MEONA" (2417/4/0022)
- 9: "MANANTIAL DE LA ALBERCA" (2417/4/0023)
- 10: "MANANTIALES DE LA CASCADA" (2417/4/00024)
- 11: "MANANTIAL DEL KM 260A" (2417/4/0025)

FIG IV.3.4



consumo público y para las *aguas minerales* embotellables, que está fijado en **1 000 µg/l**. Los contenidos encontrados en las muestras tomadas el 15/5/1993 son siempre de 30 µg/l.

En una de las muestras analizadas (2417/4/0025) aparecen contenidos de plomo (11 µg/l), cobre (50 µg/l) y zinc (50 µg/l), y en otras dos sólo plomo (16 µg/l en el 2417/4/0018 y 14 µg/l en el 2417/4/0019). En todos los casos, las concentraciones son netamente inferiores a las concentraciones contempladas en la RTS vigente (**50 µg/l** de concentración máxima para el plomo, **100 µg/l** de nivel guía para el cobre y el zinc).

La radiactividad  $\alpha$  de las aguas muestreadas está por debajo o sobre el nivel guía (**0,1 Bq/l**) indicado en la reglamentación vigente, mientras que la radiactividad  $\beta$  está siempre por debajo del nivel guía correspondiente (**1 Bq/l**).

El análisis de los gases disueltos muestreados en el manantial de los baños del Balneario Guajardo (por ser el de mayor temperatura y, por tanto, el que menos mezcla con agua reciente presentaba, tal como corroboró "a posteriori" el menor contenido en tritio de todos los muestreados en Alhama) dio el siguiente resultado (en % en volumen): O<sub>2</sub> (18,23 %), N<sub>2</sub> (71,62 %) y CO (21,149 %). Los gases analizados presentan enriquecimiento en anhídrido carbónico que pudiera ser en parte de origen endógeno, aunque lo más probable es que se trate de aire incorporado al circuito subterráneo durante la infiltración del agua sometido a un proceso de reducción.

## **1.7. VULNERABILIDAD CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE LOS FLUJOS SUBTERRÁNEOS DE ALHAMA DE ARAGÓN**

En principio, el proceso de mezcla entre aguas subterráneas de temperatura, quimismo y tiempo de residencia distintos, que de forma natural y, seguramente, desde siempre viene afectando a la descarga de las surgencias tradicionales de Alhama de Aragón, no tendría por qué plantear problemas de cara al cumplimiento de la normativa vigente sobre mantenimiento de las características de las *aguas minerales*, y en lo relativo a su protección **cualitativa**.

Sin embargo, la situación es substancialmente diferente en el caso de las captaciones realizadas ya o que pudieran realizarse en el futuro sobre el aluvial del Jalón, que alberga un pequeño y poco potente tramo acuífero libre, frío y somero, en la zona en que aquél reposa directamente sobre las calizas cretácicas acuíferas. En efecto, dada la muy alta vulnerabilidad del tramo acuífero aluvial a la contaminación (relativamente alta permeabilidad, proximidad de la superficie libre al suelo e inexistencia de recubrimiento superficial impermeable) y la existencia sobre el mismo de potenciales fuentes de contaminación (sobre él están situadas parte de las edificaciones, sus desagües, el alcantarillado, alguna que otra acumulación de escombros, etc., de Alhama), la mezcla de su agua subterránea somera con la de circulación profunda que le llega por el muro representa un riesgo cierto de contaminación para la descarga hidrotermal no visible y para el agua que proporcione cualquier captación excavada en el relleno aluvial. En ese sentido, debe tenerse en cuenta que el mero aislamiento del tramo acuífero superficial, frío y vulnerable, en un sondeo que, emboquillado en el aluvial, pretendiese captar únicamente las calizas cretácicas subyacentes tampoco sería, por sí solo, una garantía contra la contaminación de las aguas subterráneas: un bombeo en el mismo podría provocar un descenso piezométrico por debajo del nivel en el acuífero superficial (sostenido por el nivel de agua del río), lo que induciría rápidamente una incorporación de agua subterránea indeseable (por fría, químicamente distinta y contaminable) a la termal captada por el sondeo.

Para sondeos realizados en el aluvial que, después de atravesar sin captarlo (con las debidas garantías) el tramo acuífero superficial, penetra-

sen en las calizas cretácicas subyacentes para interceptar en él la circulación subterránea hidrotermal, sólo sería admisible el aprovechamiento por bombeo que provocase una depresión máxima tal que el nivel en el sondeo no descendiera por debajo del nivel de descarga fijado por la lámina de agua en el río Jalón. Esa sería la única forma de obtener, sin riesgo de mezcla y a mayor temperatura, el agua termal de Alhama mediante sondeos perforados en el aluvial.

Para sondeos perforados directamente sobre las calizas o que las capten tras atravesar un primer tramo de materiales terciarios de muy baja permeabilidad que rellenan el sector occidental de la cuenca de Almazán, donde está localizada Alhama de Aragón, las condiciones de explotación admisibles son idénticas a las indicadas en el párrafo anterior. En efecto, un bombeo que situase el nivel piezométrico por debajo del nivel del río, provocaría un descenso en el conjunto del acuífero cretácico en toda la zona de descarga, de manera que se induciría la mezcla del agua termal con la más fría y químicamente ligera del acuífero aluvial y, en último término, si el descenso de nivel piezométrico fuese suficientemente intenso y prolongado, se podría inducir aporte de agua del río al acuífero, con el riesgo de deterioro, en calidad y temperatura, del agua termal que emerge en Alhama.

El carácter extensivo de la descarga hidrotermal que con dirección subvertical y sentido ascendente se produce en el entorno de Alhama de Aragón, hace que la misma resulte fácilmente captable y sumamente vulnerable en lo **cuantitativo** a su interceptación por obras o captaciones diversas, especialmente pozos y sondeos verticales o inclinados (en menor medida, taladros horizontales, galerías, túneles, etc.), realizadas en lugares elegidos adecuadamente para tal fin.

La configuración de la estructura hidrogeológica en la que tiene lugar la descarga hidrotermal hace que la posibilidad de captarla mediante pozos excavados de poca profundidad se limite al relleno aluvial en el entorno inmediato de Alhama.

Las posibilidades de que un sondeo vertical o inclinado lograra interceptar el flujo hidrotermal estarían también limitadas a un área próxima al alineamiento NO-SE donde afloran las formaciones acuíferas del Cretácico superior, ya que dichas formaciones se hunden hacia el SO

casi verticalmente. La probabilidad de interceptar el acuífero cretácico sería tanto más remota cuanto más hacia el SO de la línea de afloramientos se realizase la perforación: a una distancia del alineamiento de unos 3 km, de acuerdo con la interpretación geológica e hidrogeológica de la estructura, se estima necesaria una perforación de más de 500 m para alcanzar las formaciones acuíferas cretácicas.

## 1.8. PERÍMETRO DE PROTECCIÓN DEL APROVECHAMIENTO HIDROTHERMAL DE ALHAMA DE ARAGÓN

En la actualidad, existe un perímetro de protección conjunto para los cuatro establecimientos balnearios de Alhama de Aragón, que corresponde a la demarcación de una Concesión de Explotación directa otorgada a los cuatro establecimientos por la Dirección General de Industria y Energía de la Diputación General de Aragón mediante resolución del 18/5/1989. La concesión abarca 12 cuadrículas mineras contenidas en un rectángulo de 1 850 m (en dirección E-O) por 1 800 m (N-S), cuyos vértices tienen las siguientes coordenadas UTM (en la zona 30T):

Vértice	X	Y
1	591,175	4 573,325
2	593,025	4 573,325
3	593,025	4 571,525
4	591,175	4 571,525

De acuerdo con las características hidrogeológicas del sistema acuífero que alberga la circulación hidrotermal y dada la especial configuración estructural que provoca su salida a la superficie, puede afirmarse que el indicado perímetro de protección no cumple, ni en extensión ni en concepto, las condiciones precisas para la preservación cuantitativa y cualitativa del recurso hidrotermal explotado en Alhama de Aragón.

En aplicación del artículo 41.2 del vigente Reglamento para el régimen general de la minería, se considera que las medidas de protección cualitativa y cuantitativa que es necesario aplicar en los aprovechamientos hidrotermales de Alhama de Aragón deben referirse no sólo a las surgencias y captaciones de agua subterránea declaradas explícitamente como de **agua minero-medicinal**, sino a todas las manifestaciones de dicha circulación subterránea profunda, por sí sola o en mezcla con aguas subterráneas más someras y recientes. Las medidas de protección que con ese enfoque se proponen son las que se describen en los dos próximos apartados.

### 1.8.1. Protección inmediata

En términos generales, las surgencias y captaciones de agua

termal existentes en los aprovechamientos hidrotermales de Alhama de Aragón están dotadas de acondicionamientos correctos, aunque en algunos casos requieren la aplicación de medidas correctoras que aseguren la protección del agua captada. Las circunstancias en que se encuentra cada uno de los puntos de agua con agua clasificada como minero-medicinal se describen a continuación, agrupadas por establecimiento.

#### 1.8.1.1. Termas Pallarés

El estado de las captaciones y surgencias existentes en el aprovechamiento Termas Pallarés y las medidas propuestas, en su caso, para la corrección de las deficiencias observadas, son las siguientes:

- **Galería del Hotel Termas (2417/4/0008)**

La captación no presenta problemas, máxime teniendo en cuenta que el agua no se utiliza para tratamientos, aunque para la puesta en servicio de los baños habría que reconocer y sanear la zona de captación y conducción de la galería drenante, y acondicionar las cabinas y las bañeras, deterioradas por la falta de uso desde hace unos 15 años.

- **Galería de Baños de San Fermín (2417/4/0021)**

La captación no presenta problemas, aunque, como en caso de la captación del Hotel Termas, para la puesta en servicio de la galería se debería reconocer y sanear la galería, y acondicionar las cabinas y las bañeras, deterioradas por la falta de uso desde 1984.

- **Manantial del Hotel Parque (2417/4/0020)(Baños del Rey)**

El acondicionamiento del manantial es muy antiguo y bastante deficiente, de forma que la captación resulta muy vulnerable a una eventual contaminación. Para

eliminar este riesgo sería preciso realizar un profundo saneamiento y reacondicionamiento de la captación y conducción del agua, consistente en:

- Sanear la roca en la zona de salida del agua y rehacer la captación actual en el punto de surgencia, de manera que se asegure el necesario aislamiento del agua, utilizando materiales adecuados (cemento, acero inoxidable, vidrio, etc.).
- Construir una nueva conducción con garantías de estanqueidad y salubridad para el agua termal que una directamente el punto de captación con el de utilización en la galería de baños del Hotel Parque, eliminando los puntos intermedios (arqueta del aljibe) en que el agua pueda entrar en contacto con elementos contaminantes. Si es imprescindible mantener una estación intermedia de regulación y derivación, es preciso realizar una nueva construcción en cuyo interior queden satisfactoriamente protegidas de la intemperie las arquetas, sistemas de válvulas y depósito regulador.
- Después de realizado el reacondicionamiento de la surgencia, sería preciso establecer y señalar con claridad un **área de protección inmediata** para la misma, de forma circular centrada en el punto de captación y 25 m de radio.
- En el interior de la citada área de protección inmediata no debe haber conducciones de agua (salvo la del agua minero-medicinal surgente), instalaciones sanitarias, desagües, depósitos de ningún tipo de líquido (ni siquiera de agua potable), almacenamiento de materiales orgánicos, acumulaciones de basura, residuos de vegetación, transformadores eléctricos, etc.

Sólo el personal de servicio del balneario debiera poder acceder al interior del área de protección inmediata, que debería estar delimitada por medio de un cierre perimetral (valla metálica, tapia); el resto de las visitas debiera estar regulado.

- **Manantial La Meona (2417/4/0022)**

La captación no presenta problemas, ya que el agua no se utiliza (vierte directamente al río Jalón).

- **Manantiales de La Alberca (2417/4/0023), La Cascada (2417/4/0024) y del Lago Termal (2417/4/0024)**

Todas estas surgencias están captadas en condiciones adecuadas al uso que se hace de las mismas.

1.8.1.2. Balneario Cantarero (2417/4/0006)

Los dos **manantiales** de este establecimiento, denominados **San Roque 1** y **San Roque 2** están situados prácticamente al lado de las instalaciones termales y tanto la zona de captación como las conducciones, de corta longitud, cumplen satisfactoriamente los requisitos de estanqueidad y aislamiento del agua.

1.8.1.3. Balneario Guajardo

La situación del **manantial** (o manantiales) de los **Baños** (2417/4/0018) en los bajos del edificio, con el correspondiente riesgo de contaminación por filtraciones desde las tuberías de los diferentes servicios del establecimiento, y el mal estado en que se encuentra el acondicionamiento de la captación y conducción del agua, hacen necesario que se lleven a cabo las obras precisas de saneamiento y reacondicionamiento de la captación y conducciones para que la surgencia merezca la consideración de minero-medicinal que posee y pueda ser utilizada con garantías para fines balnearios. Las

modificaciones necesarias consisten en:

- Eliminar la obra de captación actual dejando al descubierto las zonas por las que brota el agua.
- Sanear la roca en la zona (o zonas) de salida del agua y rehacer la captación en el punto de surgencia del agua, de manera que se asegure el necesario aislamiento del agua, utilizando materiales adecuados (cemento, acero inoxidable, vidrio, etc.).
- Construir una nueva conducción con garantías de estanqueidad y salubridad para el agua termal desde el punto de captación hasta la galería de baños del balneario, eliminando los registros a ras de suelo de la actual conducción. La conducción dispondrá de una derivación hacia las instalaciones de bombeo y regulación mediante las que se abastecen de agua los diferentes servicios del establecimiento; dichas instalaciones deberán ser saneadas y, en su caso, reconstruidas en las máximas condiciones de salubridad.
- Eliminar cualquier tipo de conducción (salvo la del agua minero-medicinal surgente), instalaciones sanitarias, desagües, depósitos de ningún tipo de líquido (ni siquiera de agua potable), almacenamiento de materiales orgánicos, acumulaciones de basura, residuos de vegetación, etc., en la captación y en la galería de acceso a la misma, así como sobre la traza de la conducción del agua termal.

#### 1.8.1.4. Termas de San Roque (2417/4/0005)

El acondicionamiento de los manantiales situados en el interior del edificio es aceptable, ya que garantiza suficientemente la protección del agua. No ocurre lo mismo con la surgencia denominada "El Chorrillo", situado, como se ha indicado en el subapartado 1.5.4., a la intemperie en una

dependencia anexa al edificio principal del establecimiento, en una condiciones de captación y acondicionamiento inadecuadas para la consideración y el uso como agua minero-medicinal de la surgencia, que, debería ser objeto de saneamiento y reacondicionamiento consistentes en:

- Eliminar la obra de captación actual hasta dejar al descubierto la zona de las calizas aflorantes donde brota el agua termal.
- Sanear la roca en la zona de salida del agua y rehacer la captación actual en el punto de surgencia del agua, de manera que se asegure el necesario aislamiento del agua, utilizando materiales adecuados (cemento, acero inoxidable, vidrio, etc.).
- Sanear profundamente el pequeño depósito (situado a ras de suelo) que recoge el agua surgente y dotarlo de un brocal, de aproximadamente 0,5 de altura sobre el suelo, con tapa del material adecuado provista de orificio de salida para la bomba de impulsión del agua hasta las instalaciones balneoterápicas.
- Eliminar la tierra, restos de materiales inservibles y basura acumulada en la caseta donde está localizada la surgencia y su obra de captación, reacondicionando la dependencia con un suelo de materiales apropiados (cemento, azulejos, etc.), techo que la aisle de la intemperie y elementos de ventilación y acceso adecuados.

### **1.8.2. Protección global contra la contaminación y contra afecciones en cantidad**

Teniendo en cuenta las características hidrogeológicas y el funcionamiento hidrodinámico del sistema de circulación subterránea que se descarga en las surgencias hidrotermales de Alhama de Aragón, se considera necesario que el **área de protección contra la**

**contaminación** de los aprovechamientos hidrominerales en su globalidad coincida exactamente con su **área de protección cuantitativa** o contra afecciones en cantidad.

El establecimiento de un área de protección global de un sistema de flujo hidrotermal tal como el que se descarga en Alhama, frente a los riesgos de afección en cantidad y calidad debe basarse en los criterios de delimitación siguientes:

- impedir suficientemente la incorporación de contaminantes químicos o microbiológicos al agua subterránea que confluye en las surgencias y captaciones hidrotermales cuyo aprovechamiento está ya autorizado o que pueda serlo en el futuro,
- asegurar que la incorporación al flujo hidrotermal de circulación profunda, de aguas superficiales o subterráneas de características fisicoquímicas diferentes sólo pueda tener lugar por causas naturales, y no como efecto inducido por actuaciones humanas de cualquier tipo, y
- evitar que captaciones de agua subterránea (sondeos, galerías, taladros subhorizontales, etc.), obras de ingeniería (embalses, túneles, cimentaciones de grandes obras hidráulicas o de comunicación, etc.), excavaciones, etc., intercepten, desestabilicen o desvíen en perjuicio de los aprovechamientos actuales el flujo hidrotermal que se desea proteger.

Partiendo de las bases expuestas y del principio general según el cual un perímetro de protección de *aguas minerales* debe ser "tan grande como sea necesario y tan pequeño como resulte posible", se considera preciso y suficiente un **área de protección cualitativa y cuantitativa**, delimitada por una poligonal cuyos vértices poseen las siguientes coordenadas UTM (en la zona 30T):

Vértice	X	Y
P.P.	592,800	4 574,000
1	595,000	4 571,000
2	596,000	4 570,000
3	596,000	4 569,000
4	593,000	4 567,000
5	589,000	4 570,000
6	587,500	4 573,000
7	588,000	4 574,750
8	590,500	4 576,550
P.P.	592,800	4 574,000

**a. Limitaciones que deben ser aplicadas en el área de protección cualitativa**

Como **área de protección cualitativa**, la zona delimitada debiera estar libre de las siguientes actividades e instalaciones: explotaciones agropecuarias, depósitos e instalaciones industriales (salvo los estrictamente ligados a la explotación o aprovechamiento del **agua termal, minero-medicinal y mineral natural** que se desea proteger), vertidos y vertederos urbanos o industriales (sólidos o líquidos), depósitos y conducciones de combustibles, fosas sépticas y conducciones de aguas residuales, cementerios, etc.

**b. Limitaciones que deben ser aplicadas en el área de protección contra las afecciones en cantidad**

En un sistema de flujo subterráneo como el que da lugar a las surgencias y captaciones de agua termal y mineral (mineral natural y/o minero-medicinal) de Alhama de Aragón, la protección de las mismas frente a los riesgos de afección en cantidad supone impedir que mediante captaciones de agua subterránea (sondeos, principalmente), de localización adecuada y profundidad no excesiva, se intercepte el flujo hidrotermal que se desea proteger. No obstante, la considerable extensión de dicho sistema de flujo y la gran importancia

regional del mismo hacen que resulte inviable, además de innecesario, pretender llegar a una protección cuantitativa absoluta, que sólo sería alcanzable incluyendo la totalidad del sistema dentro de un perímetro de protección. Por el contrario, se puede considerar como razonablemente suficiente un área de protección cuantitativa que cubra la zona de convergencia del flujo subterráneo hacia las surgencias hidrotermales de Alhama, en el sector final de la misma, donde por aflorar (o subaflorar bajo el aluvial del Jalón) o por estar recubiertos por un moderado espesor de materiales terciarios de baja permeabilidad, los materiales carbonatados mesozoicos a través de los que circula el flujo subterráneo podrían ser más fácilmente interceptables mediante captaciones verticales u horizontales.

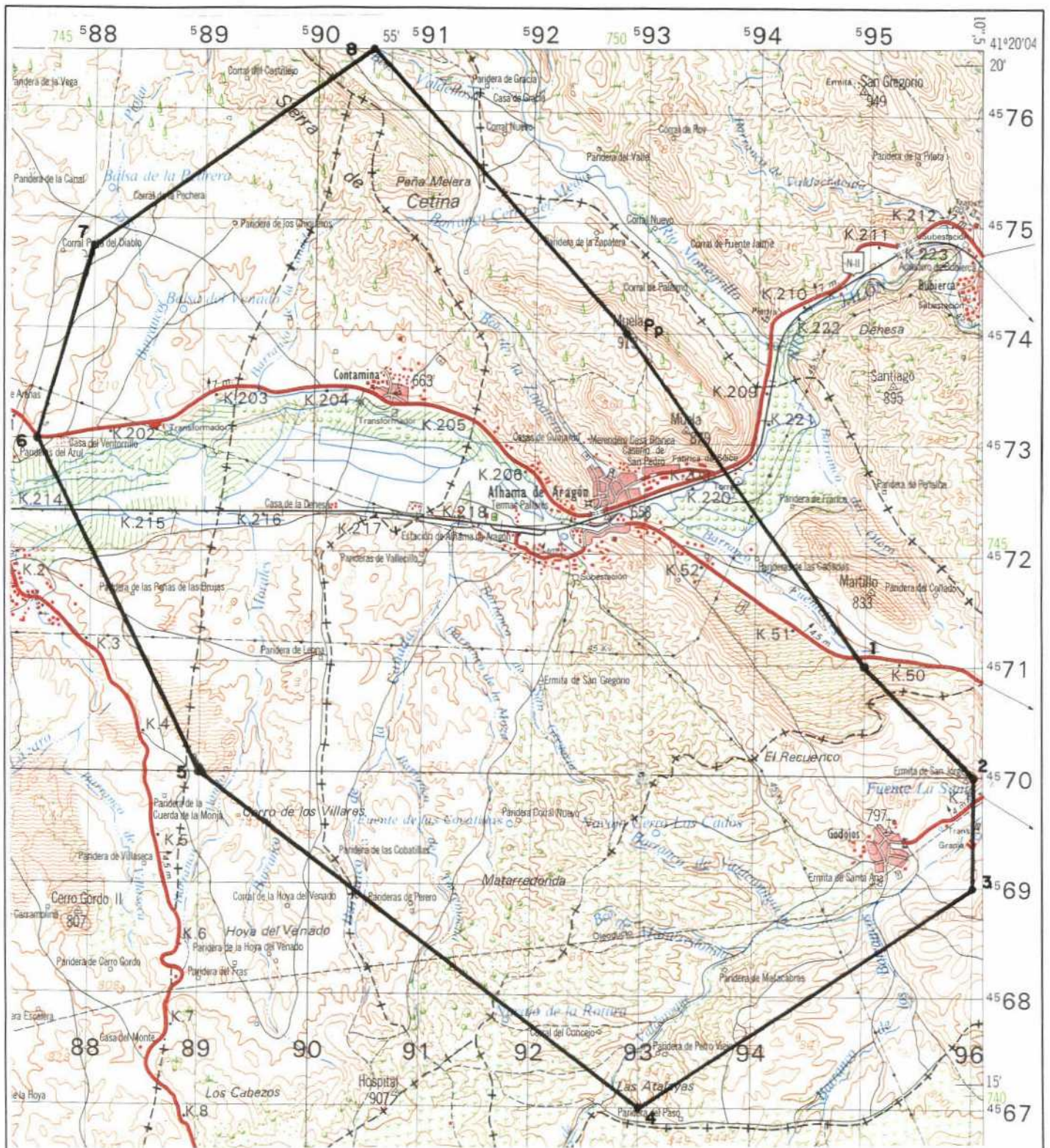
Por consiguiente, dentro de la zona delimitada como **área de protección cuantitativa** debiera estar prohibida la realización de nuevas captaciones de agua subterránea o el bombeo en las ya existentes que no cuenten aún con mecanismos de elevación, si las mismas son:

- pozos excavados o sondeos perforados que por su penetración en el subsuelo puedan atravesar total o parcialmente cualquiera de los tramos acuíferos del Cretácico,
- galerías de localización y dimensiones cualesquiera, o
- zanjas de drenaje en el Cuaternario aluvial adyacente al cauce del río Jalón.

También se tendría que impedir la ejecución de obras de ingeniería hidráulica (embalses, presas de derivación, túneles, etc.) susceptibles de inducir una conexión hidrodinámica directa (a través de medio poroso saturado o no) entre la escorrentía superficial de la cuenca del río Jalón y la circulación subterránea que desemboca en las surgencias hidrotermales e hidrominerales de Alhama, que se desea proteger.

De acuerdo con lo que prevé el artículo 43.1.c. del vigente Reglamento para el Régimen general del la minería (aprobado por el R.D. 2857/1978, de 25 de agosto), cualquier otro trabajo subterráneo que, no estando contemplado en las limitaciones señaladas anteriormente, se pretenda realizar en el interior del perímetro de protección propuesto debiera ser sometido a la previa autorización de la autoridad minera de la **DGA**.

En la fig. IV.3.5 se ha representado el área que se estima conveniente para la protección cualitativa y cuantitativa del aprovechamiento hidrotermal e hidromineral de Alhama de Aragón.



Escala 1: 50 000

**FIG. IV.3.5**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA1:ALHAMA DE ARAGÓN**  
**PERÍMETRO DE PROTECCIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA**  
**PROPUESTO**

**2. ESTUDIO DE DETALLE ZA2  
CALCENA**

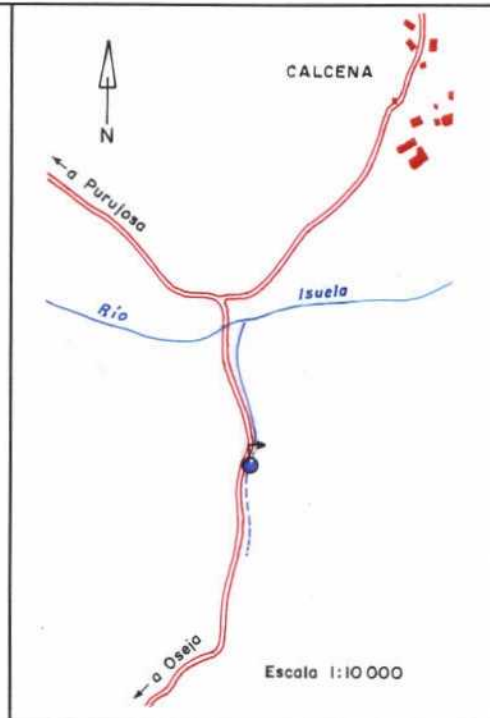
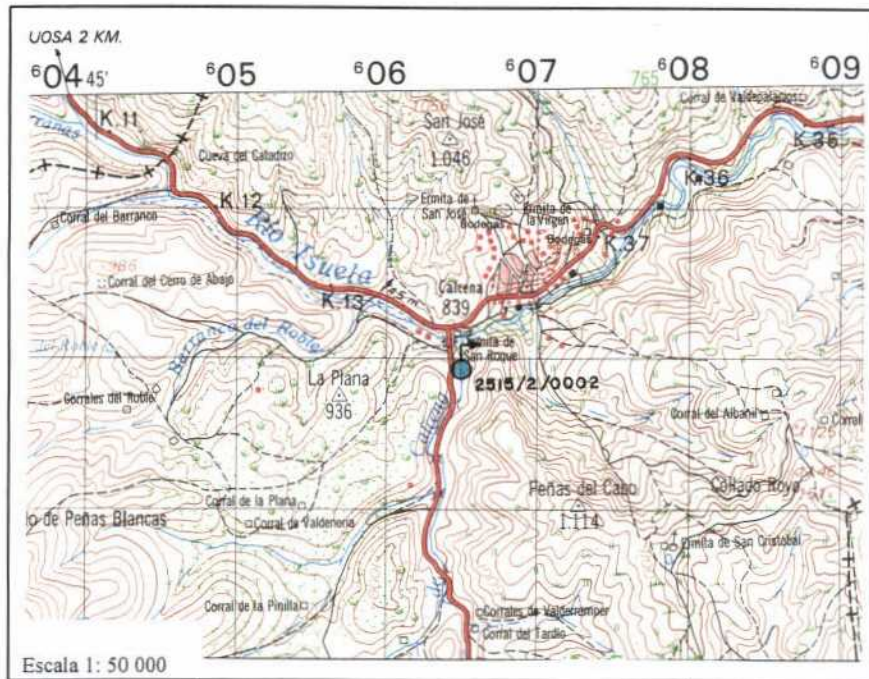
## 2.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de detalle **ZA2**, denominado **Calcena**, incluye solamente el manantial denominado "Fuente de la Ojosa". El manantial está situado en la margen izquierda del barranco de Calcena, a unos 250 m antes de su desembocadura en el río Isuela, y a unos 750 m de Calcena por la carretera que va hacia Oseja.

El manantial fue incluido en el inventario porque figura en las publicaciones y archivos del **ITGE** y porque hace 22 años su agua fue objeto de una solicitud de clasificación como agua minero-medicinal (solicitud de Antonio Barón Sanz y Manuel Díaz Reinante con fecha 25/4/72), que no llegó a cristalizar, ya que el expediente que fue cancelado por renuncia de los interesados según escrito de 25 de junio de 1974. Es decir, la "Fuente de la Ojosa" no ha sido nunca objeto de aprovechamiento como *agua mineral*, ni se han localizado referencias históricas de ella, aunque entre los habitantes de la zona existe la tradición de considerar su agua como "buena" para la salud y acuden frecuentemente a coger agua al manantial.

El estudio de detalle tiene el objetivo básicamente hidrogeológico de identificar y caracterizar desde los puntos de vista geológico, hidrogeológico, hidrogeoquímico, hidrodinámico e isotópico el sistema acuífero responsable de la surgencia, y establecer el esquema conceptual de su circulación subterránea.

En la fig. IV.3.6 se incluye un mapa y un croquis de situación de la "Fuente de la Ojosa".



**FIG. IV.3.6**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA2: CALCENA  
PLANO Y CROQUIS DE SITUACIÓN**

## **2.2. HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA "FUENTE DE LA OJOSA"**

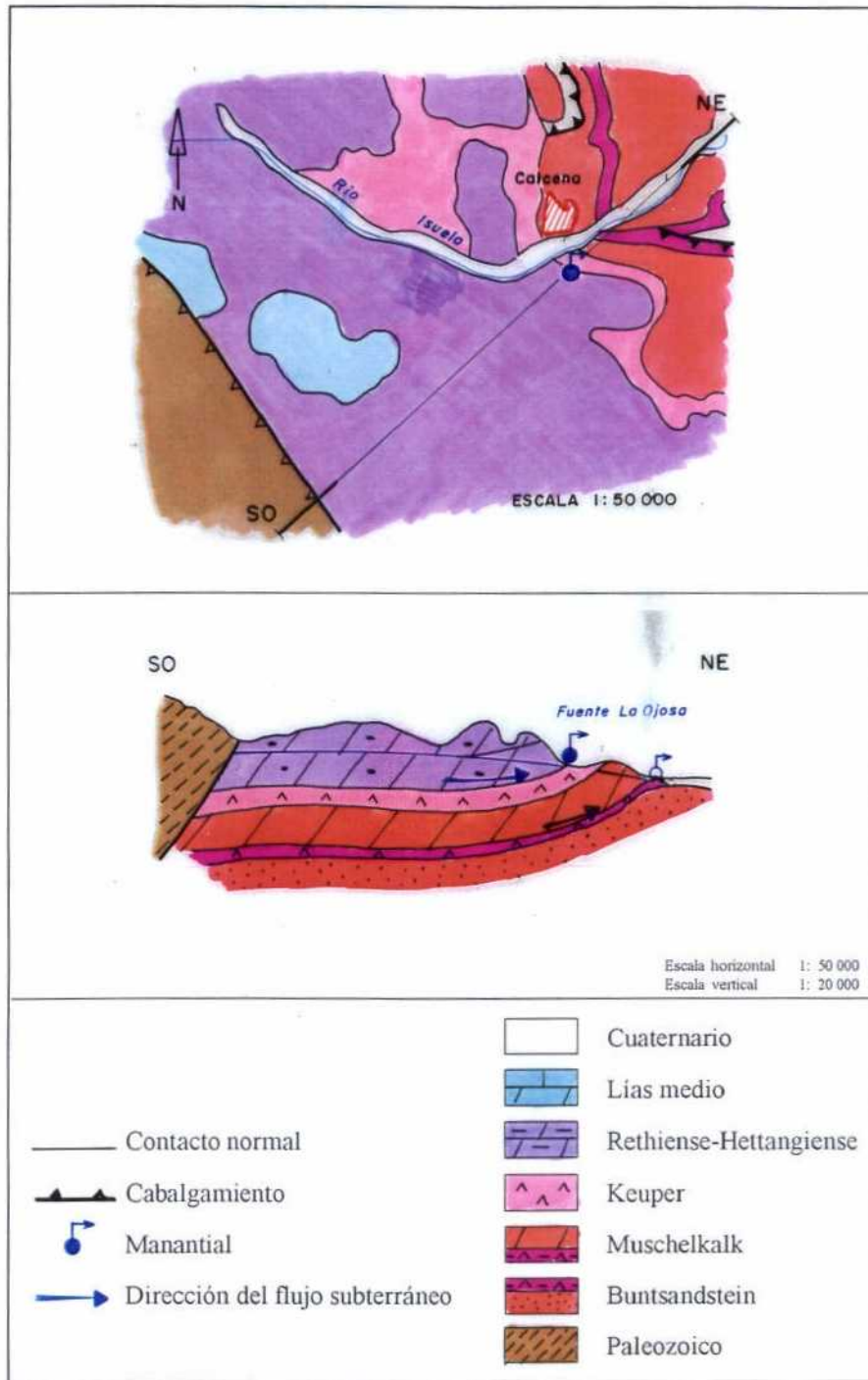
El manantial "Fuente de la Ojosa", situado en la margen izquierda del barranco de Calcena, es una descarga de tipo cárstico de un pequeño sistema acuífero de unos 20 km<sup>2</sup> de extensión, constituido por carnioles, dolomías y brechas dolomíticas del Rethiense-Hettangiense, que forman una estructura subhorizontal sobre las arcillas y yesos del Keuper, substrato hidrogeológico del conjunto acuífero, excepto en el sector SO, donde el conjunto Tríasico-Liásico está en contacto mecánico con materiales paleozoicos de baja permeabilidad (pizarras, areniscas y cuarcitas del Cámbrico superior).

La recarga del acuífero se produce por infiltración de lluvia útil sobre los afloramientos del Liás inferior, y la circulación subterránea que da origen al manantial tiene lugar en sentido convergente hacia el mismo, con directriz general SO-NE. El agua subterránea se descarga por desbordamiento sobre el impermeable de base del acuífero.

En la fig. IV.3.7 se incluye un esquema y corte hidrogeológico de detalle del acuífero que da lugar a la "Fuente de la Ojosa".

Como consecuencia de las pequeñas dimensiones de la estructura y del carácter cárstico de la formación acuífera, la descarga es fría y su régimen es muy variable, con puntas de caudal muy acusadas, subsiguientes a episodios lluviosos intensos, y periodos de estiaje muy acusados.

La determinación realizada en el marco del EAMA del contenido en tritio del agua que descargaba el manantial el 18/4/1993, que dio un valor de  $7,17 \pm 1,7$  UT, parece indicar un agua de un tiempo de permanencia en el acuífero comprendido entre unos pocos años y el tiempo equivalente a un periodo de semidesintegración del tritio (12,3 años).



**FIG. IV.3.7**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA2: CALCENA**  
**ESQUEMA Y CORTE HIDROGEOLÓGICO DE DETALLE**

### 2.3. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA "FUENTE DE LA OJOSA"

El manantial denominado "La Ojosa" surge al pie de un farallón formado por carniolas y brechas dolomíticas, en el cauce del barranco de Calcena. La captación es una cueva o galería de longitud desconocida, sin recubrimiento ni acondicionamiento alguno. El agua forma un pequeño arroyo que se prolonga en una acequia de riego.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 25-15 (381) "Illueca" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

$$\begin{aligned} X &= 606,500 \\ Y &= 4\ 611,925 \\ Z &= 860 \quad \text{m s.n.m.} \end{aligned}$$

Durante los reconocimientos realizados durante el **EAMA** fue posible efectuar medidas de caudal (el 29/9/92) y temperatura (el 18/4/93), aunque ninguna de las dos puede tomarse como representativa de las características medias de la descarga, ya que corresponden a un estiaje importante. Los valores medidos fueron los siguientes:

$$Q = 1,31 \quad \text{l/s} \quad t = 12,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La captación no presenta problemas para el uso del agua en regadío, pero no ofrece suficientes garantías para el consumo humano por la alta vulnerabilidad del acuífero, que, por sus características cársticas, puede ser sensible, incluso, a pequeñas contaminaciones puntuales, tales como excrementos de animales que, por otra parte, son la única fuente potencial de contaminación de la zona.

## **2.4. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA**

La descripción que se incluye a continuación se apoya en los resultados de las determinaciones fisicoquímicas "in situ" y los análisis efectuados por el ITGE sobre la muestra tomada en el marco del EAMA, el día 18/4/93 en la "Fuente de la Ojosa".

### **a. Parámetros fisicoquímicos**

Los parámetros fisicoquímicos determinados "in situ" indican una descarga fría que presenta una temperatura de 12,9 °C, medidos en la boca de la galería. El agua se presenta condiciones oxidantes normales (Eh positivo de 269,7 mV), con pH ligeramente básico (7,161) y bastante oxígeno disuelto (8,80 ppm), en un nivel ligeramente inferior a la concentración de saturación, que refleja procesos de aireación en la zona de descarga o de mezcla con agua de infiltración reciente en proporciones significativas.

### **b. Mineralización e iones mayoritarios**

La conductividad eléctrica (819  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en campo, y 720  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en laboratorio) y el residuo seco a 110 °C (611 mg/l) reflejan una mineralización media del agua descargada por "La Ojosa".

Entre los cationes, predomina de forma clara el calcio (103 ppm), con presencia apreciable de magnesio, 29 ppm, bajo contenido en sodio (4 ppm) y ausencia de potasio.

Los aniones mayoritarios son los bicarbonatos (255 ppm) y los sulfatos (161 ppm). Los cloruros y nitratos están presentes en concentraciones bajas, de 10 y 14 ppm, respectivamente.

En la fig. IV.3.8 se ha representado de forma gráfica la facies del agua muestreada, mediante un clásico diagrama de Piper en el que se observa una facies bicarbonatada cálcica, propia de una circulación en materiales calizo-dolomíticos en contacto con materiales ricos en sales (los evaporíticos del Keuper).

**c. Otros componentes**

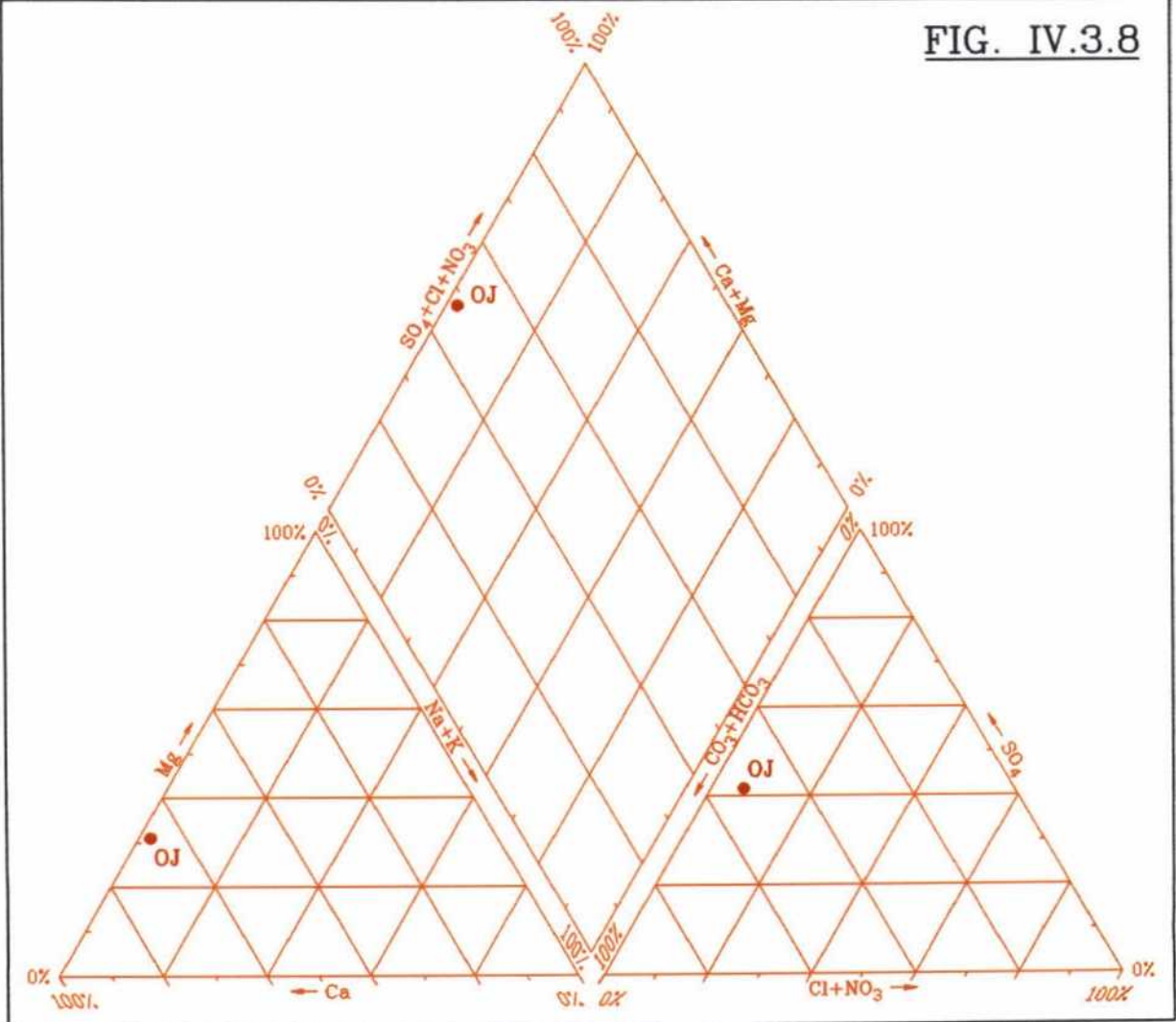
Entre las especies minoritarias sólo está presente el boro, en una concentración, 10 µg/l, muy inferior al nivel guía que la normativa vigente admite para las aguas potables de consumo público y para las *aguas minerales* embotellables, que está fijado en **1 000 µg/l**.

Las radiactividades  $\alpha$  y  $\beta$  del agua muestreada,  $< 0,068$  Bq/l y  $0,068 \pm 0,24$ , respectivamente, están francamente por debajo de los niveles guía correspondientes (**0,1 y 1 Bq/l**).

ESTUDIO DE LAS AGUAS MINERALES DE ARAGÓN  
ESTUDIO DE DETALLE ZA2: CALCENA

DESCARGA SUBTERRÁNEA DE LA "FUENTE LA OJOSA"  
FACIES HIDROQUÍMICAS: DIAGRAMA DE PIPER

OJ: "FUENTE LA OJOSA" (2515/2/0002)



## **2.5. VALORACIÓN DE LA SURGENCIA**

La "Fuente de la Ojosa" tiene un agua de aceptable calidad, pero su interés de cara a un eventual aprovechamiento en el campo de las *aguas minerales* es escaso, por las moderadas dimensiones y la alta vulnerabilidad a la contaminación que ofrece el acuífero, así como por la variabilidad de la descarga, que depende directamente de las precipitaciones.

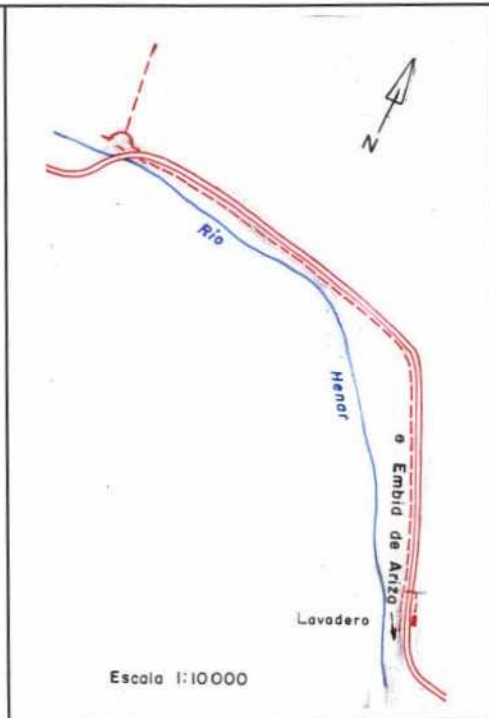
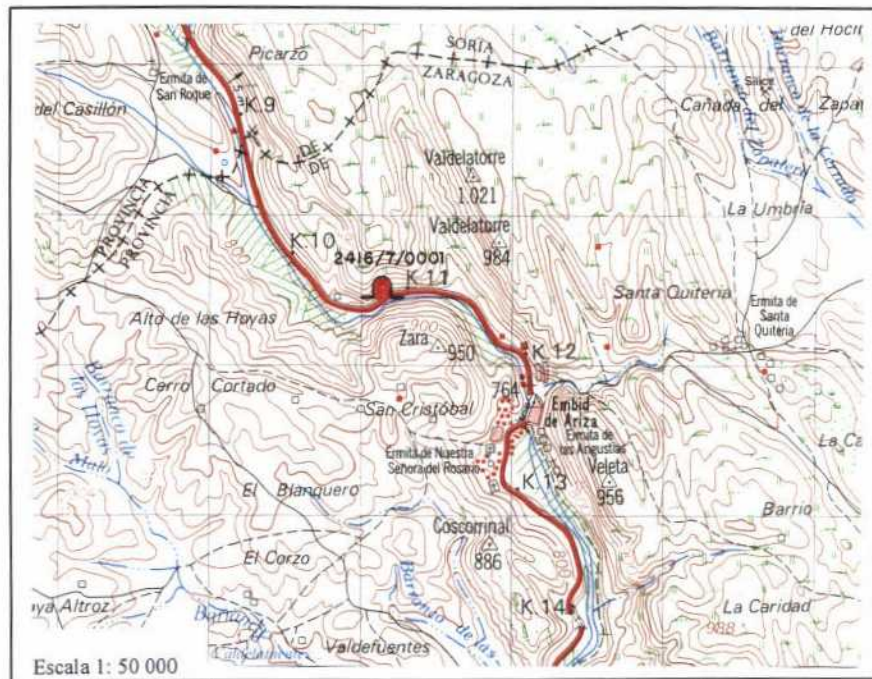
**3. ESTUDIO DE DETALLE ZA3  
EMBED DE ARIZA**

### 3.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de detalle ZA3, denominado **Embid de Ariza**, incluye únicamente la captación denominada "La Alberca", que es una galería situada a la altura del km 10,850 de la carretera local que une Deza con Embid de Ariza, a una distancia de 1 km de esta última localidad, en la margen izquierda del río Henar, afluente del Jalón por su margen izquierda.

La galería capta agua termal de quimismo y características isotópicas semejantes a las de la descarga termal de Alhama de Aragón; sin embargo, a pesar de que en el pasado fue objeto de un intento de aprovechamiento balneario por el Ayuntamiento de Embid, no ha sido utilizada nunca más que para abastecimiento a dicha población y riego de su huerta. Por ello, el estudio de detalle tiene el objetivo básicamente hidrogeológico de identificar y caracterizar desde los puntos de vista geológico, hidrogeológico, hidrodinámico, hidrogeoquímico e isotópico el agua captada por la galería, estableciendo, en la medida de lo posible, el esquema conceptual de circulación subterránea del sistema acuífero interceptado por aquella.

En la fig. IV.3.9 se incluye un mapa y un croquis de situación de la galería "La Alberca".



**FIG. IV.3.9**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA3: EMBID DE ARIZA  
PLANO Y CROQUIS DE SITUACIÓN**

### 3.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La única mención histórica a las aguas termales de Embid de Ariza aparece reflejada en el "Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus Posesiones de Ultramar" de Pascual Madoz. En esta publicación, cuya primera edición data de 1845, se indica la existencia de una surgencia termal de propiedades y temperatura igual a las de Jaraba. Se menciona que el agua surgía en una concavidad de la roca caliza en la Hoz de Cayuela, formada por el río Henar. Parece que en 1827, por iniciativa del Ayuntamiento de Embid, se acondicionó la surgencia mediante 2 pozos de mampostería con objeto de hacer sendos baños. Sin embargo, esta iniciativa fue anulada al haberse opuesto la casa de misericordia de Calatayud "*a pretesto de ciertos privilegios*", de manera que los pozos, en la época de la publicación, estaban destinados para albercas de curar cáñamo.

Las aguas de Embid de Ariza también aparecen mencionadas en el "Tratado completo de las aguas minerales de España", de Pedro María Rubio, publicado 1853, aunque la cita se reduce su inclusión en la relación de aguas minerales salinas frías sin dirección facultativa. También en la "Crónica de la provincia de Zaragoza" de José Fernando González (1867) figura una escueta mención a la existencia de aguas salinas en Embid de Ariza

Evidentemente, las referencias al agua termal de Embid no aparecen en las guías y anuarios oficiales, dado que el agua no pudo ser destinada a baños y, por tanto, no se optó en ningún momento a la declaración de utilidad pública o a su reconocimiento como agua minero-medicinal, aunque, como se verá más adelante, tiene unos méritos naturales similares a los de Alhama de Aragón y Jaraba.

Con el paso del tiempo, el agua de La Alberca pasó a utilizarse para el abastecimiento a la población de Embid. Posiblemente, para mejorar y ampliar la captación de agua, con objeto de suministrar agua potable a Embid de Ariza y utilizar el excedente para riego en la vega situada aguas abajo del pueblo, entre los años 1955 y 1957 se perforó, por parte del ITGE (entonces IGME), una galería de 212 m de longitud y rumbo aproximado S-N, emboquillada a nivel de la surgencia original, que hizo desaparecer la salida natural de agua.

### **3.3. HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA DESCARGA SUBTERRÁNEA HIDROTÉRMAL DE EMBID DE ARIZA**

La galería La Alberca capta una parte de la descarga del Subsistema Acuífero del borde norte de la sierra de Solorio, perteneciente al Sistema Acuífero 57 "Mesozoico de Monreal-Gallocanta", según la división efectuada en el PIAS. Se trata de un sistema acuífero de gran extensión, que ocupa una superficie total aproximada de 1 050 km<sup>2</sup>, repartidos sobre las provincias de Guadalajara, Soria y Zaragoza, a la que corresponden unos 500 km<sup>2</sup> en el sector delimitado aproximadamente por los ríos Henar, Jalón y Piedra, y cuya circulación subterránea da lugar a las descargas termales de Alhama de Aragón, Jaraba y Embid de Ariza<sup>8</sup>.

Geológicamente, el dominio acuífero está situado en el borde occidental de la Rama aragonesa de la Cordillera Ibérica. En él afloran materiales desde el Paleozoico hasta el Cuaternario, con disposición sensiblemente tabular afectada por grandes fracturas de dirección ibérica (NO-SE), que dan lugar a fuertes desplazamientos verticales, y, secundariamente, por fracturas de dirección ENE-OSO.

Los acuíferos principales son: el Jurásico inferior (Lías), compuesto por brechas calcáreas, carníolas, calizas y dolomías tableadas, calizas margosas y margas, con una potencia total máxima de unos 350 m; y el Cretácico superior, constituido por un conjunto calizo-dolomítico de unos 300 m de espesor total.

Los dos conjuntos acuíferos están separados por el Cretácico inferior en facies Utrillas, compuesto por arenas, microconglomerados, arcillas y lutitas, de baja permeabilidad media. El substrato del sistema lo constituyen las arcillas, lutitas, margas y yesos del Triásico en facies Keuper.

A techo del Cretácico superior aparece el Terciario, representado por

8 Un dato que avala el origen común de las descargas hidrotermales de Alhama de Aragón, Jaraba y Embid de Ariza es el contenido en isótopos estables de las aguas muestreadas en las tres localidades. El contenido medio en los isótopos estables del agua es de  $-8,78$  ‰ SMOW en  $\delta^{18}\text{O}$  y de  $-60,0$  ‰ SMOW en  $\delta\text{D}$ , en los 6 puntos muestreados en Alhama de Aragón, de  $-8,76$  ‰ SMOW en  $\delta^{18}\text{O}$  y de  $-60,2$  ‰ SMOW en  $\delta\text{D}$ , en los 8 puntos caracterizados en Jaraba, y el análisis del agua de la galería "La Alberca" de Embid de Ariza dio unos contenidos de  $-8,77$  ‰ SMOW en  $\delta^{18}\text{O}$  y de  $-59,5$  ‰ SMOW en  $\delta\text{D}$ .

el relleno mioceno del extremo SE de la depresión de Almazán, compuesto por conglomerados, areniscas y lutitas, de carácter poco permeable y varios cientos de metros de espesor.

Las formaciones acuíferas, afectadas por una intensa fracturación y con fenómenos de carstificación, afloran extensamente en el sector SO de la unidad y, a partir de la alineación Jaraba-Ibdes, que coincide con una importante fractura, se hunden bajo el potente relleno terciario, para volver a aflorar en una banda de dirección NO-SE, que sigue la alineación Embid de Ariza- Alhama de Aragón, donde las series mesozoicas se apoyan en el umbral paleozoico de Ateca, adquiriendo posición subvertical.

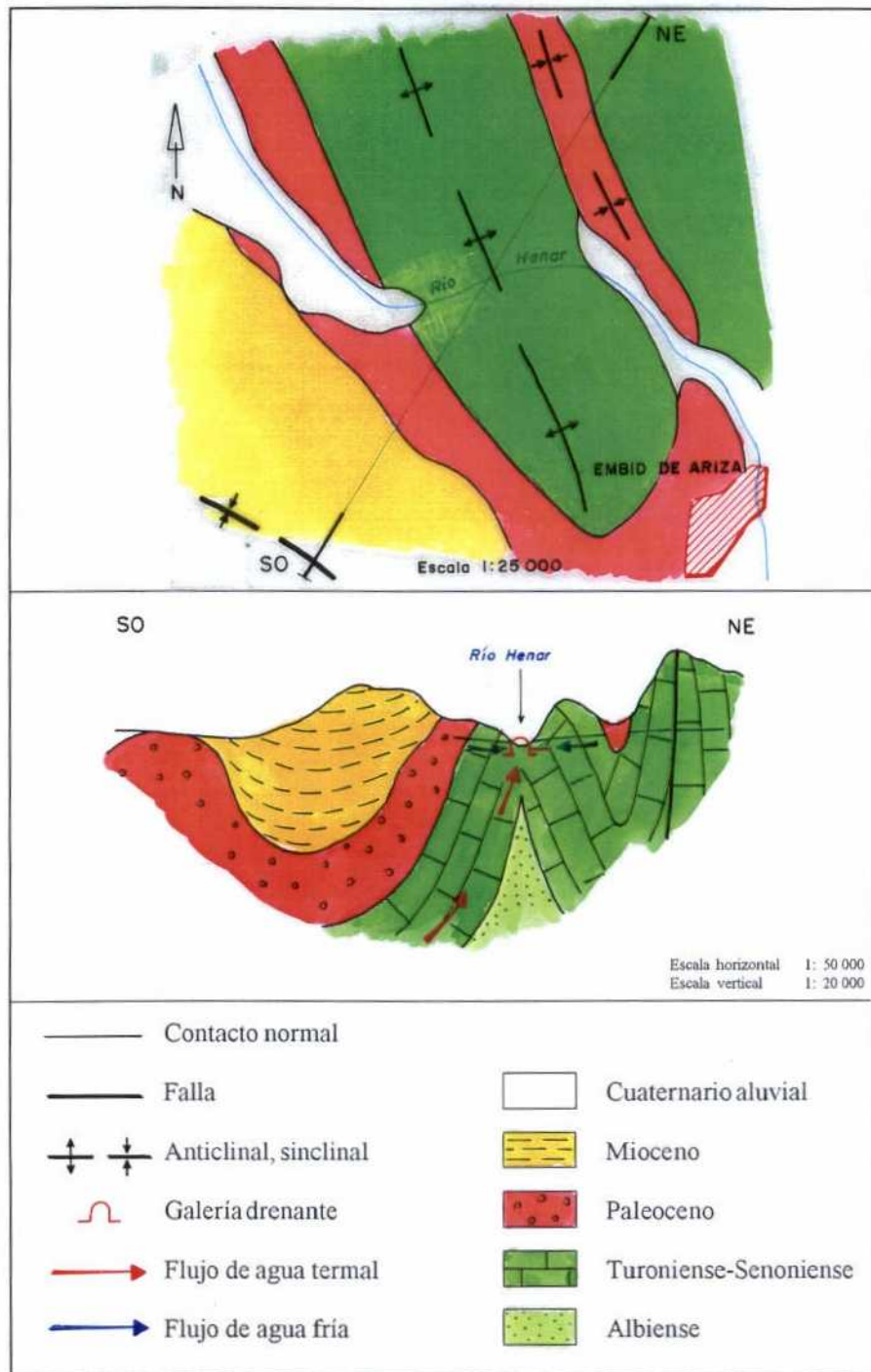
En la fig. IV.3.10 se incluye un esquema y corte hidrogeológico de detalle de los alrededores de la zona de descarga termal de Embid de Ariza.

### **3.3.1. Esquema de circulación subterránea**

La recarga principal del sistema se produce por infiltración en los afloramientos jurásicos y cretácicos de la sierra de Solorio y sus estribaciones, a cotas comprendidas entre 1 000 y 1 300 m s.n.m. El flujo subterráneo tiene lugar en sentido SO-NE, a gran profundidad, a través de las formaciones carbonatadas del Jurásico inferior y del Cretácico superior.

El conjunto mesozoico está hundido y recubierto por materiales terciarios de varios cientos de metros de espesor y baja a muy baja permeabilidad, que conforman un techo seriamente confinante para la circulación subterránea. El flujo a gran profundidad y a través de un sistema muy extenso determina un tiempo de residencia del agua muy elevado (decenas de años), y determina el carácter termal de las emergencias; de la misma forma, el prolongado contacto con los materiales evaporíticos del Triás y los arenosos del Albiense explica los relativamente altos contenidos en sales y sílice del agua termal que emerge en Embid de Ariza.

La descarga se produce en sentido ascendente como consecuencia de la "verticalización" y afloramiento de los materiales acuíferos cretácicos, que se produce en el borde nordeste de la



**FIG. IV.3.10**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA3: EMBID DE ARIZA**  
**ESQUEMA Y CORTE HIDROGEOLOGÍCO DE DETALLE**

estructura, concretamente entre Embid de Ariza y Alhama de Aragón, donde afloran el Triás y el Paleozoico. El acuífero jurásico no aflora, pero es indudable su presencia en la base de la estructura, de modo que el agua subterránea que circula por él se descarga hacia el Cretácico superior, bien a través de los materiales de la facies Utrillas intermedia, bien directamente a través de zonas fracturadas o en sectores de contacto directo entre las dos series carbonatadas mesozoicas. La descarga natural del agua termal tenía lugar en las proximidades del cauce del río Henar y seguramente de forma no visible al río, donde la cota topográfica está en torno a los 770 m s.n.m. En la actualidad, la descarga del agua está captada por una galería cuyo nivel de drenaje está situado aproximadamente al mismo nivel de la surgencia original.

A la parte principal, la descrita, del flujo hidrotermal se debe superponer una componente secundaria debida a la recarga que tiene lugar en los abundantes afloramientos del Cretácico superior en la zona de Embid.

De acuerdo con lo descrito, la descarga del flujo hidrotermal captada por la galería La Alberca tiene dos componentes:

- Una, termal (temperatura superior a 27,7 °C), infiltrada en zonas muy alejadas (decenas de km) del área de descarga, y de régimen sensiblemente constante dadas la geometría y el hidrodinamismo de las formaciones atravesadas: circulación subterránea profunda y muy lenta a través de un acuífero de gran extensión que absorbe las variaciones del régimen de recarga por infiltración en zonas francamente alejadas de la de surgencia del agua.
- Otra, fría, de infiltración local y, por tanto, corto recorrido, pequeño tiempo de residencia en el subsuelo y régimen variable, estrechamente ligado a las oscilaciones estacionales de la precipitación.

### **3.3.2. Tiempo de residencia en el subsuelo y temperatura máxima en profundidad**

La datación isotópica realizada en el marco del **EAMA**, a partir de la determinación del contenido en tritio del agua que descargaba por la galería el 24/9/1993 permite una acotación parcial, aunque bastante realista, de la edad del agua que, de acuerdo con el esquema de circulación descrito en los párrafos anteriores, se descarga en las proximidades de Embid. En efecto, el análisis citado dio un contenido de  $0,74 \pm 1,37$  UT, que corresponde a un agua infiltrada antes de que en 1952 comenzasen las pruebas termonucleares en la atmósfera, que tendría prácticamente ausencia de tritio, mezclada en pequeña proporción con agua de infiltración más o menos reciente, cuyo contenido en tritio es, como máximo, de una decena de UT. Es decir, la componente termal de la descarga de Embid de Ariza tiene un tiempo de residencia subterránea de, como mínimo, 40 años.

Es llamativo que el análisis de 1993 refleje un contenido de tritio inferior al determinado a partir de una muestra recogida por el **ITGE** en 1981<sup>9</sup>, que dio una concentración de  $2,9 \pm 1,2$  UT. La justificación radica en la existencia de una mayor proporción de la componente de agua fría de infiltración reciente en la descarga de la galería en 1981: cuando se tomó la muestra de 1993 el caudal suministrado era excepcionalmente bajo, de unos pocos litros por segundo (del orden de 1 a 2 l/s), para una captación cuyo caudal medio era de unos 30 l/s, según la información recibida en la zona.

Por otro lado, los cálculos geotermométricos realizados en el **EAMA**, en el estudio citado<sup>9</sup> y en otro posterior<sup>10</sup>, también realizado por el **ITGE**, han permitido estimar en unos 50 °C la temperatura geotermométrica del sistema, que coincide con el equilibrio isotópico de los sulfatos disueltos y el agua. Esa temperatura alcanzada por el agua subterránea termal en el subsuelo, significa que las formaciones acuíferas mesozoicas llegarían a estar a unos 1 300 m de profundidad teórica por debajo de la zona de descarga<sup>11</sup>.

9 "Estudio de las manifestaciones termales de Extremadura-Salamanca-Aragón-Rioja, orientadas a su posible explotación como recursos geotérmicos", 1982.

10 "Proyecto para la realización de estudios geoquímicos de isótopos y gases en distintas zonas con manifestaciones termales del territorio nacional", realizado por el ITGE en 1986.

11 Dicha estimación se basa en una temperatura media ambiente local de 11°C, y un gradiente geotérmico supuesto normal, es decir, 3° C/100 m.

### 3.4. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA GALERÍA DE DRENAJE "LA ALBERCA"

La galería "La Alberca" (2416/7/0001) está situada en la margen izquierda del río Henar, a 1 km de distancia al NO de Embid de Ariza por la carretera que va a Deza. Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 24-16 (408) "Torrijo de la Cañada" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

$$\begin{aligned} X &= 585,150 \\ Y &= 4\ 582,525 \\ Z &= 770 \quad \text{m s.n.m.} \end{aligned}$$

"La Alberca" es una galería de 212 m de longitud y rumbo aproximado N-S, emboquillada al nivel de la primitiva surgencia en la orilla del río Henar. El agua captada por la galería es conducida por una acequia de cemento cubierta hasta un antiguo lavadero, primer punto donde es visible el agua termal, a unos 850 m del punto de emboquillado de la galería. Unos 50 m antes del lavadero hay una arqueta desde la que por bombeo se deriva agua hacia el depósito regulador del abastecimiento a Embid de Ariza.

Aguas abajo del lavadero el agua excedente discurre por una acequia a cielo abierto hasta los cultivos de la vega.

No se dispone de ninguna medida precisa del caudal, ya que cuando se intentó efectuar un aforo en uno de los reconocimientos realizados durante el EAMA, el caudal era tan escaso (del orden de 1 l/s) que no fue posible encontrar una sección en la que la velocidad del agua fuese suficiente para activar el giro del micromolinete (no es posible efectuar un aforo volumétrico de la descarga); en las dos visitas realizadas sólo pudieron realizarse sendas aproximaciones al caudal de descarga a base de aforos con flotador. Por el contrario, se dispone de dos medidas de la temperatura del agua, ambas realizadas en el marco del EAMA. Las medidas realizadas fueron las siguientes:

$$\begin{aligned} Q &\sim 30 \quad \text{l/s} & t &= 27,7 \text{ }^\circ\text{C} & (29/9/92) \\ Q &\sim 1-2 \quad \text{l/s} & t &= 26,4 \text{ }^\circ\text{C} & (24/9/93) \end{aligned}$$

La disminución de la temperatura del agua en la segunda medida con respecto a la primera debe ser consecuencia del menor caudal de descarga existente el día en que se midió la menor temperatura. Efectivamente, la sorprendente reducción del caudal implica una velocidad de circulación del agua mucho menor, y, por tanto, mayor facilidad para su enfriamiento, en los 850 m de longitud la conducción desde la galería hasta el lavadero, primer punto donde el agua circula a cielo abierto.

### **3.5. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA**

La descripción que se incluye a continuación se apoya en los resultados de las determinaciones fisicoquímicas "in situ" y los análisis efectuados por el ITGE sobre la muestra tomada en el marco del EAMA, el día 24/9/93, en el lavadero, situado a 850 m de distancia del punto de emboquillado de la galería de drenaje "La Alberca".

#### **a. Parámetros fisicoquímicos**

Los parámetros fisicoquímicos determinados "in situ" indican una descarga termal que presenta con seguridad una temperatura superior a los 27,7 °C medidos en la entrada del agua en el lavadero. El agua se presenta condiciones oxidantes normales (Eh positivo de 161,9 mV), con pH ligeramente ácido (7,321) y bastante oxígeno disuelto (7,14 ppm), en un nivel ligeramente inferior a la concentración de saturación, que, en buena medida, debe incorporarse por reoxigenación del agua a lo largo de la conducción, ya que el contenido su tritio,  $0,74 \pm 1,37$  UT, no refleja procesos de mezcla con agua de infiltración reciente en proporciones significativas.

#### **b. Mineralización e iones mayoritarios**

La conductividad eléctrica (1 251  $\mu$ S/cm, en campo, y 1 186  $\mu$ S/cm, en laboratorio), que tiene un valor muy similar, como ocurre con las concentraciones en las distintas especies minerales presentes, al medido para el agua termal de Alhama de Aragón, y el residuo seco a 110 °C, de 873 mg/l, reflejan la notable mineralización del agua termal de Embid.

Entre los cationes, predomina de forma clara el calcio (128 ppm), con presencia notable de magnesio, 54 ppm (en el límite de concentración máxima admitida por la RTS de 1990). El sodio también se presenta en concentraciones medias (57 ppm), mientras que el contenido en potasio es muy escaso (2 ppm).

Los aniones mayoritarios son las especies del ciclo del ácido carbónico (289 ppm de bicarbonatos) y los sulfatos (284 ppm), que se

sitúan claramente por encima de la concentración máxima admitida por la RTS (**250 ppm**). Los cloruros están presentes en una concentración de 80 ppm y los nitratos en 12 ppm.

En la fig. IV.3.11 se ha representado de forma gráfica la facies del agua muestreada, mediante un clásico diagrama de Piper en el que se observa una facies sulfatada cálcico-magnésica, propia de una circulación en materiales calizo-dolomíticos en contacto con materiales ricos en sales (los evaporíticos del Keuper) y en sílice (el propio Keuper o, con mayor probabilidad, los de la facies Utrillas), esta última circunstancia puesta de manifiesto en un contenido en sílice (16,9 ppm) alto para un agua que circule exclusivamente en rocas carbonatadas. En el diagrama se han incluido también las aguas correspondientes a la descarga de Alhama de Aragón (puntos sin relleno), con objeto de reflejar gráficamente la similitud de su facies con la de Embid.

### c. Otros componentes

Como en todos los puntos hidrotermales muestreados en Alhama de Aragón destaca la presencia boro, aunque con una concentración, 30  $\mu\text{g/l}$ , muy inferior al nivel guía que la normativa vigente admite para las aguas potables de consumo público y para las *aguas minerales embotellables*, que está fijado en **1 000  $\mu\text{g/l}$** .

Aparecen también contenidos de hierro (1  $\mu\text{g/l}$ ) y plomo (11  $\mu\text{g/l}$ ). En los dos casos, las concentraciones son netamente inferiores a las concentraciones contempladas en la RTS vigente (nivel guía de 50  $\mu\text{g/l}$  para el primero y contenido máximo admisible, también de **50  $\mu\text{g/l}$** , para el segundo).

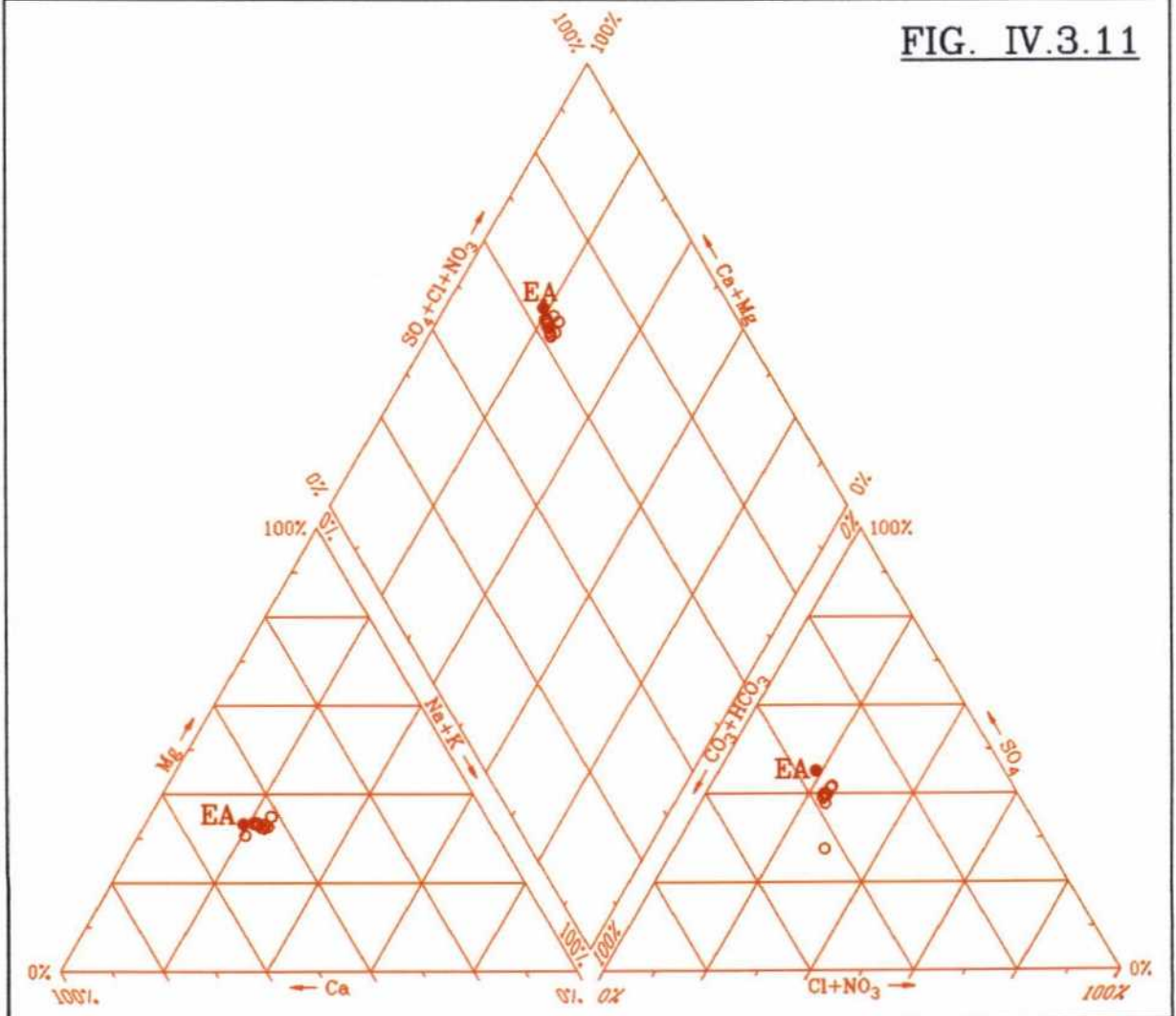
La radiactividad  $\alpha$  del agua muestreada,  $0,175 \pm 0,060 \text{ Bq/l}$ , está ligeramente por encima del nivel guía (**0,1 Bq/l**) indicado en la reglamentación vigente, mientras que la radiactividad  $\beta$  está por debajo del nivel guía correspondiente (**1 Bq/l**).

ESTUDIO DE LAS AGUAS MINERALES DE ARAGÓN  
ESTUDIO DE DETALLE ZA3: EMBID DE ARIZA

DESCARGA HIDROTHERMAL DE EMBID DE ARIZA  
FACIES HIDROQUÍMICAS: DIAGRAMA DE PIPER

EA: GALERIA "LA ALBERCA" (2416/7/0001)

- PUNTOS REPRESENTATIVOS DE LA DESCARGA  
HIDROTHERMAL DE ALHAMA DE ARAGON



### 3.6. VALORACIÓN DE LA SURGENCIA

El agua termal de la galería de drenaje "La Alberca" tiene un origen y unas características físico-químicas e isotópicas y, en consecuencia, unas propiedades terapéuticas similares a las de la descarga hidrotermal de Alhama de Aragón. Por tanto, podría ser susceptible de un aprovechamiento de la misma índole.

El único, y muy importante, factor limitante para un aprovechamiento balneario del agua radica en la fuerte disminución del caudal observada durante los trabajos del **EAMA**, cuyo origen no ha sido identificado, pero que por las dimensiones y características hidrodinámicas del acuífero, puede atribuirse en primera aproximación a una afección causada por bombeos y/o a un déficit de recarga por infiltración en los afloramientos del entorno de Embid de Ariza, que hubiera hecho disminuir sensiblemente la componente fría y local de la descarga.

**4. ESTUDIO DE DETALLE ZA4  
ÉPILA**

#### 4.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de detalle **ZA4**, denominado **Épila**, incluye únicamente la captación denominada "Fuente Cascarrera", que es un pequeño manantial situado a unos 2 km de distancia al SSO de Épila, a la vera de un camino agrícola y pocos metros de la orilla izquierda del río Jalón, a la altura del km 13 de la carretera comarcal 220, entre Épila y Calatorao.

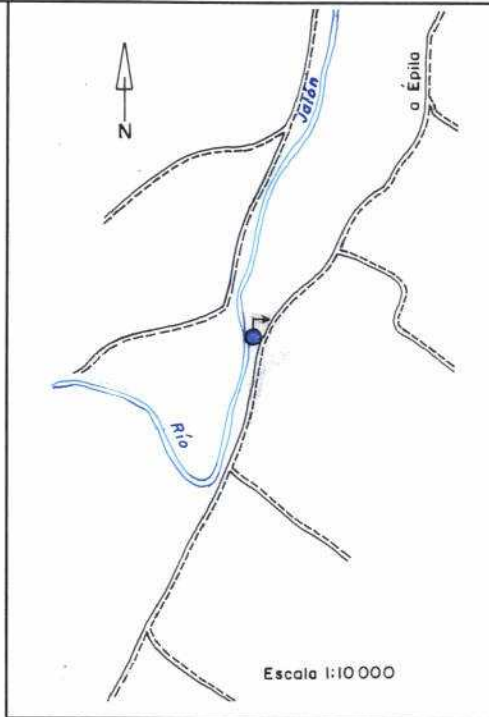
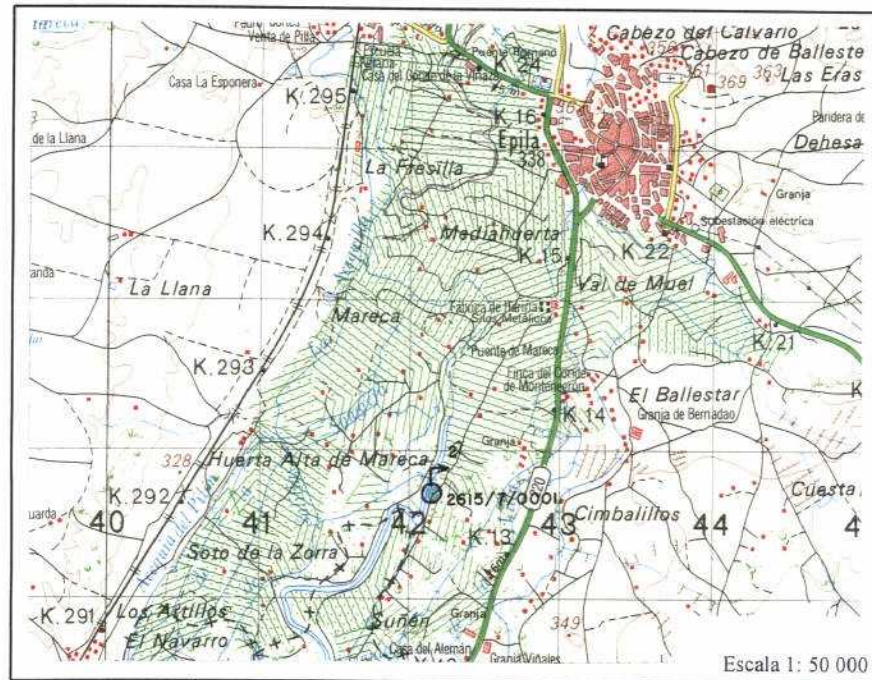
En un estudio reciente<sup>12</sup> se identifica la "Fuente Cascarrera" con la fuente "de las Almas", citada por Pedro Gómez de Bedoya en el tomo II, y último, de su "Historia Universal de las fuentes Minerales de España", de 1765, y por Pedro María Rubio en su "Tratado Completo de las Fuentes Minerales de España", de 1853. La mención a la "Fuente de Almas" También está recogida en las publicaciones relativas a *aguas minerales* del **ITGE**<sup>13</sup> de 1913 y 1986, probablemente por estar citada en las publicaciones clásicas mencionadas. En cualquier caso, su agua, fría, no ha sido objeto nunca de aprovechamiento hidromineral.

El estudio de detalle tiene el objetivo básicamente hidrogeológico de identificar y caracterizar desde los puntos de vista geológico, hidrogeológico, hidrogeoquímico e hidrodinámico el sistema acuífero responsable de la surgencia, y establecer el esquema conceptual de su circulación subterránea.

En la fig. IV.3.12 se incluye un mapa y un croquis de situación de la "Fuente Cascarrera".

12 Estudio para la "Definición de una red de control de la salinidad en las aguas superficiales de la cuenca del Ebro. RED SAL", volumen I: Manantiales salinos (aguas minero-medicinales y termales). Confederación Hidrográfica del Ebro, 1985.

13 Los documentos citados son: la "Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España", elaborada en 1913, y el "Informe sobre LAS AGUAS MINERO-MEDICINALES, MINERO-INDUSTRIALES Y DE BEBIDA ENVASADAS EXISTENTES EN ESPAÑA. Estudio preliminar", editado en 1986,



**FIG. IV.3.12**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA4: ÉPILA  
PLANO Y CROQUIS DE SITUACIÓN**

#### **4.2. HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA DESCARGA SUBTERRÁNEA DE LA "FUENTE CASCARRERA"**

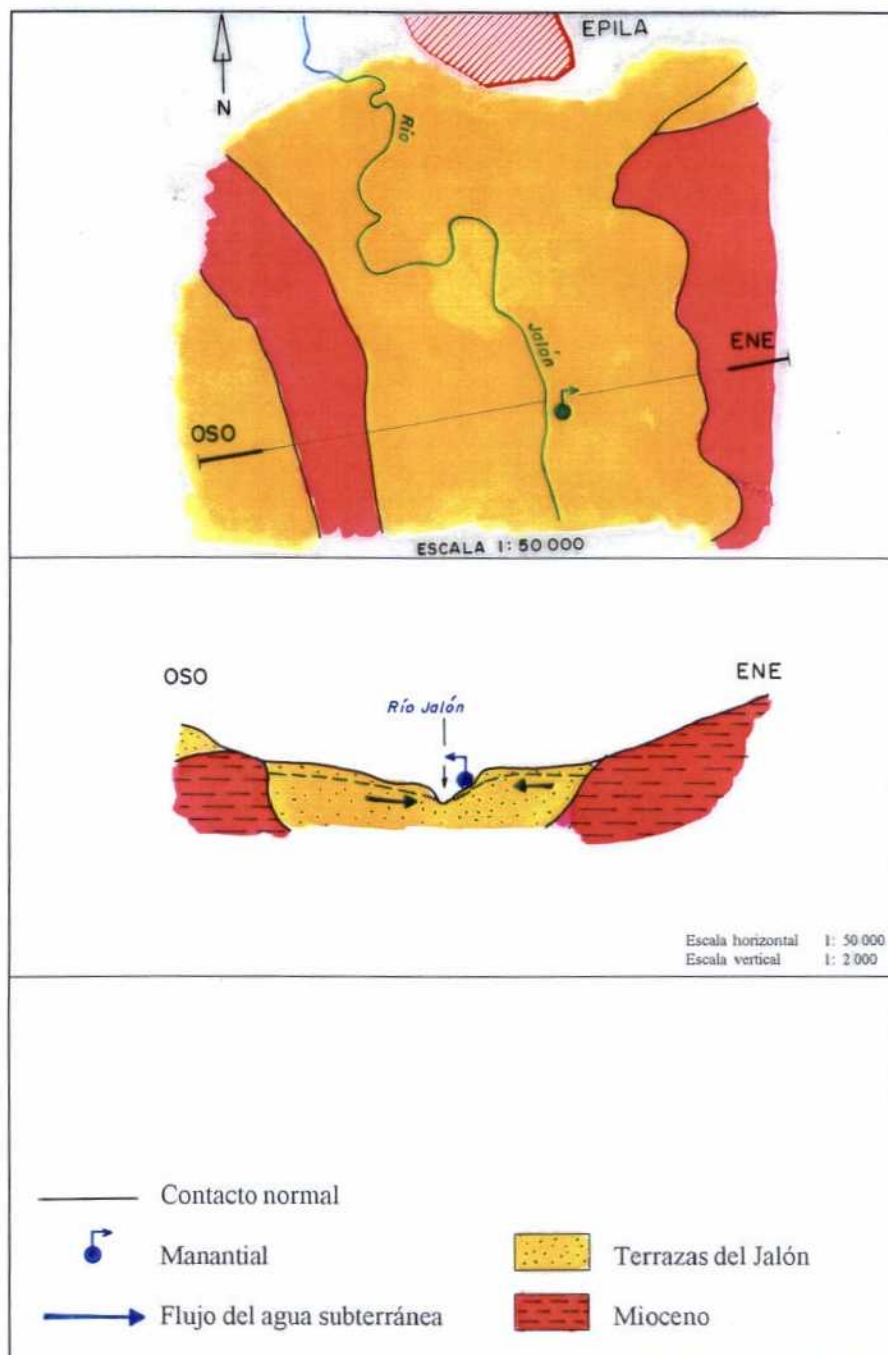
La "Fuente Cascarrera" es una salida del acuífero libre de poca entidad constituido por las terrazas colgadas del río Jalón, compuestas por depósitos arenosos y lutítico-arcillosos de permeabilidad media-baja.

La recarga se produce por infiltración de lluvia y, sobre todo, por retornos del riego de los cultivos situados sobre la terraza, y la circulación subterránea, sensiblemente horizontal, se produce con dos componentes de flujo, una en sentido transversal hacia el río Jalón y otra en dirección N-S, en el sentido aguas abajo del río.

La descarga tiene lugar como consecuencia de la disminución en la sección de paso que supone el contacto entre dos niveles de terraza, que obliga a rebosar a parte del agua subterránea que circula por el nivel de terraza superior, al desaparecer la misma por erosión.

El régimen de descarga de la "Fuente Cascarrera" debe ser variable en función de la secuencia de los riego sobre los cultivos situados en la terraza superior del Jalón.

En la fig. IV.3.13 se incluye un esquema y corte hidrogeológico de detalle de los alrededores de la "Fuente Cascarrera".



**FIG. IV.3.13**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA4: ÉPILA  
 ESQUEMA Y CORTE HIDROGEOLÓGICO DE DETALLE**

### 4.3. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA "FUENTE CASCARRERA"

La "Fuente Cascarrera" está acondicionada por medio de una arqueta de obra, de forma trapezoidal, que desagua por medio de un caño (tubo metálico encastrado en una de los muretes de la arqueta). El agua vierte directamente al río Jalón, cuyo cauce está a unos 2,5 m de distancia y unos 2,5 m por debajo del manantial, por una pequeña canalización excavada en el suelo.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 26-15 (382) "Épila" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X	=	642,150
Y	=	4 604,700
Z	=	310 m s.n.m.

Durante los reconocimientos realizados durante el EAMA fue posible efectuar medidas de caudal (el 29/9/92) y temperatura (el 25/9/93). Los valores medidos fueron los siguientes:

$$Q = 1,16 \text{ l/s} \quad t = 15,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

#### 4.4. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA

La descripción que se incluye a continuación se apoya en los resultados de las determinaciones fisicoquímicas "in situ" y los análisis efectuados por el ITGE sobre la muestra tomada en el marco del EAMA, el día 26/9/93 en la "Fuente Cascarrera".

##### a. Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos determinados "in situ" indican una descarga fría que presenta una temperatura de 15,8 °C. El agua surge en condiciones oxidantes normales (Eh positivo de 129,1 mV), con pH ácido (6,561) y bajo nivel de oxígeno disuelto (4,09 ppm).

##### b. Mineralización e iones mayoritarios

La conductividad eléctrica (2 010  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en campo, y 1 790  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en laboratorio) y el residuo seco a 110 °C (1 350 mg/l) reflejan una mineralización fuerte del agua descargada por la "Fuente Cascarrera".

Entre los cationes, predomina de forma clara el calcio (228 ppm), con presencia importante de magnesio (80 ppm) muy por encima del nivel de tolerancia, 50 ppm, de la RTS vigente, contenido en sodio (106 ppm) por encima del nivel guía de la RTS, y escaso potasio (5 ppm).

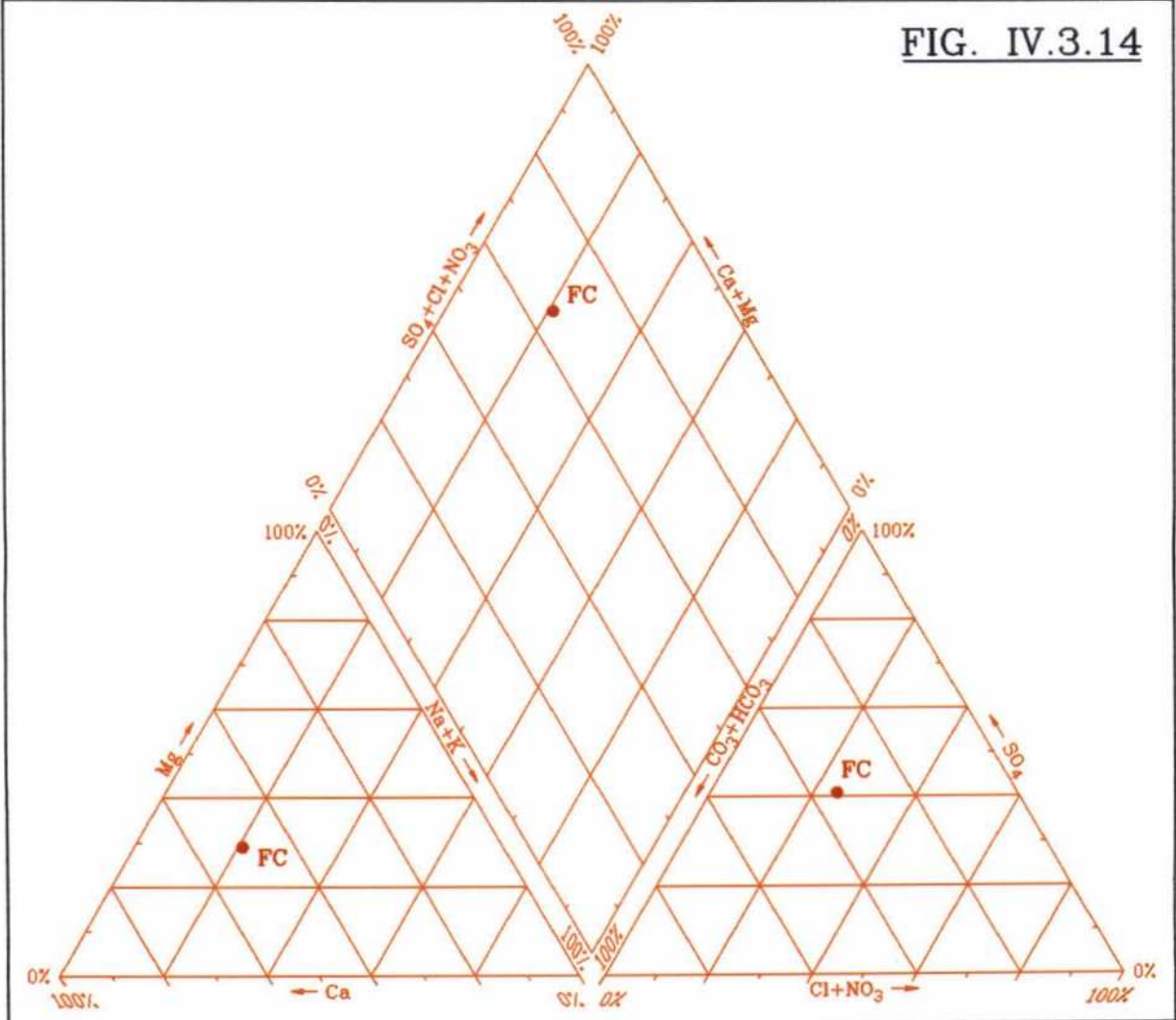
Los aniones mayoritarios son los bicarbonatos (452 ppm) y los sulfatos (420 ppm), estos muy por encima de la concentración máxima admisible (**250 ppm**) según la RTS vigente. Los cloruros y nitratos están presentes en concentraciones importantes, 162 y 41 ppm, respectivamente. El contenido de estos últimos, muy cerca del nivel máximo tolerable (**50 ppm**), y la presencia de fosfatos, aunque en baja concentración (0,05 ppm) hacen sospechar la existencia de contaminación agrícola, lógica por encontrarse la surgencia en una zona de regadíos.

En la fig. IV.3.14 se han representado de forma gráfica la facies del agua muestreada, mediante un clásico diagrama de Piper en el que se

ESTUDIO DE LAS AGUAS MINERALES DE ARAGÓN  
ESTUDIO DE DETALLE ZA4: ÉPILA

DESCARGA SUBTERRANEA DE LA "FUENTE CASCARRERA"  
FACIES HIDROQUÍMICAS: DIAGRAMA DE PIPER

FC: "FUENTE CASCARRERA" (2615/7/0001)



observa una facies sulfatada-clorurada cálcica, que redunda en la probable contaminación agrícola del agua subterránea.

**c. Otros componentes**

Entre las especies minoritarias están presentes el hierro ( $20 \mu\text{g/l}$ ), el manganeso ( $20 \mu\text{g/l}$ ), el plomo ( $19 \mu\text{g/l}$ ) y el boro ( $110 \mu\text{g/l}$ ), en concentraciones inferiores a las concentraciones que la normativa vigente admite para las aguas potables de consumo público y para las *aguas minerales embotellables* (nivel guía de  $50 \mu\text{g/l}$ , para el hierro, y  $1\ 000 \mu\text{g/l}$ , para el boro, y máximo admisible de  $50 \mu\text{g/l}$  para el plomo), excepto el manganeso, cuyo contenido coincide con el nivel guía ( $20 \mu\text{g/l}$ ).

La radiactividad  $\alpha$  del agua muestreada,  $0,144 \pm 0,095$ , está por encima del nivel guía ( $0,1 \text{ Bq/l}$ ), mientras que la radiactividad  $\beta$ ,  $0,212 \pm 0,063 \text{ Bq/l}$ , está francamente por debajo del nivel guía correspondiente ( $1 \text{ Bq/l}$ ).

#### **4.5. VALORACIÓN DE LA SURGENCIA**

Aunque existe una cierta tradición entre los habitantes de los alrededores de que se trata de una agua saludable (?), el agua de la "Fuente Cascarrera" no reúne las condiciones necesarias para ser utilizada con fines terapéuticos o industriales, ni siquiera a nivel popular.

De hecho, teniendo en cuenta que se trata de la descarga de un acuífero muy vulnerable a la contaminación agrícola, industrial u orgánica, por la proximidad de la superficie libre al suelo (presenta un contenido de nitratos y en metales pesados -Fe, Mn y B- que parecen reflejar la influencia de la recarga por retorno de riegos y una posible contaminación industrial), debería recomendarse que no se utilice el agua de la fuente, es más, tal vez debería prohibirse su uso.

**5. ESTUDIO DE DETALLE ZA5  
JARABA**

## 5.1. INTRODUCCIÓN

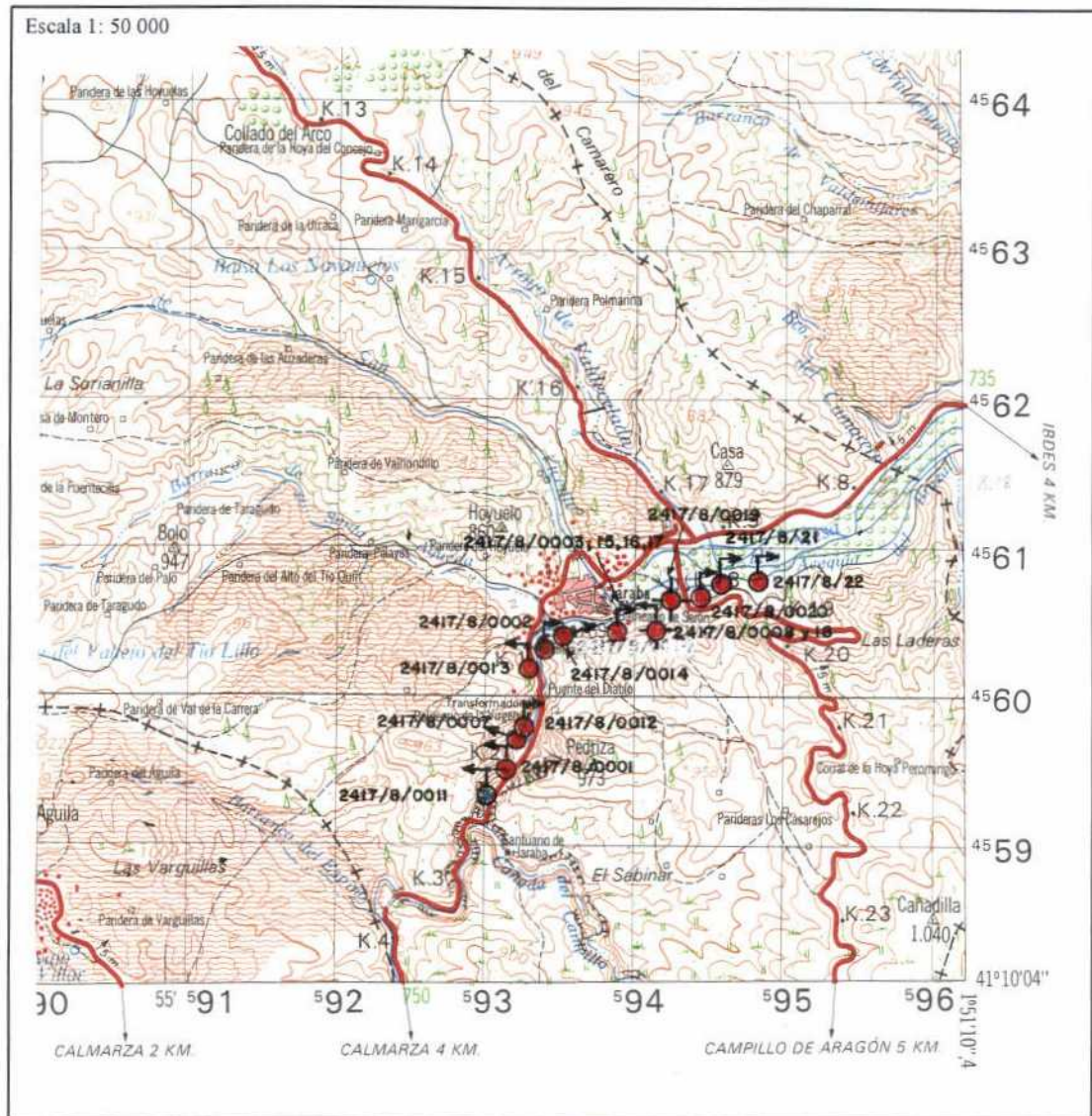
El estudio de detalle **ZA5: Jaraba** incluye el grupo de surgencias y captaciones termales situadas al sur y al este de Jaraba, a lo largo de la traza del río Mesa, que han dado lugar a importantes aprovechamientos hidrotermales históricos. En la actualidad existen tres instalaciones balnearias, Balneario La Virgen, Balneario Sicilia y Baños de Serón, y otras tres plantas embotelladoras de agua, Fontecabras, Fontjaraba y Agua de Lunares, que utilizan surgencias y captaciones que descargan y captan un agua subterránea termal declarada de utilidad pública y clasificada como agua **minero-medicinal o mineral natural**, en el caso del agua envasada.

Además, se describen algunos otros manantiales, unos que poseen clasificación oficial pero no son objeto de aprovechamiento, y otros que no han sido objeto de clasificación oficial, pero cuya agua es idéntica a la de las surgencias clasificadas, ya que todas ellas forman la parte visible de la descarga hidrotermal de un sistema acuífero muy extenso en el que la circulación subterránea tiene lugar a gran profundidad en las formaciones carbonatadas del Jurásico inferior y del Cretácico, y cuya descarga tiene lugar en el hacia el río Mesa en las inmediaciones de Jaraba.

Por tratarse de una zona de aprovechamiento vigente de agua minero-medicinal, el estudio de detalle tiene el doble objetivo, hidrogeológico y administrativo, de:

- identificar y caracterizar desde los puntos de vista geológico, hidrogeológico, hidrodinámico, hidrogeoquímico e isotópico el sistema acuífero que da origen a las surgencias, estableciendo el modelo conceptual de flujo y evaluando, en la medida de lo posible, los recursos hídricos del mismo; y
- justificar, delimitar y describir las medidas técnicas que se consideran necesarias para asegurar una adecuada protección cualitativa y cuantitativa del flujo subterráneo hidrotermal de Jaraba y una óptima explotación de sus captaciones y surgencias, casi todas las cuales descargan un agua subterránea declarada de utilidad pública y clasificada como **agua minero-medicinal o mineral natural**.

En la fig. IV.3.15 se incluye un mapa general de situación de los aprovechamientos de Jaraba y de las captaciones y surgencias hidrotermales históricas.



**FIG. IV.3.15**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA5: JARABA  
PLANO DE SITUACIÓN GENERAL**

## 5.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA

Según una publicación de principios de siglo que no ha podido ser consultada, pero de la que se han recibido referencias verbales y escritas<sup>14</sup>, parece que las aguas termales de Jaraba eran ya conocidas por los romanos, quienes las denominaron *Acquae nympharum*, aunque no se conservan vestigios de dicha época romana, salvo un puente que parece datar de los tiempos en que se dividió el territorio peninsular en tres provincias: *tarraconenese, baetica y lusitania*. También se menciona la existencia de referencias documentales en el archivo de Calatayud según las cuales las aguas termales de Jaraba (se describe la existencia de una charca que debe de corresponder al actual lago termal del Balneario La Virgen) eran utilizadas en la época de la Reconquista, tanto por los lugareños (que se bañaban con sus ganados), como por peregrinos que acudían al santuario de la *Virgen de Xaraba* y soldados para recuperarse de sus heridas en batalla. Así mismo, se cita que tal vez el rey Alfonso I mandase ampliar la balsa hacia 1120.

La primera mención moderna a las aguas termales de Jaraba aparece reflejada en el "Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus Posesiones de Ultramar" de Pascual Madoz (1845-1850). Se hace referencia a un "bastante copioso manantial que nace en una hendidura de una enorme roca contigua al río Piedra (!)". En la zona de descarga se habían acondicionado cuatro charcas o pozos de sección irregular, protegidos por tapias de las avenidas del río, que las inundaba frecuentemente. En esa época, los baños eran explotados simultáneamente, sin autorización oficial, por el Ayuntamiento de Jaraba y por el Santuario, pues en los dos sitios se hospedaban los agüistas.

En el "Tratado Completo de las Fuentes Minerales de España" de Pedro María Rubio (1853), se citan dos manantiales: uno a nivel del suelo en una concavidad de la roca y otro que brotaba a una altura de 1 vara (0.84 cm) sobre el suelo. En 1849, el Ayuntamiento de Jaraba cubrió la concavidad de la roca y construyó un edificio de baños con 6 pilas de piedra caliza que aprovechaban el segundo manantial; este edificio es el origen del actual

14 "Balnearios aragoneses. Pasado, presente y futuro", del Prof. Fernando Solsona. Zaragoza, 1992.

## Balneario de La Virgen.

En 1866, los Baños de Jaraba ya contaban con médico director (Juan Bautista Calmarsa), según consta en el "Tratado Práctico de Análisis Química de las Aguas Minerales y Potables", de Antonio Casares (1866); sin embargo, no dispone de descripción del o los establecimientos en activo en el año de la publicación.

Por información suministrada en el propio establecimiento, se sabe que aproximadamente en 1860 comienzan a funcionar los Baños de San Vicente, instalaciones originarias del actual Balneario Sicilia.

Según se refleja en la publicación "Aguas Minerales. Tratado de Hidrología Médica con la Guía del Bañista y el Mapa Balneario de España", de Anastasio García López, en 1869 existían ya tres establecimientos: el de la Virgen, con 4 pilas; el de San Vicente, con 4 pilas; y el de la Amistad (precursor de los actuales Baños de Serón) que, con 7 pilas y 44 habitaciones, era el mayor de Jaraba. Los Baños de la Virgen seguían siendo de propiedad municipal, mientras que los otros eran privados, los Baños de San Vicente eran propiedad de D. Francisco Sicilia y los Baños de la Amistad lo eran de la Sociedad La Amistad. Los establecimientos tomaban el nombre de sus manantiales.

La primera referencia oficial a la aguas de Jaraba aparece en la Gaceta de Madrid de 16/4/1869, que recoge una **Nota de la Dirección General de Beneficencia y Establecimientos Penales** en la que se indican "las temporadas en que están abiertos los establecimientos de baños y aguas minerales que han obtenido la declaración de utilidad pública, su concurrencia, nombre de los directores facultativos,...". Entre los establecimientos citados están los de Jaraba, sin especificar denominaciones, con sus aguas clasificadas como sulfurosas termales.

Las aguas de Jaraba también aparecen en la "reseña de todos los manantiales que existen en España declarados de utilidad pública" al 15/4/1873 incluida en la "Guía-Manual de Baños y Aguas Minerales destinada al servicio público" de 1873.

En el primer Anuario Oficial (Luis Salazar y otros. Madrid, 1877) figuran los tres establecimientos citados, con la variación del cambio de

titularidad en los Baños de la Virgen, que habían pasado a ser propiedad de D. Manuel Ibáñez.

Según la información facilitada por todos los establecimientos de Jaraba, el 17/2/1888 se declararon nuevamente de utilidad pública las aguas de Jaraba. No ha podido conseguirse constancia documental de esta declaración.

En el Anuario Oficial correspondiente a la temporada de 1899 (Mariano Carretero y Marcial Taboada, 1890), se recoge el cambio de denominación de los Baños de la Amistad, que habían pasado a denominarse Baños de Serón y eran propiedad de D. Luis Serón.

Los tres establecimientos balnearios figuran en la Guía Oficial de 1908 (Carlos Menéndez Fernández. Madrid, 1908), en la que se mencionan los manantiales de que disponen dos de ellos: los Baños Nuevos de Serón cuentan con tres (San Luis, del Obispo y Santa Margarita) y los Baños de San Vicente con dos (San Vicente y Santa Dorotea). Del tercer establecimiento, los Baños de la Virgen, no se especifican las surgencias.

Posteriormente, en la Guía Oficial (Anónimo) de 1942 se detallan los tres manantiales con que cuentan los Baños Primitivos de la Virgen: Primitivo, San José y San Antonio.

La Guía Oficial de 1944 indica que el Balneario Sicilia (antiguos Baños de San Vicente) embotellaba y comercializaba las aguas de sus manantiales con la denominación de Agua de Sicilia.

El 21/6/1972 se publicó en el BOE una resolución de la DGM del MI de 19/4/72, por la que, a solicitud de D. José Sicilia Monje, se declaraba minero-medicinal el "Agua del Cañar", manantial termal situado en las afueras de Jaraba, en la salida hacia Ibdes. Posteriormente, la DGM autorizó un taller de embotellamiento de agua minero-medicinal con la denominación de **Agua del Cañar** al mismo solicitante, según una comunicación de 23/12/1972 de la Sección de Minas de Zaragoza al interesado.

El 6/2/1976 se publicó en el BOE una resolución del 12/11/1975 de la DGM del Ministerio de Industria, por la que se declararon minero-medicinales las aguas de:

- los manantiales "San Vicente", "Santa Dorotea" y "San Roque", del Balneario Sicilia, a solicitud de D. José M<sup>a</sup> Sicilia Baró, y
- los manantiales "San Antonio", "San José" y "Fontecabras" (denominación que se aplicó al manantial "Primitivo o de Pilas" en los documentos de solicitud de clasificación del agua, aunque en realidad corresponde, totalmente o en parte, a la surgencia denominada "San Antonio"), del Balneario La Virgen, a solicitud de D. Santos Adradas Ibáñez, efectuada con fecha 25/1/1972.

A la petición de clasificación de las aguas de los manantiales del Balneario La Virgen siguió la solicitud de concesión de explotación de los mismos, que fue realizada el 10/3/1972. En el informe que acompañaba la solicitud se incluía la previsión de un taller de embotellado, que sería alimentado por el manantial "Fontecabras". La concesión fue autorizada con el número 2 399 de Zaragoza, desconociéndose la fecha de la resolución y de su publicación en los boletines oficiales, aunque debió serlo dentro del año 1973.

El dominio del aprovechamiento de las aguas minero-medicinales del manantial "Fontecabras" y la planta de embotellado fueron vendidos por D. Santos Adradas, titular del Balneario La Virgen, a la empresa Compañía de Aguas Minerales Puras en el año 1981, que los transfirió en 1988 a la empresa Compañía de Aguas de Jaraba, S. A., actual titular del aprovechamiento Fontecabras.

Con fecha 23/10/1980, se transfirieron los derechos mineros (sobre el manantial titular del aprovechamiento "Agua del Cañar" y un sondeo, denominado Cañar II, perforado en 1974 tras la pertinente autorización de la Sección de minas de Zaragoza de 21/5/1974) y las instalaciones de la planta de embotellado de Agua del Cañar a la empresa Alimentos y Bebidas, S.A. Por resolución de la DGM de 15/6/1981 se autorizó la Concesión de Explotación directa (adaptada a la normativa establecida por la Ley de Minas 22/1973 de 21/7/1973 y el Reglamento General para el Régimen de la Minería de 25/8/1978) del aprovechamiento del "Agua del Cañar", cuya tramitación había sido iniciada por D. José Sicilia Monge, mediante solicitud de 9/3/1970. Con fecha 25/5/1987 fue autorizado, por resolución del Departamento de Industria, Comercio y Turismo (DICT) de

la **DGA**, el cambio de denominación de "Agua del Cañar" a "Agua de Lunares", con la que se embotella actualmente. En 1991, con objeto de aumentar el caudal agua disponible para embotellado con la denominación de Agua de Lunares, se ejecutó un sondeo de 110 m profundidad a unos 20 m del manantial "Lunares" (antes Cañar). El sondeo fue acondicionado para su explotación en 1993. Por el momento no se ha solicitado clasificación independiente para su agua, ya que, dada la proximidad entre el sondeo y el manantial "Lunares", la empresa explotadora supone que la situación administrativa de éste es aplicable al sondeo.

El 6/11/1989 se declararon minero-medicinales las aguas del "manantial" (en realidad es un sondeo) "Cañar 2", cuyo expediente de clasificación había sido iniciado por segunda vez en 1988 a instancias de D. Tomás Mascaray y Pueyo, en representación de Alimentos y Bebidas, S.A. Está previsto envasar el agua del sondeo "Cañar 2" bajo la denominación comercial de **Agua del Cañar**, una vez sea otorgada la Concesión de Explotación, en trámites administrativos.

En el año 1986 el agua de los manantiales "San Vicente" y "Santa Dorotea" que se embotellaba con la denominación Agua de Sicilia, pasó a envasarse con la denominación Fontjaraba, al tiempo que la propiedad de la planta pasaba a ser propiedad de La Casera, S.A., aunque la propiedad de los manantiales continua bajo la titularidad de D. José María Sicilia Baró, con el compromiso de garantizar el suministro de agua a la planta. Posteriormente, en octubre de 1991, la titularidad de la planta, no del agua, fue adquirida por la sociedad Fontjaraba Aguas y Bebidas, S.A.

Las propiedades y derechos mineros de los Baños de Serón fueron adquiridos en 1988 por D. José María Sicilia, que procedió a renovar las instalaciones (reinauguradas en marzo de 1991) y a legalizar la situación administrativa de los manantiales existentes en el dominio de Serón. Por resolución del DICT de la **DGA**, fueron declaradas minero-medicinales las aguas de los manantiales "San Luis", "La Peña" (antiguamente del Obispo), "Las Lilas" y "El Prado", estando pendiente la autorización de concesión de explotación que incluye la aprobación de un perímetro de protección.

Finalmente, a instancias de D. José María Sicilia Baró, se declaró minero-medicinal el agua del manantial denominado "Virgen de las Nie-

ves", situado aguas arriba del Balneario La Virgen, por resolución del DCIT de la **DGA** de 10/4/1990. Por el momento, permanece sin aprovechamiento.

En resumen, en la actualidad existen en Jaraba 5 aprovechamientos de aguas minero-medicinales que dan lugar a las 6 instalaciones, 3 balnearios y 3 plantas envasadoras que embotellan el agua con la clasificación de **mineral natural** al amparo de la disposición transitoria tercera del R.D. 1164 de 22/7/1991, que se relacionan seguidamente:

- **Balneario La Virgen.** Dos edificios construidos sobre los baños primitivos, con instalaciones recientemente modernizadas. Cuenta con las siguientes captaciones y surgencias: acequia de desagüe del antiguo manantial "San Antonio", que es en realidad una zanja drenante; manantial de "Pilas o Primitivo"; manantial "San José"; un manantial llamado "Nuevo", puesto al descubierto durante las obras de remodelación del edificio de baños; una excavación situada al lado del manantial "San José", desde la que se bombea agua para tratamientos; y el "Lago Termal o de la Virgen".
- **Embotelladora Fontecabras.** Utiliza el agua del manantial "Fontecabras", que corresponde a la antigua denominación "San Antonio".
- **Balneario Sicilia** (antes Baños de San Vicente). Consta de un edificio, único para baños y hotel, en cuyo interior está el manantial "San Vicente". Bajo una edificación anexa está situado en manantial "Santa Dorotea".
- **Embotelladora Fontjaraba** (antes Agua de Sicilia). Utiliza indistintamente el agua de los manantiales "San Vicente" y "Santa Dorotea".
- **Baños de Serón** (antes Baños de La Amistad). Consta de un edificio único para baños y hotel. Cuenta con los manantiales "San Luis" (único utilizado en terapias), "La Peña", "Las Lilas" y "El Prado".
- **Embotelladora Agua de Lunares** (antes Agua del Cañar). Utiliza el agua del manantial "Lunares" (antiguo "Cañar") y del sondeo "Lunares". Está prevista una segunda línea de producción con el agua del sondeo "Cañar 2" con la denominación de Agua del Cañar.

### 5.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

El fondo de publicaciones relacionadas con las aguas minerales recopilado en el marco del EAMA incluye 57 documentos en los que se citan los aprovechamientos hidrotermales de Jaraba, aunque ninguna se refiere específicamente a ellos; la relación de todas las referencias, junto con una sinopsis de su contenido se adjunta en la ficha de inventario de las surgencias del Balneario La Virgen (2417/8/0012). En dicha base documental hay muy pocas publicaciones que recogen datos parciales de caudal, poco fiables en cualquier caso, y algunas más que incluyen temperaturas de surgencia, habitualmente generales para todas las aguas de Jaraba o, como mucho, para todas las surgencias de un mismo establecimiento; además, la mayoría de ellas repiten los valores reflejados en trabajos anteriores<sup>15</sup>. En realidad, aparte de la efectuada en el marco del EAMA, que afecta a todos los puntos en los que en la actualidad es posible controlar su caudal y temperatura, no hay ninguna valoración que se refiera a todas las surgencias de Jaraba, debido a que los datos recogidos en alguno de los documentos más completos se refieren a los manantiales aprovechados en la época de su publicación, cuando no estaban en marcha todos los establecimientos que se conocen hoy día.

Sólo se dispone de dos valoraciones originales de caudales contenidas en las publicaciones siguientes:

- [1] "Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar". Pascual Madoz. La Ilustración. Impr. establ. tipográfico-literario Universal; Madrid, 1845-1850.  
Edición facsímil-composición relativa a Aragón (3 tomos). Ámbito Ediciones, S.A. y Diputación General de Aragón; Valladolid, 1985.
- [2] "Guía oficial de los balnearios españoles y aguas minero-medicinales". Anónimo. Asoc. Nal. de la Prop. Balnearia; Madrid, 1942 (255 págs).

<sup>15</sup> Es llamativo el caso de los valores de caudal de las surgencias utilizadas en aquella época en los Baños de Serón recogidos en la "Guía Oficial de las Aguas Minero-Medicinales y Establecimientos Balnearios de España" (Carlos Menéndez Fernández. Madrid, 1908) de la temporada de 1908". Dichos valores, totalmente irreales por excesivos son: 68 l/s para el manantial "San Luis" y 18 l/s para el manantial del Obispo (actual "La Peña"). Pues bien, estos valores son repetidos en publicaciones posteriores, en algún caso cambiando la unidad de l/s por l/min.

Por lo que respecta a las temperaturas, además de la ref. [1] anterior sólo se ha seleccionado una referencia bibliográfica, porque la mayoría de ellas repiten valores generales para todas las aguas de Alhama. Es la siguiente:

- [3] "Anuario oficial de las aguas minerales de España". Tomo I, 1876-1877". Manuel Ruiz Salazar y otros. Impr. esterot. y galvanop. de Aribau y Cía; Madrid, 1877 (927 págs).

También se han tenido en cuenta los estudios e informes de carácter hidrogeológico y geotérmico realizados por el **ITGE** y la **CHE**, y los trabajos específicos referidos a las *aguas minerales* de Aragón. Todos ellos están reflejados en las Referencias Bibliográficas Básicas que acompañan al listado de puntos inventariados en la provincia de Zaragoza que figura al inicio del Tomo II.3. Además, como es lógico, se ha considerado la información recogida en los reconocimientos llevados a cabo en el **EAMA**.

Además de la documentación referida, se ha contado con la información recogida en los Archivos Nacionales de Puntos de Agua y de Puntos de Aguas Minero-Medicinales y de Bebida Envasadas, que mantiene el **ITGE**, y con los expedientes administrativos existentes en las Sección de Minas de Zaragoza de la Diputación General de Aragón, y con 4 actas de actuaciones efectuadas por dicha Sección:

- [4] Medidas de caudal efectuadas el día 8/2/1991 en las captaciones del Balneario Sicilia y de los Baños de Serón.

#### **5.4. HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA DESCARGA SUBTERRÁNEA HIDROTÉRMAL DE JARABA**

Las surgencias y captaciones de los aprovechamientos balnearios de Jaraba, junto con el resto de las salidas de agua termal, visibles o no, hacia el río Mesa en un tramo de unos 2,5 km de longitud que incluye su paso por la citada localidad, forman parte de la descarga del Subsistema Acuífero del borde norte de la sierra de Solorio, perteneciente al Sistema Acuífero 57 "Mesozoico de Monreal-Gallocanta", según la división efectuada en el PIAS. Se trata de un sistema acuífero de gran extensión, que ocupa una superficie total aproximada de 1 050 km<sup>2</sup>, repartidos sobre las provincias de Guadalajara, Soria y Zaragoza, a la que corresponden unos 500 km<sup>2</sup> en el sector delimitado aproximadamente por los ríos Henar, Jalón y Piedra

Geológicamente, el dominio acuífero está situado en el borde occidental de la Rama aragonesa de la Cordillera Ibérica. En él afloran materiales desde el Paleozoico hasta el Cuaternario, con disposición sensiblemente tabular afectada por grandes fracturas de dirección ibérica (NO-SE), que dan lugar a fuertes desplazamientos verticales, y, secundariamente, por fracturas de dirección ENE-OSO.

Los acuíferos principales son:

- El Jurásico inferior (Lías), compuesto por brechas calcáreas, carnio-las, calizas y dolomías tableadas, calizas margosas y margas, con una potencia total máxima de unos 350 m.
- El Cretácico superior, constituido por un conjunto calizo-dolomítico de unos 300 m de espesor total.

Separando ambos conjuntos acuíferos se encuentra el Cretácico inferior en facies Utrillas, conjunto de baja permeabilidad compuesto por arenas, microconglomerados, arcillas y lutitas, de potencia comprendida entre 50 y 170 m. entre el Lías inferior carbonatado y la facies Utrillas pueden existir materiales margosos a calizos del Toarciense y Dogger.

El substrato del sistema lo constituyen las arcillas, lutitas, margas y yesos del Triásico en facies Keuper.

A techo del Cretácico superior aparece el Terciario, representado por el relleno mioceno del extremo SE de la depresión de Almazán, compuesto por conglomerados, areniscas y lutitas, de carácter poco permeable y algunos cientos de metros de espesor.

Localmente tienen importancia hidrogeológica los rellenos aluviales de los ríos Mesa y, sobre todo, Jalón. En el aluvial del primero se produce la mayor parte de la descarga termal del conjunto acuífero mesozoico en Jaraba, aunque la mayoría de los aprovechamientos balnearios utilizan surgencias individualizadas que tienen lugar en los afloramientos de las calizas del Cretácico superior o en su contacto con el aluvial.

Las formaciones acuíferas liásicas, afectadas por una intensa fracturación y con fenómenos de carstificación, afloran extensamente en el sector SO de la unidad y, al NE de Algar de Mesa se sumergen bajo sedimentos Cretácicos y Terciarios. Por su parte, el Cretácico superior aflora en amplias manchas entre Algar de Mesa y Jaraba parcialmente cubierto por el Terciario. A partir de la alineación Jaraba-Ibdes, que coincide con una importante fractura, las formaciones acuíferas se hunden bajo el potente relleno terciario de la cuenca de Almazán para volver a aflorar en una banda de dirección NO-SE al N de Alhama de Aragón, donde las series mesozoicas se apoyan en el umbral paleozoico de Ateca, adquiriendo posición subvertical.

En la fig. IV.3.16 se incluye un esquema y corte hidrogeológico de detalle de los alrededores de la zona de descarga termal de Jaraba.

#### **5.4.1. Esquema de circulación subterránea**

La recarga principal del sistema se produce por infiltración (directa de lluvia útil o a través de los cursos de agua) en los afloramientos jurásicos y cretácicos de la sierra de Solorio y sus estribaciones, a cotas comprendidas entre 1 000 y 1 300 m s.n.m. El agua circula con lentitud y sentido SO-NE a S-N, a través de las calizas y carniolas del Lías y de las calizas y dolomías del Cretácico superior, que se hunden paulatinamente bajo materiales cretácicos y miocenos, haciendo que el agua aumente su temperatura, hasta el sector de Jaraba, donde existe una falla de gran salto que hunde los

## 5.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA

Según una publicación de principios de siglo que no ha podido ser consultada, pero de la que se han recibido referencias verbales y escritas<sup>14</sup>, parece que las aguas termales de Jaraba eran ya conocidas por los romanos, quienes las denominaron *Acquae nympharum*, aunque no se conservan vestigios de dicha época romana, salvo un puente que parece datar de los tiempos en que se dividió el territorio peninsular en tres provincias: *tarraconenese, baetica y lusitania*. También se menciona la existencia de referencias documentales en el archivo de Calatayud según las cuales las aguas termales de Jaraba (se describe la existencia de una charca que debe de corresponder al actual lago termal del Balneario La Virgen) eran utilizadas en la época de la Reconquista, tanto por los lugareños (que se bañaban con sus ganados), como por peregrinos que acudían al santuario de la *Virgen de Xaraba* y soldados para recuperarse de sus heridas en batalla. Así mismo, se cita que tal vez el rey Alfonso I mandase ampliar la balsa hacia 1120.

La primera mención moderna a las aguas termales de Jaraba aparece reflejada en el "Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus Posesiones de Ultramar" de Pascual Madoz (1845-1850). Se hace referencia a un "bastante copioso manantial que nace en una hendidura de una enorme roca contigua al río Piedra (!)". En la zona de descarga se habían acondicionado cuatro charcas o pozos de sección irregular, protegidos por tapias de las avenidas del río, que las inundaba frecuentemente. En esa época, los baños eran explotados simultáneamente, sin autorización oficial, por el Ayuntamiento de Jaraba y por el Santuario, pues en los dos sitios se hospedaban los agüistas.

En el "Tratado Completo de las Fuentes Minerales de España" de Pedro María Rubio (1853), se citan dos manantiales: uno a nivel del suelo en una concavidad de la roca y otro que brotaba a una altura de 1 vara (0.84 cm) sobre el suelo. En 1849, el Ayuntamiento de Jaraba cubrió la concavidad de la roca y construyó un edificio de baños con 6 pilas de piedra caliza que aprovechaban el segundo manantial; este edificio es el origen del actual

14 "Balnearios aragoneses. Pasado, presente y futuro", del Prof. Fernando Solsona. Zaragoza, 1992.

## Balneario de La Virgen.

En 1866, los Baños de Jaraba ya contaban con médico director (Juan Bautista Calmarsa), según consta en el "Tratado Práctico de Análisis Química de las Aguas Minerales y Potables", de Antonio Casares (1866); sin embargo, no dispone de descripción del o los establecimientos en activo en el año de la publicación.

Por información suministrada en el propio establecimiento, se sabe que aproximadamente en 1860 comienzan a funcionar los Baños de San Vicente, instalaciones originarias del actual Balneario Sicilia.

Según se refleja en la publicación "Aguas Minerales. Tratado de Hidrología Médica con la Guía del Bañista y el Mapa Balneario de España", de Anastasio García López, en 1869 existían ya tres establecimientos: el de la Virgen, con 4 pilas; el de San Vicente, con 4 pilas; y el de la Amistad (precursor de los actuales Baños de Serón) que, con 7 pilas y 44 habitaciones, era el mayor de Jaraba. Los Baños de la Virgen seguían siendo de propiedad municipal, mientras que los otros eran privados, los Baños de San Vicente eran propiedad de D. Francisco Sicilia y los Baños de la Amistad lo eran de la Sociedad La Amistad. Los establecimientos tomaban el nombre de sus manantiales.

La primera referencia oficial a la aguas de Jaraba aparece en la Gaceta de Madrid de 16/4/1869, que recoge una **Nota de la Dirección General de Beneficencia y Establecimientos Penales** en la que se indican "las temporadas en que están abiertos los establecimientos de baños y aguas minerales que han obtenido la declaración de utilidad pública, su concurrencia, nombre de los directores facultativos,...". Entre los establecimientos citados están los de Jaraba, sin especificar denominaciones, con sus aguas clasificadas como sulfurosas termales.

Las aguas de Jaraba también aparecen en la "reseña de todos los manantiales que existen en España declarados de utilidad pública" al 15/4/1873 incluida en la "Guía-Manual de Baños y Aguas Minerales destinada al servicio público" de 1873.

En el primer Anuario Oficial (Luis Salazar y otros. Madrid, 1877) figuran los tres establecimientos citados, con la variación del cambio de

titularidad en los Baños de la Virgen, que habían pasado a ser propiedad de D. Manuel Ibáñez.

Según la información facilitada por todos los establecimientos de Jaraba, el 17/2/1888 se declararon nuevamente de utilidad pública las aguas de Jaraba. No ha podido conseguirse constancia documental de esta declaración.

En el Anuario Oficial correspondiente a la temporada de 1899 (Mariano Carretero y Marcial Taboada, 1890), se recoge el cambio de denominación de los Baños de la Amistad, que habían pasado a denominarse Baños de Serón y eran propiedad de D. Luis Serón.

Los tres establecimientos balnearios figuran en la Guía Oficial de 1908 (Carlos Menéndez Fernández. Madrid, 1908), en la que se mencionan los manantiales de que disponen dos de ellos: los Baños Nuevos de Serón cuentan con tres (San Luis, del Obispo y Santa Margarita) y los Baños de San Vicente con dos (San Vicente y Santa Dorotea). Del tercer establecimiento, los Baños de la Virgen, no se especifican las surgencias.

Posteriormente, en la Guía Oficial (Anónimo) de 1942 se detallan los tres manantiales con que cuentan los Baños Primitivos de la Virgen: Primitivo, San José y San Antonio.

La Guía Oficial de 1944 indica que el Balneario Sicilia (antiguos Baños de San Vicente) embotellaba y comercializaba las aguas de sus manantiales con la denominación de Agua de Sicilia.

El 21/6/1972 se publicó en el BOE una resolución de la DGM del MI de 19/4/72, por la que, a solicitud de D. José Sicilia Monje, se declaraba minero-medicinal el "Agua del Cañar", manantial termal situado en las afueras de Jaraba, en la salida hacia Ibdes. Posteriormente, la DGM autorizó un taller de embotellamiento de agua minero-medicinal con la denominación de **Agua del Cañar** al mismo solicitante, según una comunicación de 23/12/1972 de la Sección de Minas de Zaragoza al interesado.

El 6/2/1976 se publicó en el BOE una resolución del 12/11/1975 de la DGM del Ministerio de Industria, por la que se declararon minero-medicinales las aguas de:

- los manantiales "San Vicente", "Santa Dorotea" y "San Roque", del Balneario Sicilia, a solicitud de D. José M<sup>a</sup> Sicilia Baró, y
- los manantiales "San Antonio", "San José" y "Fontecabras" (denominación que se aplicó al manantial "Primitivo o de Pilas" en los documentos de solicitud de clasificación del agua, aunque en realidad corresponde, totalmente o en parte, a la surgencia denominada "San Antonio"), del Balneario La Virgen, a solicitud de D. Santos Adradas Ibáñez, efectuada con fecha 25/1/1972.

A la petición de clasificación de las aguas de los manantiales del Balneario La Virgen siguió la solicitud de concesión de explotación de los mismos, que fue realizada el 10/3/1972. En el informe que acompañaba la solicitud se incluía la previsión de un taller de embotellado, que sería alimentado por el manantial "Fontecabras". La concesión fue autorizada con el número 2 399 de Zaragoza, desconociéndose la fecha de la resolución y de su publicación en los boletines oficiales, aunque debió serlo dentro del año 1973.

El dominio del aprovechamiento de las aguas minero-medicinales del manantial "Fontecabras" y la planta de embotellado fueron vendidos por D. Santos Adradas, titular del Balneario La Virgen, a la empresa Compañía de Aguas Minerales Puras en el año 1981, que los transfirió en 1988 a la empresa Compañía de Aguas de Jaraba, S. A., actual titular del aprovechamiento Fontecabras.

Con fecha 23/10/1980, se transfirieron los derechos mineros (sobre el manantial titular del aprovechamiento "Agua del Cañar" y un sondeo, denominado Cañar II, perforado en 1974 tras la pertinente autorización de la Sección de minas de Zaragoza de 21/5/1974) y las instalaciones de la planta de embotellado de Agua del Cañar a la empresa Alimentos y Bebidas, S.A. Por resolución de la DGM de 15/6/1981 se autorizó la Concesión de Explotación directa (adaptada a la normativa establecida por la Ley de Minas 22/1973 de 21/7/1973 y el Reglamento General para el Régimen de la Minería de 25/8/1978) del aprovechamiento del "Agua del Cañar", cuya tramitación había sido iniciada por D. José Sicilia Monge, mediante solicitud de 9/3/1970. Con fecha 25/5/1987 fue autorizado, por resolución del Departamento de Industria, Comercio y Turismo (DICT) de

la **DGA**, el cambio de denominación de "Agua del Cañar" a "Agua de Lunares", con la que se embotella actualmente. En 1991, con objeto de aumentar el caudal agua disponible para embotellado con la denominación de Agua de Lunares, se ejecutó un sondeo de 110 m profundidad a unos 20 m del manantial "Lunares" (antes Cañar). El sondeo fue acondicionado para su explotación en 1993. Por el momento no se ha solicitado clasificación independiente para su agua, ya que, dada la proximidad entre el sondeo y el manantial "Lunares", la empresa explotadora supone que la situación administrativa de éste es aplicable al sondeo.

El 6/11/1989 se declararon minero-medicinales las aguas del "manantial" (en realidad es un sondeo) "Cañar 2", cuyo expediente de clasificación había sido iniciado por segunda vez en 1988 a instancias de D. Tomás Mascaray y Pueyo, en representación de Alimentos y Bebidas, S.A. Está previsto envasar el agua del sondeo "Cañar 2" bajo la denominación comercial de **Agua del Cañar**, una vez sea otorgada la Concesión de Explotación, en trámites administrativos.

En el año 1986 el agua de los manantiales "San Vicente" y "Santa Dorotea" que se embotellaba con la denominación Agua de Sicilia, pasó a envasarse con la denominación Fontjaraba, al tiempo que la propiedad de la planta pasaba a ser propiedad de La Casera, S.A., aunque la propiedad de los manantiales continua bajo la titularidad de D. José María Sicilia Baró, con el compromiso de garantizar el suministro de agua a la planta. Posteriormente, en octubre de 1991, la titularidad de la planta, no del agua, fue adquirida por la sociedad Fontjaraba Aguas y Bebidas, S.A.

Las propiedades y derechos mineros de los Baños de Serón fueron adquiridos en 1988 por D. José María Sicilia, que procedió a renovar las instalaciones (reinauguradas en marzo de 1991) y a legalizar la situación administrativa de los manantiales existentes en el dominio de Serón. Por resolución del DICT de la **DGA**, fueron declaradas minero-medicinales las aguas de los manantiales "San Luis", "La Peña" (antiguamente del Obispo), "Las Lilas" y "El Prado", estando pendiente la autorización de concesión de explotación que incluye la aprobación de un perímetro de protección.

Finalmente, a instancias de D. José María Sicilia Baró, se declaró minero-medicinal el agua del manantial denominado "Virgen de las Nie-

ves", situado aguas arriba del Balneario La Virgen, por resolución del DCIT de la DGA de 10/4/1990. Por el momento, permanece sin aprovechamiento.

En resumen, en la actualidad existen en Jaraba 5 aprovechamientos de aguas minero-medicinales que dan lugar a las 6 instalaciones, 3 balnearios y 3 plantas envasadoras que embotellan el agua con la clasificación de **mineral natural** al amparo de la disposición transitoria tercera del R.D. 1164 de 22/7/1991, que se relacionan seguidamente:

- **Balneario La Virgen.** Dos edificios construidos sobre los baños primitivos, con instalaciones recientemente modernizadas. Cuenta con las siguientes captaciones y surgencias: acequia de desagüe del antiguo manantial "San Antonio", que es en realidad una zanja drenante; manantial de "Pilas o Primitivo"; manantial "San José"; un manantial llamado "Nuevo", puesto al descubierto durante las obras de remodelación del edificio de baños; una excavación situada al lado del manantial "San José", desde la que se bombea agua para tratamientos; y el "Lago Termal o de la Virgen".
- **Embotelladora Fontecabras.** Utiliza el agua del manantial "Fontecabras", que corresponde a la antigua denominación "San Antonio".
- **Balneario Sicilia** (antes Baños de San Vicente). Consta de un edificio, único para baños y hotel, en cuyo interior está el manantial "San Vicente". Bajo una edificación anexa está situado en manantial "Santa Dorotea".
- **Embotelladora Fontjaraba** (antes Agua de Sicilia). Utiliza indistintamente el agua de los manantiales "San Vicente" y "Santa Dorotea".
- **Baños de Serón** (antes Baños de La Amistad). Consta de un edificio único para baños y hotel. Cuenta con los manantiales "San Luis" (único utilizado en terapias), "La Peña", "Las Lilas" y "El Prado".
- **Embotelladora Agua de Lunares** (antes Agua del Cañar). Utiliza el agua del manantial "Lunares" (antiguo "Cañar") y del sondeo "Lunares". Está prevista una segunda línea de producción con el agua del sondeo "Cañar 2" con la denominación de Agua del Cañar.

### 5.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

El fondo de publicaciones relacionadas con las aguas minerales recopilado en el marco del EAMA incluye 57 documentos en los que se citan los aprovechamientos hidrotermales de Jaraba, aunque ninguna se refiere específicamente a ellos; la relación de todas las referencias, junto con una sinopsis de su contenido se adjunta en la ficha de inventario de las surgencias del Balneario La Virgen (2417/8/0012). En dicha base documental hay muy pocas publicaciones que recogen datos parciales de caudal, poco fiables en cualquier caso, y algunas más que incluyen temperaturas de surgencia, habitualmente generales para todas las aguas de Jaraba o, como mucho, para todas las surgencias de un mismo establecimiento; además, la mayoría de ellas repiten los valores reflejados en trabajos anteriores<sup>15</sup>. En realidad, aparte de la efectuada en el marco del EAMA, que afecta a todos los puntos en los que en la actualidad es posible controlar su caudal y temperatura, no hay ninguna valoración que se refiera a todas las surgencias de Jaraba, debido a que los datos recogidos en alguno de los documentos más completos se refieren a los manantiales aprovechados en la época de su publicación, cuando no estaban en marcha todos los establecimientos que se conocen hoy día.

Sólo se dispone de dos valoraciones originales de caudales contenidas en las publicaciones siguientes:

- [1] "Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar". Pascual Madoz. La Ilustración. Impr. establ. tipográfico-literario Universal; Madrid, 1845-1850.  
Edición facsímil-composición relativa a Aragón (3 tomos). Ámbito Ediciones, S.A. y Diputación General de Aragón; Valladolid, 1985.
- [2] "Guía oficial de los balnearios españoles y aguas minero-medicinales". Anónimo. Asoc. Nal. de la Prop. Balnearia; Madrid, 1942 (255 págs).

<sup>15</sup> Es llamativo el caso de los valores de caudal de las surgencias utilizadas en aquella época en los Baños de Serón recogidos en la "Guía Oficial de las Aguas Minero-Medicinales y Establecimientos Balnearios de España" (Carlos Menéndez Fernández. Madrid, 1908) de la temporada de 1908". Dichos valores, totalmente irreales por excesivos son: 68 l/s para el manantial "San Luis" y 18 l/s para el manantial del Obispo (actual "La Peña"). Pues bien, estos valores son repetidos en publicaciones posteriores, en algún caso cambiando la unidad de l/s por l/min.

Por lo que respecta a las temperaturas, además de la ref. [1] anterior sólo se ha seleccionado una referencia bibliográfica, porque la mayoría de ellas repiten valores generales para todas las aguas de Alhama. Es la siguiente:

- [3] "Anuario oficial de las aguas minerales de España". Tomo I, 1876-1877". Manuel Ruiz Salazar y otros. Impr. esterot. y galvanop. de Aribau y Cía; Madrid, 1877 (927 págs).

También se han tenido en cuenta los estudios e informes de carácter hidrogeológico y geotérmico realizados por el **ITGE** y la **CHE**, y los trabajos específicos referidos a las *aguas minerales* de Aragón. Todos ellos están reflejados en las Referencias Bibliográficas Básicas que acompañan al listado de puntos inventariados en la provincia de Zaragoza que figura al inicio del Tomo II.3. Además, como es lógico, se ha considerado la información recogida en los reconocimientos llevados a cabo en el **EAMA**.

Además de la documentación referida, se ha contado con la información recogida en los Archivos Nacionales de Puntos de Agua y de Puntos de Aguas Minero-Medicinales y de Bebida Envasadas, que mantiene el **ITGE**, y con los expedientes administrativos existentes en las Sección de Minas de Zaragoza de la Diputación General de Aragón, y con 4 actas de actuaciones efectuadas por dicha Sección:

- [4] Medidas de caudal efectuadas el día 8/2/1991 en las captaciones del Balneario Sicilia y de los Baños de Serón.

#### **5.4. HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA DESCARGA SUBTERRÁNEA HIDROTÉRMAL DE JARABA**

Las surgencias y captaciones de los aprovechamientos balnearios de Jaraba, junto con el resto de las salidas de agua termal, visibles o no, hacia el río Mesa en un tramo de unos 2,5 km de longitud que incluye su paso por la citada localidad, forman parte de la descarga del Subsistema Acuífero del borde norte de la sierra de Solorio, perteneciente al Sistema Acuífero 57 "Mesozoico de Monreal-Gallocanta", según la división efectuada en el PIAS. Se trata de un sistema acuífero de gran extensión, que ocupa una superficie total aproximada de 1 050 km<sup>2</sup>, repartidos sobre las provincias de Guadalajara, Soria y Zaragoza, a la que corresponden unos 500 km<sup>2</sup> en el sector delimitado aproximadamente por los ríos Henar, Jalón y Piedra

Geológicamente, el dominio acuífero está situado en el borde occidental de la Rama aragonesa de la Cordillera Ibérica. En él afloran materiales desde el Paleozoico hasta el Cuaternario, con disposición sensiblemente tabular afectada por grandes fracturas de dirección ibérica (NO-SE), que dan lugar a fuertes desplazamientos verticales, y, secundariamente, por fracturas de dirección ENE-OSO.

Los acuíferos principales son:

- El Jurásico inferior (Lías), compuesto por brechas calcáreas, carnio-las, calizas y dolomías tableadas, calizas margosas y margas, con una potencia total máxima de unos 350 m.
- El Cretácico superior, constituido por un conjunto calizo-dolomítico de unos 300 m de espesor total.

Separando ambos conjuntos acuíferos se encuentra el Cretácico inferior en facies Utrillas, conjunto de baja permeabilidad compuesto por arenas, microconglomerados, arcillas y lutitas, de potencia comprendida entre 50 y 170 m. entre el Lías inferior carbonatado y la facies Utrillas pueden existir materiales margosos a calizos del Toarciense y Dogger.

El substrato del sistema lo constituyen las arcillas, lutitas, margas y yesos del Triásico en facies Keuper.

A techo del Cretácico superior aparece el Terciario, representado por el relleno mioceno del extremo SE de la depresión de Almazán, compuesto por conglomerados, areniscas y lutitas, de carácter poco permeable y algunos cientos de metros de espesor.

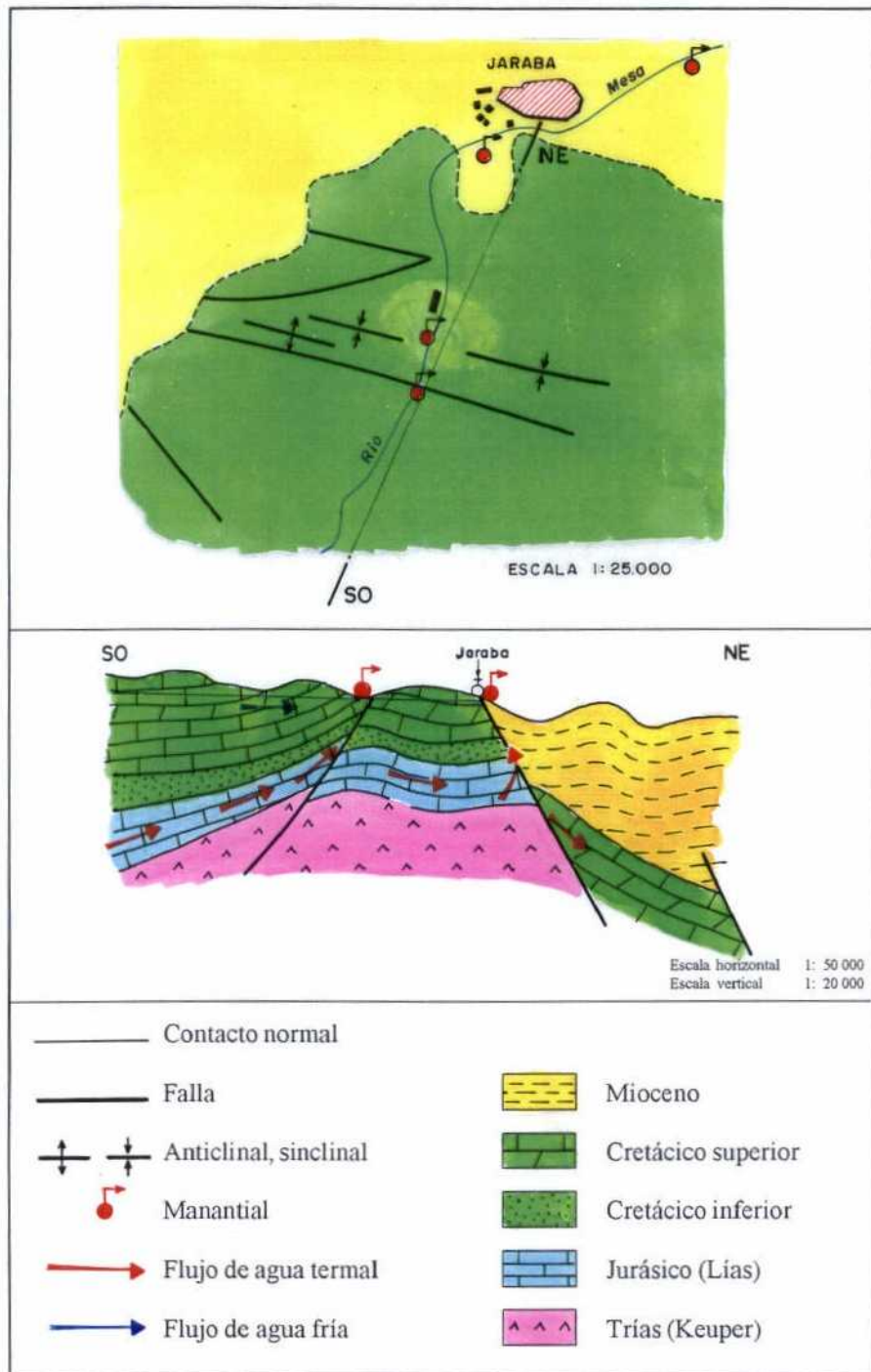
Localmente tienen importancia hidrogeológica los rellenos aluviales de los ríos Mesa y, sobre todo, Jalón. En el aluvial del primero se produce la mayor parte de la descarga termal del conjunto acuífero mesozoico en Jaraba, aunque la mayoría de los aprovechamientos balnearios utilizan surgencias individualizadas que tienen lugar en los afloramientos de las calizas del Cretácico superior o en su contacto con el aluvial.

Las formaciones acuíferas liásicas, afectadas por una intensa fracturación y con fenómenos de carstificación, afloran extensamente en el sector SO de la unidad y, al NE de Algar de Mesa se sumergen bajo sedimentos Cretácicos y Terciarios. Por su parte, el Cretácico superior aflora en amplias manchas entre Algar de Mesa y Jaraba parcialmente cubierto por el Terciario. A partir de la alineación Jaraba-Ibdes, que coincide con una importante fractura, las formaciones acuíferas se hunden bajo el potente relleno terciario de la cuenca de Almazán para volver a aflorar en una banda de dirección NO-SE al N de Alhama de Aragón, donde las series mesozoicas se apoyan en el umbral paleozoico de Ateca, adquiriendo posición subvertical.

En la fig. IV.3.16 se incluye un esquema y corte hidrogeológico de detalle de los alrededores de la zona de descarga termal de Jaraba.

#### **5.4.1. Esquema de circulación subterránea**

La recarga principal del sistema se produce por infiltración (directa de lluvia útil o a través de los cursos de agua) en los afloramientos jurásicos y cretácicos de la sierra de Solorio y sus estribaciones, a cotas comprendidas entre 1 000 y 1 300 m s.n.m. El agua circula con lentitud y sentido SO-NE a S-N, a través de las calizas y carniolas del Lías y de las calizas y dolomías del Cretácico superior, que se hunden paulatinamente bajo materiales cretácicos y miocenos, haciendo que el agua aumente su temperatura, hasta el sector de Jaraba, donde existe una falla de gran salto que hunde los



**FIG. IV.3.16**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA5: JARABA  
ESQUEMA Y CORTE HIDROGEOLOGÍCO DE DETALLE**

materiales mesozoicos bajo un potente relleno terciario de muy baja permeabilidad, de modo que la circulación subterránea queda interrumpida, al menos parcialmente (la falla debe romper o dificultar seriamente la continuidad lateral del acuífero liásico), y el agua se ve obligada a circular en sentido ascendente y a emerger por rebosamiento.

El acuífero jurásico no aflora, pero es indudable su presencia en la base de la estructura, de modo que el agua subterránea que circula por él se descarga hacia el Cretácico superior, bien a través de los materiales de la facies Utrillas intermedia, bien directamente a través de zonas fracturadas o en sectores de contacto directo entre las dos series carbonatadas mesozoicas. En su circuito ascendente, las aguas profundas se mezclan y enfrían, en mayor o menor grado, con el flujo más ligero y frío que circula subhorizontalmente por las formaciones carbonatadas cretácicas suprayacentes, en las cuales tiene lugar la descarga subterránea termal, precisamente en la zona donde son cortadas por el cauce del río Mesa, que determina las más bajas cotas del área (es posible que el trazado del río venga determinado por una falla que afectase a los materiales mesozoicos). El grado de mezcla es tanto mayor y, por tanto, la mineralización y la temperatura de emergencia tanto menores, cuanto más agua arriba se sitúe una surgencia en la zona de salida del agua, que tiene lugar en una longitud de 2 a 2,5 km a lo largo del cauce del río Mesa, a cotas comprendidas entre 790 y 760 m s.n.m.

El flujo termal tiene lugar a gran profundidad y a través de un sistema muy extenso condiciona un tiempo de residencia del agua muy elevado (decenas de años) que y determina el carácter termal de las emergencias; de la misma forma, el prolongado contacto con los materiales evaporíticos del Trías y los arenosos del Albiense explica la relativamente alta mineralización del agua termal que emerge en Jaraba.

Las salidas del agua se producen directamente en zonas de fractura de las propias calizas del Cretácico superior o hacia el relleno aluvial del río, que debe albergar un pequeño acuífero libre.

De acuerdo con lo descrito, la descarga del flujo hidrotermal de Jaraba tiene dos componentes:

- Una, mayoritaria, termal (temperatura superior a 32 °C), infiltrada en zonas muy alejadas (decenas de km) del área de descarga, y de régimen sensiblemente constante dadas la geometría y el hidrodinamismo de las formaciones atravesadas: circulación subterránea profunda y muy lenta a través de un acuífero de gran extensión que absorbe las variaciones del régimen de recarga por infiltración en zonas francamente alejadas de la de surgencia del agua.
- Otra, minoritaria, fría, de infiltración más o menos local y, por tanto, corto recorrido, pequeño tiempo de residencia en el subsuelo y régimen variable, ligado a las oscilaciones estacionales de la precipitación.

#### **5.4.2. Tiempo de residencia en el subsuelo y temperatura máxima en profundidad**

Las dataciones isotópicas realizadas en el marco del **EAMA**, a partir de la determinación del contenido en tritio del agua de 8 de los puntos de agua termal inventariados, junto con las realizadas por el **ITGE** en 1981<sup>16</sup>, permiten una interpretación bastante realista, aunque no totalmente inequívoca, de la edad del agua que, de acuerdo con el esquema de circulación descrito en los párrafos anteriores, se descarga en las surgencias hidrotermales tradicionales de Jaraba. En efecto, los valores determinados, incluidos en la tabla siguiente, pueden ser interpretados según dos vías.

16 En el "Estudio de las manifestaciones termales de Extremadura-Salamanca-Aragón-Rioja, orientadas a su posible explotación como recursos geotérmicos", realizado por el ITGE en 1982, se efectuaron las siguientes determinaciones de tritio:  $0,0 \pm 1,1$  en el manantial "San Antonio" (2417/8/0007),  $0,0 \pm 1,1$  en el manantial "San Vicente" (2417/8/0002),  $0,0 \pm 1,0$  en el manantial "Santa Dorotea" (2417/8/0013),  $0,0 \pm 2,3$  en el manantial "San Luis" (2417/8/0003), y  $0,0 \pm 2,4$  en el manantial "Las Lilas" (2417/8/0016). Estos resultados indican un agua anterior a 1952 con prácticamente ausencia de mezcla con aguas más recientes. Es decir, en 1982, el agua de la surgencia hidrotermal de Jaraba tenía, como mínimo, una antigüedad de 30 años.

Punto	Tritio (UT)
2417/8/0001	10,7 ± 1,4
2417/8/0002	5,4 ± 1,8
2417/8/0003	1,9 ± 2,0
2417/8/0007	3,3 ± 1,4
2417/8/0013	3,8 ± 2,0
2417/8/0016	10,0 ± 1,4
2417/8/0019	6,6 ± 1,4

La primera, y seguramente más verosímil, de las interpretaciones consiste en suponer que se trata de un agua infiltrada antes de que en 1952 comenzasen las pruebas termonucleares en la atmósfera, que tendría prácticamente ausencia de tritio, mezclada con agua de infiltración más o menos reciente, cuyo contenido en tritio es, como máximo, de unas pocas decenas de UT.

La segunda posibilidad, menos probable, es que se trate de agua correspondiente a los primeros experimentos nucleares. En este caso, la única forma de comprobar la verosimilitud de la hipótesis es observar la evolución del contenido en tritio del agua termal de Jaraba, que debería ir en aumento en los próximos años.

Cualquiera de los dos supuestos supondría un tiempo de residencia subterránea del agua termal que se descarga en Jaraba de aragón de, como mínimo, 40 años.

Como es lógico, los niveles más altos de tritio aparecen en el manantial 2417/8/0001 (Virgen de las Nieves), uno de los situados más agua arriba en la zona de descarga, es decir, donde mayor es el aporte de la componente de agua subterránea fría y ligera que circula por los tramos aflorantes del Cretácico superior, y en el manantial 2417/8/0016 (El Prado), en el que la muestra se obtuvo por bombeo en una zanja, de modo que es evidente la mezcla con agua del relleno aluvial del río Mesa.

En el extremo opuesto se sitúa el manantial "San Luis" de los Baños de Serón (2417/8/0003), que surge a unos 20 m de altura sobre

el aluvial, en una fisura de los conglomerados que recubren las calizas cretácicas en la parte más aguas abajo de la zona de descarga; es decir, es uno de los puntos de surgencia más preservados de la mezcla con agua reciente

Por otro lado, los cálculos geotermométricos realizados en el **EAMA** y en citado estudio del **ITGE**<sup>15</sup>, han permitido estimar en unos 40-45 °C la temperatura geotermométrica del sistema, que, por similitud con la más estudiada descarga de Alhama de Aragón, debe coincidir con el equilibrio isotópico de los sulfatos disueltos y el agua. Esa temperatura alcanzada por el agua subterránea termal en el subsuelo, significa que las formaciones acuíferas mesozoicas llegarían a estar a unos 1 000 m de profundidad teórica por debajo de la zona de descarga<sup>17</sup>.

#### **5.4.3. Mezclas de aguas subterráneas distintas en las captaciones y surgencias hidrotermales**

De acuerdo con el esquema de flujos subterráneos descrito anteriormente, las surgencias de agua termal que se producen a través de zonas fisuradas en los afloramientos calizos del Cretácico superior tienen un mayor o menor grado de mezcla con aguas frías de infiltración reciente en los afloramientos cretácicos situados entre Jaraba y Algar de Mesa. Esta mezcla se produce de forma natural por la estructura del acuífero, de forma que puede afirmarse que es inevitable, pero no deja de tener trascendencia por la repercusión que, como se indica más adelante, puede tener sobre la calidad del agua termal.

Por su parte, el pequeño tramo acuífero libre albergado en los depósitos aluviales del río Mesa recibe por su muro la mayor parte de la descarga del flujo hidrotermal, haciendo de esa forma posible su mezcla con la somera y, por tanto, muy fría circulación subterránea de aquél. En las condiciones expuestas, es claro que cualquier captación realizada en dichos depósitos aluviales captará necesaria-

17 Dicha estimación se basa en una temperatura media ambiente local de 11°C, y un gradiente geotérmico supuesto normal, es decir, 3° C/100 m.

mente, en mayor o menos proporción, una mezcla de aguas subterráneas: las termales, de circulación profunda y largo tiempo de residencia en el subsuelo, y las frías, superficiales y de infiltración más reciente.

Sin embargo, es preciso tener en cuenta que el riesgo de extraer un agua subterránea resultante de la mezcla descrita en el párrafo anterior no está limitado a las captaciones excavadas exclusivamente en los depósitos detríticos del aluvial. En efecto, un sondeo que, después de atravesarlos sin captarlos (si se aislase por cementación el tramo superior correspondiente a los materiales del relleno aluvial) penetrase en el acuífero cretácico, o que estuviera emboquillado directamente sobre calizas podría fácilmente inducir un aporte de agua superficial (del río) y/o subterránea (del tramo acuífero libre) si el nivel piezométrico en bombeo se situase a cota más baja (menor carga hidráulica) que la del nivel de la superficie libre en el acuífero aluvial. Si, además de un bombeo en las condiciones indicadas, el sondeo no estuviese adecuadamente aislado a la altura de los depósitos aluviales, el aporte de agua desde dicho acuífero libre se vería acelerado.

#### **5.4.4. Recursos hidrotermales de Jaraba**

Durante la realización del EAMA se tuvo la fortuna de que el río Mesa llegara a secarse aguas arriba del comienzo de la zona de surgencia termal de Jaraba, cuyo comienzo está situado a unos 2,5 km río arriba del pueblo; esto ocurrió, al menos, a finales de agosto y principios de septiembre de 1993. Aprovechando esta circunstancia, el día 5/9/1993 se realizó un aforo con molinete en la estación de aforos nº 56 de la CHE, situada en el río Mesa a la altura del puente de la carretera que va de Jaraba a Campillo de Aragón, y en la acequia del Brazal, a la altura de dicha estación. La acequia transporta una parte del agua del río, derivada aguas arriba de la estación de aforos, para riego en la vega de Jaraba.

El resultado de los dos aforos dio un caudal conjunto de 642 l/s, que constituye una aproximación muy buena, aunque por defecto,

al valor de la descarga hidrotermal total que tiene lugar en el entorno de Jaraba. Aguas abajo de las dos secciones aforadas, el aluvial del Mesa recibe parte de la descarga termal (de la que son parte individualizada los manantiales 2417/8/0020, 21 y 22, que se describen más adelante) que es recogida en una acequia de drenaje de cauce natural. Estas descargas no pudieron ser contabilizadas, ya que resultó imposible localizar secciones de aforo mínimamente accesibles aguas abajo de la estación de aforos, debido al estado de los cauces del río y de la acequia, con orillas totalmente invadidas por vegetación y demasiado elevadas y cortadas sobre el nivel del agua.

Además, se dispone de varios aforos diferenciales realizados en 1987 por el ITGE como parte de las actividades del "Estudio de detalle del borde septentrional de la sierra de Solorio (Zaragoza)", en las mismas secciones mencionadas y en otra aguas arriba del comienzo de la salida de agua subterránea al río. De los 6 aforos disponibles (se efectuó una medida al mes entre enero y junio de 1987), los que permiten una aproximación más fiable, por ser menores los caudales que circulaban por el río, de la descarga termal son los que se efectuaron el 22/1 y el 26/6/87:

- En la primera de las fechas, la ganancia del río a su paso por Jaraba fue de 572 l/s; a este valor habría que añadir el agua circulante por la acequia del Brazal, que no fue aforada, y la salida que se produce en aluvial aguas abajo de la estación de aforos.
- En la segunda, el incremento de caudal del río más el agua que pasaba por la acequia sumaron 607 l/s, a los que, como en el caso anterior, habría que añadir la descarga termal que tiene lugar en la vega.

De acuerdo con los valores anteriores, puede estimarse razonablemente que los **recursos hidrotermales del sector de Jaraba totalizan un mínimo de 19 hm<sup>3</sup>/año, que corresponde a un caudal continuo de 600 l/s.**

## **5.5. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS SURGENCIAS Y CAPTACIONES DE AGUA MINERAL DE JARABA.**

La descarga hidrotermal que tiene lugar en los alrededores de Jaraba está individualizada en numerosos puntos, la mayoría de los cuales poseen clasificación oficial como de agua minero-medicinal y están aprovechados por las 6 instalaciones existentes. Además de la descarga difusa hacia el aluvial del Mesa hay otros manantiales individualizados sin aprovechamiento, de los que sólo uno tiene su agua declarada minero-medicinal. En los siguientes subapartados se describen, agrupados por aprovechamiento balneario, todos los puntos de surgencia y captación inventariados, cuya situación se ha representado en la fig. IV.3.17.

### **5.5.1. Balneario La Virgen**

#### **a. Manantiales del Balneario La Virgen (2417/8/0012)**

En el recinto del Balneario La Virgen existen varios puntos de captación de la descarga termal (en realidad puede haber tantos puntos de captación como excavaciones se hagan en el relleno aluvial del río Mesa) que se han considerado conjuntamente, dado que están muy próximos entre sí. En el interior del edificio de baños hay dos captaciones:

- La fuente de Pilas o Primitiva, pequeña surgencia de agua en una fisura en calizas situada a 1 m sobre el suelo, acondicionada como una fuente clásica con chorro (su agua se usa para bebida directa y para inhalaciones), es la manifestación termal más antigua de Jaraba, junto con las primigenias charcas de baños que podrían corresponder a alguna de las excavaciones que se mencionan seguidamente.
- Una excavación descubierta recientemente (durante las obras realizadas en 1992) que podría corresponder a un baño antiguo y que se ha acondicionado con fines meramente decorativos.



FIG. IV. 3.17

ESTUDIO DE DETALLE ZA5: JARABA  
 LOCALIZACION DE SURGENCIAS Y APROVECHAMIENTOS

ESCALA 1:9 500

En el exterior del edificio existen otras cuatro captaciones:

- La acequia de desagüe del manantial Fontecabras (antiguo San Antonio), que es en realidad una zanja drenante de paredes de hormigón que capta agua por su fondo (gana 14 l/s desde la salida de Fontecabras hasta el punto donde el canal se introduce bajo los edificios del establecimiento);
- El manantial San José es una fuente clásica con chorro, que capta una fisura en calizas, cuya descarga se destina exclusivamente a ingesta directa.
- Una excavación, próxima al manantial San José, desde la que se bombea agua termal para la balneoterapia.
- El lago termal (llamado Lago de la Virgen), una excavación en el estrecho relleno aluvial del río Mesa, que se usa para baños no terapéuticos. Seguramente corresponde a una de las charcas primitivas.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) del conjunto y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de un plano a escala 1: 1 000 del aprovechamiento, son:

X = 593,250

Y = 4 559,800

Z = 790 m s.n.m.

Los valores del caudal y la temperatura de las descargas agua termal reflejados en los documentos históricos referidos en el apartado 5.3., y el año de su publicación, son:

- [1] En esta publicación, de 1845-1850, se recoge un dato de caudal ( $Q = 1,075$  l/s) y de temperatura ( $t = 31$  °C) que con toda probabilidad corresponden al manantial "Primitivo o de Pilas".
- [2] Esta publicación, de 1942, incluye un valor del caudal total (10 l/s) de los manantiales del Balneario La

Virgen.

- [3] En el Anuario de 1877, se indica, sin especificar que surgencia corresponde, una temperatura de 29 °C para el agua termal de La Virgen, que se ajusta bastante bien a los valores medidos en el EAMA.

Los días 21/3/1992 y 20/3/1993, fechas en las que se llevaron a cabo dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de caudal y temperatura:

Acequia de "San Antonio"  $Q = 14,55 \text{ l/s}^{18}$

Manantial "de Pilas"  $Q = 0,30 \text{ l/s}$   $t = 28,4^{\circ}\text{C}$

Manantial "San José"  $Q = 0,245 \text{ l/s}$

El acondicionamiento de los manantiales objeto de aprovechamiento es aceptable, ya que garantiza suficientemente la protección del agua.

## **5.5.2. Embotelladora Fontecabras**

### **b. Manantial Fontecabras (2417/8/0007)**

El punto de descarga (denominado originalmente Manantial San Antonio) es una pequeña excavación en forma de pozo realizada en el contacto entre la pared caliza y el relleno aluvial del río Mesa, que se ha acondicionado con un brocal circular de PVC, rodeado de obra de mampostería, al que se ha ajustado una tapa para impedir la caída de elementos extraños (hojas, insectos, pájaros) en el agua, que podrían alterar las características físico-químicas o biológicas de la misma. La captación está dentro de una caseta de obra desde cuya puerta se accede al nivel de la captación (más bajo que la superficie del aluvial) por una escalera de pocos tramos que forma parte del acondicionamiento de mampostería original del antiguo manantial

18 El caudal se ha calculado como diferencia entre los aforos realizados a la salida del manantial "Fontecabras" (antiguo "San Antonio") y en el punto donde el canal pasa a estar cubierto por los edificios del balneario.

"San Antonio". La excavación sirve a su vez de pozo de bombas para alimentación de la planta embotelladora: el agua se envía a la planta mediante dos bombas de acero inoxidable que funcionan alternativamente para asegurar el servicio. El excedente de agua rebosa y pasa, a través de una conducción subterránea de 1 m de longitud, a la acequia de "San Antonio" que discurre por terrenos del Balneario de La Virgen, en los que actúa como una zanja drenante, hasta desembocar en el río Mesa, agua abajo del lago termal del balneario, situado a unos 150 m de del manantial Fontecabras.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de un plano a escala 1: 1 000 del aprovechamiento, son:

$$\begin{aligned} X &= 593,220 \\ Y &= 4\ 559,700 \\ Z &= 790 \quad \text{m s.n.m.} \end{aligned}$$

Los días 21/3/1992 y 20/3/1993, fechas en las que se llevaron a cabo dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del **EAMA**, se **midieron**, respectivamente, los siguientes valores de caudal y temperatura:

$$Q = 11,28 \quad \text{l/s}^{19} \quad t = 28,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La muestra de agua tomada el 20/3/1993 en el marco del **EAMA** dio un contenido de  $3,3 \pm 1,4$  UT, que refleja un moderado grado de mezcla de agua termal profunda con más de 40 años de permanencia en el subsuelo con agua fría de circulación subterránea en las calizas cretácicas aflorantes a lo largo del río Mesa.

En general, el tipo y estado del acondicionamiento de la captación son satisfactorios por su adecuación y limpieza.

19 La medida sobreestima ligeramente el caudal propio del manantial "Fontecabras": la sección de medida hubo de situarse 5 m aguas abajo del comienzo del tramo a ciclo abierto de la acequia, con el fin de efectuar las medidas bajo flujo lineal. Dado que los primeros 2 m de la zanja están cubiertos, resulta un tramo drenante total de 7 m, cuya descarga está incluida en el aforo.

Sólo resulta insuficiente la evacuación del excedente del manantial ya que el agua tiende a estancarse en la zanja porque no hay diferencia de cota suficiente entre la lámina de agua en cabecera y el desagüe de la misma en el pequeño lago termal. Aunque no es probable que se produzca una inversión en el sentido de circulación del agua sobrante del manantial "Fontecabras", la solución para eliminar ese riesgo sería elevar el punto de descarga de los excedentes hasta el borde superior del brocal, sellando la salida actual para aislar la captación del resto de la zanja drenante, y acondicionar una tubería de evacuación independiente de la acequia de "San Antonio".

### **5.5.3. Balneario Sicilia y Embotelladora Fontjaraba**

#### **c. Manantial San Vicente (2417/8/0002)**

Esta situado en la planta baja del Balneario Sicilia. El agua surge y fluye libremente en una fractura del conglomerado que tapiza las calizas cretácicas y se recoge en un pequeño depósito desde el que salen varias conducciones: a una fuente para bebida situada en la misma planta de la surgencia; al depósito de recalentamiento previo a los tratamientos tópicos; o directamente a las bañeras de las 9 cabinas que hay en la galería de baños. Además, en la propia fractura hay encajada una tubería para toma, por aspiración, para suministro alternativo (del manantial "Santa Dorotea") a la planta embotelladora de Fontjaraba.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de un plano a escala 1: 1 000 del aprovechamiento, son:

X	=	593,375	
Y	=	4 560,325	
Z	=	760	m s.n.m.

Los valores del caudal y la temperatura de las descargas agua termal reflejados en los documentos históricos referidos al

final del apartado 5.3., y el año de su publicación, son:

[2] Esta publicación, de 1942, incluye un valor del caudal total (7,87 l/s) de los manantiales del Balneario Sicilia, es decir, debe corresponder a la suma de los dos manantiales del establecimiento: "San Vicente" y "Santa Dorotea".

[3] En el Anuario de 1877, se indica una temperatura de 34 °C para el agua termal de los Baños de San Vicente.

[4]  $Q = 1,88 \text{ l/s}$  1991

Los días 23/3/1992 y 19/3/1993, fechas de dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA, se midieron los siguientes valores de caudal y temperatura:

$$Q = 2,06 \text{ l/s} \quad t = 31,7 \text{ °C}$$

La diferencia entre el caudal aforado por la Sección de Minas de la DGA [4] y el medido durante el EAMA se debe a que durante la realización del primero, la descarga del manantial estaba afectada por el bombeo que se realizaba para desaguar la zona de surgencia del manantial "Santa Dorotea" durante las obras de reacondicionamiento de la captación.

La muestra de agua tomada el 19/3/1993 en el marco del EAMA dio un contenido de  $5,4 \pm 1,8$  UT, que, como en resto de puntos muestreados en Jaraba, refleja un apreciable grado de mezcla de agua termal profunda infiltrada antes de 1952, con agua más reciente infiltrada en las calizas cretácicas que afloran al sur de Jaraba.

El acondicionamiento del manantial San Vicente es correcto, aunque, a pesar de que el agua surge en una dependencia aislada, sería deseable encerrar la zona de surgencia con materiales adecuados (vidrio, acero,..) para una mayor protección del agua.

**d. Manantial Santa Dorotea (2417/8/0014)**

El punto de surgencia del manantial Santa Dorotea está actualmente a unos 2,5 m bajo el nivel del suelo de un edificio anejo al Balneario Sicilia. El punto de salida del agua está encajado dentro un cierre estanco de hormigón en el que hay encastrada una tubería de PVC que capta el agua y permite su ascenso hasta el nivel del suelo, donde puede pasar a varias arquetas enlazadas, desde las que el agua vierte directamente al río Mesa, o a un depósito de acero, desde el que se bombea el agua al depósito de regulación de la planta de embotellado Fontjaraba.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de un plano a escala 1: 1 000 del aprovechamiento, son:

$$\begin{aligned} X &= 593,500 \\ Y &= 4\,560,400 \\ Z &= 760 \quad \text{m s.n.m.} \end{aligned}$$

Los valores del caudal y la temperatura de las descargas agua termal reflejados en los documentos históricos referidos al final del apartado 5.3., y el año de su publicación, son:

[2] Esta publicación, de 1942, incluye un valor del caudal total (7,87 l/s) de los manantiales del Balneario Sicilia, es decir, debe corresponder a la suma de los dos manantiales del establecimiento: "San Vicente" y Santa Dorotea".

$$[4] \quad Q = 21,25 \quad \text{l/s} \quad 1991$$

Los días 23/3/1992 y 19/3/1993, fechas en las que se llevaron a cabo dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de caudal y temperatura:

$$Q = 3,197 \quad \text{l/s} \quad t = 30,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La diferencia entre el caudal aforado por la Sección de Minas

de la DGA [4] y el medido durante el EAMA se debe a que en el primero, la medida corresponde al caudal suministrado por la bomba utilizada para desaguar la zona de surgencia durante las obras de reacondicionamiento realizadas en 1991, con el nivel de descarga a unos 2,5 bajo el nivel del suelo, mientras que la segunda medida fue realizada con el nivel de descarga del manantial ligeramente por encima del nivel del río Mesa, menos de 0,5 m bajo el nivel del suelo.

El actual acondicionamiento del manantial Santa Dorotea puede considerarse como satisfactorio, aunque, por encontrarse la captación por debajo de los edificios del balneario Sicilia, siempre existe riesgo de una eventual contaminación por pérdidas en las tuberías de desagüe de las instalaciones.

**e. Manantial San Roque (2417/8/0013)**

Esta situado fuera de los edificios del Balneario Sicilia, aunque corresponde al mismo aprovechamiento. Se localiza al pie de un farallón calizo en el relleno aluvial del río Mesa, en la orilla opuesta al balneario (margen izquierda del río). La captación es una pequeña excavación acondicionada como una arqueta de sección rectangular (una de cuyas paredes es la propia caliza) de la que salen dos conducciones, una para suministro a las instalaciones recreativas (piscina) y de servicios del Balneario Sicilia, y otra, que lleva el excedente (la mayor parte de la descarga) a un depósito excavado en el aluvial, a unos 10 m de la surgencia, que se utiliza como sala de bombas para abastecimiento a la población de Jaraba.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de un plano a escala 1:1 000 del aprovechamiento, son:

X	=	593,300	
Y	=	4 560,175	
Z	=	760	m s.n.m.

No existen datos históricos de su caudal y temperatura.

Durante uno de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA, el 20/3/1193, se midió una temperatura (no fue posible medir el caudal de surgencia) de 24,7 °C.

#### **5.5.4. Baños de Serón**

En la actualidad hay 4 manantiales individualizados, uno en el interior del edificio (denominado "San Luis") y tres en el exterior (denominados "Las Lilas", "La Peña" y "El Prado").

##### **f. Manantial San Luis (2417/8/0003)**

El manantial "San Luis" surge en una fisura localizada a unos 10 m de altura sobre el nivel del aluvial, en una dependencia de la parte posterior del edificio de los Baños de Serón. El agua fluye libremente hasta un depósito regulador de cabecera de las instalaciones situado en la parte superior del edificio balneario; desde este depósito, el agua es conducida por tubería, bien a una caldera de recalentamiento para tratamientos balnearios de hidroterapia, o bien, el excedente, hacia una cascada ornamental situada en el exterior del edificio.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de un plano a escala 1: 1 000 del aprovechamiento, son:

X = 593,985  
Y = 4 560,490  
Z = 745 m s.n.m.

Los valores del caudal y la temperatura de las descargas agua termal reflejados en los documentos históricos referidos al final del apartado 5.3., y el año de su publicación, son:

[2] Esta publicación, de 1942, incluye un valor del caudal total (8,16 l/s) de los manantiales de los Baños de

Serón, sin especificar a que captaciones corresponde.

[3] En el Anuario de 1877, se indica una temperatura de 34 °C para el agua termal de los Baños de La Amistad (primitivo nombre de los Baños de Serón).

[4]  $Q = 3,47 \text{ l/s}$  1991

Los días 23/3/1992 y 19/3/1993, fechas en las que se llevaron a cabo dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA, se obtuvieron los siguientes valores de caudal y temperatura:

$Q = 3,82 \text{ l/s}$      $t = 31,5 \text{ °C}$

La diferencia entre el caudal aforado por la Sección de Minas de la DGA [4] y el medido durante el EAMA se debe a que durante la realización del primero, es posible que la descarga del manantial estuviera afectada por el bombeo que se realizaba para desaguar la zona de surgencia del manantial "Santa Dorotea" durante las obras de remodelación de su acondicionamiento.

La muestra de agua tomada el 19/3/1993 en el marco del EAMA dio un contenido de  $1,9 \pm 2,0 \text{ UT}$ , el valor más bajo de todas las aguas analizadas en Jaraba que, como en resto de puntos muestreados en Jaraba, refleja un pequeño grado de mezcla de agua termal profunda infiltrada antes de 1952, con agua más reciente infiltrada en las calizas cretácicas que afloran al sur de Jaraba.

El acondicionamiento del manantial San Luis es correcto, aunque, a pesar de que el agua surge en una dependencia aislada, sería deseable encerrar la zona de surgencia con materiales adecuados (vidrio, acero,..) para una mayor garantía en la protección del agua.

**g. Manantial "La Peña o del Obispo"**

El agua brota en una oquedad de las calizas en el parque de los

Baños de Serón; está captada y acondicionada en el mismo punto de surgencia por un cierre de hormigón con un tubo incrustado para la salida del agua, que cae en una pila rústica de obra. La pila desagua por una tubería hacia un pequeño estanque y desde ésta al río Mesa, a través de una acequia. Su agua se utiliza sólo para bebida.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de un plano a escala 1: 1 000 del aprovechamiento, son:

$$X = 593,780$$

$$Y = 4\ 560,430$$

$$Z = 745 \quad \text{m s.n.m.}$$

En los documentos históricos referidos al final del apartado 5.3., sólo existe una referencia original a la temperatura de emergencia del agua y otra al caudal de surgencia; son las siguientes:

[3] En el Anuario de 1877, se indica una temperatura de 34 °C para el agua termal de los Baños de La Amistad (primitivo nombre de los Baños de Serón).

$$[4] \quad Q = 0,28 \quad \text{l/s} \quad 1991$$

Los días 23/3/1992 y 19/3/1993, fechas en las que se llevaron a cabo dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA, se midieron los siguientes valores de caudal y temperatura:

$$Q = 0,20 \quad \text{l/s} \quad t = 31,7 \text{ °C}$$

El actual acondicionamiento del manantial "La Peña", que se usa exclusivamente para bebida, puede considerarse como satisfactorio.

#### **h. Manantial Las Lilas**

El agua surge en una fisura de las calizas del Cretácico

superior, en el parque de los Baños de Serón, y circula libremente unos metros ladera abajo hasta una antigua alberca de curar cáñamo, que desagua a través de una acequia al río Mesa.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de un plano a escala 1: 1 000 del aprovechamiento, son:

$$X = 593,575$$

$$Y = 4\,560,425$$

$$Z = 750 \text{ m s.n.m.}$$

En los documentos históricos referidos al final del apartado 5.3., sólo existe una referencia original al caudal de surgencia; es la siguiente:

$$[4] \quad Q = 0,43 \text{ l/s} \quad 1991$$

Los días 23/3/1992 y 19/3/1993, fechas en las que se llevaron a cabo dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de caudal y temperatura:

$$Q = 0,63 \text{ l/s} \quad t = 30,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

La diferencia entre el caudal aforado por la Sección de Minas de la DGA [4] y el medido durante el EAMA se debe a que durante la realización del primero, es posible que la descarga del manantial estuviera afectada por el bombeo que se realizaba para desaguar la zona de surgencia del manantial "Santa Dorotea" durante las obras de remodelación de su acondicionamiento.

En la actualidad, el manantial "Las Lilas" carece de acondicionamiento, ya que su agua no se utiliza.

#### **i. Manantial El Prado**

El agua surge en el fondo de una excavación abierta en el

aluvial del río Mesa, dentro del parque de los Baños de Serón. El agua desagua libremente de la charca por medio de una acequia que atraviesa longitudinalmente el parque, recibiendo en su recorrido las descargas los manantiales "La Peña" y "Las Lilas" antes de desembocar en el río. A pocos metros de la charca, justo en contacto del aluvial con el afloramiento del conglomerado que tapiza las calizas cretácicas, se ha efectuado una excavación de unos 5 m longitud, 2,5 de profundidad y 1 de anchura, que se ha cerrado con hormigón excepto en el fondo y en la pared que corresponde al afloramiento rocoso, con objeto de mejorar la captación del agua termal ascendente y evitar la mezcla con agua fría del aluvial; esta captación desagua hacia la acequia original a través de una tubería encajada en la pared lateral situada más aguas abajo y se ha encerrado en una caseta de obra.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de un plano a escala 1: 1 000 del aprovechamiento, son:

$$X = 593,520$$

$$Y = 4\,560,475$$

$$Z = 736 \quad \text{m s.n.m.}$$

En los documentos históricos referidos al final del apartado 5.3., sólo existe una referencia original al caudal de surgencia; es la siguiente:

$$[4] \quad Q = 4,0 \quad \text{l/s} \quad 1991$$

Los días 22/3/1992 y 19/3/1993, fechas en las que se llevaron a cabo dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA, se obtuvieron, respectivamente, los siguientes valores de caudal y temperatura:

$$Q = 12,63 \quad \text{l/s} \quad t = 28,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La diferencia entre el caudal aforado por la Sección de Minas de la DGA [4] y el medido durante el EAMA se debe a que el

primero es poco fiable porque la medida fue realizado cerrando y elevando el nivel del agua en la acequia de desagüe hasta conseguir una caída por rebosamiento del agua, es decir, no fue realizado en condiciones técnicas aceptables. El segundo fue efectuado con micromolinetes en una sección apropiada de la acequia de desagüe.

La muestra de agua tomada el 19/3/1993 en el marco del EAMA dio un contenido de  $10,0 \pm 1,4$  UT, como en resto de puntos muestreados, refleja la mezcla de agua termal profunda infiltrada antes de 1952, con agua más reciente infiltrada en las calizas cretácicas que afloran al sur de Jaraba, incrementada en este caso por mezcla con agua del aluvial del río Mesa, ya que la muestra se recogió en el fondo de la excavación tras el achique por bombeo de la misma.

En tanto el agua de "El Prado" no tenga uso específico, la captación puede considerarse como adecuada, aunque en caso de utilización en el futuro habría que tener presente la posibilidad de mezcla con agua fría del relleno aluvial, además del posible efecto de una inundación del parque ante una eventual crecida del río, dada la proximidad del mismo y la mínima diferencia de altura entre el cauce y el suelo.

#### **5.5.5. Embotelladora Agua de Lunares**

El aprovechamiento de agua mineral natural envasada Agua de Lunares dispone de tres captaciones, un manantial y dos sondeos.

##### **j. Manantial Lunares (2417/8/0008)**

El manantial surge en un barranco situado al este del pueblo, a unos 20 m de altura sobre el aluvial. El agua emerge en el fondo de una arqueta de obra cubierta con una tapa protectora de vidrio. Del fondo de la arqueta salen dos tuberías de PVC que conducen el agua al depósito regulador de cabeza de la planta embotelladora Lunares, situada a unos 200 m barranco abajo del punto de surgencia. La captación está situada a unos

200 m de la planta, en el interior de una caseta de obra con la entrada situada en el techo de la misma.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 24-17 (436) "Alhama de Aragón" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X = 594,150

Y = 4 560,425

Z = 780 m s.n.m.

No existen datos históricos de su caudal y temperatura.

Los días 24/3/1992 y 22/3/1993, fechas en las que se llevaron a cabo dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de caudal y temperatura:

$$Q = 0,615 \text{ l/s} \quad t = 30,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

El caudal medido es algo inferior al real, que correspondería a la descarga con la arqueta vacía. El aforo se efectuó controlando la velocidad de ascenso del agua en a partir de diferentes alturas de llenado de la arqueta. Durante las medidas se comprobó que el caudal de la descarga disminuye, como es lógico, al aumentar la altura de agua en la arqueta.

La captación y conducción hasta la planta del agua del manantial ofrece las necesarias garantías de protección del agua surgente.

**k. Sondeo Lunares (2417/8/0018)**

Es una perforación de 110 m de profundidad situado a unos 20 m del manantial "Lunares". Está entubado en su totalidad (110 m) con tubería de PVC, ranurada entre los metros 50 y 102, y ciega en el resto, con cementación en los primeros 30 metros. Cuenta con una instalación de bombeo compuesta por una bomba sumergida, con la aspiración situada a 100 m de

profundidad, y tubería de impulsión de acero inoxidable y 100 mm de diámetro, dotada de tomamuestras y tubo piezométrico. El agua se conduce hasta la planta de embotellado mediante una tubería de PVC enterrada.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 24-17 (436) "Alhama de Aragón" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X = 594,150  
Y = 4 560,425  
Z = 780 m s.n.m.

En una prueba de producción realizada el 5/1/1991 se midió un caudal de bombeo de 3,19 l/s, cuya representatividad es dudosa porque se desconoce el tiempo de bombeo al que corresponde la medida y la evolución del nivel piezométrico en el sondeo. Está previsto envasar el agua del sondeo con la denominación titular de la planta, esto es, Agua de Lunares.

Los días 21/3/1992 y 22/3/1993, fechas en las que se llevaron a cabo dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del **EAMA**, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de profundidad de nivel piezométrico (medido desde el borde de la tubería piezométrica después de un periodo de varios meses sin bombear) y temperatura:

Prof. = 15,79 m                      t = 28,5 °C

La instalación del sondeo puede considerarse correcta, ya que garantiza de protección del agua captada, siempre y cuando las depresiones causadas por los bombeos no hagan descender el nivel por debajo del nivel del río Mesa a la altura de la planta.

La muestra de agua bombeada tomada en 22/3/1993 en el marco del **EAMA** dio un contenido de  $5,6 \pm 1,4$  UT, que, como en resto de puntos muestreados en Jaraba, refleja un apreciable grado de mezcla de agua termal profunda infiltrada antes de

1952, con agua más reciente infiltrada en las calizas cretácicas que afloran al sur de Jaraba.

**I. Sondeo Cañar 2**

Es un sondeo de 19,11 m de profundidad útil (21 m de profundidad de perforación) situado en el interior de la planta de embotellado de Agua de Lunares. El sondeo fue perforado en 1972, desconociéndose los datos exactos de acabado. Cuenta con una instalación de bombeo compuesta por una bomba sumergida y tubería de impulsión de acero inoxidable.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 24-17 (436) "Alhama de Aragón" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X = 594,250  
Y = 4 560,650  
Z = 760 m s.n.m.

Se desconoce el caudal de bombeo, ya que la tubería de impulsión estaba conectada directamente a las instalaciones de servicio de la planta en la época en que fueron realizados los reconocimientos del **EAMA**.

Los días 21/3/1992 y 22/3/1993, fechas en las que se llevaron a cabo dos de dichos reconocimientos sobre el terreno, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de profundidad de nivel piezométrico (medido desde el borde de la tubería piezométrica después de más de 12 horas sin bombear) y temperatura:

Prof. = 7,22 m      t = 28,5 °C

Está previsto envasar el agua del sondeo con la denominación comercial de Agua del Cañar.

El acondicionamiento del sondeo Cañar-2 es correcto siempre y cuando el agua tenga sólo uso industrial, pero antes de

utilizar al sondeo para envasar agua será preciso revisar el acondicionamiento de la captación (entubación, existencia de cementación en el tramo superior,..) y aislarla convenientemente del resto de las instalaciones de la planta.

#### **5.5.6. Otras surgencias termales clasificadas**

Además de las surgencias captadas en los aprovechamientos clásicos, existe un manantial cuya fue declarada minero-medicinal:

##### **m. Manantial Virgen de las Nieves (2417/8/0001)**

Es un manantial que surge dentro de una cueva formada en el flanco del anticlinal en calizas del Cretácico superior en cuyo núcleo están localizadas las surgencias del Balneario La Virgen y la planta embotelladora Fontecabras. La surgencia forma un pequeño estanque en el interior de la cueva, cuyo desagüe natural se ha acondicionado mediante un cierre de hormigón con una tubería de gran diámetro para la evacuación libre del agua. Con objeto de proteger el agua en el punto de descarga, la cueva se ha cerrado mediante un muro de mampostería con una puerta metálica de acceso al interior de la cueva. El agua que sale a través de la tubería circula por dos acequias en cauce natural y va directamente al río Mesa.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas del mapa a escala 1: 1 000 del informe de aprovechamiento del manantial, son:

X = 593,150  
Y = 4 559,500  
Z = 770 m s.n.m.

Los días 22/3/1992 y 20/3/1993, fechas en las que se llevaron a cabo dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados durante el EAMA, se midieron, respectivamente, los siguientes valores caudal (aforado con micromolinet) y temperatura:

$$Q = 96,15 \text{ l/s} \quad t = 20,9^\circ\text{C}$$

La muestra de agua tomada el 20/3/1993 en el marco del EAMA dio un contenido de  $10,7 \pm 1,4$  UT, el valor más alto de todas las aguas analizadas en Jaraba que, como en resto de puntos muestreados, refleja la mezcla de agua termal profunda infiltrada antes de 1952, con agua más reciente infiltrada en las calizas cretácicas que afloran al sur de Jaraba, en mayor proporción en este caso que en el resto de muestras analizadas debido a la posición del manantial en la parte más "alta" de la descarga de agua termal, donde es mayor la influencia del flujo subhorizontal de las calizas cretácicas que afloran con disposición tabular entre Algar de Mesa y Jaraba.

Por el momento, no está previsto utilizar el agua de este manantial.

#### **5.5.7. Otras surgencias termales no clasificadas**

Además de las surgencias con agua clasificada, en Jaraba existen varias surgencias más individualizadas, unas aguas arriba del manantial "Virgen de las Nieves" y otras aguas abajo de la planta embotelladora Agua de Lunares, que fijan los extremos de las manifestaciones termales con clasificación oficial. Son las siguientes:

##### **n. Surgencias del km 2,200 de la carretera Jaraba-Algar de Mesa (2417/8/0011)**

Son unas salidas directas al río Mesa a la altura del km 2,200 de la carretera Jaraba-Algar de Mesa, unos 500 m aguas abajo del comienzo de la descarga subterránea. El punto donde se ha centrado el inventario corresponde a una descarga dispersa que tiene lugar a lo largo de varias decena de metros en el cauce del río Mesa: la salida de agua es visible en varios sectores de la margen izquierda del cauce, mientras que en la margen derecha, ocupada por la carretera de Jaraba a Calmarza existe una pequeña zona de surgencia, acondicionada con un caño,

que forma una pequeña zona encharcada.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas del mapa a escala 1:1 000 del informe de aprovechamiento del manantial "Virgen de las Nieves", son:

X = 593,025

Y = 4 559,350

Z = 770 m s.n.m.

El día 20/3/1993, fecha en la que se llevó a cabo uno de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA, se midió el siguiente valor de temperatura:

$$t = 18,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Los puntos de salida de agua termal individualizados aguas abajo de la planta embotelladora Agua de Lunares son:

**o. Manantial Las Tosquillas (2417/8/0021)**

El manantial surge a unos 300 m de la planta Agua de Lunares, en la margen derecha de la acequia del Brazal, que tiene su origen en el propio cauce del río Mesa (se utiliza para riego en los cultivos de la vega aluvial situada aguas abajo de Jaraba) y es el eje colector de varias surgencias termales (las situadas más aguas abajo de todo el conjunto de Jaraba) que afloran en el aluvial del río, muy cerca de los afloramientos de las calizas cretácicas. La surgencia no tiene ningún tipo de acondicionamiento. No es posible aforar el caudal de la surgencia, ya que el agua sale el mismo nivel de la acequia, cuyo cauce, de tierra, está lleno de vegetación, que impide la localización de secciones de aforo (único método posible de medida) con molinete adecuadas.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 24-17 (436) "Alhama de Aragón" del Mapa General de España a

escala 1: 50 000, son:

X = 594,575

Y = 4 560,775

Z = 760 m s.n.m.

El día 20/3/1993, fecha en la que se llevó a cabo uno de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA, se midió el siguiente valor de temperatura:

$t = 26,0\text{ }^{\circ}\text{C}$

**p. Manantial El Toscal**

El manantial surge también en la margen derecha de la acequia del Brazal, muy cerca de los afloramientos de las calizas cretácicas, unos 600 m aguas abajo de la planta de Agua de Lunares. La surgencia no tiene ningún tipo de acondicionamiento. No es posible aforar el caudal de la surgencia, ya que el agua sale el mismo nivel de la acequia, cuyo cauce, de tierra, está lleno de vegetación, que impide la localización de secciones de aforo (único método posible de medida) con molinete adecuadas.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento deducidas de la hoja 24-17 (436) "Alhama de Aragón" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X = 594,825

Y = 4 560,775

Z = 760 m s.n.m.

El día 20/3/1993, fecha en la que se llevó a cabo uno de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA, se midió el un valor de temperatura de 21,5 °C.

**q. Manantial denominado Fuente Caliente**

La captación actual es una tubería que recoge el agua de varias

zanjas drenantes que se excavaron para sanear y cultivar una zona situada a unos 100 m de la planta Agua de Lunares. La tubería desemboca, sumergida, en la orilla derecha de la acequia del Brazal. No es posible aforar el caudal de la surgencia, ya que el agua sale bajo el nivel del agua en la acequia, cuyo cauce de tierra está lleno de vegetación, lo que impide la localización de secciones adecuadas para aforo con molinete (único método posible de medida).

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 24-17 (436) "Alhama de Aragón" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X = 594,425  
Y = 4 560,675  
Z = 760 m s.n.m.

El día 20/3/1993, fecha en la que se llevó a cabo uno de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del **EAMA**, se midió una temperatura de surgencia de 23,3 °C.

## 5.6. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE JARABA

La descripción que se incluye a continuación se apoya en los resultados de las determinaciones fisicoquímicas "in situ" y los análisis efectuados por el ITGE sobre las muestras tomadas en el marco del EAMA en los siguientes 17 puntos hidrotermales:

<u>Captación o surgencia</u>	<u>Fecha del muestreo</u>
Manantial Primitivo o de Pilas (Balneario La Virgen)	20/3/1993
Manantial Fontecabras (Embotelladora Fontecabras)	id.
Manantial San Vicente (Balneario Sicilia y Emb. Fontecabras)	19/3/1993
Manantial Santa Dorotea (Balneario Sicilia y Emb. Fontecabras)	20/3/1993
Manantial San Roque (Balneario Sicilia)	id.
Manantial San Luis (Baños de Serón)	19/3/1993
Manantial La Peña (Baños de Serón)	id.
Manantial Las Lilas (Baños de Serón)	20/3/1993
Manantial El Prado (Baños de Serón)	id.
Manantial Lunares (Agua de Lunares)	22/3/1993
Sondeo Lunares (Agua de Lunares)	id.
Sondeo Cañar 2 (Agua de Lunares)	id.
Manantiales del km 206a de la N-II	20/3/1993
Manantial Virgen de las Nieves	id.
Manantiales del km 2,200 de la ctra. Jaraba-Algar de Mesa	id.
Manantial Las Tosquillas	id.
Manantial El Toscal	id.
Manantial Fuente Caliente	id.

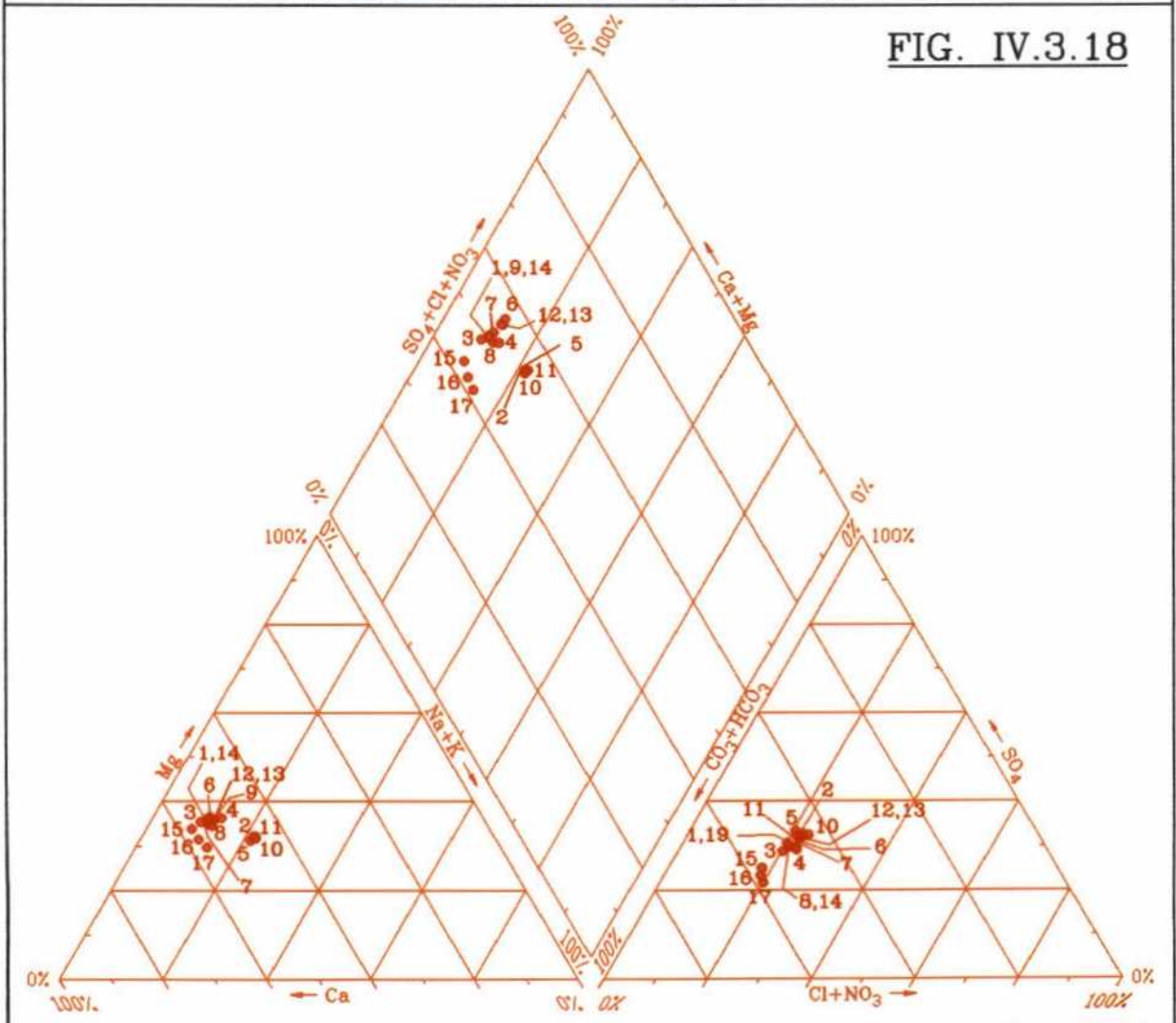
En la fig. IV.3.18 se han representado de forma gráfica las facies de las aguas muestreadas, mediante un clásico diagrama de Piper en el que se observa una evolución de las aguas analizadas en Jaraba, coincidente con la distribución de las temperaturas de emergencia, desde facies bicarbonatadas cálcicas, más ligeras y frías, hacia bicarbonatadas-sulfatadas cálcio-magnésicas, más calientes y con superior mineralización.

Las aguas más ligeras, frías y de facies bicarbonatada cálcica se presentan en los puntos situados más aguas arriba de la descarga hidrotermal, o sea, los situados río arriba del Balneario La Virgen (manantial "Virgen de las Nieves" -2417/8/000- y surgencias en el río a la altura del km 2,200 de la carretera Jaraba-Algar de Mesa -2417/8/0011), donde tiene un

ESTUDIO DE LAS AGUAS MINERALES DE ARAGÓN  
ESTUDIO DE DETALLE ZA5: JARABA

DESCARGA HIDROTHERMAL DE JARABA  
FACIES HIDROQUÍMICAS: DIAGRAMA DE PIPER

- 1: "MANANTIAL FONTECABRAS" (2417/8/0007)
- 2: "MANANTIAL SAN VICENTE" (2417/8/0002)
- 3: "MANANTIAL SAN ROQUE" (2417/8/0013)
- 4: "MANANTIAL SAN LUIS" (2417/8/0003)
- 5: "MANANTIAL EL PRADO" (2417/8/0016)
- 6: "SONDEO LUNARES" (2417/8/0018)
- 7: "SONDEO CAÑAR 2" (2417/8/0019)
- 8: "FUENTE CALIENTE" (2417/8/0020)
- 9: "MANANTIAL DE PILAS" (2417/8/0012)
- 10: "MANANTIAL SANTA DOROTEA" (2417/8/0014)
- 11: "MANANTIAL LA PEÑA" (2417/8/0017)
- 12: "MANANTIAL LAS LILAS" (2417/8/0015)
- 13: "MANANTIAL LUNARES" (2417/8/0008)
- 14: "MANANTIAL LAS TOSQUILLAS" (2417/8/0021)
- 15: "MANANTIAL EL TOSCAL" (2417/8/0022)
- 16: "MANANTIAL VIRGEN DE LAS NIEVES" (2417/8/0001)
- 17: "MANANTIALES DEL KM 2,200" (2417/8/0011)



gran peso el flujo subhorizontal frío albergado en el Cretácico superior aflorante a lo largo del río, o sobre el aluvial del río Mesa, en la parte situada más aguas abajo de la zona de descarga, donde el agua termal se mezcla con el acuífero somero y frío del relleno aluvial (manantiales de "San Roque" -2417/8/0013-, Sondeo "Cañar 2" -2417/8/0019-, y manantiales "Fuente Caliente" -2417/8/0020, "Las Tosquillas" -2417/8/0021- y "El Toscal" -2417/8/0022-).

Las agua más calientes y mineralizadas se presentan en las surgencias asociadas a fracturas individualizadas, que corresponden a las aguas termales más profundas y mejor protegidas de mezclas con aguas frías de circulación más superficial. Los ejemplos más evidentes son los manantiales "San Luis" -2417/8/0003- y "San Vicente" -2417/8/0002-, con facies evolucionada hacia la bicarbonatada-sulfatada cálcico-magnésica, propia de una circulación en materiales calizo-dolomíticos en contacto con materiales más ricos en sales (seguramente los evaporíticos del Keuper).

#### **a. Parámetros fisicoquímicos**

La temperatura del agua termal en los 17 puntos hidrotermales muestreados estaba comprendida entre 18,1 y 31,7 °C, presentando una gradación de temperaturas de emergencia relacionada directamente con la posición relativa de cada punto en el conjunto de la descarga hidrotermal de Jaraba, es decir, las aguas más frías (temperaturas del orden de 25 °C, o menos) corresponden a las que presentan mayor nivel de mezcla, mientras que las aguas más calientes (temperaturas entre 25 y 32 °C) son la tienen predominio de la componente de descarga profunda.

Todas las descargas hidrotermales presentan condiciones oxidantes (Eh positivo, comprendido entre 217,0 y 324,7 mV), pH ligeramente ácidos (sólo tres puntos tienen pH superior a 7), aunque en todos los casos muy próximos a la neutralidad (entre 6,555 y 7,119) y contenidos medios de oxígeno disuelto (entre 5,00 y 8,20 mg/l), en un nivel ligeramente inferior a la concentración de saturación, lo que indica procesos de mezcla con agua de infiltración reciente, circunstancia corroborada por los contenidos en tritio determinados en todos los

puntos muestreados (el valor mínimo de tritio corresponde al manantial "San Luis" de los Baños de Serón,  $1,9 \pm 2,0$ , que refleja inequívocamente un agua con más de 40 años de antigüedad mezclada en pequeña proporción con otra de infiltración reciente).

#### **b. Mineralización e iones mayoritarios**

Las conductividades eléctricas, con valores muy homogéneos comprendidos entre 795 y 944  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , reflejan la mineralización media del agua termal de Jaraba, que presenta residuo seco a 110 °C comprendido entre 370 y 400 mg/l en las aguas más mezcladas (para abreviar, se denominará facies ligera) y entre 500 y 700 mg/l en las aguas con menor proporción de mezcla (facies pesada o profunda, en adelante).

Entre los cationes, predomina siempre y de forma clara el calcio (concentraciones entre 94 y 102 ppm), con presencia notable de magnesio, entre 30-35 ppm, en la facies ligera, y 38-43, en la pesada. El sodio también se presenta en concentraciones diferentes, menos de 25 ppm en las aguas mezcladas y desde 25 a 54 ppm en las de facies pesada, mientras que el contenido en potasio es muy escaso en general (2 ppm como máximo).

Los aniones mayoritarios son los bicarbonatos, siempre superiores a 280 ppm, y los sulfatos, que aparecen en concentraciones comprendidas entre 90 y 125 ppm, en las aguas ligeras, y entre 140 y 165 ppm, en la facies pesada. Los cloruros están presentes en unas concentraciones que varían de 45-55 ppm, en la facies ligera, a 60-75 ppm, en la pesada.

#### **c. Otros componentes**

Únicamente destaca en todos los puntos hidrotermales muestreados la presencia de boro, aunque en concentraciones muy inferiores al nivel guía que la normativa vigente admite para las aguas potables de consumo público y para las *aguas minerales* embotellables, que está fijado en 1 000  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Los contenidos encontrados en las muestras tomadas los días 19 a 22/5/1993 son siempre de 20- 30  $\mu\text{g}/\text{l}$ .

De los restantes elementos traza sólo destaca el hierro, presente en 6 puntos, acompañado de manganeso en dos de ellos. En otros dos puntos se ha determinado presencia de plomo.

Sólo en dos de las muestras analizadas aparece más de una especie: hierro (40 µg/l, en el 2417/8/0016, y 20 µg/l, en el 2417/8/0020) y manganeso (28 µg/l, en el 2417/8/0016, y 5 µg/l, en el 2417/8/0020). Las concentraciones son netamente inferiores a las contempladas en la Reglamentación Técnico-Sanitaria vigente (**50 µg/l** de nivel guía para el hierro, **20 µg/l** de nivel guía para el manganeso), excepto el manganeso en el manantial "El Prado" (2417/8/0016).

En otros cuatro puntos aparece hierro, siempre en concentraciones inferiores al nivel guía de la RTS: 10 µg/l en el 2417/8/0003, 20 µg/l en el 2418/7/0013, 30 µg/l en el 2417/8/0018 y 10 µg/l en el 2417/8/0021.

El plomo aparece en tres de las muestras analizadas, 10 µg/l en los puntos 2417/8/0001 y 2417/8/0011, y 13 µg/l en el 2417/8/0017. (2417/4/0025), siempre en concentraciones inferiores a la máxima admisible por la RTS (**50 µg/l**).

Las radiactividades  $\alpha$  y  $\beta$  está siempre por debajo de los niveles guía respectivos (**0,1 y 1 Bq/l**).

Los gases disueltos muestreados en el manantial Fontecabras (donde es visible el burbujeo de gases) corresponden seguramente a aire incorporado al agua en la zona de surgencia. El análisis dio el siguiente resultado: O<sub>2</sub> (21,08 % de volumen), N<sub>2</sub> (77,18 %), CO<sub>2</sub> (0,85 %) y SH<sub>2</sub> (3 ppm). Es sorprendente y difícil de justificar la presencia de sulfhídrico gaseoso (3 ppm).

## **5.7. VULNERABILIDAD CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE LOS FLUJOS SUBTERRÁNEOS DE JARABA**

En principio, el proceso de mezcla entre aguas subterráneas de temperatura, quimismo y tiempo de residencia distintos, que de forma natural y, seguramente, desde siempre viene afectando a la descarga de las surgencias tradicionales de Jaraba, no tendría por qué plantear problemas de cara al cumplimiento de la normativa vigente sobre mantenimiento de las características de las *aguas minerales*, y en lo relativo a su protección **cualitativa**.

Sin embargo, la situación es sustancialmente diferente en el caso de las captaciones verticales (pozos o sondeos) realizadas ya, o que pudieran realizarse en el futuro en tres posibles posiciones hidrogeológicas:

1. Sobre el aluvial del Mesa, que alberga un pequeño y poco potente tramo acuífero libre, muy frío, somero y en conexión hidrodinámica con el río, en la zona en que aquél reposa directamente sobre las calizas cretácicas acuíferas, es decir, aguas arriba de la zona de contacto Cretácico-Mioceno. Dada la muy alta vulnerabilidad del tramo acuífero aluvial a la contaminación (relativamente alta permeabilidad, proximidad de la superficie libre al suelo e inexistencia de recubrimiento superficial impermeable) y la existencia sobre el mismo de potenciales fuentes de contaminación (sobre él están situadas las edificaciones, sus desagües, etc., del Balneario La Virgen y la planta Fontecabras), la mezcla de su agua subterránea somera con la de circulación profunda que le llega por el muro representa un riesgo cierto de contaminación para la descarga hidrotermal no visible y para el agua que proporcione cualquier captación excavada en el relleno aluvial. En ese sentido, debe tenerse en cuenta que el mero aislamiento del tramo acuífero superficial, frío y vulnerable, en un sondeo que, emboquillado en el aluvial, pretendiese captar únicamente las calizas cretácicas subyacentes tampoco sería, por sí solo, una garantía contra la contaminación de las aguas subterráneas: un bombeo en el mismo podría provocar un descenso piezométrico por debajo del nivel en el acuífero superficial (sostenido por el nivel de agua del río), induciría rápidamente una incorporación de agua

subterránea indeseable (por fría, químicamente distinta y contaminable) a la termal captada por el sondeo.

Para sondeos realizados en el aluvial que, después de atravesar sin captarlo (con las debidas garantías) el tramo acuífero superficial, penetrasen en las calizas cretácicas subyacentes para interceptar en él la circulación subterránea hidrotermal, sólo sería admisible el aprovechamiento por bombeo que provocase una depresión máxima tal que el nivel en el sondeo no descendiera por debajo del nivel de descarga fijado por la lámina de agua en el río Mesa. Esa sería la única forma de obtener, sin riesgo de mezcla y a mayor temperatura, el agua termal de Jaraba mediante sondeos perforados en el aluvial.

2. Sobre el aluvial del río Mesa en la zona en que éste reposa sobre el relleno terciario donde se asienta Jaraba, es decir, entre el Balneario Sicilia y las surgencias de la vega de Jaraba, aguas abajo de la planta de Agua de Lunares. En este sector, el aluvial recibe lateralmente, a lo largo de todo el frente de contacto Cretácico-Mioceno, parte de la descarga termal que se ve forzada a ascender por las calizas cretácicas debido a la presencia de los materiales miocenos, de muy baja permeabilidad. Una captación situada en medio del aluvial captaría sin duda una mezcla de agua termal y de agua fría del acuífero aluvial; dado que el acuífero aluvial es muy vulnerable a la contaminación, que existen sobre el mismo potenciales fuentes de contaminación (sobre él están situadas las edificaciones, sus desagües, etc., del Balneario Sicilia, de la planta Fontjaraba, de los Baños de Serón y del núcleo de Jaraba) y que está en conexión con el río, la mezcla de aguas citada representa un riesgo cierto de contaminación evidente para el agua que proporcione cualquier captación excavada en el relleno aluvial. Sólo resultarían factibles las captaciones situadas en el contacto aluvial-calizas (o conglomerados que las recubren), que penetrasen hasta interceptar la descarga termal en la zona de contacto y en las que se impermeabilizase (por cementación) la parte correspondiente al aluvial, con objeto de captar únicamente agua caliente. En estas captaciones sólo sería admisible un aprovechamiento por bombeo que provocase una depresión máxima tal que el nivel en ellas no descendiera por debajo del nivel de descarga fijado por el suelo del

relleno aluvial, ya que esa sería la única forma de obtener, sin riesgo de mezcla y a mayor temperatura, el agua termal de Jaraba .

3. Para sondeos perforados directamente sobre las calizas, ya sea en el cauce del río Mesa o sobre el macizo calcáreo situado al sur de Jaraba, las condiciones de explotación admisibles son idénticas a las indicadas en los párrafos anteriores. En este caso, la afección causada por eventuales bombeos podría no redundar en un perjuicio para la calidad de la propia agua captada, sobre todo si estuviesen convenientemente alejados del área de descarga (algunos km, por ejemplo), pero si causar una importante alteración en la cuantía y en la calidad del conjunto de la descarga termal de Jaraba. En efecto, un bombeo alejado, pero de intensidad tal que situase el nivel piezométrico del sondeo por debajo del nivel del río y duración suficiente para provocar un descenso en el conjunto del acuífero cretácico en toda la zona de descarga, reduciría el caudal de la salida hidrotermal e induciría la mezcla del agua termal con la más fría y químicamente ligera del acuífero aluvial y, en último término, si el descenso de nivel piezométrico fuese suficientemente intenso y prolongado, se podría inducir aporte de agua del río al acuífero. Ello supondría el riesgo de deterioro extensivo en la calidad y temperatura del agua termal que emerge en Jaraba.

El carácter extensivo de la descarga hidrotermal que con dirección subvertical y sentido ascendente se produce en el entorno de Jaraba, hace que la misma resulte fácilmente captable y sumamente vulnerable en lo **cuantitativo** a su interceptación por obras o captaciones diversas, especialmente pozos y sondeos verticales o inclinados (en menor medida, taladros horizontales, galerías, túneles, etc.), realizadas en lugares elegidos adecuadamente para tal fin.

La configuración de la estructura hidrogeológica en la que tiene lugar la descarga hidrotermal hace que la posibilidad de captarla mediante pozos excavados de poca profundidad se limite al relleno aluvial del río Mesa en el sector del Balneario La Virgen y en la zona de contacto calizas-aluvial aguas abajo del Balneario Sicilia.

Las posibilidades de que un sondeo vertical o inclinado lograrse

interceptar el flujo hidrotermal son muy altas en todo el macizo situado al S y SO de Jaraba, donde los relieves calcáreos se sitúan a cotas comprendidas entre 700 y 1 000 m s.n.m., de modo que con sondeos de algunos centenares de metros de profundidad serían fácilmente accesibles los niveles inferiores del Cretácico superior e incluso en emplazamientos adecuados se podrían captar seguramente las dolomías y calizas del Lías inferior, es decir, el tramo teóricamente más profundo y caliente del conjunto acuífero que se descarga en Jaraba. Las posibilidades de captar los acuíferos cretácico y jurásico se hacen tanto más remotas cuanto más hacia el NE de la línea de afloramientos marcada por los aprovechamientos de Jaraba se realizase la perforación.

## 5.8. PERÍMETRO DE PROTECCIÓN DEL APROVECHAMIENTO HIDROTHERMAL DE JARABA

En la actualidad existe un perímetro de protección conjunto para todos los aprovechamientos de Jaraba, cuya solicitud data de 1991; se desconoce si está aprobado o no por la administración autónoma competente, pero su traza se ha reflejado en varios planos oficiales de demarcación de perímetros de protección individuales. Es área de protección que define esta constituida por una línea poligonal cuya coordenadas UTM, en la zona 30T, son las siguientes:

Vértice	X	Y
PP.	592,700	4 561,015
1	594,600	4 561,040
2	594,600	4 559,800
3	593,650	4 559,800
4	593,650	4 559,180
5	593,200	4 559,180
6	593,200	4 558,530
7	592,700	4 558,530
PP.	592,700	4 561,015

Es un perímetro de protección general para todos los balnearios de Jaraba, dentro del cual está comprendido un perímetro particular para el "manantial" (en realidad es un sondeo) "Cañar 2", concedido por resolución del Ministerio de Industria y Energía de 3/12/80, publicada en el BOE de 18/12/80, y otro solicitado en 1992 para los manantiales localizados en el recinto de los Baños de Serón, que incluye en su interior el perímetro demarcado para el manantial "El Cañar". El perímetro general también comprende en su interior otro perímetro demarcado el 14/2/1991 para los manantiales "Fontecabras" y "San Antonio" (?) que comprende una superficie de 4 cuadrículas mineras en cuyo interior queda situado el Balneario Sicilia (!).

Teniendo en cuenta las características hidrogeológicas e hidrodinámicas del sistema acuífero que se descarga en Jaraba, dando lugar a las descargas hidrotermales, tanto el perímetro general indicado, como, con mucho mayor motivo, los perímetro individuales asignados a algunos

aprovechamientos, resultan de nula eficacia hidrogeológica frente a cualquier afección cuantitativa o cualitativa que se haga fuera de él. Al tiempo, debe señalarse la paradoja técnica que supone el hecho de que se superponga el área teóricamente preservada por perímetros de protección de captaciones de distintos aprovechamientos.

En consecuencia, se considera necesario proponer un perímetro de protección para la descarga hidrotermal de Jaraba que, con el adecuado enfoque hidrogeológico, suponga una juiciosa herramienta para la preservación de dicho recurso hídrico. Dicho perímetro debe estar basado en los criterios siguientes:

1. El conjunto de las surgencias hidrotermales e hidrominerales de Jaraba constituyen una parte de la descarga de un único sistema de flujo subterráneo profundo, de considerable tiempo de residencia en el subsuelo (de unos 40 años como mínimo), cuya recarga tiene lugar por infiltración de lluvia en los afloramientos carbonatados mesozoicos (jurásicos, fundamentalmente) de la sierra de Solorio.
2. Como consecuencia de lo anterior, la protección cualitativa y cuantitativa de dichas surgencias y captaciones debe ser necesariamente **única y global** para todas ellas, sin que técnicamente sea posible individualizar la protección de unas u otras, ya que cualquier actividad nociva para una cualquiera de ellas afectaría negativamente también a las restantes.
3. La considerable extensión de la zona dentro de la cual resultan fácilmente accesibles las formaciones mesozoicas (jurásicas y cretácicas), en las que tiene lugar la circulación subterránea de la que proceden las surgencia y captaciones que se pretende proteger, hace necesaria la delimitación de un perímetro de protección cualitativa y cuantitativa inusualmente extenso.

El perímetro de protección cuyos vértices se indican más adelante tiene por finalidad la preservación simultánea de la calidad y cantidad de las citadas descargas hidrotermales e hidrominerales. En consecuencia, se considera preciso fijar de las siguientes medidas de protección para las surgencias de agua subterránea declarada como **agua minero-medicinal**,

**termal y mineral natural, en Jaraba:**

**a. Protección inmediata**

Las surgencias que actualmente son objeto de aprovechamiento de recursos de la sección B son las siguientes:

- Manantial "Fontecabras", para envasado de agua mineral natural.
- Manantiales "Acequia de San Antonio", "Pilas", "San José" y "Lago termal", del Balneario La Virgen.
- Manantiales "San Vicente" y "Santa Dorotea", para envasado del agua mineral natural "Fontjaraba" y tratamientos en el Balneario Sicilia.
- Manantiales "San Luis" y "La Peña", del Balneario Baños de Serón.
- Manantial "Lunares", para envasado de agua mineral natural.

Todas las surgencias indicadas se encuentran captadas en condiciones adecuadas al uso que de las mismas se hace.

Además de las antes indicadas, existen también las siguientes surgencias o captaciones de agua declarada como mineral natural y/o minero-medicinal, que no son actualmente objeto de aprovechamiento:

- Manantial "Virgen de las Nieves", cuyas condiciones de captación debieran ser fijadas en el marco, en su caso, de la correspondiente autorización de aprovechamiento.
- Manantiales "El Prado" y "Las Lilas", para los que resultan adecuadas las condiciones de captación propuestas por su titular en el proyecto de abril de 1992 que acompañaba a la solicitud de autorización de aprovechamiento.
- Sondeo "Cañar 2", que, en la fecha de la última visita efectuada al mismo en el marco del proyecto realizado, presentaba unas condiciones de entubación y una instalación de bombeo in-

adecuadas para su posible utilización como captación de agua de bebida envasada.

**b. Protección contra la contaminación y contra afecciones en cantidad**

Teniendo en cuenta el funcionamiento hidrodinámico y la especial configuración hidrogeológica del sistema de flujo subterráneo que se descarga en las surgencias hidrotermales e hidrominerales de Jaraba, se considera adecuado hacer coincidir en una sola las dos áreas que generalmente se vienen delimitando para la preservación cualitativa y cuantitativa de recursos hidrominerales: la de **protección contra la contaminación** y la de **protección contra afecciones en cantidad**. La indicada zona de protección debiera estar delimitada por la poligonal reflejada en la figura adjunta, cuyos vértices poseen las siguientes coordenadas UTM (en la zona 30T):

Vértice	X	Y
P.P.	595,000	4 561,500
1	595,900	4 560,500
2	596,200	4 558,600
3	596,300	4 557,100
4	595,800	4 556,400
5	595,800	4 555,500
6	595,900	4 554,000
7	596,200	4 552,400
8	594,600	4 552,300
9	593,200	4 553,000
10	591,200	4 553,000
11	590,700	4 552,400
12	588,900	4 552,700
13	587,600	4 551,500
14	584,500	4 552,500
15	584,300	4 554,000
16	586,000	4 556,800
17	587,200	4 557,800
18	590,600	4 559,000
19	593,000	4 561,200
P.P.	595,000	4 561,500

Como **área de protección cualitativa**, la zona delimitada debiera estar libre de vertederos urbanos o industriales (sólidos o líquidos).

En un sistema de flujo subterráneo como el que da lugar a las surgencias y captaciones de agua termal y mineral (mineral natural y/o minero-medicinal) de Jaraba, la protección de las mismas frente a los riesgos de afección en cantidad supone impedir que mediante captaciones de agua subterránea (sondeos, principalmente), de localización adecuada y profundidad no excesiva, se intercepte el flujo hidrotermal que se desea proteger. No obstante, la considerable extensión de dicho sistema de flujo y la gran importancia regional del mismo hacen que resulte inviable, además de innecesario, pretender llegar a una protección cuantitativa absoluta, que sólo sería alcanzable incluyendo la totalidad del sistema dentro de un perímetro de protección. Por el contrario, se puede considerar como razonablemente suficiente un área de protección cuantitativa que cubra la zona de convergencia del flujo subterráneo hacia las surgencia hidrotermales de Jaraba, en el sector final de la misma, donde por altitud del terreno y por posición de los materiales carbonatados mesozoicos por los que circula el flujo subterráneo podría ser éste más fácilmente interceptable.

Por consiguiente, dentro de la zona delimitada como **área de protección cuantitativa** debiera estar prohibida la realización de nuevas captaciones de agua subterránea o el bombeo en las ya existentes que no cuenten aún con mecanismos de elevación, si las mismas son:

- pozos excavados o sondeos perforados que por su penetración en el subsuelo puedan atravesar total o parcialmente cualquiera de los tramos acuíferos del Jurásico o del Cretácico,
- galerías de localización y dimensiones cualesquiera, o
- zanjas de drenaje en el Cuaternario aluvial adyacente al cauce del río Mesa.

También se tendría que impedir la ejecución de obras de ingeniería hidráulica (embalses, presas de derivación, túneles, etc.) susceptibles de inducir una conexión hidrodinámica directa (a través de medio

poroso saturado o no) entre la escorrentía superficial de la cuenca del río Mesa y la circulación subterránea que desemboca en las surgencias hidrotermales e hidrominerales de Jaraba, que se desea proteger.

Además, de acuerdo con lo que prevé el artículo 43.1.c. del vigente Reglamento para el Régimen general de la minería (aprobado por el R.D. 2857/1978, de 25 de agosto), cualquier otro trabajo subterráneo que, no estando contemplado en las limitaciones señaladas anteriormente, se pretenda realizar en el interior del perímetro de protección propuesto debiera ser sometido a la previa autorización de la autoridad minera de la **DGA**.

En la fig. IV.3.19 se ha representado el área que se propone para la protección cualitativa y cuantitativa del aprovechamiento hidrotermal e hidromineral de Jaraba.

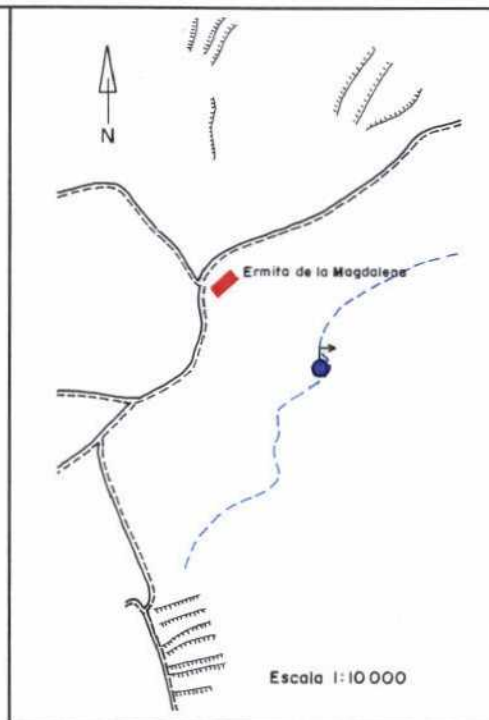
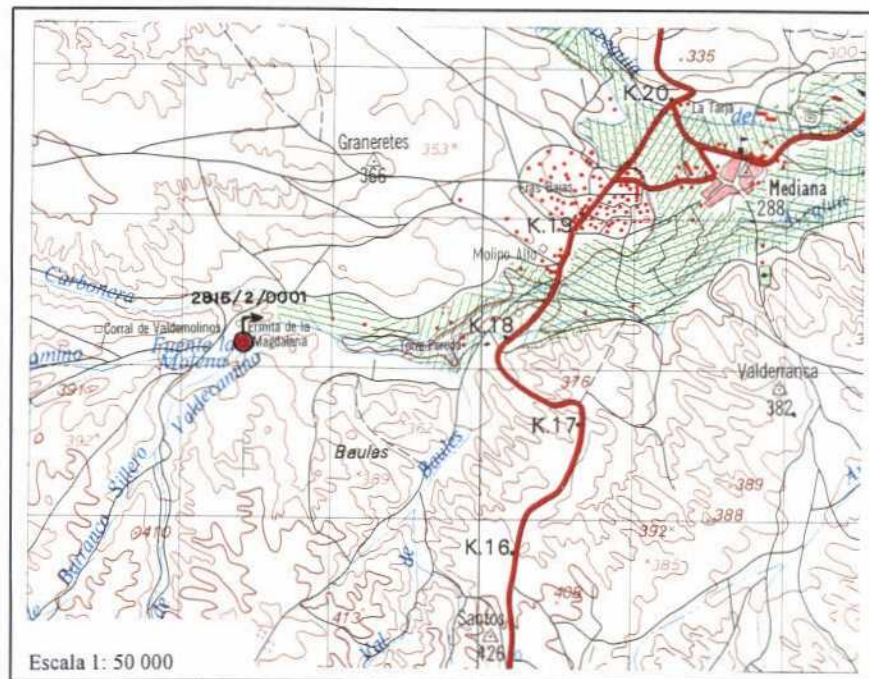
**6. ESTUDIO DE DETALLE ZA6  
MEDIANA DE ARAGÓN**

## 6.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de detalle **ZA6**, denominado **Mediana de Aragón**, incluye únicamente la surgencia denominada "Fuente o Fuentes de la Magdalena", emergencia de agua ligeramente termal situada en una hondonada al pie de la ermita de la Virgen de la Magdalena, a unos 3 km al ESE de Mediana, donde tiene su origen al río Ginel.

La "Fuente de la Magdalena" aparece citada en varias publicaciones de finales del siglo pasado y principios del presente relacionadas con las *aguas minerales*; aunque es posible que hayan tenido algún uso "medicinal" restringido a los habitantes de la comarca, sus aguas no han sido nunca objeto de aprovechamiento como aguas minero-medicinales. Sus usos principales han sido y son el abastecimiento a Mediana de Aragón y el riego de su huerta. Por ello, el estudio de detalle tiene el objetivo básicamente hidrogeológico de caracterizar desde los puntos de vista geológico, hidrogeológico, hidrodinámico, hidrogeoquímico e isotópico el agua de la descarga termal, y de identificar el sistema acuífero que la soporta, estableciendo su esquema de circulación.

En la fig. IV.3.20 se incluye un mapa y un croquis de situación de la "Fuente de la Magdalena".



**FIG. IV.3.20**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA6: MEDIANA DE ARAGÓN  
PLANO Y CROQUIS DE SITUACIÓN**

## 6.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

En la relación por provincias elaborada en 1913 por el **IGME**, se incluye este manantial entre los que tenían sus aguas declaradas como minero-medicinales en la provincia de Zaragoza. Probablemente, la cita se debe a una confusión con el aprovechamiento de Aguas y Sales de Mediana de Aragón, S.A. (La Sulfúrica) que explotaba varios pozos cuya agua sí fue declarada minero-medicinal.

Entre la bibliografía disponible, la cita más antigua a las "Fuentes de la Magdalena" aparece en el "Tratado completo de las fuentes minerales de España", de Pedro María Rubio, editado en 1853: se describe la existencia de 5 fuentes de aguas termales que "brotan a borbotones hacia arriba" con temperatura de 29,5 °R (24,375 °C).

Existen otras seis citas bibliográficas aparecidas en documentos sobre aguas minerales editados entre el Tratado de Pedro María Rubio y el citado del **IGME** (la referencia más moderna que se conoce). En ninguna de ellas se acredita que las aguas termales de Mediana de Aragón hubieran sido declaradas de utilidad pública ni reconocidas como minero-medicinales.

### **6.3. HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA DESCARGA SUBTERRÁNEA HIDROTERMAL DE MEDIANA DE ARAGÓN**

La emergencia del agua tiene lugar en el cauce de un barranco (que podría coincidir con una falla) encajado en materiales del mioceno yesífero (arcillas, yesos y margas) de la Formación Zaragoza. Subyacentes debe de haber algunos niveles de conglomerados de matriz areno-arcillosa intercalados entre arcillas rojas, también del Mioceno, que no justifican una descarga de la importancia de la "Fuente de La Magdalena".

Con seguridad se trata de una salida de las formaciones carbonatadas jurásicas (Malm, Dogger y, sobre todo, Lías inferior) del sistema acuífero denominado "Calizas de Muel-Belchite", perteneciente al Subsistema Jalón-Aguasvivas del Sistema Acuífero 58 "Mesozoico Ibérico de la Depresión del Ebro", según la división efectuada en el PIAS.

El acuífero principal debe de estar compuesto por brechas calcáreas, carniolas, calizas y dolomías tableadas, calizas margosas y margas, con una potencia total máxima de unos 350 m del Jurásico inferior (Rethiense-Hettangiense. También tienen carácter acuífero las formaciones carbonatadas y margosas del Dogger y Malm, que afloran abundantemente entre Muel y Belchite.

Los terrenos jurásicos están fosilizados por el relleno mioceno de la cuenca del Ebro, constituido por arcillas, arenas, conglomerados, yesos y margas, que actúan como impermeable de base y lateral y, en algunos casos (en la zona de Mediana, por ejemplo) como techo confinante.

En el sector de Mediana, el acuífero jurásico está presente bajo el Mioceno, tal como han puesto de manifiesto un sondeo de abastecimiento a Mediana perforado en las inmediaciones del manantial, y los sondeos surgentes de Fuentes de Ebro (que captan calizas, seguramente mesozoicas, a unos 200 m de profundidad), situados unos 10 km al NE de Mediana.

La extensión del sistema acuífero hacia el este, sur y oeste es difícil de establecer (la "Fuente de la Virgen" de Muel, situada en el contacto entre calizas del Malm -o del Dogger- y el Terciario, a unos 28 km al oeste de las

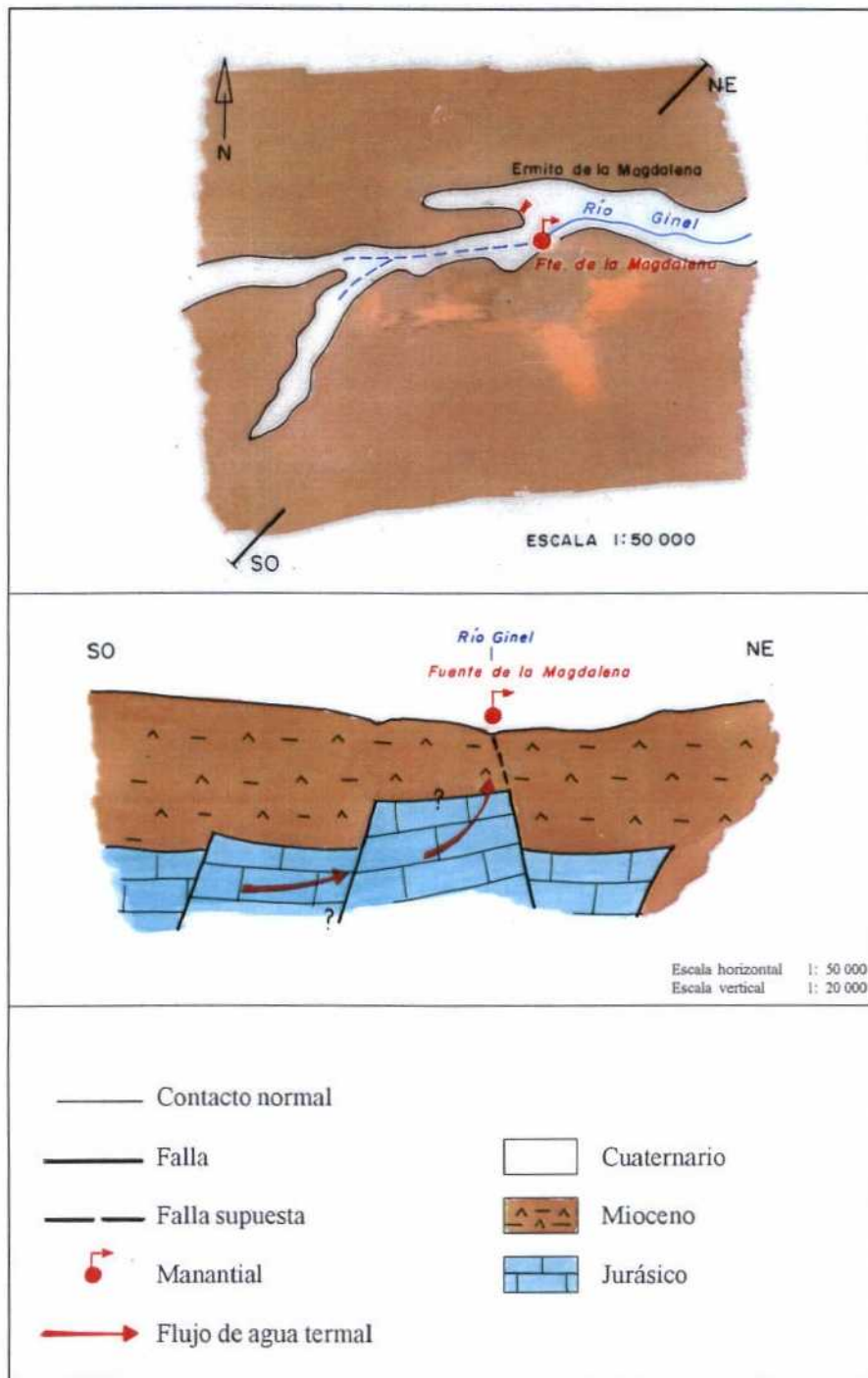
"Fuentes de la Magdalena", es otra descarga del mismo sistema), aunque de él forman parte sin duda los afloramientos liásicos localizados al sur de Belchite y al sur de Aguilón. Es posible una conexión lateral hacia el SE con las estructuras sinclinales de Oliete-Sierra de Arcos y Obón Alcaine.

En la fig. IV.3.21 se incluye un esquema y un corte hidrogeológico interpretativo de los alrededores de la zona de descarga termal de Mediana de Aragón.

### **6.3.1. Esquema de circulación subterránea**

La recarga del sistema se produce por infiltración de lluvia útil en los afloramientos acuíferos y materiales suprayacentes y, seguramente, por pérdidas de los ríos Aguasvivas, al atravesar afloramientos calizos del Malm entre el embalse de Moneva y Belchite, y Huerva, entre Aguilón y el borde paleozoico comprendido entre Paniza y Herrera de los Navarros. La circulación tiene lugar en sentido S-N a bastante profundidad, ya que la estructura jurásica se hunde hacia el NE algunos cientos de metros, y en contacto con materiales evaporíticos, circunstancias que justifican, la temperatura del agua en la zona de descarga de Mediana (unos 22 °C), por simple aplicación del gradiente geotérmico normal, y la elevada mineralización del agua.

La salida del agua debe producirse a favor de la falla que señala la traza del cauce del río Ginel, tal vez como consecuencia de la misma: es posible que se trate de un accidente de cierta importancia que afecte al acuífero jurásico provocando un desplazamiento diferencial de bloques que dé lugar a una disminución en la sección de paso del agua y, por tanto, a una descarga vertical ascendente de parte del flujo subterráneo. También es posible que el jurásico no visible corresponda a unos de los frentes de cabalgamiento de la Cordillera Ibérica sobre el Terciario de la Depresión del Ebro, que pudo producirse sincrónicamente con el relleno de ésta. En cualquier caso, lo que resulta evidente es que el flujo profundo a través de las formaciones carbonatadas jurásicas se ve interrumpido en su trayectoria hacia el norte, el agua se ve obligada a circular en sentido vertical ascendente y emerge en las zonas donde las debilidades del Mioceno,



**FIG. IV.3.21**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA6: MEDIANA DE ARAGÓN  
ESQUEMA Y CORTE HIDROGEOLOGÍCO DE DETALLE**

que actúa como techo confinante por su muy baja permeabilidad, se lo permiten.

De acuerdo con lo descrito, la descarga del flujo hidrotermal de la "Fuente de la Magdalena" debe tener dos componentes:

- Una, termal (temperatura superior a 22,4 °C), de régimen poco variable dadas la geometría y el hidrodinamismo de las formaciones atravesadas: circulación subterránea profunda y muy lenta a través de un acuífero de extensión apreciable que, al menos en parte, absorbe las variaciones del régimen de recarga por infiltración en zonas francamente alejadas de la de surgencia del agua. Esta componente debe ser una mezcla compleja de aguas de distintas procedencias: infiltración de lluvia útil sobre los afloramientos jurásicos repartidos entre Muel, Paniza, Herrera de los Navarros y Belchite; infiltración desde el río Aguasvivas hacia el Lías, en los alrededores de Belchite, de un agua que procede de la escorrentía superficial y de la descarga subterránea de sectores situados agua arriba, tales como las salidas de los Baños de Segura, descarga del acuífero Mesozoico de Cucalón-Montalbán; e infiltración hacia el Lías y, en menor medida hacia el Dogger-Malm, desde el río Huerva.
- Otra, fría, minoritaria, de infiltración local y, por tanto, corto recorrido, pequeño tiempo de residencia en el subsuelo y régimen variable, estrechamente ligado a las oscilaciones estacionales de la precipitación.

### **6.3.2. Tiempo de residencia en el subsuelo y temperatura máxima en profundidad**

Además de la realizada en el marco del EAMA, existen varias determinaciones del contenido en tritio del agua de la "Fuente de la Magdalena" realizadas en estudios precedentes. Las fechas de los análisis y los resultados obtenidos son los siguientes:

Fecha	UT
3/3/1982	7,3 ± 2,5 <sup>20</sup>
?/6/1989	13,0 ± 1,0 <sup>21</sup>
?/1/1991	4,2 ± 1,4 <sup>22</sup>
17/4/1993	3,0 ± 0,7 (EAMA)

Si se prescinde del dato de 1989, parece observarse un decaimiento coincidente "grosso modo" con el periodo de semidesintegración del tritio (12,26 años), que debe reflejar el descenso de actividad de dicho isótopo del agua de lluvia en los últimos años. De acuerdo con los contenidos en tritio indicados, al agua que se descarga por la "Fuente de la Magdalena" debe corresponder a un agua infiltrada antes de que en 1952 comenzasen las pruebas termonucleares en la atmósfera, que tendría prácticamente ausencia de tritio, mezclada en pequeña proporción con agua de infiltración más o menos reciente, cuyo contenido en tritio es de una o dos decenas de UT. Es decir, la componente termal de la descarga puede tener un tiempo de residencia subterránea de, como mínimo, 40 años.

El análisis de los contenidos en <sup>18</sup>O y D disponibles sólo permite asegurar que el agua de la "Fuente de la Magdalena" procede de alguna zona de la Cordillera Ibérica bastante alejada y de mayor altitud que la zona donde tiene lugar la descarga. Los valores recogidos en la tabla siguiente así lo indican, aunque la sorprendente disparidad que existe entre los valores determinados en 1982 y en 1993 (EAMA), con respecto al obtenido por el ITGE en su estudio de 1991, en el que también se caracterizó el agua de lluvia, impide utilizar los datos de ésta para profundizar algo más en la interpretación del origen del agua termal de Mediana.

20 Estudio de las manifestaciones termales de Extremadura, Salamanca y Aragón, orientadas a su posible explotación como recursos geotérmicos. IGME, 1982.

21 Aplicación de las técnicas isotópicas al estudio de problemas hidrogeológicos (1ª Fase). ITGE, 1989.

22 Aplicación de las técnicas isotópicas al estudio de problemas hidrogeológicos (2ª Fase: 1990-92). ITGE, 1993.

Fecha	$^{18}\text{O}$ (‰ <i>SMOW</i> )	D (‰ <i>SMOW</i> )
3/3/1982 <sup>19</sup>	-8,8	-53,0
?/1/1991 <sup>21</sup>	-5,48	-51,0
17/4/1993	-8,28	-58,3

Por otro lado, los cálculos geotermométricos realizados en el **EAMA**, junto con los efectuados en el estudio del **IGME** de 1982<sup>20</sup>, han permitido estimar en unos 50 °C la temperatura geotermométrica del sistema, que coincide con el equilibrio isotópico de los sulfatos disueltos y el agua, admitiendo una cierta similitud con el sistema hidrotermal de Alhama de Aragón, en el que el flujo de agua a través de las formaciones carbonatadas jurásicas y cretácicas también está en contacto con las facies evaporíticas del Keuper. Esa temperatura alcanzada por el agua subterránea termal en el subsuelo, significa que las formaciones acuíferas mesozoicas llegarían a estar a unos 1 300 m de profundidad teórica por debajo de la zona de descarga<sup>23</sup>.

23 Dicha estimación se basa en una temperatura media ambiente local de 11° C, y un gradiente geotérmico supuesto normal, es decir, 3° C/100 m.

#### 6.4. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA "FUENTE DE LA MAGDALENA"

La "Fuente de la Magdalena" (2816/2/0001) es una emergencia de agua subterránea termal que se produce en dos brazos que dan origen al río Ginel, al pie de la ermita de la Magdalena y a unos 3,5 km al ESE de Mediana.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 28-16 (412) "Pina de Ebro" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X	=	688,400
Y	=	4 592,150
Z	=	320 m s.n.m.

En el punto más alto de la surgencia se ha instalado una toma de agua por bombeo (la sala de bombas está construida sobre el cauce) para abastecimiento público de Mediana. También se ha construido una escalera de 18 peldaños que permite acceder al nivel del agua en el punto donde comienza la surgencia.

Unos 200 m aguas abajo de dicha toma, el cauce está cortado mediante un azud de hormigón que deriva el agua hacia una acequia de hormigón de 1 x 1 m de sección, para el riego de 230 ha en la vega de Mediana.

Durante uno de los reconocimientos hidrogeológicos efectuados en el EAMA, el día 3/10/1992, sólo pudo efectuarse una estimación del caudal surgente mediante un aforo con flotador, que dio un valor de unos 120 l/s, al que habría que añadir el caudal extraído por la estación de abastecimiento, que estaba en funcionamiento. Por el contrario, se dispone de dos medidas de la temperatura del agua, ambas realizadas en el marco del EAMA:

$$t = 22,4 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (3/10/92)$$

$$t = 22,4 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (17/4/93)$$

Entre octubre de 1979 y octubre de 1980, el ITGE realizó 5 aforos con molinete, de los que resultó un caudal medio de 178 l/s.

## 6.5. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA

La descripción que se incluye a continuación se apoya en los resultados de las determinaciones fisicoquímicas "in situ" y los análisis efectuados por el ITGE sobre la muestra tomada en el marco del EAMA, el día 17/4/1993, en el punto de surgencia del agua termal.

### a. Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos determinados "in situ" indican una descarga termal que presenta con seguridad una temperatura superior a los 22,4 °C medidos en el punto del emergencia. El agua se presenta condiciones oxidantes normales (Eh positivo de 305,0 mV), con pH ligeramente ácido (6,933) y bastante oxígeno disuelto (6,90 ppm), en un nivel ligeramente inferior a la concentración de saturación, que puede deberse a la componente de agua de infiltración reciente o a aireación en la zona de surgencia.

### b. Mineralización e iones mayoritarios

La conductividad eléctrica (1 671  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en campo, y 1 423  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en laboratorio) y el residuo seco a 110 °C (1 076 mg/l) reflejan una notable mineralización del agua termal de "La Magdalena".

Entre los cationes, predominan el calcio (134 ppm) y el sodio (132 ppm), muy cerca de la concentración máxima admitida por la RTS de 1990: **150 mg/l**, con presencia notable de magnesio (54 ppm), en el límite de concentración máxima admitida por la RTS: **50 mg/l**, mientras que el contenido en potasio es muy escaso (2 ppm).

Las especies aniónicas mayoritarias son los sulfatos (322 ppm), que se sitúan claramente por encima de la concentración máxima admitida por la RTS (**250 ppm**) y los bicarbonatos (228 ppm). También es muy alta la concentración de cloruros (177 ppm). La presencia de nitratos (32 ppm) y de amoníaco en campo puede ser propia del agua profunda, pero también puede deberse a las características de la zona de muestreo: estanque abierto con vegetación y fauna en el agua.

En la fig. IV.3.22 se ha representado de forma gráfica la facies del agua muestreada, mediante un clásico diagrama de Piper en el que se observa una facies sulfatada-clorurada sódica, propia de una circulación en materiales calizo-dolomíticos en contacto con materiales ricos en sales y en sílice (los evaporíticos del Keuper y del Terciario), esta última circunstancia puesta de manifiesto en unos contenidos en sílice, 14,3 ppm, alto para un agua que circule exclusivamente en rocas carbonatadas. El relativo empobrecimiento en calcio y potasio podría indicar procesos de reacción agua/roca durante el ascenso a través de los materiales terciarios. En el diagrama se han incluido, mediante puntos sin relleno, también las aguas correspondientes a la descarga de la "Fuente de la Virgen" de Muel (2716/2/0004) y de los "Ojos de Ponti" (2615/3/0012), con objeto de reflejar gráficamente la similitud de su facies con la de la "Fuente de la Magdalena".

#### c. Otros componentes

Como en la mayoría de los puntos hidrotermales muestreados en Aragón destaca la presencia boro, aunque con una concentración, 80  $\mu\text{g/l}$ , muy inferiores al nivel guía que la normativa vigente admite para las aguas potables de consumo público y para las *aguas minerales embotellables*, que está fijado en **1 000  $\mu\text{g/l}$** .

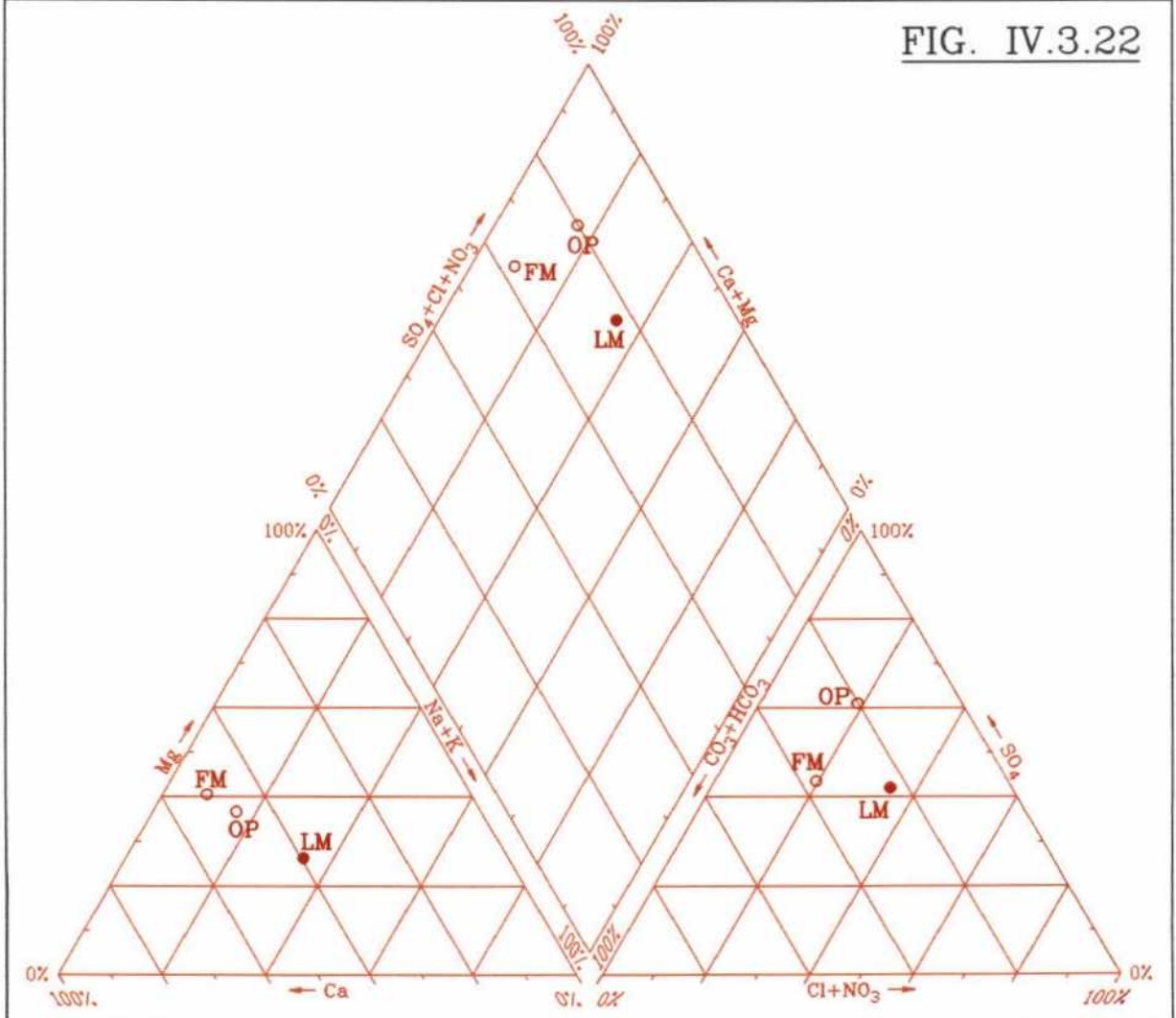
Aparecen también flúor (0,6 ppm) y trazas de dos elementos pesados: manganeso (8  $\mu\text{g/l}$ ) y plomo (15  $\mu\text{g/l}$ ). En los dos casos, las concentraciones son netamente inferiores a las concentraciones contempladas en la RTS vigente (nivel guía de **20  $\mu\text{g/l}$**  de concentración máxima para el primero, y contenido máximo admisible de **50  $\mu\text{g/l}$**  para el segundo).

La radiactividad  $\alpha$  del agua muestreada, 0,147 Bq/l, está ligeramente por encima del nivel guía (**0,1 Bq/l**) indicado en la reglamentación vigente, mientras que la radiactividad  $\beta$ ,  $0,095 \pm 0,051$  Bq/l, está por debajo del nivel guía correspondiente (**1 Bq/l**).

ESTUDIO DE LAS AGUAS MINERALES DE ARAGÓN  
 ESTUDIO DE DETALLE ZA6: MEDIANA DE ARAGÓN  
 DESCARGA HIDROTHERMAL DE MEDIANA DE ARAGÓN  
 FACIES HIDROQUÍMICAS: DIAGRAMA DE PIPER

LM: "FUENTE DE LA MAGDALENA" (2816/2/0001)  
 FM "FUENTE DE LA VIRGEN" DE MUEL (2716/2/0002)  
 OP: "MANANTIAL OJOS DE PONTI" (2615/3/0012)

FIG. IV.3.22



## 6.6. VALORACIÓN DE LA SURGENCIA

A pesar de que la temperatura de emergencia es moderada, el agua hipotermal de la "Fuente de la Magdalena", por su caudal y sus características físico-químicas e isotópicas, podría ser utilizada, con el calentamiento apropiado, en aplicaciones balneoterápicas similares a las de la descarga hidrotermal de Alhama de Aragón.

Sin embargo, el origen del agua, que procede en parte de infiltración de ríos que transportan aguas ya utilizadas en agricultura, abastecimiento e industria, es un factor limitante, en principio para un eventual aprovechamiento balneario, aunque el hecho de que la mayor parte del agua tenga un tiempo de permanencia muy alto en el acuífero profundo es un aval que podría garantizar la autodepuración del agua.

En consecuencia, sería preciso un seguimiento muy estrecho y continuado de la calidad del agua antes de emprender cualquier actividad en el campo de las *aguas minerales*.

**7. ESTUDIO DE DETALLE ZA7  
MUEL**

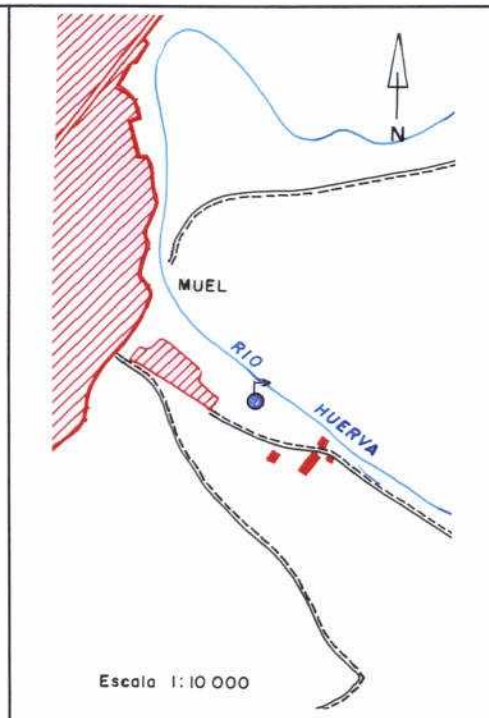
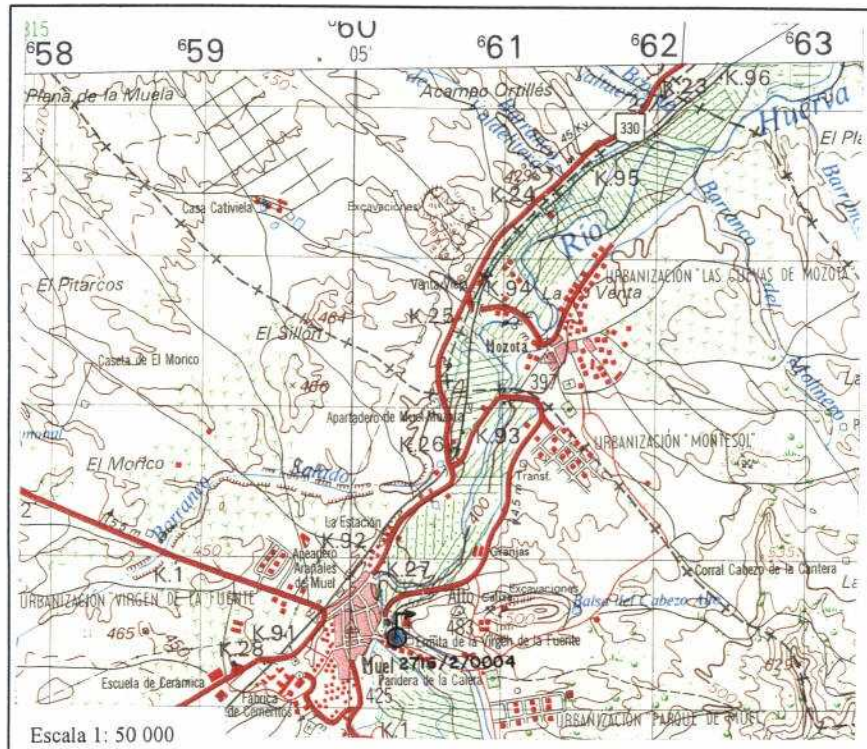
## 7.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de detalle **ZA7, denominado Muel**, incluye únicamente la surgencia denominada "Fuente de la Virgen", descarga de agua subterránea fría, situada en un estanque al pie de una presa romana, actualmente aterrada, en cuya culminación está situada la Ermita de la Virgen de la Fuente, dentro del núcleo urbano de Muel.

El manantial fue incluido en el inventario por tratarse de una descarga en calizas jurásicas y por su proximidad a la descarga termal de la "Fuente de la Magdalena" de Mediana, aunque no ha sido nunca objeto de aprovechamiento como *agua mineral*, ni se han localizado referencias históricas de ella.

El estudio de detalle tiene un objetivo básicamente hidrogeológico de caracterizar la surgencia desde los puntos de vista geológico, hidrogeológico, hidrodinámico hidrogeoquímico e isotópico, y establecer el esquema conceptual de circulación subterránea del sistema acuífero que da lugar a la descarga.

En la fig. IV.3.23 se incluye un mapa y un croquis de situación de la "Fuente de la Virgen" de Muel.



**FIG. IV.3.23**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA7: MUEL  
PLANO Y CROQUIS DE SITUACIÓN**

## **7.2. HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA DESCARGA SUBTERRÁNEA DE MUEL**

La "Fuente de la Virgen" de Muel es una salida de las formaciones carbonatadas jurásicas (Malm-Dogger y, tal vez, Lías inferior) del sistema acuífero denominado "Calizas de Muel-Belchite", perteneciente al Subsistema Jalón-Aguasvivas del Sistema Acuífero 58 "Mesozoico Ibérico de la Depresión del Ebro", según la división efectuada en el PIAS.

El acuífero principal parece que es el compuesto por las calizas micríticas y calizas con oncolitos de 80-100 m de potencia (70 m en el afloramiento de Muel) que, por correlación con el anticlinal de Aguilón, situado al sur, se han atribuido al Malm. Estas calizas afloran abundantemente entre Muel y Belchite. Subyacentes, separadas por niveles margosos, deben encontrarse las brechas calcáreas, carniolas, calizas y dolomías tableadas, calizas margosas y margas, con una potencia total máxima de unos 350 m del Jurásico inferior (Rethiense-Hettangiense).

Los terrenos jurásicos están fosilizados por el relleno mioceno de la cuenca del Ebro, constituido por arcillas, arenas, conglomerados, yesos y margas, que actúan como impermeable de base y lateral y como techo confinante en los sectores donde fosilizan los paleorrelieves jurásicos. Las capas miocenas están subhorizontales salvo en el área de la discordancia sobre el frente de cabalgamiento de la Cordillera Ibérica sobre la Depresión del Ebro, donde buzcan ligeramente hacia el norte.

La estructura debe corresponder a unos de los frentes de cabalgamiento de la Cordillera Ibérica sobre el Terciario de la Depresión del Ebro que pudo producirse sincrónicamente con el relleno de ésta, bajo el cual se hundían hacia el norte los materiales mesozoicos.

La extensión del sistema acuífero hacia el este, sur y oeste es difícil de establecer, aunque el frente aguas abajo está, al menos, delimitado por las descargas de la "Fuente de la Virgen", de Muel, y la "Fuente de la Magdalena", de Mediana, separadas entre sí unos 28 km. Del sistema forman parte sin duda los afloramientos liásicos localizados al sur de Belchite y al sur de Aguilón. Es posible una conexión lateral hacia el SE con las estructuras sinclinales de Oliete-Sierra de Arcos y Obón Alcaine.

En la fig. IV.3.24 se incluye un esquema y corte hidrogeológico interpretativo de detalle de los alrededores de la zona de descarga Muel.

### **7.2.1. Esquema de circulación subterránea**

La recarga del sistema se produce por infiltración de lluvia útil en los afloramientos acuíferos y materiales suprayacentes y, seguramente, por pérdidas de los ríos Aguasvivas, al atravesar afloramientos calizos del Malm entre el embalse de Moneva y Belchite, y Huerva, entre Aguilón y el borde paleozoico comprendido entre Paniza y Herrera de los Navarros.

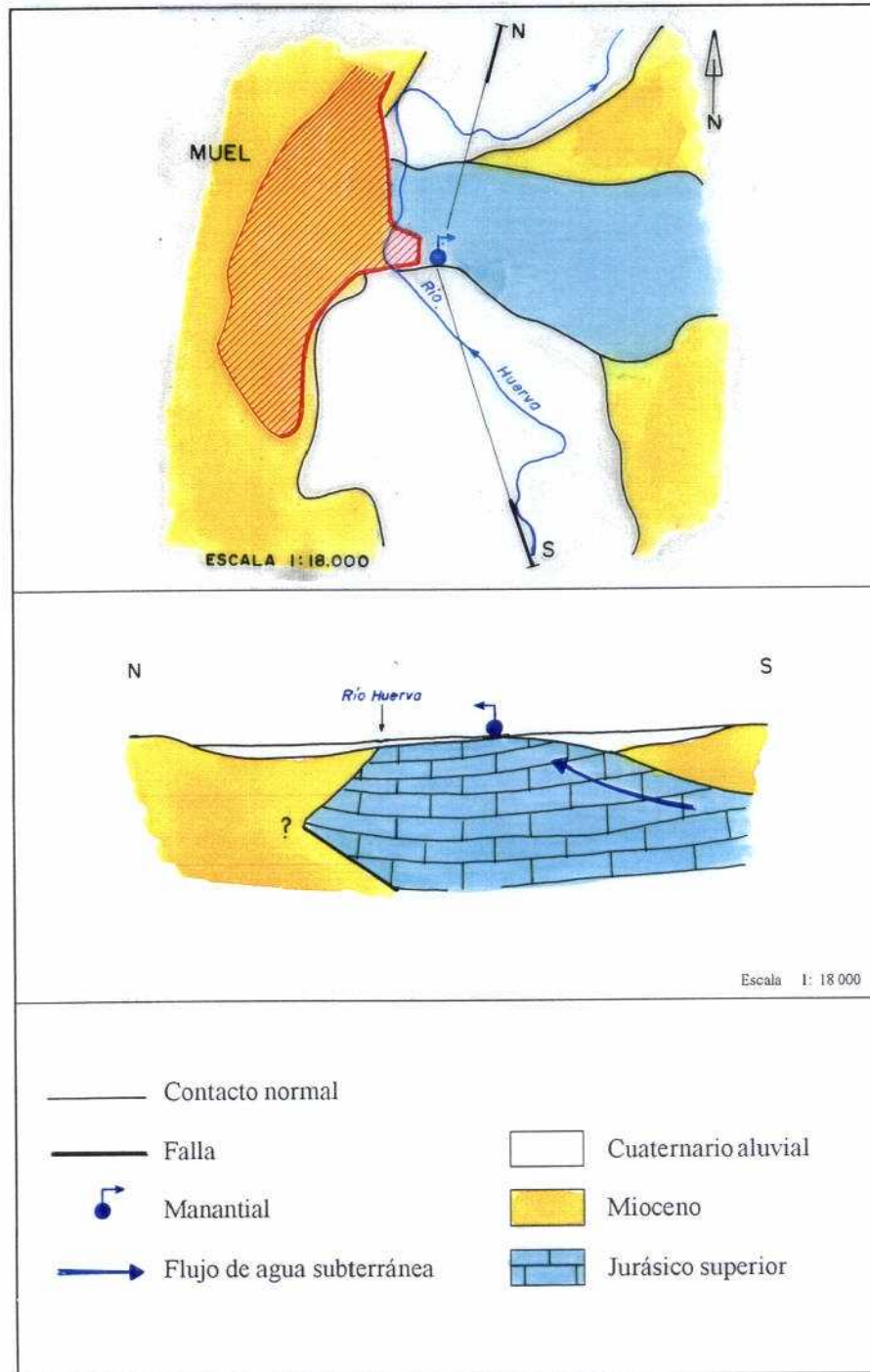
La circulación, de sentido general S-N, debe establecerse en dos niveles, uno superior en las calizas del Malm, que da lugar a la descarga fría de Muel, y otro, a bastante profundidad, en las dolomías y carnioles de Lías, ya que la estructura jurásica se hunde hacia el NE algunos cientos de metros, y en contacto con materiales evaporíticos, circunstancias que justifican, la temperatura del agua en la zona de descarga de Mediana (unos 22 °C), por simple aplicación del gradiente geotérmico normal, y la elevada mineralización del agua.

La salida del agua en Muel tiene lugar en el antiguo cauce del río Huerva, en el contacto entre las calizas oquerosas del Malm con el Mioceno. La descarga debe producirse por rebosamiento sobre las arcillas, arenas y conglomerados del Mioceno, impermeable de base, con el que el acuífero está en contacto mecánico (cabalgamiento de la cordillera Ibérica sobre el valle del Ebro).

También es posible que una parte de la descarga proceda del acuífero inferior, ya que el flujo profundo a través de las formaciones carbonatadas liásicas se ve interrumpido hacia el norte y el agua se ve obligada a circular en sentido vertical ascendente y a emerger en las zonas donde las debilidades de los terrenos suprayacentes se lo permiten.

De acuerdo con lo descrito, el flujo que se descarga en la "Fuente de la Virgen" de Muel debe tener dos componentes:

- Una, fría, de régimen variable dadas la geometría y el hidro-



**FIG. IV.3.24**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA7: MUEL**  
**ESQUEMA Y CORTE HIDROGEOLOGÍCO DE DETALLE**

dinamismo de las formaciones acuíferas: circulación subterránea poco profunda, salvo en los 5 km finales en los que el Malm se hunde bajo el Mioceno impermeable, y relativamente rápida a través de un acuífero de extensión apreciable que, al menos en parte, absorbe las variaciones del régimen de recarga por infiltración en zonas francamente alejadas de la de surgencia del agua. Esta componente debe ser una mezcla compleja de aguas de distintas procedencias: infiltración de lluvia útil sobre los afloramientos jurásicos repartidos entre Muel, Paniza, Herrera de los Navarros y Belchite; e infiltración hacia el Dogger-Malm, desde el río Huerva. A la alimentación descrita debe añadirse una pequeña fracción de recarga local en los pequeños afloramientos de Malm situados al este de Muel.

- Posiblemente, otra, termal, minoritaria, de flujo profundo, lento y elevada permanencia en el subsuelo, de régimen poco variable, cuya descarga principal tiene lugar en la "Fuente de la Magdalena", en Mediana de Aragón, correspondiente a la infiltración desde el río Aguasvivas hacia el Lías, en los alrededores de Belchite, de un agua que procede de la escorrentía superficial y de la descarga subterránea de sectores situados agua arriba, tales como las salidas de los Baños de Segura, descarga del acuífero Mesozoico de Cucalón-Montalbán.

### **7.2.2. Tiempo de residencia en el subsuelo**

La datación isotópica realizada en el marco del EAMA, a partir de la determinación del contenido en tritio del agua que descargaba por el manantial el 25/9/1993, permite una acotación bastante realista de la edad del agua que, de acuerdo con el esquema de circulación descrito en los párrafos anteriores, se descarga en Muel. En efecto, el análisis citado dio un contenido de  $6,44 \pm 1,59$  UT, que corresponde a un agua de una antigüedad comprendida en el entorno de un periodo de semidesintegración del tritio (12,26 años), en la que tal vez esté incluida una parte de agua profunda procedente del Lías, fracción que tendría un tiempo de residencia superior a 40

años en el subsuelo, según se indica en el estudio correspondiente a la "Fuente de la Magdalena".

Además, los contenidos en  $^{18}\text{O}$  y  $\text{D}$  determinados para la "Fuente de la Virgen" ( $-7,12\text{‰ SMOW}$ , para el  $^{18}\delta\text{O}$ , y  $-50,6\text{‰ SMOW}$ , para el  $\delta\text{D}$ ) indican un área de recarga a menor altitud y/o que al agua ha sufrido procesos de evaporación, con respecto a la que se descarga por la "Fuente de la Magdalena" ( $-8,28\text{‰ SMOW}$ , para el  $^{18}\delta\text{O}$ , y  $-58,3\text{‰ SMOW}$ , para el  $\delta\text{D}$ ), aunque en todo caso una fracción importante del agua procede de áreas de la Cordillera Ibérica bastante alejada y de mayor altitud que la zona donde tiene lugar la descarga, de acuerdo con los valores determinados en 1991<sup>24</sup> por el **ITGE** para las lluvias locales.

24 Estudio de "Aplicación de las técnicas isotópicas al estudio de problemas hidrogeológicos (2ª Fase: 1990-92)". **ITGE**, 1993.

### 7.3. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA "FUENTE DE LA VIRGEN"

La "Fuente de la Virgen" (2716/2/0004) está situada al pie (en el estribo inferior derecho) de una presa romana aterrada, sobre la cual está la ermita de la Virgen de Muel. La descarga se conduce por un canal cubierto, adosado a la base de la presa, hasta un estanque, en el que hay una toma de agua para abastecimiento; el estanque está situado en el parque de Muel y desagua hacia una acequia de cemento mediante la cual se envía el agua para atender riegos aguas abajo.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 27-16 (411) "Longares" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X	=	660,350
Y	=	4 592,475
Z	=	400 m s.n.m.

Durante los reconocimientos hidrogeológicos efectuados en el EAMA, el día 3/10/1992, sólo pudo efectuarse una estimación del caudal surgente mediante un aforo con flotador, que dio un valor de unos 45 l/s, mientras que si se efectuaron las dos medidas de la temperatura del agua siguientes:

$$t = 13,9 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (3/10/92)$$

$$t = 14,0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (25/9/93)$$

Según los aforos realizados por el ITGE durante el PIAS, el caudal oscila entre 50 y 200 l/s.

#### 7.4. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA

La descripción que se incluye a continuación se apoya en los resultados de las determinaciones fisicoquímicas "in situ" y los análisis efectuados por el ITGE sobre la muestra tomada en el marco del EAMA, el día 17/4/1993, en el canal que conduce el agua desde el punto de surgencia hasta el estanque del parque de Muel.

##### a. Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos determinados "in situ" indican una descarga fría que presenta con una temperatura de unos 14,0 °C medidos en el punto del emergencia. El agua se presenta condiciones oxidantes normales (Eh positivo de 331,4 mV), con pH ligeramente ácido (6,716) y bastante oxígeno disuelto (6,32 ppm), en un nivel inferior a la concentración de saturación, que se debe al tipo de circulación subterránea (relativamente rápida y poco profunda) y, posiblemente, también a aireación en la zona de surgencia.

##### b. Mineralización e iones mayoritarios

La conductividad eléctrica (1 392  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en campo, y 1 237  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en laboratorio) y el residuo seco a 110 °C (927 mg/l) reflejan la apreciable mineralización del agua de la "Fuente de la Virgen" de Muel.

Entre los cationes, predomina el calcio (120 ppm) sobre el sodio (20 ppm) y el magnesio, que aparece con un contenido notable (54 ppm), en el límite de concentración máxima admitida por la RTS: **50 ppm**, mientras que el contenido en potasio es muy escaso (5 ppm).

Las especies aniónicas mayoritarias son los bicarbonatos (272 ppm) y los sulfatos (252 ppm), que se sitúan al nivel de la concentración máxima admitida por la RTS (**250 ppm**). La concentración de cloruros es moderada (47 ppm), mientras que la concentración de nitratos (60 ppm) sobrepasa el límite máximo admitido por la RTS: **50 ppm**. La presencia de amoníaco en campo puede deberse a las características de la zona de muestreo: estanque abierto con vegeta-

ción y fauna en el agua.

En la fig. IV.3.25 se ha representado de forma gráfica la facies del agua muestreada, mediante un clásico diagrama de Piper en el que se observa una facies sulfatada-bicarbonatada cálcica, propia de una circulación en materiales calizo-dolomíticos en contacto con materiales ricos en yesos y sílice (los evaporíticos del Keuper y del Terciario), esta última circunstancia puesta de manifiesto en unos contenidos en sílice, 18,4 ppm, alto para un agua que circule exclusivamente en rocas carbonatadas. En el diagrama se han incluido también las aguas correspondientes a la "Fuente de la Magdalena" (2816/2/0001) de Mediana de Aragón (puntos sin relleno), que también es una descarga del mismo sistema, aunque de un nivel acuífero más profundo, con objeto de reflejar gráficamente la evolución desde la facies bicarbonatada-sulfatada cálcica de la "Fuente de la Virgen" hacia términos más salinos, facies clorurada-sulfatada sódica, en "La Magdalena", como consecuencia del ascenso del agua a través de los niveles salinos del Mioceno.

#### c. Otros componentes

Aunque la descarga subterránea de Muel no es hidrotermal, destaca la presencia boro en concentración apreciable, 60  $\mu\text{g/l}$ , pero muy inferior al nivel guía que la normativa vigente admite para las aguas potables de consumo público y para las *aguas minerales* embotellables, que está fijado en 1 000  $\mu\text{g/l}$ . El boro es una especie mineral que aparece de forma constante en las aguas termales aragonesas, por lo que su presencia en el agua subterránea de Muel podría indicar la presencia apuntada de una componente de descarga profunda termal procedente del Lías que debe encontrarse por debajo de las formaciones del Malm en las que se produce la descarga.

Además, aparecen también trazas de tres elementos pesados: hierro (10  $\mu\text{g/l}$ ), manganeso (6  $\mu\text{g/l}$ ) y plomo (12  $\mu\text{g/l}$ ). En los tres casos, las concentraciones son netamente inferiores a las concentraciones contempladas en la RTS vigente (nivel guía de 20  $\mu\text{g/l}$  de concentración máxima para los dos primeros, y contenido máximo admisible de 50  $\mu\text{g/l}$  para el segundo).

La radiactividad  $\alpha$  del agua muestreada,  $0,117 \pm 0,068$  Bq/l, está ligeramente por encima del nivel guía (**0,1 Bq/l**) indicado en la reglamentación vigente, mientras que la radiactividad  $\beta$ ,  $0,312 \pm 0,049$  Bq/l, está por debajo del nivel guía correspondiente (**1 Bq/l**).

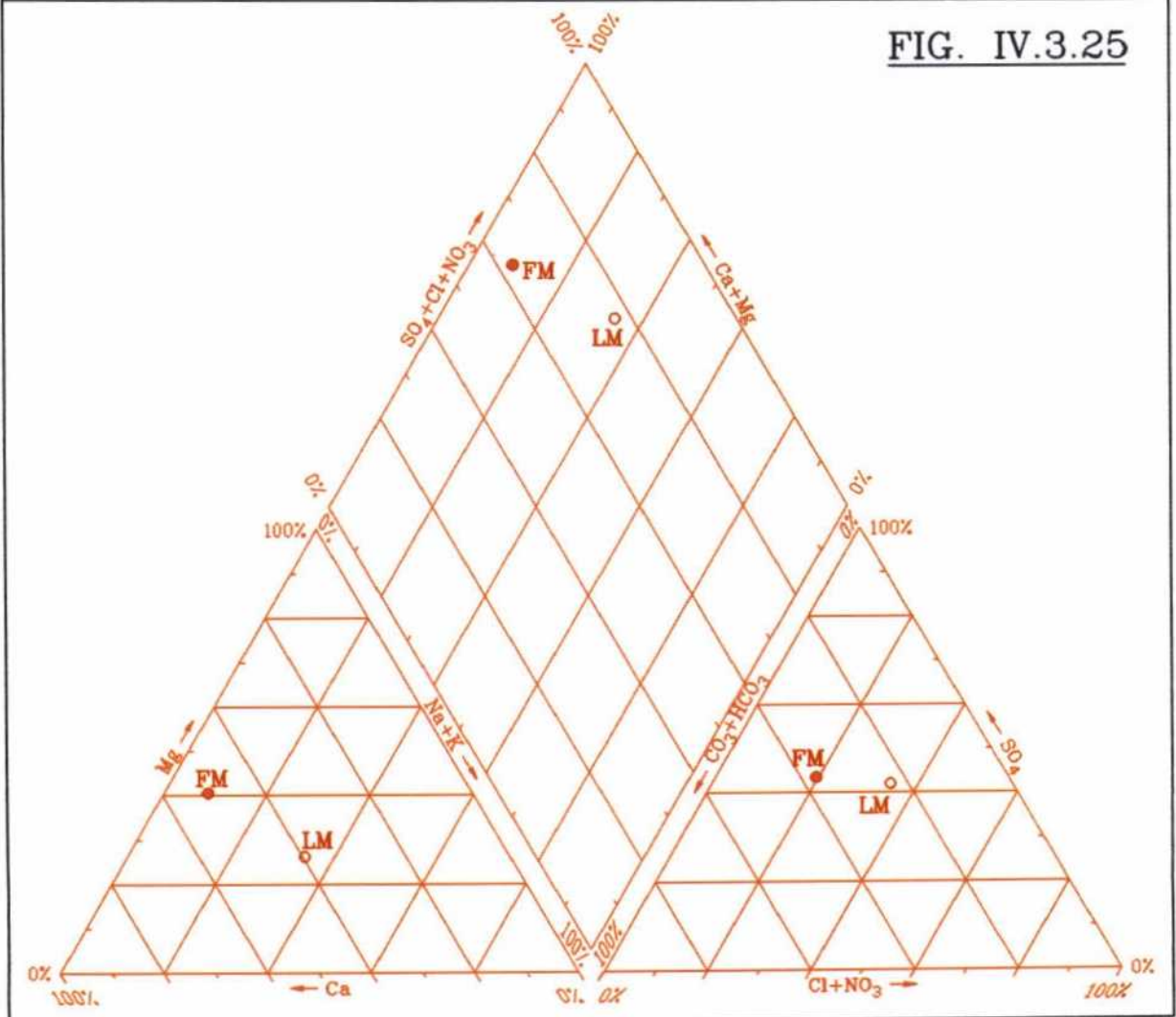
ESTUDIO DE LAS AGUAS MINERALES DE ARAGÓN

ESTUDIO DE DETALLE ZA7: MUEL

DESCARGA SUBTERRÁNEA DE MUEL  
FACIES HIDROQUÍMICAS: DIAGRAMA DE PIPER

FM: "FUENTE DE LA VIRGEN" (2716/2/0002)

LM: "FUENTE DE LA MAGDALENA" (2816/2/0001)



## **7.5. VALORACIÓN DE LA SURGENCIA**

A pesar de que por su caudal y por algunas de sus características físico-químicas el agua de la "Fuente de la Virgen" de Muel, podría ser utilizada, con el calentamiento apropiado, en aplicaciones balneoterápicas similares a las de la descarga hidrotermal de Alhama de Aragón, su uso no está recomendado por el origen del agua, que procede en parte de infiltración de ríos que transportan aguas ya utilizadas en agricultura, abastecimiento e industria (el contenido de 60 ppm en nitratos es significativo de contaminación por agua de riegos) y por el corto tiempo de tránsito en el subsuelo que impide un posible proceso de autodepuración del agua subterránea.

**8. ESTUDIO DE DETALLE ZA8  
MONASTERIO DE PIEDRA**

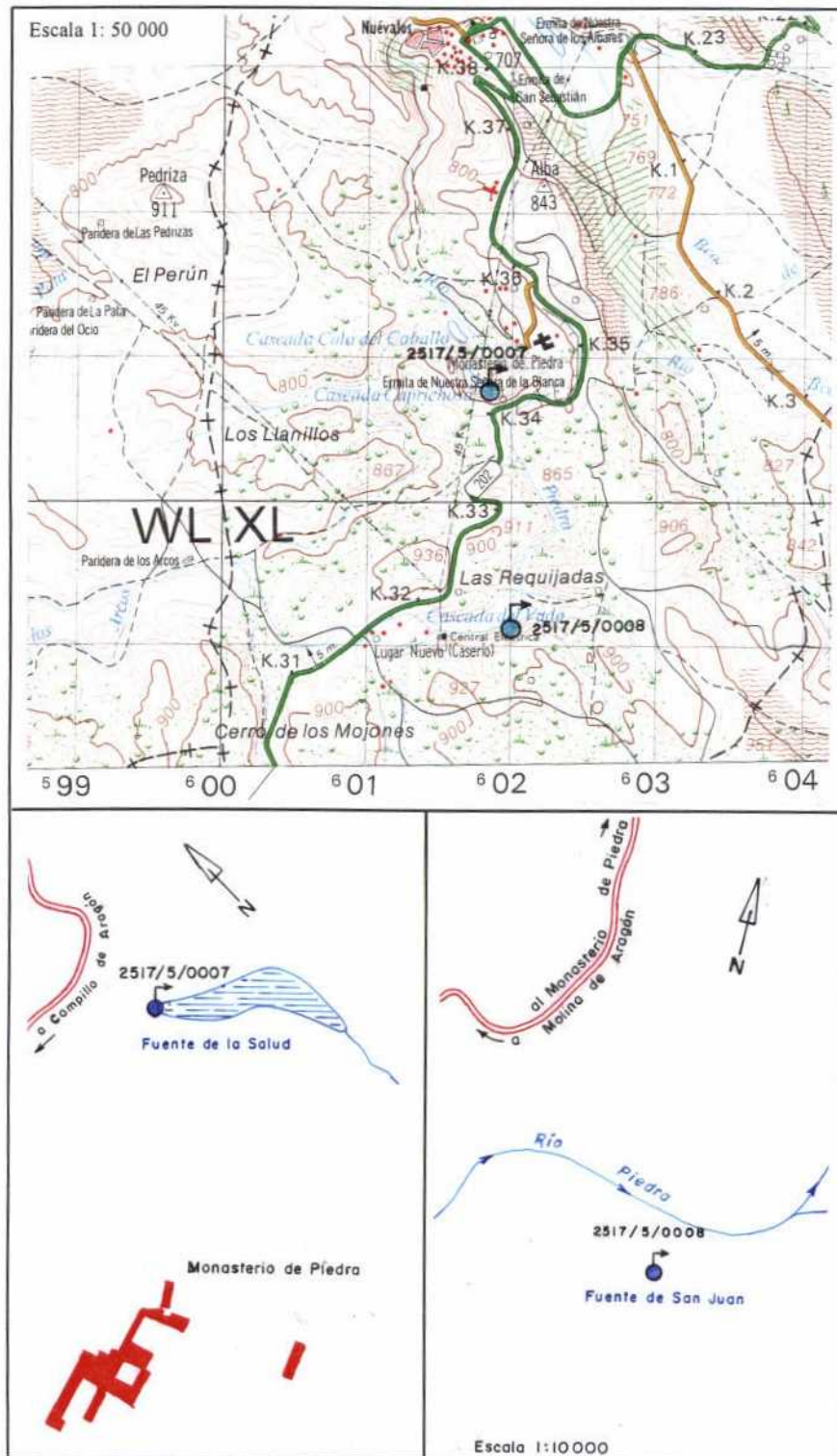
## 8.1. INTRODUCCIÓN

En este estudio de detalle **ZA 8 Monasterio de Piedra** se incluyen dos manantiales (la "Fuente de la Salud o Fontepiedra o de Fuente de la Peña" y la "Fuente de San Juan") situados en el recinto del Monasterio de Piedra, importante enclave turístico de la provincia de Zaragoza, situado a unos 2 km al sur de Nuévalos y a 20 km al sur de Calatayud.

Aunque uno de los dos manantiales fue objeto de aprovechamiento como agua minero-medicinal en el pasado y aparece citado en varias publicaciones de finales del siglo XIX y principios del presente relacionadas con las *aguas minerales*, en la actualidad ninguna de las dos surgencias lo es. Sus usos principales están relacionados con actividades industriales y turísticas.

Por ello, el estudio de detalle tiene el objetivo básicamente hidrogeológico de identificar y caracterizar desde los puntos de vista geológico, hidrogeológico, hidrodinámico hidrogeoquímico e isotópico las aguas de los dos manantiales, estableciendo, en la medida de lo posible, el esquema de circulación subterránea de los sistemas acuíferos que dan lugar a las descargas.

En la fig. IV.3.26 se incluye un mapa y un croquis de situación de los dos manantiales.



**FIG. IV.3.26**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA8: MONASTERIO DE PIEDRA  
PLANO Y CROQUIS DE SITUACIÓN**

## 8.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La primera mención histórica conocida sobre las aguas del Monasterio de Piedra aparece reflejada en el "Anuario de Hidrología Médica" de Marcial Taboada, del año 1870.

En 1884 se publicó una "Breve reseña" de las aguas minero-medicinales de la "Fuente de la Peña" en el Monasterio de Piedra, en la que se recogía un análisis químico realizado en 1883 y un extracto del informe *elevado por D. Marcial Taboada a la Dirección de Sanidad* en 1882 o principios de 1883. En esta publicación, se indica que la surgencia está situada al pie de una *altísima cantera como cortada a pico*, que fue descubierta en 1869 durante los trabajos de limpieza del Lago del Espejo, y que el agua sale en un brocal de piedra caliza de forma oval y desagua en el lago.

En el "Anuario Oficial de las Aguas Minerales de España. Tomo III", de Manuel Taboada y Leopoldo Martínez Reguera, publicado en 1887, se indica (pág. 360) que el manantial conocido como "Fuente de la Salud, o Fuente de la Peña", según denominación del propietario, fue declarado de utilidad pública por Real Orden de fecha 13/6/1883. La consideración como minero-medicinal estaba implícita en la declaración de U.P.

En 1890 (?) contaba con una hospedería para más de 200 personas, que ocupaba el emplazamiento de las ruinas de un convento, según se indica en la "Guía de los Establecimientos Balnearios de España", de Miguel Dávila, pero, según se señala en el "Anuario Oficial" de 1890, de Mariano Carretero y Marcial Taboada, la baja concurrencia de agüistas no permitía la construcción de instalaciones balnearias.

Posteriormente, en el "Breve Resumen de las Aguas Minero Medicinales de España", de Pedro Manaut, 1915 (?), se cita la existencia de instalaciones balneoterápicas.

Las Guías y Anuarios posteriores a 1926 indican que el establecimiento del Monasterio de Piedra no estaba en funcionamiento. No obstante, incluso después de cesar la actividad como balneario, seguramente por la escasa concurrencia de agüistas, la gente acudía a beber el agua de este manantial; se conservaba una construcción, junto al lago, que se utilizaba

como "casa de baños", pero fue destruida por un desprendimiento de tierra y rocas ocurrido en octubre de 1986. En la actualidad, no está permitido el acceso de los visitantes a la zona, por el riesgo de nuevos desprendimientos.

Recientemente, hubo un intento de clasificación como minero-medicinal con la denominación "Fontepiedra", pero fue denegada por resolución de la Dirección General de Minas del Ministerio de Industria de 21/4/1977, como consecuencia de la contaminación y de la falta de certeza sobre las condiciones terapéuticas del agua.

Por su parte, la "Fuente de San Juan" no ha sido aprovechada nunca como *agua mineral*. Fue objeto de una solicitud, con fecha 25/4/78, para declarar el agua como potable de manantial para su embotellado, pero parece que fue rechazada por defecto de forma. En la actualidad su agua se utiliza para servicios en las instalaciones hoteleras del complejo del Monasterio de Piedra.

### **8.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

El fondo de publicaciones relacionadas con las aguas minerales recopilado en el marco del EAMA incluye 32 documentos en los que se citan el aprovechamiento hidromineral del Monasterio de Piedra, aunque solamente una ellas se refiere específicamente al mismo; la relación de todos ellos, junto con una sinopsis de su contenido se adjunta en la ficha de inventario de la "Fuente de la Salud o de la Peña" (2517/5/0007). En dicha base documental hay muy pocas publicaciones que recogen datos parciales de caudal, poco fiables en cualquier caso, y algunas más que incluyen temperaturas de surgencia, en todo caso poco representativas, debido al carácter variable del régimen de descarga del manantial; además, la mayoría de ellas repiten los valores reflejados en trabajos anteriores.

#### **8.4. HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LAS DESCARGAS SUBTERRÁNEAS DEL MONASTERIO DE PIEDRA**

La "Fuente de la Salud o de la Peña" es una parte de la descarga del borde este del Subsistema Acuífero de la sierra de Solorio, perteneciente al Sistema Acuífero 57 "Mesozoico de Monreal-Gallocanta", según la división efectuada en el PIAS. Se trata de un sistema acuífero de gran extensión, que ocupa una superficie total aproximada de 1 050 km<sup>2</sup>, repartidos sobre las provincias de Guadalajara, Soria y Zaragoza, a la que corresponden unos 500 km<sup>2</sup> en el sector delimitado aproximadamente por los ríos Henar, Jalón y Piedra, y cuya circulación subterránea principal da lugar a las descargas termales de Alhama de Aragón, Jaraba y Embid de Ariza.

Geológicamente, el dominio acuífero está situado en el borde occidental de la Rama aragonesa de la Cordillera Ibérica. En él afloran materiales desde el Paleozoico hasta el Cuaternario, con disposición sensiblemente tabular afectada por grandes fracturas de dirección ibérica (NO-SE), que dan lugar a fuertes desplazamientos verticales, y, secundariamente, por fracturas de dirección ENE-OSO.

Los acuíferos principales son:

- El Jurásico inferior (Lías), compuesto por brechas calcáreas, carnio-las, calizas y dolomías tableadas, calizas margosas y margas, con una potencia total máxima de unos 350 m.
- El Cretácico superior, constituido por un conjunto calizo-dolomítico de unos 300 m de espesor total.

Separando ambos conjuntos acuíferos se encuentra el Cretácico inferior en facies Utrillas, conjunto de baja permeabilidad compuesto por arenas, microconglomerados, arcillas y lutitas.

El substrato del sistema lo constituyen las arcillas, lutitas, margas y yesos del Triásico en facies Keuper.

A techo del Cretácico superior aparece el Terciario, compuesto por conglomerados, areniscas y lutitas, de carácter poco permeable y varios

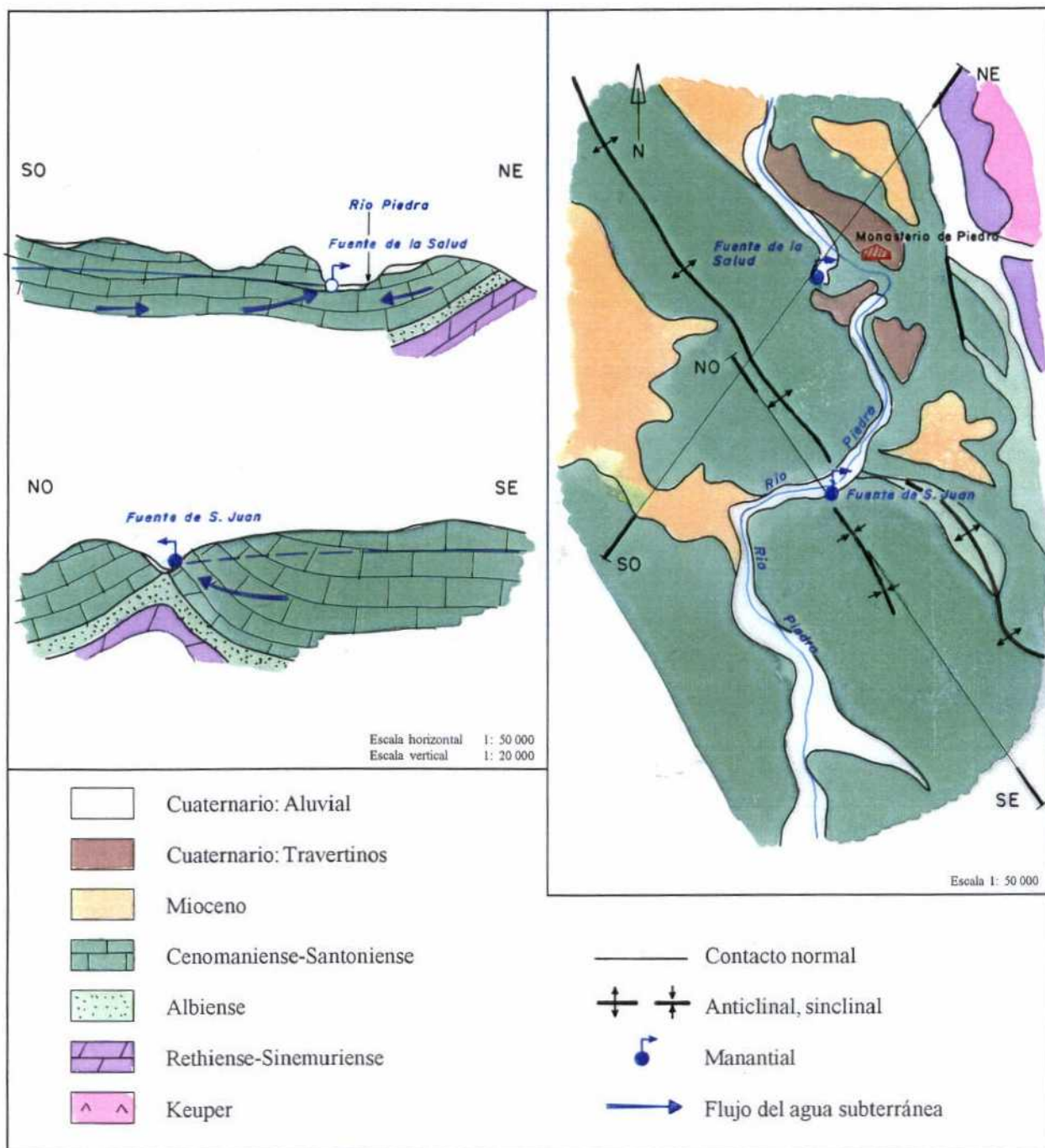
cientos de metros de espesor.

Las descargas del Monasterio de Piedra corresponden al sector oriental del sistema de la Sierra de Solorio, en el que las formaciones acuíferas son las calizas y dolomías del Cretácico superior, que están estructuradas en suaves pliegues y afloran extensamente sin verse afectadas por accidentes de gran salto como los que, al N de la alineación Jaraba-Ibdes, que coincide con una importante fractura, las hunden bajo el potente relleno terciario, hasta que vuelven a aflorar en una banda de dirección NO-SE, que sigue la alineación Embid de Ariza-Alhama de Aragón, donde las series mesozoicas se apoyan en el umbral paleozoico de Ateca, adquiriendo posición subvertical. Esta alineación continúa hacia el SE desde Alhama hasta Nuévalos y Monterde, formando el límite oriental del sistema acuífero.

En la fig. IV.3.27 se incluye un esquema y cortes hidrogeológicos de detalle de los alrededores de las zonas de descarga de los dos manantiales del Monasterio de Piedra ("Fuente de la Salud o de la Peña" y "Fuente de San Juan").

#### **8.4.1. Esquema de circulación subterránea**

La extensión y límites del sector de acuífero cretácico que da lugar a la "Fuente de la Salud" son difíciles de establecer hacia el SO, aunque seguramente corresponden a subafloramientos de la facies Utrillas (Albiense), impermeable de base del subsistema. Por el NE, el límite está constituido por las arcillas y arenas albienses que afloran sobre los materiales jurásicos y triásicos del flanco sur del anticlinal paleozoico de Montalbán. La alimentación del sistema debe producirse preferentemente por infiltración de lluvia útil en los mismos afloramientos de las formaciones del Cretácico superior donde se recarga el sector acuífero que da lugar a la componente más superficial de la descarga de Jaraba (la que corresponde al flujo en los niveles carbonatados superiores del Cretácico superior), dada la gran similitud que existe entre la composición química e isotópica de dichas aguas y las de la "Fuente de la Salud" También es posible una recarga por infiltración diferida a través de las formaciones terciarias supra-



**FIG. IV.3.27**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA8: MONASTERIO DE PIEDRA**  
**ESQUEMA Y CORTE HIDROGEOLOGICO DE DETALLE**

yacentes, de menor permeabilidad, que cubren parcialmente la estructura.

El flujo subterráneo tiene sentido general SO-NE, hasta las zonas de salida del agua subterránea, en los ríos Mesa y Piedra. La descarga principal del subsistema debe producirse de forma no visible en el río Mesa a la altura del embalse de La Tranquera. En el río Piedra, la salida de agua tiene lugar a la altura del Monasterio de Piedra, por rebosamiento sobre materiales miocenos de recubrimiento, de baja permeabilidad, que sellan una zona donde parece haber un hundimiento de las formaciones carbonatadas cretácicas, en la que se excavado el cauce del río Piedra, sector de menor cota topográfica a lo largo del contacto acuífero-impermeable; la salida de agua, de la que la "Fuente de la Salud" es una parte individualizada, se produce de forma dispersa en el cauce del río, donde está retenida por una pequeña presa, dando lugar al llamado "Lago del Espejo". El régimen de descarga de la "Fuente de la Salud" debe tener una variabilidad alta, ligada a las oscilaciones pluviométricas de la zona de recarga.

La "Fuente de San Juan" es la descarga de un pequeño sistema acuífero asociado a una estructura en forma de cubeta, de unos 20 km<sup>2</sup> de extensión, situada en el extremo norte del Subsistema Piedra-Gallocanta (según la denominación del PIAS) e individualizada del resto del mismo, cuya formación acuífera está constituida por las series calizo-dolomíticas del Cretácico superior, siendo su impermeable de base la facies areno-arcillosa del Utrillas (Albiense). La recarga del sistema debe producirse por infiltración de lluvia útil en los afloramientos del acuífero situados dentro de la estructura y también por infiltración diferida a través de las formaciones terciarias suprayacentes, de menor permeabilidad. El flujo subterráneo es convergente, con sentido general SO-NE, hasta la zona de salida del agua subterránea, que tiene lugar por desbordamiento sobre el impermeable de base en la terminación periclinal N de la estructura, en el cauce del río Piedra, sector de menor cota topográfica a lo largo del contacto acuífero-impermeable. Su régimen de descarga es muy variable, debido a las modestas dimensiones de la estructura acuífera

y de su exclusiva dependencia de las precipitaciones: el caudal del manantial es muy variable, desde unas pocas decenas de litros por segundo hasta agotarse en periodos de estiaje acusado. En la época en que se efectuaron los muestreos previstos en el EAMA (21/2/1993), el manantial estaba seco, circunstancia que, según información de los propietarios del monasterio no había ocurrido en los últimos 12 años.

#### **8.4.2. Tiempo de residencia en el subsuelo del agua de la "Fuente de la Salud o de la Peña"**

La datación isotópica realizada en el marco del EAMA, a partir de la determinación del contenido en tritio del agua que descargaba la "Fuente de la Salud" el 21/3/1993, permite una aproximación bastante realista de la edad del agua que, de acuerdo con el esquema de circulación descrito en los párrafos anteriores, se descarga en el cauce del río Piedra, dentro del recinto del Monasterio de Piedra. En efecto, el análisis citado dio un contenido de  $10,2 \pm 1,4$  UT, que corresponde probablemente a un agua de una antigüedad comprendida entre 1 y 2 periodos de semidesintegración del tritio (vida media de 12,26 años), tal vez con una componente secundaria minoritaria de agua de circulación profunda en los niveles inferiores del Cretácico superior, infiltrada antes de que en 1952 comenzasen las pruebas termonucleares en la atmósfera, que tendría prácticamente ausencia de tritio.

## 8.5. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS SURGENCIAS DEL MONASTERIO DE PIEDRA

### - "Fuente de la Salud o de la Peña" (2517/5/0007)

El manantial denominado "Fuente de la Salud" o "Fuente de la peña" o "Fontepiedra" está situado en el borde del lago del Espejo, dentro del parque del Monasterio de Piedra. La salida de agua sólo tiene como acondicionamiento un canal de piedra de 1,60 m de longitud, 0,5 m de anchura y 0,5 m de profundidad, que desemboca directamente en el lago.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 25-17 (437) "Ateca" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X	=	601,850
Y	=	4 560,775
Z	=	720 m s.n.m.

No se dispone de ninguna medida precisa del caudal, ya que las condiciones de captación de la surgencia no permite un aforo fiable: el canal desemboca directamente en el lago, de modo que la velocidad del agua en el canal está afectada por la retención del agua. A título orientativo, en uno de los reconocimientos realizados durante el EAMA, se realizó una aproximación al caudal de descarga a base de un aforo con flotador que, junto con las dos medidas de la temperatura del agua y las fechas en que fueron efectuadas, se incluyen seguidamente:

Q ~ 4,3	l/s	t = 13,7 °C	(29/9/92)
		t = 13,1 °C	(21/3/93)

La disminución de la temperatura del agua en la segunda medida con respecto a la primera se debe sin duda a la distinta época del año en que fueron efectuadas.

La "Fuente de la Salud" no necesita captación especial, ya que el agua

se utiliza en una piscifactoría y como atractivo turístico (lago del Espejo) en el parque del Monasterio de Piedra.

- **"Fuente de San Juan" (2517/5/0008)**

El manantial denominado "Fuente de San Juan" surge en una oquedad de calizas del Cretácico superior, a escasa altura sobre el cauce del río Piedra. La salida de agua está captada por medio de dos tuberías enterradas, una que deriva una parte de la descarga hacia las instalaciones del Monasterio de Piedra, y otra que permite el desagüe al río Piedra del excedente, cuando existe.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 25-17 (437) "Ateca" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X	=	601,975
Y	=	4 559,150
Z	=	820 m s.n.m.

No se dispone de ninguna medida del caudal, ya que la tubería de captación que conduce el agua de la surgencia hasta las instalaciones turísticas del monasterio está enterrada y conectada directamente con los servicios, de modo que no puede ser aforada. En el primero de los reconocimientos realizados durante el EAMA (el 29/9/1992), se realizó un aforo volumétrico aproximado del agua derivada hacia el río por la segunda tubería de captación, que dio un valor de unos 10 l/s. El mismo día, la temperatura del agua surgente era de 14,5 °C.

El agua se utiliza para abastecimiento y servicios de las instalaciones hoteleras del complejo turístico del Monasterio de Piedra, para los cuales la captación es adecuada.

## **8.6. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA**

La descripción que se incluye a continuación se apoya exclusivamente en los resultados de las determinaciones fisicoquímicas "in situ" y los análisis efectuados por el ITGE sobre la muestra tomada en el marco del EAMA, el día 21/3/93, en el canal de captación del agua de la "Fuente de la Salud o de la Peña". En dicha fecha, la "Fuente de San Juan" estaba seca debido al profundo estiaje que se prolongó desde el otoño de 1992 hasta el otoño-invierno de 1993, época en la que volvió a manar el manantial.

### **a. Parámetros fisicoquímicos**

Los parámetros fisicoquímicos determinados "in situ" indican una descarga fría con temperatura variable: se midieron temperaturas de 13,1 a 13,7 °C. El agua se presenta condiciones oxidantes normales (Eh positivo de 317,7 mV), con pH ligeramente ácido (7,025) y bastante oxígeno disuelto (7,50 ppm), en un nivel ligeramente inferior a la concentración de saturación, debido a la poca profunda circulación subterránea de, al menos, la componente principal de la descarga y, seguramente, a reoxigenación en la zona de descarga.

### **b. Mineralización e iones mayoritarios**

La conductividad eléctrica (743  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en campo, y 608  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en laboratorio) y el residuo seco a 110 °C, de 390 mg/l, reflejan una mineralización moderada a débil del agua la "Fuente de la Salud".

Entre los cationes, predomina de forma clara el calcio (100 ppm), con presencia apreciable de magnesio, 33 ppm y bajas concentraciones de sodio (5 ppm) y potasio (1 ppm).

Los aniones mayoritarios son las especies del ciclo del ácido carbónico (287 ppm de bicarbonatos) y, en menor cuantía, los sulfatos (102 ppm). Los cloruros están presentes en una concentración de 42 ppm y los nitratos en 20 ppm. El nivel de nitratos y la presencia de amoníaco, detectada en campo, pueden deberse a contaminación local por la existencia de abundante vegetación y peces en el lago.

En la fig. IV.3.28 se ha representado de forma gráfica la facies del agua muestreada, mediante un clásico diagrama de Piper en el que se observa una facies bicarbonatada cálcica, propia de una circulación en materiales calizo-dolomíticos en contacto con materiales ricos en sales (los evaporíticos del Keuper o del Terciario) y en sílice (el propio Keuper o, con mayor probabilidad, los de la facies Utrillas). En el diagrama se han incluido también las aguas correspondientes a algunos puntos de la descarga termal de Jaraba (puntos sin relleno), con objeto de reflejar gráficamente la similitud de sus facies.

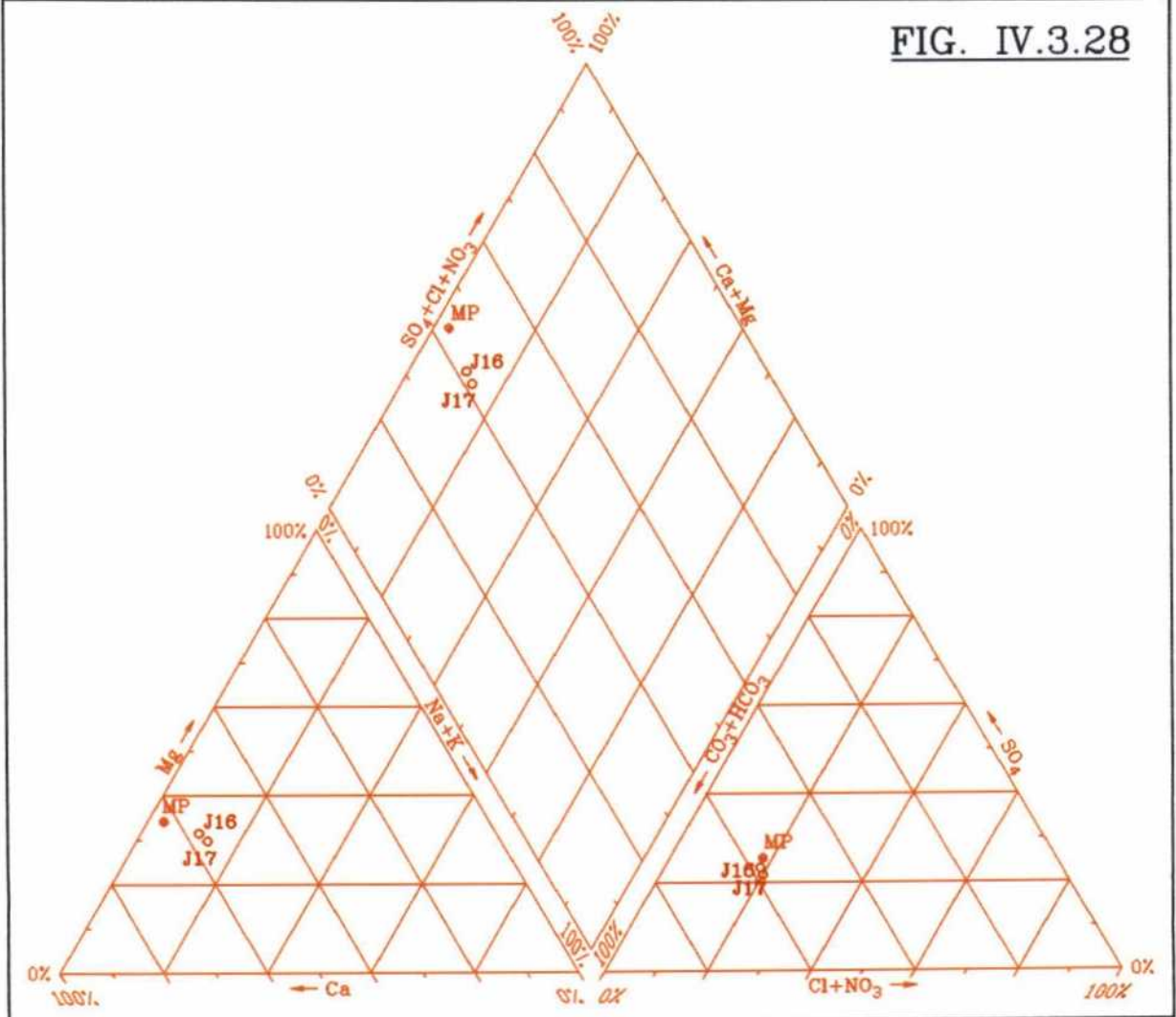
**c. Otros componentes**

La presencia de elementos pesados se reduce al boro (20 µg/l) y al plomo (10 µg/l), aunque con unas concentraciones muy inferiores a las que la normativa vigente admite para las aguas potables de consumo público y para las *aguas minerales* embotellables (nivel guía de 1 000 µg/l, para el primero, y contenido máximo admisible de 50 µg/l, para el segundo).

Las radiactividades  $\alpha$  y  $\beta$  del agua muestreada,  $< 0,057$  Bq/l y  $0,122 \pm 0,024$  Bq/l, respectivamente, están muy por debajo de los niveles guía (0,1 y 1 Bq/l) indicados en la reglamentación vigente.

ESTUDIO DE LAS AGUAS MINERALES DE ARAGÓN  
 ESTUDIO DE DETALLE ZA 8: MONASTERIO DE PIEDRA  
 DESCARGAS SUBTERRÁNEAS DEL MONASTERIO DE PIEDRA  
 FACIES HIDROQUÍMICAS: DIAGRAMA DE PIPER

MP: "FUENTE DE LA SALUD" (2517/5/0007)  
 J16: "MANANTIAL VIRGEN DE LAS NIEVES" (2417/8/0001)  
 J17: "MANANTIALES DEL KM 2,200" (2417/8/0011)



## 8.7. POSIBILIDADES DE REGULACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA "FUENTE DE SAN JUAN"

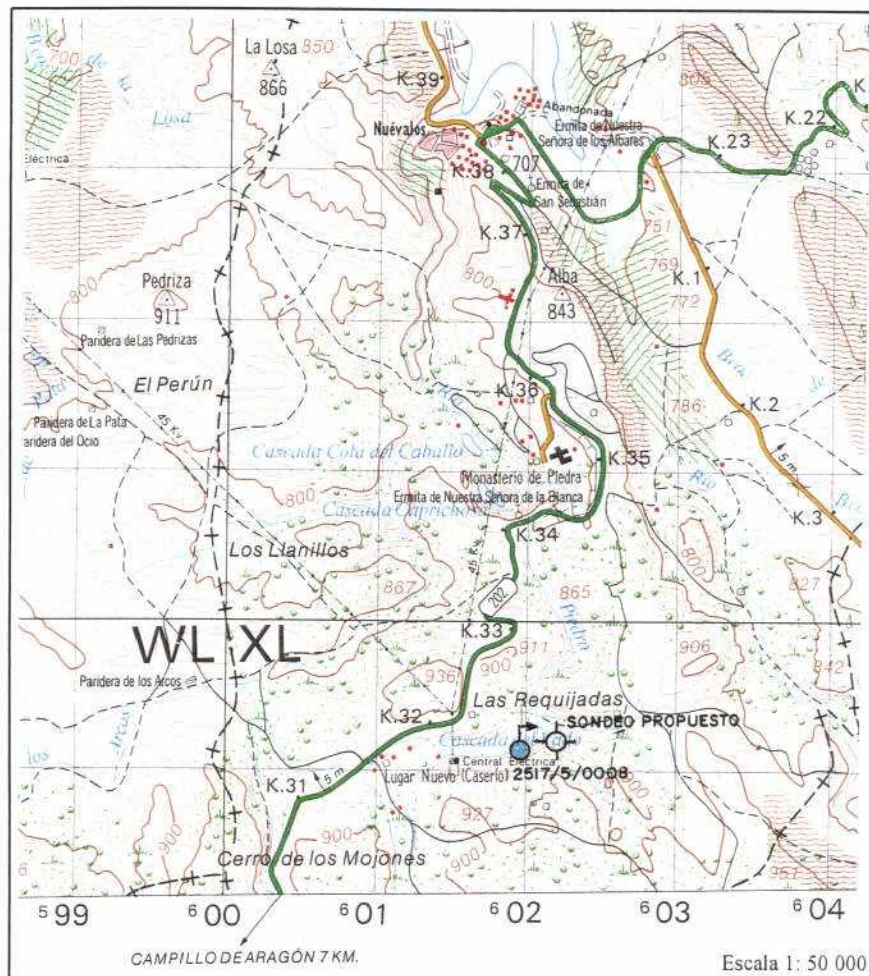
La "Fuente de San Juan", sobre las que hay expectativas de explotación en el campo de las *aguas minerales*, presenta unas características que la hacen apropiada para ser objeto de una regulación hidrogeológica, única posibilidad, por otra parte, de hacer frente con garantías a un eventual aprovechamiento, por la alta variabilidad de su caudal de descarga. En efecto:

- El manantial está situado en una estructura hidrogeológica bien delimitada sobre la que no existe ninguna explotación por bombeo conocida, aunque sus reducidas dimensiones y la variabilidad del régimen de precipitaciones de la zona, con periodos secos muy prolongados, hacen que el manantial presente prolongados estiajes que reducen el caudal de descarga al mínimo, incluso llega a secarse.
- No existen registros de la descarga del manantial, pero la información proporcionada por sus propietarios permite estimar un caudal medio anual superior a la decena de litros por segundo, con máximos comprendidos entre 30 y 40 l/s y mínimos del orden de 5 l/s, excepcionalmente 0.
- Por otra parte, la topografía del terreno permite el acceso hasta zonas próximas al manantial de máquinas perforadoras, de manera que es posible perforar un sondeo mecánico en una posición ideal para llevar a cabo una regulación hidrogeológica de la descarga.

Partiendo de las premisas anteriores, el día 28/8/1993 se llevó a cabo un reconocimiento sobre el terreno (el tercero de los efectuados en el marco del EAMA) con objeto de localizar sobre el terreno el emplazamiento más apropiado para un eventual sondeo mecánico de regulación. Tal como se refleja en la fig. IV.3.29, el emplazamiento del sondeo estaría localizado a unos 250 m del manantial, en un punto cuyas coordenadas UTM (en la zona 30 T) y cota absoluta aproximadas, deducidas de la hoja 25-17 (437) "Ateca" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

$$X = 602,200$$

$$Y = 4\,559,125$$



**FIG. IV.3.29.**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA8: MONASTERIO DE PIEDRA  
SITUACIÓN DEL POSIBLE SONDEO DE REGULACIÓN  
HIDROGEOLÓGICA DE LA "FUENTE DE SAN JUAN"**

$$Z = 850 \text{ m s.n.m.}$$

El sondeo tendría un profundidad estimada de 100 m y un diámetro de perforación de 250 a 300 mm, que permitiría una cámara de bombeo suficiente, ya que se podría entubar con una tubería de 150 a 200 mm de diámetro. El acondicionamiento debería incluir la cementación de toda la columna suprayacente a las calizas del Cretácico superior, que estarían a una profundidad aproximada de 60 m. El nivel piezométrico se situaría en el sondeo a una profundidad aproximada de 30 m.

El estudio de regulación previo a la puesta en marcha del operativo debería estar compuesto por:

- Un registro de los caudales de descarga del manantial durante, como mínimo, un año hidrológico completo (deseablemente dos), con objeto de obtener una serie continua y fiable de descargas. Se tomaría al menos una medida diaria del caudal.
- Se contaría con los datos de precipitación y temperatura medidos en una estación termopluviométrica representativa del régimen imperante en el área de recarga del acuífero, se elegiría la que cuente con la más amplia serie de registros históricos posible. En su defecto, los datos de precipitación y temperatura media diarios se registrarían en una estación instalada "ex-profeso", para la que se reconstruiría una serie extensa por correlación con los datos de la estación del INM más próxima que dispusiera de las series extensas y completas de datos.
- Un análisis de correlación por deconvolución entre la serie de caudales observados (salidas del sistema) y una serie de entradas (precipitación, lluvia útil, infiltración) construida a partir del tratamiento de las series de precipitación-temperatura para el periodo de observación simultánea (uno o dos ciclos hidrológicos completos).
- Con el mejor ajuste obtenido por deconvolución y, a partir de la serie completa de entradas (la calculada con todos los valores de precipitación y temperatura disponibles), se generaría una serie plurianual de caudales de descarga de la "Fuente de San Juan", que permitiría evaluar los recursos medios hiperanuales del manantial.

- Determinación experimental del tiempo de afección al manantial por bombeo en el sondeo, mediante el correspondiente ensayo de hidrodinámica subterránea.
- Por aplicación del programa REGMA<sup>25</sup> a la serie hiperanual de caudales generada, se establecería el programa de bombeos complementarios a la descarga del manantial que permitieran garantizar el suministro demandado por el hipotético aprovechamiento de *agua mineral* o, en su caso, determinaría el caudal que sería posible garantizar de cara a dicha explotación. En cualquier caso, el estudio de regulación hidrogeológica estaría planteado desde el punto de vista conservativo de los recursos hídricos del manantial, es decir, al final del proceso de regulación simulado, el caudal del manantial sería el mismo que al principio del periodo modelizado.

**9. ESTUDIO DE DETALLE ZA9  
SIERRA DEL MONCAYO**

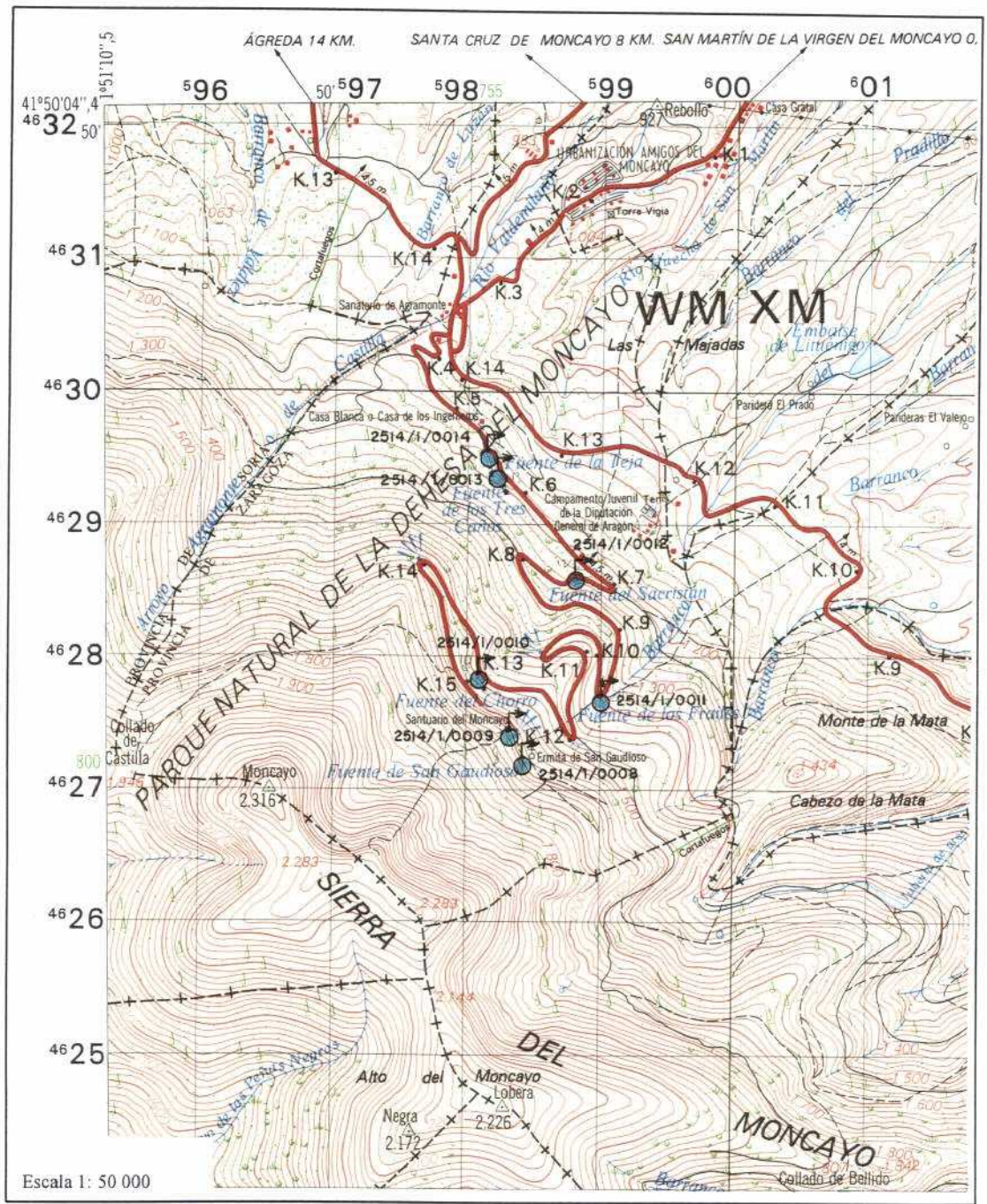
## 9.1. INTRODUCCIÓN.

En la vertiente norte de la sierra del Moncayo existe un gran número de manantiales, varios de ellos acondicionados como fuentes, con aguas frías, muy ligeras, y muy apreciadas por los habitantes de las comarcas aragonesas y castellanas próximas, que acuden en gran número a coger agua para uso doméstico.

No hay ninguna instalación para la explotación industrial del agua ni ha habido ningún intento de clasificación y aprovechamiento oficial de las aguas. Las fuentes fueron acondicionadas por el **ICONA** como parte de las zonas recreativas establecidas en el parque natural de la Dehesa del Moncayo, que soporta una fuerte presión turística.

El estudio de detalle tiene el objetivo básicamente hidrogeológico de identificar y caracterizar desde los puntos de vista geológico, hidrogeológico, hidrodinámico e hidrogeoquímico las aguas de los manantiales, estableciendo, en la medida de lo posible, el esquema conceptual de circulación subterránea del sistema acuífero que da lugar a las descargas. También se efectúan indicaciones sobre las condiciones de aprovechamiento público del agua.

En la fig. IV.3.30 se incluye un mapa de situación de los 7 manantiales inventariados en el **EAMA** en la vertiente norte de la sierra del Moncayo.



**FIG. IV.3.30**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA9: MONCAYO  
PLANO DE SITUACIÓN GENERAL**

## **9.2. HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA DE FLUJO SUBTERRÁNEO DE LA SIERRA DEL MONCAYO.**

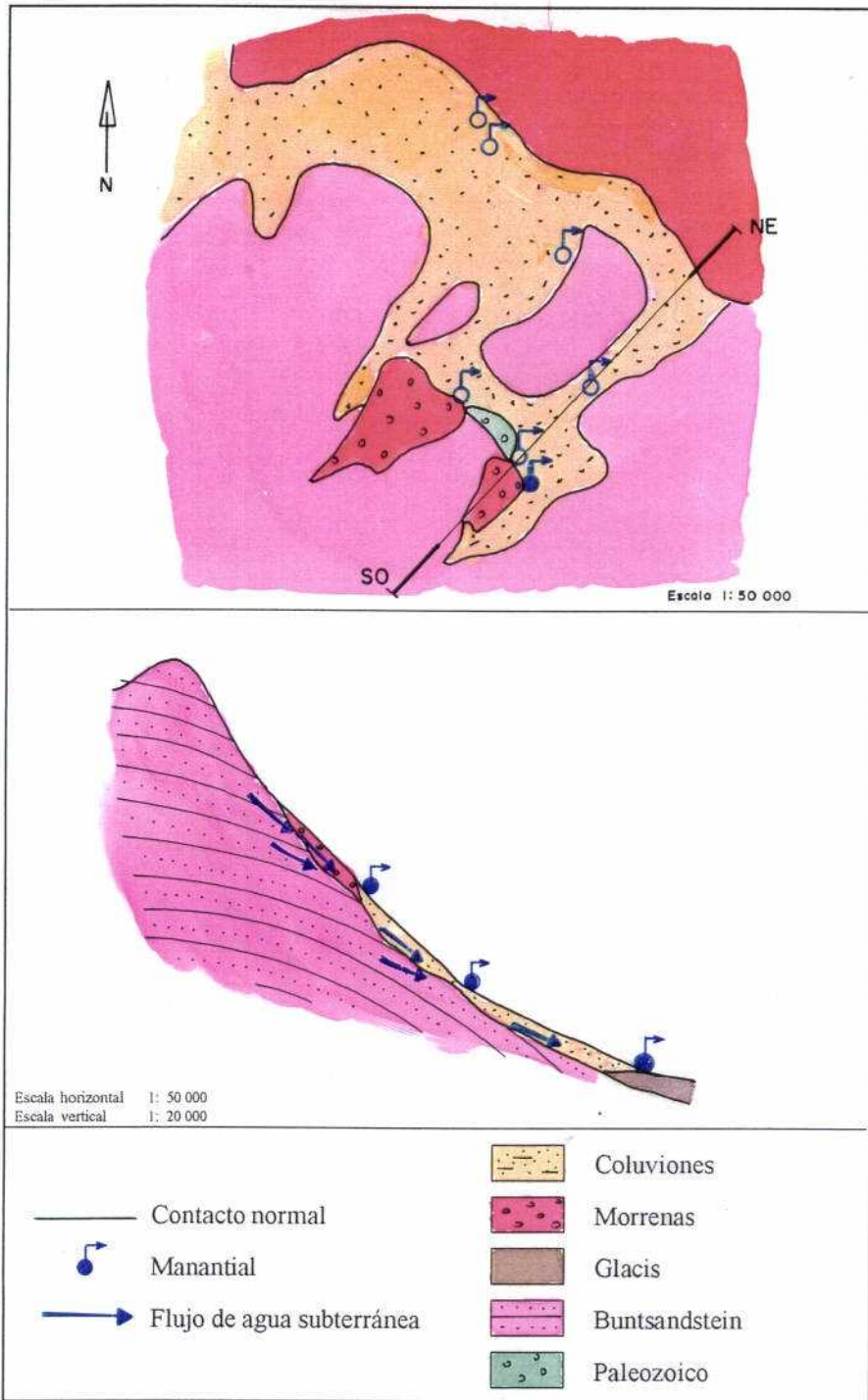
La ladera noreste de la sierra del Moncayo es sede de un sistema acuífero peculiar, en el que la circulación subterránea tiene lugar a través de un conjunto acuífero mixto compuesto por la franja más superficial, alterada y fracturada por descompresión, de los materiales arenoso-conglomeráticos del Buntsandstein, que conforman la sierra del Moncayo, y por los materiales cuaternarios de acarreo (morrenas) y/o de carácter coluvionar que los recubren a modo de epidermis más o menos continua a lo largo de toda la ladera.

La recarga del pequeño sistema acuífero se produce por infiltración de lluvia y de escorrentía superficial procedente del deshielo en la cumbre de la sierra, situada a más de 2 000 m s.n.m de altitud, y la descarga se produce por rebosamiento en varios puntos escalonados en la ladera, donde por razones naturales (erosión diferencial) o artificiales (desmontes para la construcción de caminos, aparcamientos, etc..) se reduce la sección de paso del flujo de agua y parte de ella se ve obligada a rebosar sobre la superficie del terreno.

La circulación subterránea es muy somera y rápida, dada la gran pendiente de la ladera y la notable permeabilidad del medio acuífero, especialmente la parte albergada por los materiales detríticos, de manera que los ciclos recarga-descarga tienen carácter estacional, es decir, el tiempo de residencia del agua en el subsuelo es de unas semanas o, a lo sumo, unos pocos meses. En resumen, con total propiedad no podría decirse que se trata de una circulación subterránea cuya agua pueda ser considerada "mineral" en sentido estricto, en realidad no pasa de ser una circulación hipodérmica, fría y de muy corto tiempo de residencia en el subsuelo.

En consecuencia, el régimen de descarga es intrínsecamente variable, depende directamente del régimen de precipitaciones (lluvia o nieve) sobre la sierra del Moncayo.

En la fig. IV.3.31 se incluye un esquema y un corte hidrogeológico de detalle de las surgencias subterráneas de la sierra del Moncayo.



**FIG. IV.3.31**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA9: MONCAYO**

**ESQUEMA Y CORTE HIDROGEOLÓGICO DE DETALLE**

### 9.3. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS SURGENCIAS Y CAPTACIONES DE LA SIERRA DEL MONCAYO

La descarga de flujo subterráneo que tiene lugar a lo largo de la falda NE de la sierra del Moncayo está individualizada en numerosos puntos localizados a lo largo de la misma, de los que se han registrado 7 en el inventario de las *aguas minerales* de Aragón.

- **"Fuente de San Gaudioso" (2514/1/0008)**

Está situada frente a la Ermita de San Gaudioso, en una pequeña explanada distante unos 300 m del santuario de la Virgen del Moncayo. Surge al pie de un depósito morrénico cortado por las obras de acondicionamiento de la explanada de acceso a la ermita dedicada a dicho santo. La captación consiste en un muro de retención el agua (y de contención de los materiales detríticos que cubren la ladera) en el que existen tres chorros con sus correspondientes pilas para la recogida y evacuación del agua. El conjunto está en el interior de una cubierta soportada por arcos.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 25-14 (352) "Tabuena" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X	=	598,425
Y	=	4 627,175
Z	=	1 610 m s.n.m.

En dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de caudal y temperatura:

Q = 0,710 l/s	t = 6,0 °C	(7/6/1992)
	t = 4,4 °C	(18/4/1993)

La disminución de la temperatura del agua en la segunda medida con respecto a la primera se debe sin duda a la distinta época del año en que fueron efectuadas

- **"Fuente del Santuario" (2514/1/0009)**

La "Fuente del Santuario" está situada a unos 20 m del Santuario de la Virgen del Moncayo. El agua surge en unos derrubios de escaso espesor que cubren parcialmente a las areniscas del Bunt, que afloran en las proximidades y constituyen la roca acuífera en este caso. La captación consiste en una obra rústica compuesta por un pequeño muro de mampostería para retención del agua, que sale a través de un tubo incrustado en el muro y cae en una pila que desagua libremente ladera abajo.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 25-14 (352) "Tabuena" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X	=	598,325
Y	=	4 627,400
Z	=	1 600 m s.n.m.

En dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de caudal y temperatura:

Q = 0,231 l/s	t = 7,5 °C	(7/6/1992)
	t = 7,1 °C	(18/4/1993)

La disminución de la temperatura del agua en la segunda medida con respecto a la primera se debe sin duda a la distinta época del año en que fueron efectuadas.

- **"Fuente de la Caña" (2514/1/0010)**

Está situada a la altura del km 13 de la subida Santuario de la Virgen del Moncayo, en una ladera muy pendiente, donde capta el agua que surge en unos depósitos morrénicos de grandes bloques muy próximos a un pequeño afloramiento de cuarcitas paleozoicas. La captación consiste en una obra rústica compuesta por un pequeño muro de mampostería para retención del agua, que sale a través de un tubo incrustado en el mismo y cae en una arqueta que desagua mediante

una tubería que cruza la carretera y deja salir el agua libremente ladera abajo.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 25-14 (352) "Tabuena" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

$$\begin{array}{rcl} X & = & 598,100 \\ Y & = & 4\,627,800 \\ Z & = & 1\,500 \quad \text{m s.n.m.} \end{array}$$

En dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de caudal y temperatura:

$$\begin{array}{rcl} Q = 0,132 \text{ l/s} & t = & 6,5 \text{ }^\circ\text{C} \quad (7/6/1992) \\ & t = & 4,4 \text{ }^\circ\text{C} \quad (18/4/1993) \end{array}$$

La disminución de la temperatura del agua en la segunda medida con respecto a la primera se debe sin duda a la distinta época del año en que fueron efectuadas.

- **"Fuente de los Frailes" (2514/1/0011)**

Está situada a la altura del km 9,7 de la subida Santuario de la Virgen del Moncayo, en una curva muy cerrada, donde se ha efectuado una explanación para aparcamiento de automóviles, muy cerca de una zona recreativa del ICONA. El desmonte corta unos depósitos de ladera heterométricos, con bloques de gran tamaño, e intercepta el flujo subterráneo que tiene lugar en ellos. La captación consiste en una zanja drenante acondicionada con un muro de contención de mampostería, en uno de cuyos extremos hay una fuente clásica, también de mampostería, con dos chorros; el agua cae en una arqueta para retención del agua, que desagua por desbordamiento en una zanja revestida, que bordea toda la zona explanada y vierte en la cuneta de la carretera.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 25-14 (352) "Tabue-

nca" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

$$\begin{array}{rcl} X & = & 599,025 \\ Y & = & 4\,627,650 \\ Z & = & 1\,350 \quad \text{m s.n.m.} \end{array}$$

En dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del **EAMA**, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de caudal y temperatura:

$$\begin{array}{rcl} Q = 0,248 \text{ l/s} & t = & 8,0 \text{ }^\circ\text{C} \quad (7/6/1992) \\ & & t = 5,8 \text{ }^\circ\text{C} \quad (18/4/1993) \end{array}$$

La disminución de la temperatura del agua en la segunda medida con respecto a la primera se debe sin duda a la distinta época del año en que fueron efectuadas.

- **"Fuente del Sacristán" (2514/1/0012)**

Está situada a la altura del km 7,5 de la subida Santuario de la Virgen del Moncayo, en una zona boscosa, sobre coluviones de espesor aparentemente apreciable, cortados unos metros aguas abajo por la carretera de subida al Santuario. La captación es una fuente clásica de mampostería, con un pequeño muro de retención del agua, que surge a través de un chorro y cae en una arqueta con desagüe de fondo por tubería; el acondicionamiento se completa con unos muros laterales y una escalera de dos escalones muy largos.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 25-14 (352) "Tabuena" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

$$\begin{array}{rcl} X & = & 598,825 \\ Y & = & 4\,628,550 \\ Z & = & 1\,240 \quad \text{m s.n.m.} \end{array}$$

En dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del **EAMA**, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de

caudal y temperatura:

$$Q = 0,234 \text{ l/s} \quad t = 8,0 \text{ }^\circ\text{C} \quad (7/6/1992)$$

$$t = 7,0 \text{ }^\circ\text{C} \quad (18/4/1993)$$

La disminución de la temperatura del agua en la segunda medida con respecto a la primera se debe sin duda a la distinta época del año en que fueron efectuadas.

No se puede descartar que la fuente esté alimentada artificialmente con agua captada más arriba.

- **"Fuente de los 3 caños" (2514/7/0013)**

Está situada a la altura del km 5,8 de la subida Santuario de la Virgen del Moncayo, en una zona boscosa. El agua surge en la parte baja de la ladera, en una vaguada donde los coluviones, de espesor apreciable, son cortados por la carretera de subida al Santuario. La captación es una fuente clásica de mampostería, con un pequeño muro de retención del agua, que surge a través de tres caños y cae en una arqueta con desagüe de fondo por tubería.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 25-14 (352) "Tabuena" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

$$X = 598,250$$

$$Y = 4\,629,325$$

$$Z = 1\,180 \text{ m s.n.m.}$$

En dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de caudal y temperatura:

$$Q = 1,836 \text{ l/s} \quad t = 9,0 \text{ }^\circ\text{C} \quad (7/6/1992)$$

$$t = 6,5 \text{ }^\circ\text{C} \quad (18/4/1993)$$

La disminución de la temperatura del agua en la segunda medida con respecto a la primera se debe sin duda a la distinta época del año en

que fueron efectuadas.

Es posible que la fuente esté alimentada artificialmente con agua captada más arriba.

- **"Fuente de la Teja" (2514/7/0014)**

El agua surge en una hondonada situada en la parte baja de la ladera NE del Moncayo, donde el flujo subterráneo en coluviones se ve obligado a emerger por la pérdida de sección de paso. La captación está situada a la altura del km 5,6 de la subida Santuario de la Virgen del Moncayo, en una hondonada, dentro de una zona boscosa; es una fuente clásica, con dos caños encastrados en un muro de mampostería que vierten en una arqueta rectangular con desagüe de fondo por tubería. El agua debe ser captada y recogida por tuberías en la ladera de la parte posterior del acondicionamiento.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 25-14 (352) "Tabuena" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X	=	598,175	
Y	=	4 629,475	
Z	=	1 180	m s.n.m.

En dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del EAMA, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de caudal y temperatura:

Q = 0,316 l/s	t = 8,5 °C	(7/6/1992)
	t = 5,6 °C	(18/4/1993)

La disminución de la temperatura del agua en la segunda medida con respecto a la primera se debe sin duda a la distinta época del año en que fueron efectuadas. Por otra parte, al igual que las fuentes "del Sacristán" y "de los 3 Caños", es posible la "Fuente de la Teja" esté alimentada artificialmente con agua captada aguas arriba.

#### **9.4. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA**

La descripción que se incluye a continuación se apoya en los resultados de las determinaciones fisicoquímicas "in situ" y los análisis efectuados por el ITGE sobre las muestras tomadas en el marco del EAMA, el día 18/4/1993, en los 7 manantiales inventariados.

##### **a. Parámetros fisicoquímicos**

Los parámetros fisicoquímicos determinados "in situ" indican una descarga fría, con temperatura variable en función de la época del año, que en la fecha de muestreo estaba comprendida entre 4,4 y 7,1 °C. El agua se presenta condiciones oxidantes normales (Eh positivo de 226,6 a 369,3 mV), con pH ácido (5,345 a 6,724) y práctica saturación de oxígeno disuelto (de 7,50 a 13,60 ppm), debido a la poco profunda circulación subterránea y, seguramente, a oxigenación en la zona de surgencia.

##### **b. Mineralización e iones mayoritarios**

Las conductividades eléctricas (16 a 46  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en campo, y 12 a 23  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en laboratorio) y el residuo seco a 110 °C, de 7 a 21 mg/l, reflejan la muy débil mineralización del agua del Moncayo; prácticamente es agua de lluvia.

Las concentraciones iónicas son bajísimas, siempre menores de 10 ppm en los aniones principales (bicarbonatos entre 2 y 6 ppm, sulfatos entre 0 y 2 ppm, y cloruros entre 1 y 6 ppm) y de 5 ppm en los cationes (de 1 a 2 ppm de calcio, 1 ppm de magnesio, entre 0 y 2 ppm de sodio, y entre 0 y 1 ppm de potasio). El sodio y el potasio sólo aparecen en un punto, la "Fuente de la Teja", la situada a menor cota de todas las aguas analizadas.

Hay presencia de nitratos, concentraciones entre 1 y 2 ppm, en 6 de las 7 muestras analizadas, y trazas de fosfatos en tres de ellas, circunstancia que podría ser indicativa de contaminación, poco sorprendente por el carácter superficial y con muy pequeña permanencia de la circulación subterránea, y por la fuerte presión turística

en fines de semana sobre el parque.

En la fig. IV.3.32 se han representado de forma gráfica las facies de las aguas muestreadas, mediante un clásico diagrama de Piper, en el que se observa una dispersión de facies, poco representativa por la debilísima mineralización y la inestabilidad de las aguas en campo: predominio de facies bicarbonatada cálcica, con evolución hacia la sulfatada, y presencia de facies clorurada en dos puntos.

**c. Otros componentes**

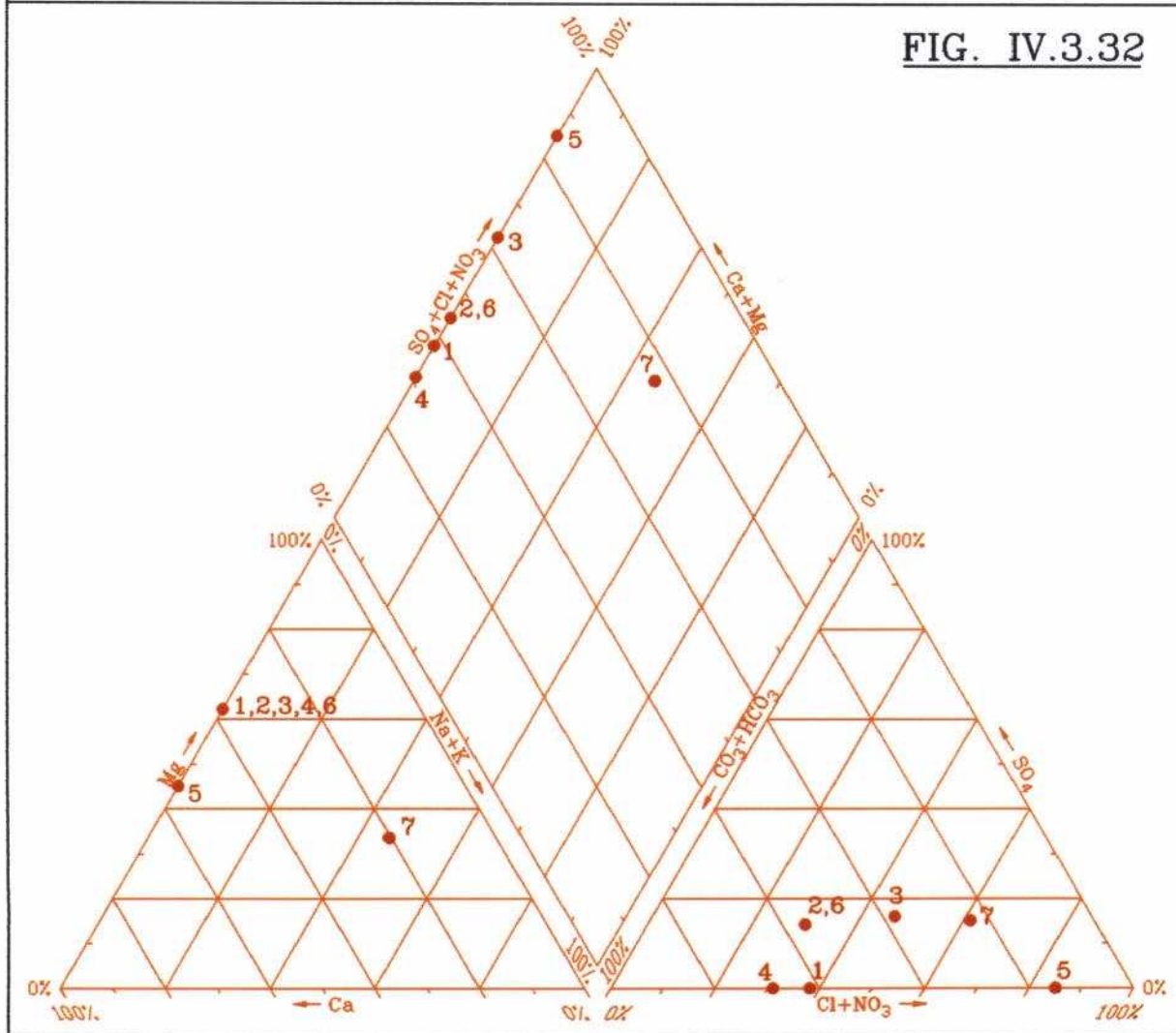
No se observa la presencia de elementos pesados y los niveles de radiactividad  $\alpha$  y  $\beta$  son, lógicamente, muy bajas, netamente inferiores a los niveles guía (0,1 y 1 Bq/l) indicados en la reglamentación vigente.

ESTUDIO DE LAS AGUAS MINERALES DE ARAGÓN  
 ESTUDIO DE DETALLE ZA 9: SIERRA DEL MONCAYO

DESCARGAS SUBTERRÁNEAS DE LA SIERRA DEL MONCAYO  
 FACIES HIDROQUÍMICAS: DIAGRAMA DE PIPER

- 1: "FUENTE DE SAN GAUDIOSO" (2514/1/0008)
- 2: "FUENTE DEL SANTUARIO" (2514/1/0009)
- 3: "FUENTE DE LA CAÑA" (2514/1/0010)
- 4: "FUENTE DE LOS FRAILES" (2514/1/0011)
- 5: "FUENTE DEL SACRISTAN" (2514/1/0012)
- 6: "FUENTE DE LOS 3 CAÑOS" (2514/1/0013)
- 7: "FUENTE DE LA TEJA" (2514/1/0014)

FIG. IV.3.32



**10. ESTUDIO DE DETALLE ZA10  
PARACUELLOS DE JILOCA**

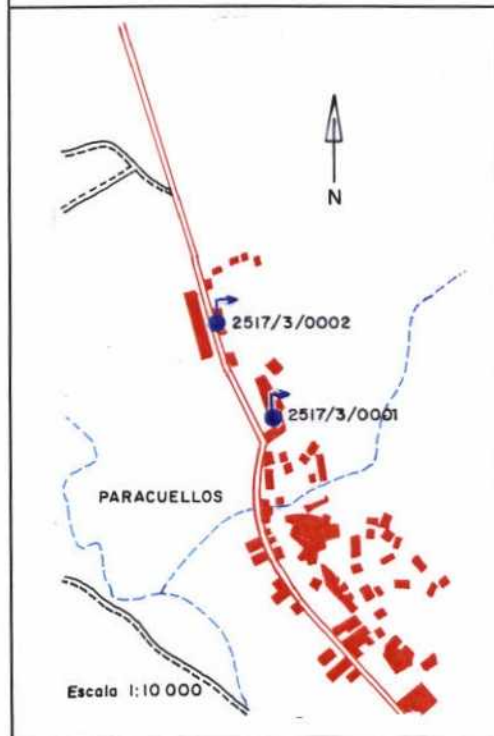
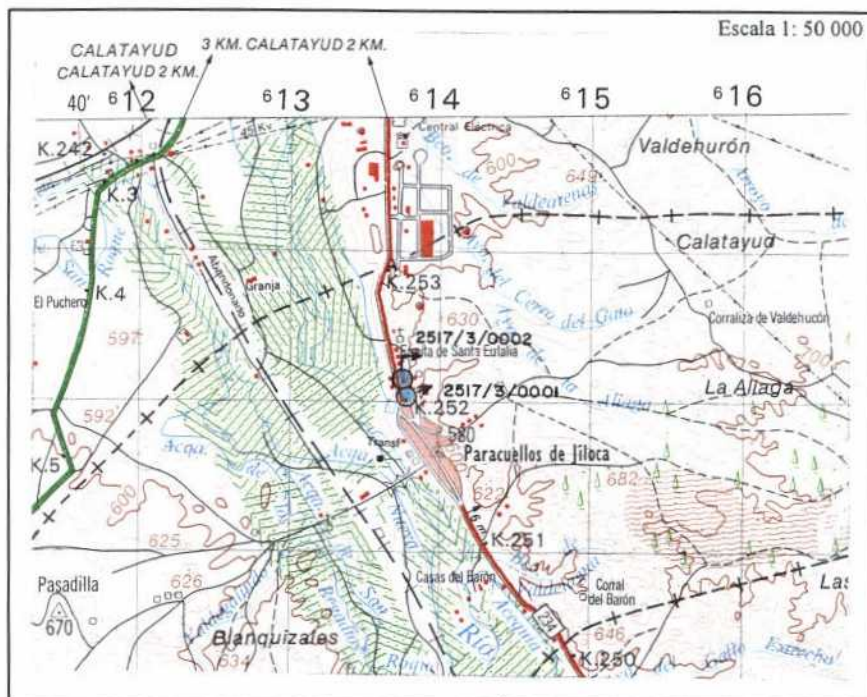
## 10.1. INTRODUCCIÓN.

El estudio de detalle **ZA10: Paracuellos de Jiloca** incluye las dos captaciones de agua fría declarada de utilidad pública y clasificada como minero-medicinal, que han dado lugar desde el siglo pasado a un importante aprovechamiento hidromineral que, en la actualidad, se reduce a un establecimiento, el Balneario de Paracuellos de Jiloca.

Por tratarse de una zona de aprovechamiento vigente de agua minero-medicinal, el estudio de detalle tiene el doble objetivo, hidrogeológico y administrativo, de:

- identificar y caracterizar desde los puntos de vista geológico, hidrogeológico, hidrodinámico, hidrogeoquímico e isotópico el sistema acuífero que da origen a las surgencias, estableciendo el modelo conceptual de flujo y evaluando, en la medida de lo posible, los recursos hídricos del mismo; y
- justificar, delimitar y describir las medidas técnicas que se consideran necesarias para asegurar una adecuada protección cualitativa y cuantitativa del sistema de flujo subterráneo de Paracuellos de Jiloca y una óptima explotación de sus surgencias, las cuales descargan un agua subterránea declarada de utilidad pública y clasificada como **agua minero-medicinal**.

En la fig. IV.3.33 se incluye un mapa general de situación del establecimiento de Paracuello de Jiloca y de las captaciones de agua minero-medicinal históricas.



**FIG. IV.3.33**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA10: PARACUELLOS DE JILOCA  
PLANO Y CROQUIS DE SITUACIÓN**

## 10.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA.

La primera mención conocida sobre las aguas de Paracuellos de Jiloca aparece en la obra de Alfonso Limón Montero "Espejo Cristalino de las Aguas de España", editada en 1697, en la que se cita la existencia de una fuente cerca de las casas del pueblo, con alto contenido en *azufre y salitre*.

Tras una primera mención (en el epígrafe dedicado a los baños de Alhama de Aragón y citando el contenido de una memoria escrita por D. Manuel Boquerín, a la sazón director médico del establecimiento de Alhama) en la que se indica la existencia en las afueras de Paracuellos de un manantial mineral de caudal escaso por el estado de abandono (antes era *copioso y abundante*) en que se encontraba, el "Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus Posesiones de Ultramar" de Pascual Madoz (editado entre los años 1845 y 1850) cita, en el epígrafe correspondiente a Paracuellos de Jiloca, que ya existía médico director de los baños. La diferente información se debe, sin duda, a las diferentes fechas en que fue elaborada la obra.

Las aguas minerales de Paracuellos fueron concedidas por el rey Carlos III al Hospicio de Calatayud, cuyo director mandó realizar un análisis del agua, aunque que no llegó a hacerse uso de la misma. En 1844, D. Felipe García Serrano, propietario del predio donde surgía el agua, comenzó a utilizarla en baños medicinales y reclamó sus derechos sobre la surgencia, cuya propiedad le fue reconocida en el fallo judicial que puso fin en 1851 a un largo litigio que mantuvo con la citada institución de beneficencia. Según la información recogida en el "Tratado Completo de las Fuentes Minerales de España" de Pedro María Rubio (1853), en ese mismo año se cubrió el manantial y se construyó parte del edificio balneario.

Las aguas de Paracuellos de Jiloca fueron reconocidas como minero-medicinales y declaradas de utilidad pública el 4/6/1850, fecha de una circular de la Dirección de Sanidad, del Ministerio de la Gobernación del Reino, recogida en la Gaceta de Madrid del 16/4/1869, en la que se publica una "Nota de las temporadas en que están abiertos los establecimientos de baños y aguas minerales que han obtenido la declaración de utilidad

pública...". Esta referencia afecta solamente al manantial de los denominados posteriormente Baños Viejos, único establecimiento que existía entonces.

En el primer "Anuario Oficial de las Aguas Minerales de España", de M. Ruiz Salazar y otros, publicado en 1877, se menciona que en el año 1875 se edificó un nuevo balneario, propiedad de D. Jaime Cortadellas, quien había realizado una nueva captación que provocó la desaparición de la surgencia primitiva (la de los Baños Viejos); se indica también que el agua del nuevo establecimiento fue declarada de utilidad pública el 18/7/1876.

Como consecuencia de la afección del manantial nuevo sobre el viejo (se ordenó por la Administración que del caudal del manantial nuevo, 3,33 l/s, se cediera a la instalación primitiva un caudal de 0,95 l/s, que era el declarado oficialmente) se inició una "guerra" entre los dos propietarios, que no llegaron a ponerse de acuerdo e iniciaron obras de captación para intentar quitar el agua el uno al otro.

El segundo Anuario Oficial, de Anastasio García y otros (1883), consolida la existencia de los dos establecimientos con las denominaciones de Baños Viejos y Baños Nuevos, y da cuenta de la mejora en las instalaciones de estos últimos.

La pugna entre los dos balnearios llevó aparejada la decadencia de los dos establecimientos hasta que los dos propietarios llegaron al acuerdo de vender su propiedad uno al otro, determinándose quién vendería a quién mediante un sorteo. Esto ocurrió entre 1890 y 1901, y resultó agraciado D. Felipe García Serrano, que adquirió los Baños Nuevos, mejoró las instalaciones de los dos establecimientos, quedando los Baños Nuevos con instalaciones lujosas, destinadas a la clientela de mayor poder adquisitivo, y los Baños Viejos con instalaciones más modestas y económicas.

A partir de la experiencia sufrida con el manantial de los Baños Nuevos y con objeto de evitar posibles conflictos con nuevas captaciones, D. Felipe García Serrano solicitó, con fecha 10/7/1928, al Excmo. Gobierno Civil de Zaragoza que se "fijasen los perímetros de apropiación y protección de sus manantiales de Paracuellos" con arreglo al Estatuto de aguas minero-medicinales de 25/4/1928, publicado en la Gaceta de Madrid de 26/4/1928. Tras el informe realizado por el ingeniero geólogo D.

Agustín de Larragán (técnico designado por parte del IGME) y por el ingeniero de minas D. José Elvira (del Distrito Minero de Zaragoza), se demarcó un perímetro de protección de 910 000 m<sup>2</sup> de superficie, que fue aprobado por un Edicto del DM de Zaragoza de 20/11/1929.

Parece que los establecimientos de Paracuellos experimentaron un periodo de esplendor que fue interrumpido por la Guerra Civil, durante la cual el edificio de Baños Nuevos, que era utilizado como hospital de guerra, sufrió un incendio que acabó con el mobiliario y las instalaciones, que no pudieron ser reconstruidas porque el propietario había anulado el seguro contra incendios cuando el edificio fue requisado por el ejército "nacional" que, posteriormente, no se hizo cargo de los daños.

En 1937, toda la infraestructura balnearia pasó a los Baños Viejos y, con la propiedad de D. Felipe García Serrano, el balneario continuó en funcionamiento más o menos satisfactorio hasta 1959, aunque con problemas con el pueblo, cuyo alumbrado eléctrico dependía del grupo eléctrico del balneario, que durante el verano absorbía toda la energía producida y dejaba a oscuras frecuentemente al pueblo.

A raíz del fallecimiento del Sr. García Serrano, el establecimiento pasó a 6 herederos. En parte por la disminución de la actividad balnearia general y, de otro lado, por la escasa iniciativa de los propietarios, junto con graves problemas, como el cierre del establecimiento por contaminación de sus aguas durante una posible epidemia de cólera en 1972, la instalación languideció hasta 1979 en que fue adquirido por los actuales propietarios Dña. Presentación y D. Joaquín Soria Navarro, que durante los últimos años han ido efectuando obras de mejora de las instalaciones de los Baños Viejos. Para los tratamientos se utiliza exclusivamente el agua del manantial de los Baños Nuevos.

El edificio de los Baños Nuevos se encuentra en estado semirruinoso (se utiliza una parte como almacén de frutas) por falta de recursos económicos para acometer las importantes obras que requeriría para su puesta en marcha de nuevo.

### 10.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

El fondo de publicaciones relacionadas con las aguas minerales recopilado en el marco del EAMA incluye 72 documentos en los que se citan los aprovechamientos Paracuellos de Jiloca, aunque sólo 7 se refieren específicamente a ellos; la relación de todos los documentos, junto con una sinopsis de su contenido se adjunta en la ficha de inventario del "Manantial de los Baños Nuevos" (2517/3/0002).

En dicha base documental hay varias publicaciones que recogen datos parciales de caudal y temperatura de surgencia en las dos captaciones, aunque muchas de ellas repiten los valores reflejados en trabajos anteriores. Resulta muy difícil valorar la fiabilidad de los diferentes datos, como consecuencia de las variaciones de caudal y temperatura que reflejan, parte de las cuales, sobre todo las de caudal, son debidas seguramente a las obras de captación que se efectuaron en el periodo de rivalidad entre los dos establecimientos y tal vez a datos falseados, antes de unificarse la propiedad de los mismos. Prescindiendo de los valores de temperatura, que oscilan entre 12 y 18 °C, poco importantes dado que no se trata de surgencias termales, se dispone de valoraciones originales de caudales contenidas en las 7 publicaciones siguientes:

- [1] "Anuario de la hidrología médica española". Marcial Taboada. Impr. de los Sres. Rojas; Madrid, 1870 (376 págs.).
- [2] "Anuario oficial de las aguas minerales de España, Tomo I". M. Ruiz Salazar y otros. Imprenta, Esterotipia y Galvanoplastia de Aribau y Cía; Madrid, 1877 (740 págs).
- [3] "Aguas y baños sulfuro-salinos de Paracuellos de Jiloca. Primitivo y único manantial en la roca. Gran establecimiento de los Baños Viejos". Anónimo. Imp. y Lib. de Moya y Plaza; Madrid, 1880 (16 págs).
- [4] "Anuario oficial de las aguas minerales de España, Tomo II". Manuel Taboada y Leopoldo Martínez Reguera. Establecimiento tipográfico de Fortanet ; Madrid, 1887 (542 págs. ).
- [5] "Anuario oficial estadístico de las aguas minerales de España,

Tomo V". Marcial Taboada de la Riva y otros. M. Minuesa de los Ríos, Imprenta; Madrid, 1889 (583 págs.).

- [6] "Establecimiento nuevo de Cortadellas. Aguas cloruradasódicas sulfurosas salinas de Paracuellos de Giloca". Anónimo. Tipografía de Manuel Ginés Hernández; Madrid, 1890 (542 págs. ).
- [7] Informe incluido en el Expediente para fijar las zonas de protección del Balneario de Paracuellos de Jiloca. Distrito Minero de Zaragoza ; Zaragoza, 1929.

También se han tenido en cuenta los estudios e informes de carácter hidrogeológico y geotérmico realizados por el **ITGE** y la **CHE**, y los trabajos específicos referidos a las *aguas minerales* de Aragón. Todos ellos están reflejados en las Referencias Bibliográficas Básicas que acompañan al listado de puntos inventariados en la provincia de Zaragoza que figura al inicio del Tomo II.3. Además, como es lógico, se ha considerado la información recogida en los reconocimientos llevados a cabo en el **EAMA**.

Además de la documentación referida, se ha contado con la información recogida en los Archivos Nacionales de Puntos de Agua y de Puntos de Aguas Minero-Medicinales y de Bebida Envasadas, que mantiene el **ITGE**, y con los expedientes administrativos existentes en las Sección de Minas de Zaragoza de la Diputación General de Aragón, fundamentalmente el informe referido en [7].

#### **10.4. HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA DE FLUJO SUBTERRÁNEO DE PARACUELLOS DE JILOCA.**

El Balneario de Paracuellos de Jiloca está situado en un territorio en el que dominan los depósitos tabulares de la cuenca miocena de Calatayud, compuestos por yesos y arcillas grises, con intercalaciones de conglomerados y brechas silíceas distribuidas irregularmente en la serie (tanto en vertical como con cambios laterales de facies) que afloran extensamente al E y NE de Paracuellos. Sobre la serie yesífera reposan formaciones calcáreas (calizas y margas con arcillas lignitíferas) y de fangos y conglomerados silíceos, de extensión importante al este de Paracuellos.

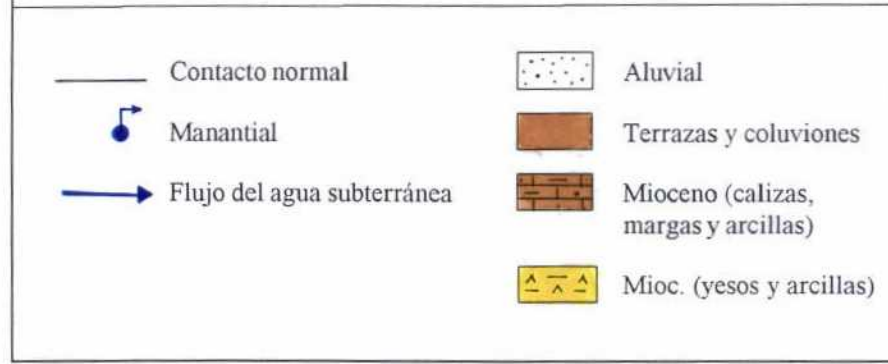
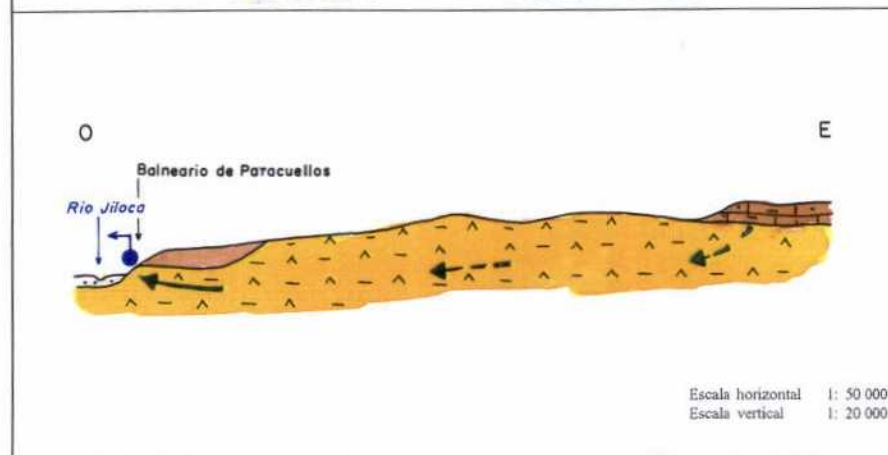
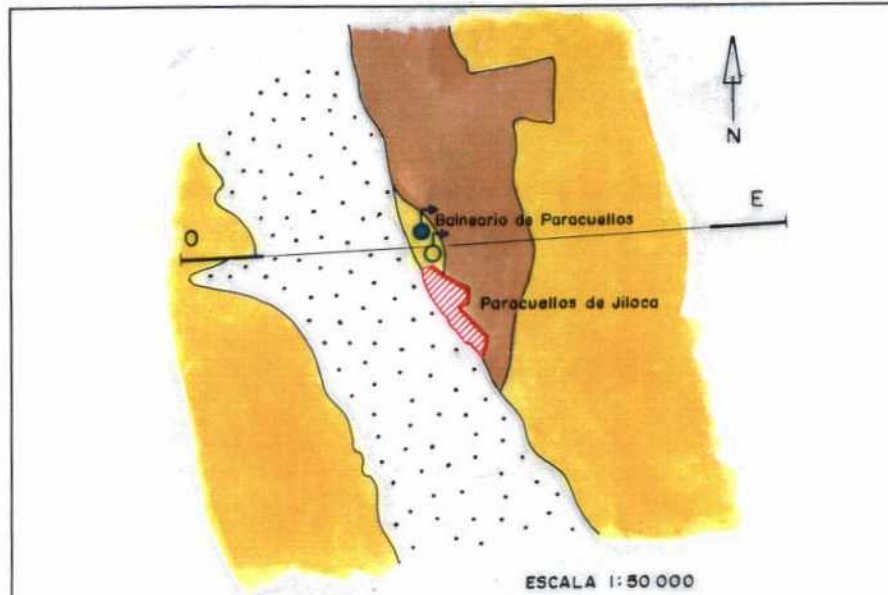
Es decir, no existe ninguna formación acuífera, en el sentido clásico del término, que justifique las descargas subterráneas que han dado lugar al aprovechamiento hidromineral del Balneario de Paracuellos.

Sin embargo, las características físico-químicas del agua de los manantiales del balneario de Paracuellos de Jiloca indican que dichas surgencias forman parte de la descarga de una circulación subterránea que tiene lugar a través de los materiales arcilloso-yesíferos del Mioceno, que presentan un elevado grado de carstificación, bien visible en superficie, en virtud de la cual pueden constituir el medio "acuífero" que alberga una circulación subterránea salina cuyo flujo tiene lugar a través de conductos preferentes en el sistema cárstico desarrollado en los yesos.

En la fig. IV.3.34 se incluye un esquema y corte hidrogeológico interpretativo de las surgencias subterráneas de Paracuellos de Jiloca.

##### **10.4.1. Esquema de circulación subterránea**

La extensión y límites del "acuífero" que da lugar a las descargas de Paracuellos son difíciles de establecer ya que se trata de circulaciones preferenciales a través de zonas carstificadas que seguramente estarán asociadas a las direcciones predominantes ONO-ESE a NO-SE y ENE-OSO a NNE-SSO. Se pueden estimar unas dimensiones máximas de flujo de unos 15 km hacia el este y 20 km hacia el sureste de Paracuellos, fijadas por la presencia de afloramientos



**FIG. IV.3.34**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA10: PARACUELLOS DE JILOCA  
ESQUEMA Y CORTE HIDROGEOLOGÍCO DE DETALLE**

tos paleozoicos del umbral de Ateca.

La recarga del "sistema acuífero" debe producirse por infiltración de lluvia útil sobre el Mioceno yesífero y, probablemente, de forma diferida a través de las formaciones calizo-margosas que existen entre Paracuellos de Jiloca, Villalba de Perejil y Ruesca. A pesar de la carstificación que presentan las formaciones evaporíticas, la permeabilidad media del acuífero debe ser baja, de manera que condiciona una circulación lenta, con un tiempo de residencia relativamente elevado en el acuífero, que posibilita el necesario tiempo de contacto con las rocas evaporíticas para que el agua adquiera la fuerte mineralización que presenta en la surgencia.

La descarga general del sistema se produce hacia el cauce del río Jiloca, sector topográficamente más deprimido de toda la zona, en el contacto con el relleno aluvial del río, a algunos metros por encima del nivel del mismo. Se desconoce el carácter más o menos extensivo que puede tener la descarga, aunque por el carácter cárstico del "acuífero yesífero" es presumible que se produzca de forma más bien concentrada en la zona donde están localizadas las manifestaciones conocidas. El régimen de descarga debe de ser poco variable dado el hidrodinamismo de las formaciones atravesadas: circulación subterránea a cierta profundidad y relativamente lenta a través de un acuífero de baja permeabilidad media.

Tal como se indica en el apartado 10.6., en el que se describen las características químicas del agua, podría ocurrir que la circulación general tenga un cierto carácter termal, lo que equivaldría a suponer una mayor penetración del flujo en el subsuelo, aunque dada la disposición subhorizontal de las formaciones miocenas es poco probable una penetración por debajo del nivel de descarga de Paracuellos (cota aproximada de unos 550 m s.n.m.). Teniendo en cuenta que las máximas cotas de la probable área de recarga al E y SE de Paracuellos son del orden de 870 m s.n.m., la profundidad máxima de circulación es del orden de 300 m, lo que implicaría una elevación de la temperatura del agua de unos 10 °C con respecto a la que tendría en la zona de infiltración. En todo caso, el supuesto de un moderado

termalismo no modificaría los demás aspectos del esquema hidrodinámico descrito. Por otra parte, la velocidad de flujo sería lo suficientemente lenta para permitir que el agua se enfriase a medida que se acerca a la zona de descarga, hasta presentar una temperatura de surgencia similar a la media medioambiental.

Dado el carácter cárstico de las formaciones yesíferas, cabe la posibilidad que a la componente de flujo principal se añada una fracción minoritaria y variable, según el régimen de precipitaciones en el entorno de la zona de surgencia, de agua fría y muy corto tiempo de permanencia en el subsuelo.

#### **10.4.2. Tiempo de residencia en el subsuelo**

La datación isotópica realizada en el marco del EAMA, a partir de la determinación del contenido en tritio del agua en el "Manantial de los Baños Nuevos", que resultó ser de  $7,7 \pm 1,3$  UT, permite una doble interpretación sobre el tiempo de permanencia en el subsuelo del agua que brota en Paracuellos, ya que no se dispone de ningún valor anterior que permita apoyar el análisis.

Por un lado, el agua puede tener una antigüedad comprendida entre 10 y 20 años, es decir un tiempo de residencia del orden de un periodo de semidesintegración de dicho isótopo radiactivo del agua (12,26 años).

Una segunda posibilidad consiste en suponer que se trata mayoritariamente de un agua infiltrada antes de que en 1952 comenzasen las pruebas termonucleares en la atmósfera, que tendría prácticamente ausencia de tritio, mezclada con agua de infiltración más o menos reciente, cuyo contenido en tritio es, como máximo, de una decena de UT. Este segundo supuesto supondría un tiempo de residencia subterránea del agua de Paracuellos de, como mínimo, 40 años.

## 10.5. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS SURGENCIAS Y CAPTACIONES DE AGUA MINERAL DE PARACUELLOS DE JILOCA.

Como ya se ha indicado, son dos los manantiales existentes en el establecimiento balneario de Paracuellos de Jiloca. Ambos poseen clasificación oficial como agua minero-medicinal, pero en la actualidad sólo se aprovecha el llamado "Manantial de los Baños Nuevos", ya que el "Manantial de los Baños Viejos" es una galería situada bajo el edificio balneario y presenta un altísimo riesgo de contaminación. Seguidamente se describen las dos captaciones, cuya situación se ha representado en la fig. IV.3.31.

### - **Manantial "de los Baños Nuevos" (2517/3/0002)**

El agua del "Manantial de lo Baños Nuevos" surge en una oquedad en materiales yesíferos, en el sótano de una casa situada a unos 100 m del edificio de los Baños Viejos, que es el utilizado actualmente como balneario. El agua se acumula en una zona empozada, en la que se forman gran cantidad de geles de azufre, donde existe una bomba para enviar el agua a un depósito del balneario para su aplicación en tratamientos. De la charca sale una galería que conduce el excedente de agua hacia el sótano del edificio de los "Baños Nuevos" situada al otro lado de la carretera N-234, con respecto al punto de surgencia. A unos 2 m del inicio de la galería se ha construido un resalte del fondo que permite rebosar el agua surgente hacia su evacuación al río Jiloca, desde el sótano del edificio de "Baños Nuevos", pero impide el retorno de la retenida en la galería (de escasa pendiente) cuando se bombea el agua para tratamientos en el periodo de funcionamiento del balneario.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 25-17 (437) "Ateca" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X	=	613,750	
Y	=	4 575,150	
Z	=	570	m s.n.m.

Los valores del caudal descargado reflejados en los documentos históricos referidos al final del apartado 10.3., y el año de su publicación, son:

[2]	Q =	3,33	l/s	1877
[4]	Q =	0,71	"	1887
[5]	Q =	3	"	1889
[6]	Q =	4,466	"	1890
[7]	Q =	4,95	"	1929

Los días 5/6/1992 y 14/3/1993, fechas en las que se llevaron a cabo dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del **EAMA**, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de caudal y temperatura:

$$Q = 2,0 \quad \text{l/s} \quad t = 16,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = 1,84 \quad \text{l/s} \quad t = 15,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Las diferencias que se observan en los caudales aforados pueden tener dos justificaciones. Por un lado, pueden ser debidas, al menos en parte, a variaciones estacionales de la descarga, a diferentes grados de mezcla del flujo salino con agua de infiltración más o menos local, a diferentes estados de la captación a lo largo del tiempo, o a medidas en distintos puntos de la captación: cuando se realizaron los dos aforos del **EAMA**, se observó que desde la excavación donde brota el agua del manantial no circulaba agua hacia la galería que comunica dicho punto con el sótano del edificio de Baños Nuevos desde donde se deriva el agua hacia el Jalón; ello significa que dicha galería capta un caudal evaluado en el **EAMA** en unos 2 l/s, independiente del que surge en el manantial, cuyo valor no pudo ser medido, pero que podría corresponder al pequeño caudal reflejado en la referencia [4], ya que por observación visual no parece que la excavación proporcione un caudal superior al litro por segundo.

La captación se encontraba en un estado totalmente insatisfactorio durante el reconocimiento realizado en junio de 1992, con el agua al

nivel del suelo constituido por tierra pisada, sin ningún tipo de aislamiento, y dentro de un edificio en el que acumulaba abundante basura. Esta situación fue corregida posteriormente de acuerdo con las modificaciones que se indicaron a los propietarios del establecimiento: elevación del suelo respecto al nivel de agua en la zona de surgencia, con objeto de colocar una cubierta de vidrio para evitar caída de elementos indeseables en el agua, y construcción de un resalte en la galería de desagüe para evitar el retroceso durante el bombeo del agua retenida en la misma, de modo que el acondicionamiento actual protege adecuadamente la zona de surgencia del agua.

- **"Manantial de los Baños Viejos" (2517/3/0001)**

Es una galería sin revestir, de unos 9 m de longitud y sección de 1,40 m de ancho por 2,20 m de altura, situada a la altura del sótano del edificio de los Baños Viejos, a unos 8 m bajo el suelo. La galería termina en una sala de dicho sótano a la que se accede desde la planta baja del edificio balneario por una escalera de 3 cuerpos y 32 escalones, donde está cerrada por un muro y acondicionada como una fuente que mana por 3 caños, que era utilizada para bebida. El excedente de la surgencia se deriva por una conducción que recoge también el agua de los caños, pasa bajo el suelo de la sala y desemboca en el río Jalón. Por su situación, bajo las instalaciones del edificio, la captación es extremadamente vulnerable a la contaminación por filtraciones desde las tuberías de desagüe y de hecho no se utiliza en la actualidad.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 25-17 (437) "Ateca" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X	=	613,775	
Y	=	4 575,050	
Z	=	570	m s.n.m.

Los valores del caudal descargado reflejados en los documentos históricos referidos al final del apartado 10.3., y el año de su publicación, son:

[1]	Q =	0,95	l/s	1870
[3]	Q =	2,3	"	1880
[4]	Q =	0,05	"	1887
[5]	Q =	0,758	"	1889
[6]	Q =	0,758	"	1887
[7]	Q =	2,43	"	1929

Los días 5/6/1992 y 14/3/1993, fechas en las que se llevaron a cabo dos de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del **EAMA**, se midieron, respectivamente, los siguientes valores de caudal y temperatura:

$$Q = 0,63 \text{ l/s} \quad t = 16,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t = 15,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Las diferencias que se observan en los caudales aforados pueden tener dos justificaciones. Por un lado, pueden ser debidas, al menos en parte, a variaciones estacionales de la descarga, a diferentes grados de mezcla del flujo salino con agua de infiltración más o menos local, a diferentes estados de la captación a lo largo del tiempo, o también a aforos parciales. En efecto, el aforo realizado en el marco del **EAMA** corresponde sólo al agua que salía por los tres chorros de la fuente, sin tener en cuenta la fracción que deriva directamente por el desagüe, que no puede ser aforada. La medida realizada puede ser equivalente a las incluidas en las referencias [5] y [6]. La medida de las referencias [3] y [7] pueden corresponder al aforo del caudal total, mientras que el caudal de la referencia [1] corresponde a un primer estado de la surgencia en el que aún no se habría perforado la galería. La medida de la referencia [4] no es justificable.

El acondicionamiento del manantial de "los Baños Viejos" es muy defectuoso, ya que se trata de una galería sin recubrimiento situada bajo el edificio. En caso de volver a utilizar su agua sería necesario captar el agua justo en los puntos de surgencia mediante tuberías aisladas por cierres estancos de hormigón y elevarla hacia depósitos situados en la parte alta del balneario.

## 10.6. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE PARACUELLOS DE JILOCA

La descripción que se incluye a continuación se apoya en los resultados de las determinaciones fisicoquímicas "in situ" y los análisis efectuados por el ITGE sobre las muestras tomadas en el marco del EAMA en las dos captaciones del Balneario de Paracuellos de Jiloca

<u>Captación o surgencia</u>	<u>Fecha del muestreo</u>
Manantial de los Baños Nuevos	14/3/1993
Manantial de los Baños Viejos	id.

### a. Parámetros fisicoquímicos

El agua de la descarga subterránea de Paracuellos de Jiloca surge con una temperatura de 15,7-15,8 °C, con olor a sulfhídrico y, en el manantial de los Baños Nuevos, dejando depósitos blancos de azufre reducido.

Las dos aguas emergen en condiciones francamente reductoras (Eh negativo, comprendido entre - 310,0 y -320,0 mV), pH ligeramente básicos (entre 7,125 y 7,247) y contenidos muy bajos de oxígeno disuelto (entre 4,08 y 7,63 mg/l), concordantes con su carácter reductor, aunque cabe una cierta reoxigenación en la zona de descarga.

### b. Mineralización e iones mayoritarios

Las conductividades eléctricas, con valores muy altos y homogéneos, comprendidos entre 19 400 y 20 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en campo, 17 080 y 17 760  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en laboratorio, y el residuo seco a 110 °C, comprendido entre 13 627 y 14 267 mg/l, reflejan que el agua de Paracuellos tiene una mineralización muy fuerte.

Entre los cationes, predomina absolutamente el sodio (más de 3 000 ppm) y son notables las concentraciones de calcio (entre 560 y 664 ppm) y magnesio (entre 452 y 540 ppm), por supuesto muy por encima de los límites de concentraciones máximas admitidas por la Reglamentación Técnico-Sanitaria (RTS) de 1990. El potasio está presente en contenido apreciable, entre 15 y 17 ppm y se han

determinado pequeñas cantidades de litio (entre 0,38 y 0,42 ppm).

Los aniones mayoritarios son los cloruros (entre 4 800 y 5 000 ppm) y los sulfatos (3700 a 4600 ppm), también muy por encima de la concentración máxima admitida por la RTS. Queda muy por debajo la concentración de las especies del ácido carbónico (142 a 154 ppm de bicarbonatos) y es reseñable la ausencia de nitratos, que pueden estar reducidos a amoníaco, presente en concentraciones superiores a 1 ppm.

Por el contrario, el agua del "Manantial de los Baños Nuevos" presenta trazas de nitritos que podrían indicar la existencia de contaminación orgánica, perfectamente posible dado el mal estado en que se encontraba el acondicionamiento de la surgencia cuando se efectuó el muestreo.

En la fig. IV.3.35 se han representado de forma gráfica las facies de las dos aguas muestreadas, mediante un clásico diagrama de Piper en el que se observa que presentan una facies clorurada sódica, propia de una circulación en materiales evaporíticos y ricos en sílice (características que presentan los materiales miocenos que albergan el flujo subterráneo); esta última circunstancia puesta de manifiesto en los altos contenidos en sílice, entre 52,0 y 53,6 ppm.

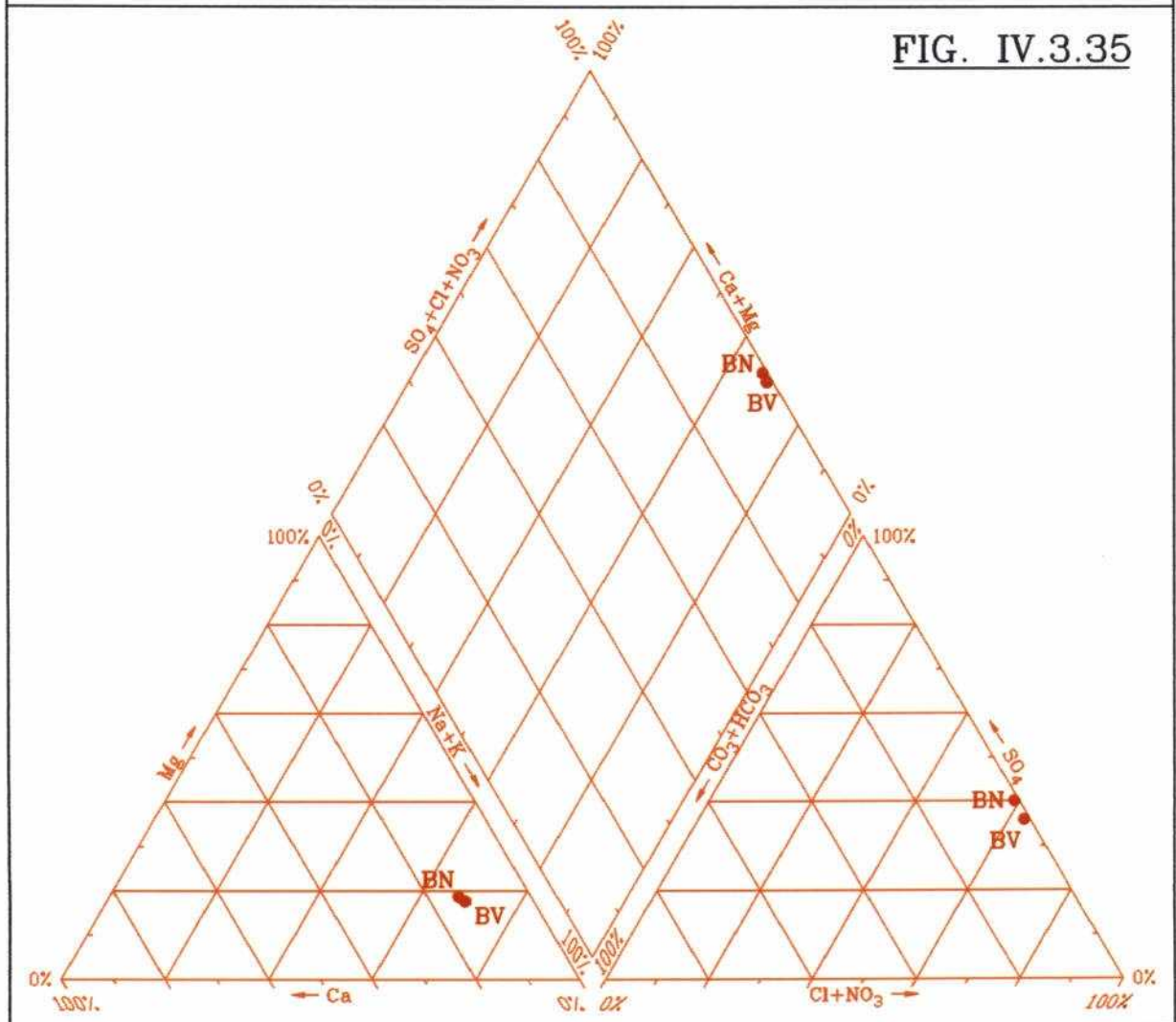
De acuerdo con las denominaciones admitidas por la RTS, el agua del Balneario de Paracuellos podría clasificarse como sulfatada, clorurada, cálcica, magnésica, sódica, fluorada.

#### **c. Otros componentes**

El agua subterránea de Paracuellos tiene concentraciones notables en especies metálicas pesadas, destacando los contenidos en plomo que, probablemente, se encuentra en forma de partículas de sulfuro de plomo (galena), a pesar de los valores de pH y Eh de las dos surgencias. Las dos muestras contienen hierro (100 a 150 µg/l), manganeso (60 a 70 µg/l), plomo (410 a 430 µg/l) y cromo (40 a 50 µg/l). El contenido en hierro está por encima del nivel guía señalado en la RTS vigente para las aguas de consumo público y para las *aguas minerales envasables* (50 µg/l), mientras que el cromo está práctica-

ESTUDIO DE LAS AGUAS MINERALES DE ARAGÓN  
 ESTUDIO DE DETALLE ZA10: PARACUELLOS DE JILOCA  
 DESCARGA SUBTERRÁNEA DE PARACUELLOS DE JILOCA  
 FACIES HIDROQUÍMICAS: DIAGRAMA DE PIPER

BN: "MANANTIAL DE LOS BAÑOS NUEVOS" (2517/3/0002)  
 BV: "MANANTIAL DE LOS BAÑOS VIEJOS" (2517/3/0001)



mente en la concentración máxima admitida (**50 µg/l**). El Mn y el Pb superan el máximo tolerable fijado por la RTS (**50 µg/l**, en los dos casos).

En los dos puntos se ha determinado boro, aunque en concentraciones muy inferiores al nivel guía que la normativa vigente, que está fijado en **1 000 µg/l**. Los contenidos encontrados en las muestras tomadas el 15/5/1993 son siempre de 30 µg/l.

La radiactividad  $\alpha$  ( $0,917 \pm 0,815$  y  $< 0,975$ ) y  $\beta$  ( $1,015 \pm 0,472$  y  $1,129 \pm 0,497$ ) de las aguas muestreadas está por encima de los niveles guía respectivos (**0,1 y 1 Bq/l**) indicado en la reglamentación vigente.

Los gases disueltos muestreados en el manantial de los Baños Nuevos presentan indicios de sulfhídrico y metano, con empobrecimiento relativo de oxígeno frente a nitrógeno, en consonancia con el carácter reductor de las aguas y la presencia de azufre reducido en la zona de surgencia. El enriquecimiento relativo en anhídrido carbónico puede provenir de la oxidación de materia orgánica asociable a los yesos miocenos de la cuenca de Calatayud.

La presencia de boro, flúor y litio, junto con los contenidos importantes de metales pesados y sílice, hace pensar en la posibilidad de que la circulación subterránea pueda tener carácter termal y se enfríe antes de llegar a la zona de surgencia. Sin embargo, no existe la suficiente certeza al respecto, ya que todas las especies citadas están presentes ya en superficie en las formaciones miocenas que albergan el flujo y pueden incorporarse al agua a lo largo de un tiempo relativamente prolongado de contacto agua-roca, con la lixiviación favorecida posiblemente por un cierto incremento de temperatura asociado al carácter exotérmico de la hidratación de las anhidritas.

## 10.7. VULNERABILIDAD CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DEL FLUJO SUBTERRÁNEO DE PARACUELLOS DE JILOCA

En principio, el posible proceso de mezcla entre aguas subterráneas de quimismo y tiempo de residencia distintos, que de forma natural, incluso acentuada por las excavaciones que se realizaron en el siglo pasado para incrementar el caudal captado en los dos manatales originales, y, tal vez, desde siempre viene afectando a la descarga de las surgencias tradicionales de Paracuellos de Jiloca, no tendría por qué plantear problemas de cara al cumplimiento de la normativa vigente sobre mantenimiento de las características de las *aguas minerales*, y en lo relativo a su protección **cualitativa**.

Por otra parte, la configuración de la descarga, que parece estar concentrada en la zona de manifestaciones conocidas, y su posición elevada respecto al río Jalón y al nivel de la superficie libre del pequeño y poco potente tramo acuífero libre albergado en su aluvial<sup>26</sup>, hacen que eventuales acciones de captación o contaminación sobre éste no lleguen a afectarla en la práctica. Dada la proximidad de los cultivos de la vega del Jiloca, la ausencia de nitratos en el agua de las captaciones puede ser un buen indicador de la invulnerabilidad de la descarga respecto al acuífero aluvial; a pesar del carácter fuertemente reductor del agua surgente, parece poco probable que los nitratos provenientes de una eventual mezcla con agua contaminada del aluvial sean eliminados por reducción con la suficiente rapidez como para que no aparezcan en el agua analizada.

La vulnerabilidad a la contaminación del "acuífero yesífero" aguas arriba de la descarga puede definirse como muy alta en los sectores carstificados y muy baja en el resto de la superficie aflorante. A pesar de ello, el riesgo de contaminación real no es muy elevado porque las condiciones reductoras del flujo ejercen un elevado poder autodepurativo del agua circulante, salvo que se tratase de la incorporación de elementos procedentes de vertidos o inyecciones de residuos industriales peligrosos, de los cuales no hay focos en la actualidad, pero sobre los que

26 El acuífero aluvial es muy vulnerable a la contaminación (relativamente alta permeabilidad, proximidad de la superficie libre al suelo e inexistencia de recubrimiento superficial impermeable) y tiene potenciales fuentes de contaminación implantadas sobre él (parte de las edificaciones, sus desagües, el alcantarillado, alguna que otra acumulación de escombros, etc., de Paracuellos de Jiloca).

se debería estar alerta en el futuro, porque, dado que la circulación subterránea está asociada a "caminos" preferenciales, aunque la incorporación de contaminante al acuífero se hiciera a distancias grandes de la zona de descarga, podría ocurrir que el sector formase parte de la vertiente hidrogeológica de las surgencias de Paracuellos.

En lo referente a posibles afecciones cuantitativas, el carácter concentrado de la descarga, y las características topográficas, estructurales e hidrodinámicas del "acuífero yesífero" condicionan una probabilidad relativamente baja para que una captación vertical, pozo o sondeo, intercepte la circulación subterránea que da lugar al aprovechamiento hidromineral de Paracuellos de Jiloca, salvo que las perforaciones se efectuasen en el entorno inmediato de la surgencia. Sin embargo, la posibilidad recíproca también es válida: es posible que un sondeo perforado sobre las formaciones miocenas a distancias relativamente alejadas de Paracuellos intercepte la circulación subterránea salina y, por el carácter preferencial que tiene el flujo, afecte de manera sensible y rápidamente a la cuantía de la descarga de las captaciones del balneario. No puede descartarse tampoco que los conductos preferentes de circulación continúen desde la zona de descarga hacia el oeste bajo el relleno aluvial del Jiloca; evidentemente, el bombeo en un sondeo que los captase aguas abajo del aprovechamiento provocaría una rápida afección cuantitativa a las captaciones del balneario.

En todo caso, el riesgo real de afección cuantitativa es mínimo, ya que un agua tan salada como la que circula por los yesos no tiene prácticamente otra aplicación que la balnearia. El peligro que podría plantear un eventual sondeo perforado al este del río Jiloca, en busca de agua dulce en alguna posible formación acuífera subyacente, es que intercepte el aparato cárstico que da lugar a las descargas de Paracuellos y otro independiente del anterior que tuviera el área de descarga situada a menor cota topográfica. El eventual abandono del sondeo, por no alcanzar los objetivos previstos (de captar agua dulce, por ejemplo), sin ningún tipo de acondicionamiento o aislamiento de los tramos cársticos captados puede ponerlos en contacto hidrodinámico y provocar el "desvío" de una parte del flujo que descarga en Paracuellos hacia el nivel inferior.

### 10.8. PERÍMETRO DE PROTECCIÓN DEL APROVECHAMIENTO HIDROMINERAL DE PARACUELLOS DE JILOCA

En el año 1929, por petición expresa del entonces propietario del establecimiento, se delimitaron dos zonas de protección para las captaciones del Balneario de Paracuellos de Jiloca al amparo de lo que establecía el "Estatuto sobre la explotación de aguas minero-medicinales", aprobado por Real Decreto-Ley de 25/4/1928 (publicado en la Gaceta de Madrid nº 117 de 26/4/1928): una compuesta por dos cuadrados iguales de 300 m de lado (9 ha de superficie total), centrados en el manantial respectivo, que delimitaba la "zona de expropiación" respectiva prevista en el estatuto, y otra, de 910 000 ha, como perímetro de protección propiamente dicho.

Las coordenadas de los 29 vértices de la poligonal compleja que delimita el perímetro de protección de 1929, obtenidas gráficamente a partir de la situación de los manantiales en la hoja 25-17 (437) "Ateca" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, con las siguientes:

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	613,925	4 575,200	16	614,025	4 574,300
2	613,925	4 575,500	17	614,125	4 574,300
3	613,825	4 575,500	18	614,125	4 574,100
4	613,825	4 575,700	19	614,425	4 574,100
5	613,325	4 575,700	20	614,425	4 574,200
6	613,325	4 575,500	21	614,625	4 574,200
7	613,225	4 575,500	22	614,625	4 574,500
8	613,225	4 575,200	23	614,425	4 574,500
9	613,425	4 575,200	24	614,425	4 574,600
10	613,425	4 574,800	25	614,225	4 574,600
11	613,525	4 574,800	26	614,225	4 574,700
12	613,525	4 574,600	27	614,125	4 574,700
13	613,825	4 575,600	28	614,125	4 574,900
14	613,825	4 574,400	29	613,925	4 574,900
15	614,025	4 574,400			

Este perímetro se limita prácticamente a proteger el entorno inmediato de la captación, a partir del criterio de que el agua captada "parecía proceder del pueblo", pero, de acuerdo con las características hidrogeológicas del sistema acuífero que alberga la circulación subterránea salina

puede afirmarse que el indicado perímetro de protección resulta insuficiente para la preservación cuantitativa y cualitativa del recurso hidrotermal explotado en Paracuellos de Jiloca.

En aplicación del artículo 41.2 del vigente Reglamento para el régimen general de la minería, se considera que las medidas de protección cualitativa y cuantitativa que es necesario aplicar en el aprovechamiento de Paracuellos de Jiloca deben referirse no sólo a las captaciones de agua subterránea declaradas explícitamente como de **agua minero-medicinal**, sino a toda la zona que podría recibir la descarga de la circulación subterránea. Las medidas de protección que con ese enfoque se proponen son las que se describen en los dos próximos apartados.

#### **10.8.1. Protección inmediata**

En la actualidad, la única captación que se utiliza en el aprovechamiento del Balneario de Paracuellos de Jiloca es el "Manantial de los Baños Nuevos" (2517/3/0002). Después de ser atendidas las recomendaciones indicadas a los propietarios del establecimiento durante los reconocimientos del **EAMA**, puede considerarse que la captación está dotada de acondicionamiento correcto, aunque es preciso efectuar trabajos complementarios de limpieza y reacondicionamiento de la casa en cuyo sótano está situada la captación, consistentes en:

- **Eliminar** todos los escombros, materiales abandonados, basura y suciedad acumulada durante muchos años en el interior del edificio, y **realizar** una limpieza a fondo de suelo y paredes, y de las escaleras que permiten el acceso a la captación.
- **Construir** una puerta que separe las escaleras del resto del edificio, que deberá ser pintado y mantenido en condiciones sanitarias correctas.

Resulta imposible llevar a la práctica el saneamiento y delimitación de un área de protección inmediata, ya que el edificio que encierra la captación está al lado de la carretera N-234 y al pie de un

farallón formado por los materiales yesíferos del Mioceno. No obstante, deben evitarse instalaciones sanitarias, desagües, depósitos de ningún tipo de líquido (ni siquiera de agua potable), almacenamiento de materiales orgánicos, acumulaciones de basura, residuos de vegetación, transformadores eléctricos, etc., en un sector más o menos semicircular de, al menos, 50 m de radio alrededor de la captación, incluso en la parte alta del farallón rocoso inmediata a la zona de descarga subterránea.

Igualmente, debe vigilarse estrechamente la conservación del resalte construido en la galería de desagüe de la captación, con el fin de evitar la posibilidad de retroceso del agua acumulada en aquella cuando se bombea el agua para tratamientos balnearios: la galería cruza transversalmente la carretera hacia el edificio de los Baños Nuevos, de tal manera que existe un riesgo cierto de contaminación por filtraciones desde la cuneta de drenaje de la carretera y desde las tuberías de la red de saneamiento del pueblo que pasan por una zanja bajo la acera que bordea la carretera, a pocos metros de la zona de captación.

#### **10.8.2. Protección global contra la contaminación y contra afecciones en cantidad**

Teniendo en cuenta las características hidrogeológicas y el funcionamiento hidrodinámico del sistema de circulación subterránea que se descarga en las surgencias Paracuellos de Jiloca, se considera necesario que el **área de protección contra la contaminación** de los aprovechamientos hidrominerales en su globalidad abarque una extensión distinta con su **área de protección cuantitativa** o contra afecciones en cantidad.

El establecimiento de un área de protección cualitativa de un sistema de flujo subterráneo tal como el que se descarga en Paracuellos, frente a los riesgos de afección en calidad debe basarse en los criterios de delimitación siguientes:

- impedir suficientemente la incorporación de contaminantes químicos o microbiológicos al agua subterránea que confluye

en las surgencias cuyo aprovechamiento está autorizado, y

asegurar que la incorporación al flujo salino cárstico, de aguas superficiales o subterráneas de características fisicoquímicas diferentes sólo pueda tener lugar por causas naturales, y no como efecto inducido por actuaciones humanas de cualquier tipo.

Por su parte, el establecimiento de un área de protección frente a los riesgos de afección en cantidad debe basarse en el criterio de delimitación siguiente:

evitar que captaciones de agua subterránea (sondeos, galerías, taladros subhorizontales, etc.), obras de ingeniería (embalses, túneles, cimentaciones de grandes obras hidráulicas o de comunicación, etc.), excavaciones, etc., intercepten, desestabilicen o desvíen en perjuicio de los aprovechamientos actuales el flujo que se desea proteger.

Partiendo de las bases expuestas y del principio general según el cual un perímetro de protección de *aguas minerales* debe ser "tan grande como sea necesario y tan pequeño como resulte posible", se considera preciso y suficiente un **área de protección cualitativa**, delimitada por una poligonal cuyos vértices poseen las siguientes coordenadas UTM (en la zona 30T):

Vértice	X	Y
P.P.	613,600	4 575,000
1	613,450	4 576,000
2	615,000	4 577,000
3	616,500	4 578,000
4	618,000	4 577,000
5	620,000	4 575,400
6	621,000	4 573,000
7	620,000	4 571,000
8	619,000	4 570,000
9	617,900	4 569,000
10	617,000	4 570,000
11	614,700	4 573,350
P.P.	613,600	4 575,000

Como **área de protección cuantitativa** se considera necesaria y suficiente la delimitada por la poligonal cuyos vértices poseen las siguientes coordenadas UTM (en la zona 30T):

Vértice	X	Y
P.P.	613,600	4 575,000
1	613,450	4 576,000
2	614,000	4 576,250
3	615,000	4 576,000
4	615,500	4 575,000
5	615,600	4 574,000
6	614,700	4 573,350
P.P.	613,600	4 575,000

**a. Limitaciones que deben ser aplicadas en el área de protección cualitativa**

Como **área de protección cualitativa**, la zona delimitada debiera estar libre de las siguientes actividades e instalaciones: explotaciones agropecuarias, depósitos e instalaciones industriales (salvo los estrictamente ligados a la explotación o aprovechamiento del **agua termal, minero-medicinal y mineral natural** que se desea proteger), vertidos, vertederos e inyecciones de residuos urbanos o industriales (sólidos o líquidos), depósitos y conducciones de combustibles, fosas sépticas y conducciones de aguas residuales, cementerios, etc.

**b. Limitaciones que deben ser aplicadas en el área de protección contra las afecciones en cantidad**

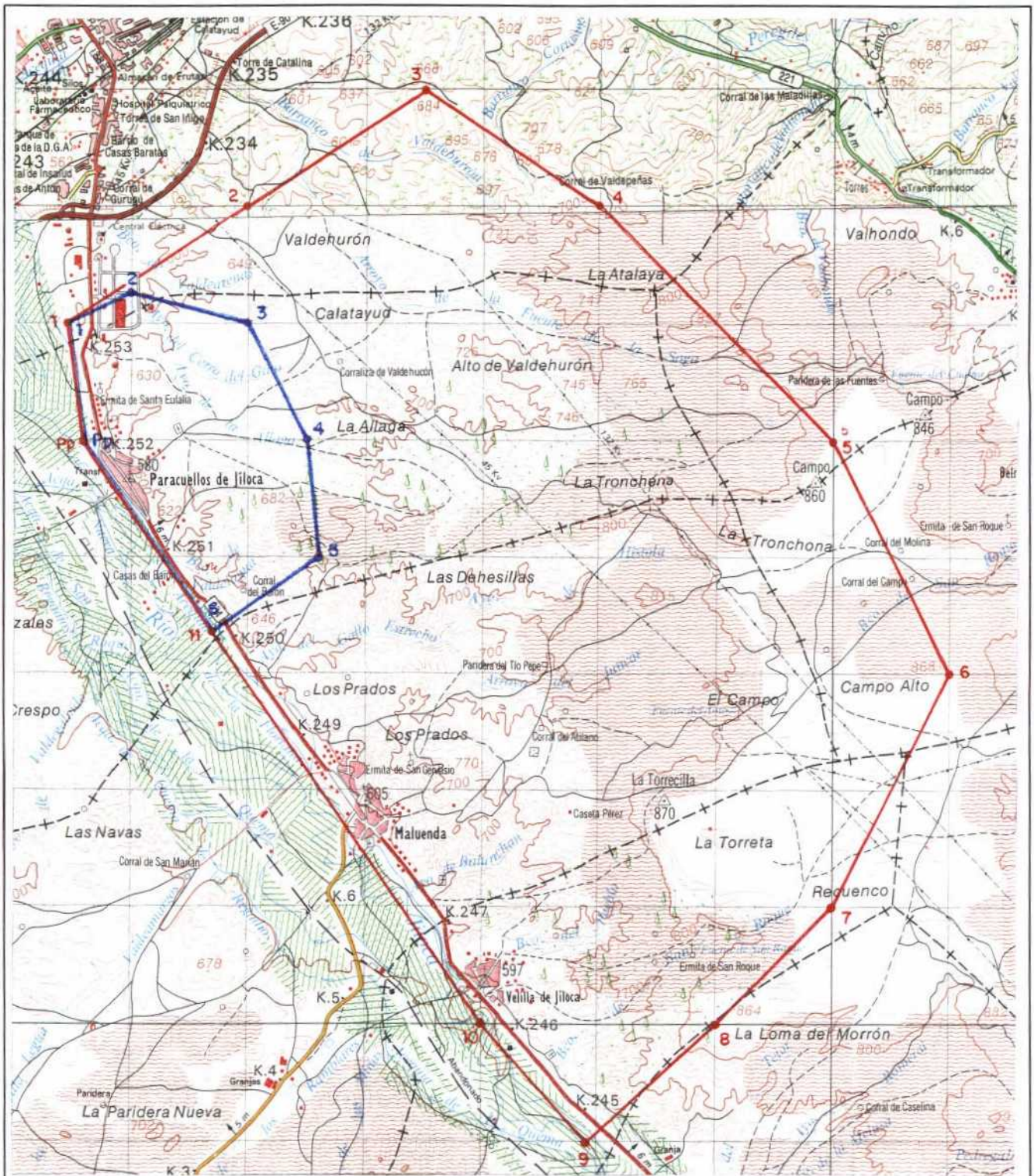
Aunque dado el escaso interés que tiene la captación de un agua salina, inservible tanto para usos agrícolas como de abastecimiento, es difícil que se emprenda alguna captación de la circulación cárstica cuya descarga es aprovechada en el establecimiento de Paracuellos de Jiloca, dentro de la zona delimitada como **área de protección cuantitativa** debiera estar prohibida la realización de nuevas captaciones de agua subterránea :

- pozos excavados o sondeos perforados que por su penetración en el subsuelo puedan atravesar total o parcialmente cualquiera de los tramos "acuíferos yesíferos", y
- galerías de localización y dimensiones cualesquiera.

Además, en el caso de ejecutarse algún sondeo de investigación o que intente captar algún hipotético acuífero inferior, deberá ser acondicionado de manera que se aislen por cementación los posibles niveles de yeso carstificado cortados por la perforación con objeto de evitar que a través de ella se establezca flujo vertical que "desvíe" todo o parte del flujo que descarga en Paracuellos hacia posibles aparatos cársticos con nivel de descarga a inferior cota topográfica.

De acuerdo con lo que prevé el artículo 43.1.c. del vigente Reglamento para el Régimen general del la minería (aprobado por el R.D. 2857/1978, de 25 de agosto), cualquier otro trabajo subterráneo que, no estando contemplado en las limitaciones señaladas anteriormente, se pretenda realizar en el interior del perímetro de protección propuesto debiera ser sometido a la previa autorización de la autoridad minera de la **DGA**.

En la fig. IV.3.36 se han representado las áreas que se estiman convenientes para la protección cualitativa y cuantitativa del aprovechamiento hidromineral de Paracuellos de Jiloca.



Perímetro de protección cuantitativa

Escala 1: 50 000

Perímetro de protección cualitativa

**FIG. IV.3.36**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA10: PARACUELOS DE JILOCA  
 PERÍMETRO DE PROTECCIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA  
 PROPUESTO**

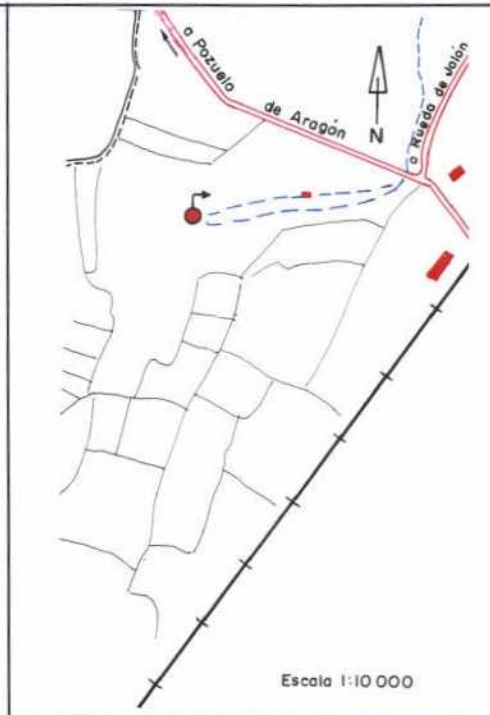
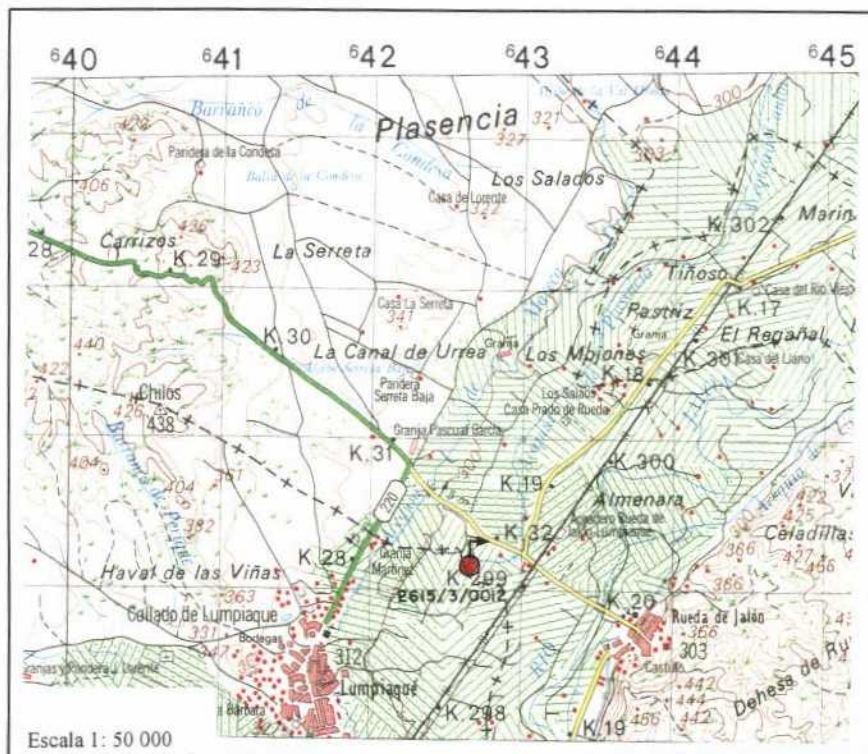
**11. ESTUDIO DE DETALLE ZA11  
RUEDA DE JALÓN**

## 11.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de detalle **ZA11**, denominado **Rueda de Jalón**, incluye únicamente las surgencias denominadas "Ojos de Ponti", que son unos socavones originados en el relleno aluvial del río Jalón por la naturaleza emergente del agua subterránea que brota en sentido vertical ascendente por el muro del aluvial, situados en las proximidades de la localidad de Rueda de Jalón.

El flujo emergente es termal y tiene unas características hidroquímicas que podían haber dado lugar a algún uso como agua "medicinal", siquiera de carácter popular, restringido a los habitantes de la zona, pero no se tiene conocimiento de que haya sido nunca objeto de un tal aprovechamiento. Sus usos principales han sido y son el riego en la vega del Jalón. Por ello, el estudio de detalle tiene el objetivo básicamente hidrogeológico de identificar y caracterizar desde los puntos de vista geológico, hidrogeológico, hidrodinámico, hidrogeoquímico e isotópico el agua termal emergente, estableciendo, en la medida de lo posible, el esquema conceptual de circulación subterránea del sistema acuífero que da lugar a la descarga.

En la fig. IV.3.37 se incluye un mapa y un croquis de situación de las surgencias de los "Ojos de Ponti".



**FIG. IV.3.37**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA11: RUEDA DE JALÓN  
PLANO Y CROQUIS DE SITUACIÓN**

## **11.2. HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA DESCARGA SUBTERRÁNEA HIDROTÉRMAL DE LOS "OJOS DE PONTI"**

Los "Ojos de Ponti" son una parte de la descarga de la unidad Rícla-Tabuena perteneciente al Subsistema Queiles-Jalón del Sistema Acuífero 58 "Mesozoico Ibérico de la Depresión del Ebro", según la división efectuada en el PIAS. Se trata de un sistema acuífero de gran extensión, que ocupa una superficie total aproximada de 10 000 a 12 500 km<sup>2</sup>, repartidos sobre las provincias de Soria, Teruel, Castellón y Zaragoza, a la que corresponden unos 6 000 km<sup>2</sup> en el sector comprendido aproximadamente entre el río Ebro y el límite provincial con Teruel.

Geológicamente, el dominio acuífero está situado en el borde occidental de la Rama aragonesa de la Cordillera Ibérica. En él afloran materiales desde el Paleozoico hasta el Cuaternario, con disposición sensiblemente tabular afectada por grandes fracturas de dirección ibérica (NO-SE), que dan lugar a fuertes desplazamientos verticales, y, secundariamente, por fracturas de dirección ENE-OSO.

Los acuíferos principales son:

- El Jurásico inferior (Lías), compuesto por brechas calcáreas, carnio-las, calizas y dolomías tableadas, calizas margosas y margas, con una potencia de 200 a 500 m.
- El Jurásico medio-superior compuesto por 150 a 225 m de calizas negras (Dogger) y calizas y margas del Malm, cuya potencia regional es del orden de 300 m.

Separando ambos conjuntos acuíferos se encuentran las margas del Toarciense, de potencia superior a los 100 m.

También las formaciones calizo-dolomíticas del Muschelkalk (50 m de espesor) pueden formar parte del conjunto acuífero liásico.

El substrato del sistema lo constituyen las arcillas, lutitas, margas y yesos del Triásico en facies Keuper.

Fosilizando el Mesozoico aparece el Terciario, representado por el relleno mioceno del valle del Ebro, compuesto por conglomerados, areniscas y lutitas, en la zona sur de la unidad, que pasan progresivamente a facies más carbonatadas que se hacen evaporíticas cuanto más se aproximan al centro de la cuenca. Todo el conjunto es de carácter poco permeable y tiene varios cientos de metros de espesor.

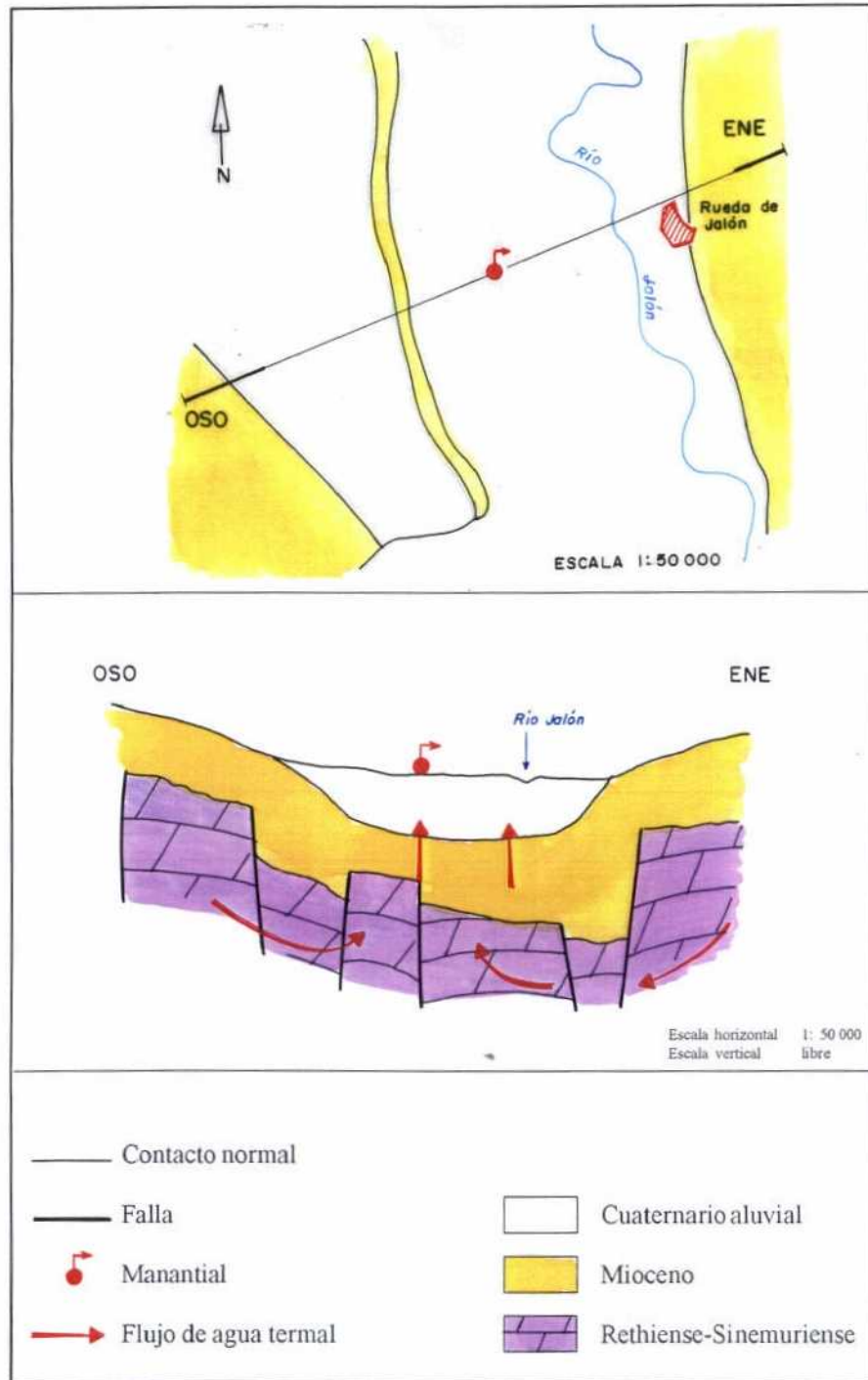
Las formaciones acuíferas, afectadas por una intensa fracturación de directriz ibérica, afloran extensamente en los sectores S y SO de la unidad, entre Ricla y Tabuenca, formando una estructura sinclinal de unos 120 km<sup>2</sup> de superficie que, desde el núcleo anticlinal de Tabuenca-Ricla, se hunde hacia el NE bajo el relleno del valle del Ebro, en una estructura de bloques levantados y hundidos que forman una fosa cubierta por el relleno Mioceno y, más recientemente, por los materiales aluviales del Jalón.

En la fig. IV.3.38 se incluye un esquema y corte hidrogeológico interpretativo de detalle de los alrededores de la zona de descarga termal de los "Ojos de Ponti".

#### **11.2.1. Esquema de circulación subterránea**

La recarga principal del sistema se produce por infiltración en los afloramientos jurásicos comprendidos entre Fuendejalón y Ricla y sus estribaciones, a cotas comprendidas entre 500 y 1 000 m s.n.m. El flujo subterráneo tiene lugar en sentido SO-NE, a profundidad desconocida, pero importante, a través de las formaciones carbonatadas del Jurásico inferior y medio (y tal vez del Muschelkalk), en contacto con los niveles evaporíticos del Trías, a muro, y lutítico-arenosos del Mioceno, a techo.

En la fosa del Jalón, el conjunto mesozoico está hundido y recubierto por materiales terciarios de varios cientos de metros de espesor y baja a muy baja permeabilidad, que confinan la circulación subterránea. En esas condiciones, el flujo penetra a profundidad apreciable y tiene lugar a través de un sistema relativamente extenso, lo que determina un tiempo de residencia del agua muy elevado (decenas de años) y el carácter termal de las emergencias (la temperatura del agua, comprendida entre 22 y 23 °C, se justifica por simple



**FIG. IV.3.38**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA11: RUEDA DE JALÓN**  
**ESQUEMA Y CORTE HIDROGEOLÓGICO DE DETALLE**

aplicación del gradiente geotérmico normal a una circulación subterránea que profundiza unos 300 m en el subsuelo); de la misma forma, el prolongado contacto con los materiales evaporíticos del Triás y los arenosos del Mioceno, explica los relativamente altos contenidos en sales y sílice del agua termal que emerge en los "Ojos de Ponti".

En el sector del cauce del Jalón comprendido entre Calatorao y Lumpiaque, el substrato acuífero mesozoico está elevado con respecto al resto de la estructura que se hunde hacia el valle del Ebro, de modo que se rompe, al menos parcialmente, la continuidad del acuífero, disminuye la sección de paso del agua, y la circulación subterránea, de sentido general SO-NE, cambia el sentido de flujo, que pasa a ser vertical ascendente, descargándose, a través del relleno terciario, hacia el aluvial del río Jalón, donde la cota topográfica está en torno a los 290 m s.n.m., en cuyo seno emerge el agua termal formando grandes socavones, denominados "Ojos".

A la parte principal de la descarga, la correspondiente al flujo hidrotermal profundo, se debe superponer una componente secundaria, fría y de mineralización más ligera, debida al acuífero libre albergado en el relleno aluvial del Jalón.

La descarga de los "Ojos de Ponti", y del resto de la surgencia vertical ascendente hacia el río Jalón, tiene un régimen que, en condiciones naturales, varía según el régimen de la recarga por infiltración de lluvia útil, con oscilaciones amortiguadas por la inercia que en el esquema de circulación subterránea introduce la gran dimensión del acuífero. Además de las oscilaciones naturales, el régimen de descarga debe estar modificado en la actualidad por los bombeos que se efectúan en algunos sondeos que captan el acuífero jurásico.

### **11.2.2. Tiempo de residencia en el subsuelo y temperatura máxima en profundidad**

La datación isotópica realizada en el marco del EAMA, a partir de la determinación del contenido en tritio del agua muestreada el 27/9/1993 en el fondo del "ojo" principal<sup>27</sup>, permite una acotación bastante realista de la edad del agua que, de acuerdo con el esquema

de circulación descrito en los párrafos anteriores, se descarga en el aluvial del Jalón, cerca de Rueda de Jalón. En efecto, el análisis citado dio un contenido de  $1,2 \pm 0,73$  UT, que corresponde a un agua infiltrada antes de que en 1952 comenzasen las pruebas termonucleares en la atmósfera, con prácticamente ausencia de tritio, mezclada en pequeña proporción con agua de infiltración más o menos reciente, cuyo contenido en tritio es, como máximo, de unas pocas decenas de UT. Es decir, la componente profunda termal de la descarga de Rueda de Jalón tiene un tiempo de residencia subterránea de, como mínimo, 40 años.

Los cálculos geotermométricos realizados en el EAMA, y los efectuados en 1982 por el ITGE<sup>28</sup> para la descarga termal de la "Fuente de la Magdalena" (2816/2/0001) de Mediana de Aragón, de facies hidroquímica y temperatura de emergencia similar, permiten estimar, con las reservas que impone la salinidad a la validez de los geotermómetros químicos, en unos 50 °C la temperatura geotermométrica del sistema; dicho valor coincidiría aproximadamente con el correspondiente al equilibrio isotópico de los sulfatos disueltos y el agua si se extrapolan a la descarga de Mediana los resultados obtenidos por el ITGE<sup>29</sup> en 1986 en el estudio de gases e isótopos para la descarga hidrotermal de Alhama de Aragón, que corresponde a una configuración litológica similar (acuíferos carbonatados en contacto con la facies evaporítica del Keuper). Esa temperatura alcanzada por el agua subterránea termal en el subsuelo, significa que las formaciones acuíferas mesozoicas llegarían a estar a unos 1 300 m de profundidad teórica por debajo de la zona de descarga<sup>30</sup>.

- 27 Para evitar en lo posible la aireación y los efectos perturbadores de la vegetación y la fauna existentes en la zona encharcada, el agua se captó en el punto de emergencia (fondo de la charca) mediante un dispositivo de extracción compuesto por una tubería cuyo extremo inferior se situó sumergido a la altura del fondo y cuyo extremo superior se conectó a una bomba aspirante manual.
- 28 Estudio de las manifestaciones termales de Extremadura, Salamanca y Aragón, orientadas a su posible explotación como recursos geotérmicos. IGME, 1982.
- 29 "Proyecto para la realización de estudios geoquímicos de isótopos y gases en distintas zonas con manifestaciones termales del territorio nacional", realizado por el ITGE en 1986.
- 30 Dicha estimación se basa en una temperatura media ambiente local de 11°C, y un gradiente geotérmico supuesto normal, es decir, 3° C/100 m.

### **11.2.3. Recursos hidrotermales de los "Ojos de Ponti"**

De la descarga conjunta de los "Ojos de Ponti", que no pudo ser aforada dentro de los trabajos del **EAMA**, se dispone de dos valoraciones medias obtenidas en sendas campañas de medidas efectuadas por el **ITGE** como parte de los estudios de infraestructura regional llevados a cabo en la cuenca del Ebro.

Durante la realización de la "Investigación hidrogeológica de la cuenca del Ebro" (**ITGE**, 1981), entre el 18/10/1979 y el 6/11/1981, se realizaron 12 medidas puntuales (aforos con molinete) del caudal total emergente, cuya media dio un valor de 505 l/s.

Posteriormente, en el "Estudio hidrogeológico de las terrazas del bajo Jalón" (**ITGE-DGA**, 1987), entre el 11/11/1986 y el 30/3/1987, se efectuaron 5 medidas puntuales a partir de las cuales se deduce un caudal medio de 388 l/s.

Durante los reconocimientos del **EAMA** se pudo aforar con molinete una de las dos acequias (la principal) de desagüe de la emergencia. La medida se efectuó el 14/3/1993 y proporcionó un caudal de 238 l/s.

De acuerdo con los valores anteriores, se puede estimar que **la descarga hidrotermal total de los "Ojos de Ponti" es de unos 400 l/s**. Como acotación mínima de la descarga termal puede utilizarse el caudal que fue posible medir en los reconocimientos hidrogeológicos del **EAMA**, es decir **238 l/s equivalentes a unos 7,5 hm<sup>3</sup>/año**.

### 11.3. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA SURGENCIA DE LOS "OJOS DE PONTI"

La emergencia de los "Ojos de Ponti" (2615/3/0012-13) está situada en la terraza aluvial de la margen derecha del río Jalón, aproximadamente a 1 km de distancia al NO de Rueda de Jalón por la carretera de Pozuelo de Jalón. Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 26-15 (382) "Épila" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X	=	642,675
Y	=	4 611,175
Z	=	290 m s.n.m.

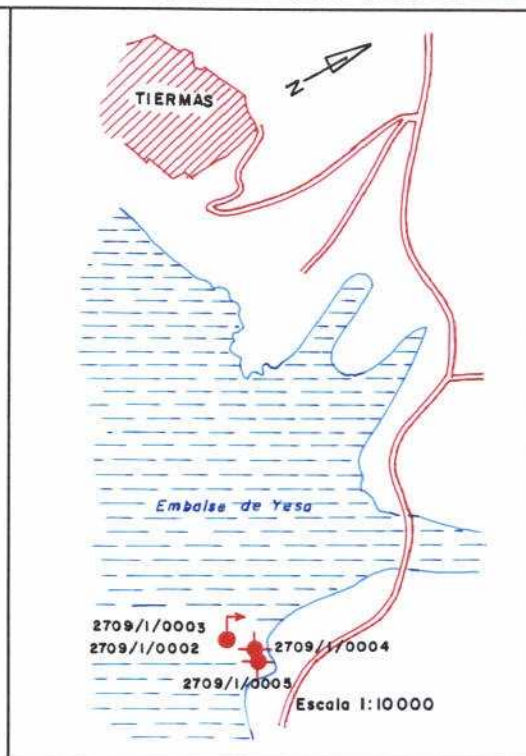
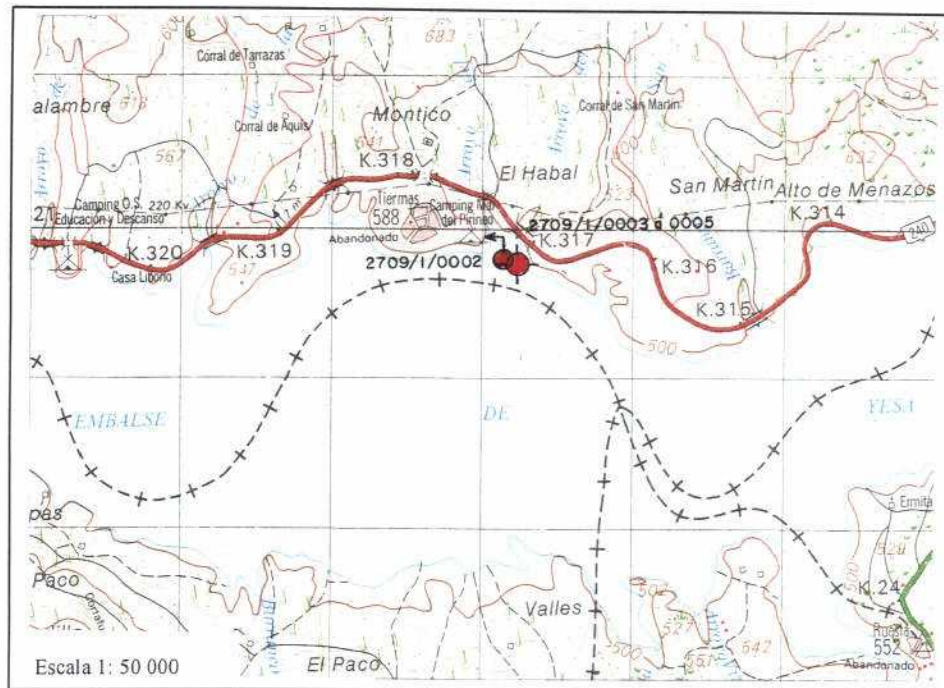
La salida del agua tiene lugar en unos socavones (ojos) originados por la propia descarga del agua termal en el relleno aluvial del río Jalón. El agua emergente se drena mediante dos acequias de tierra (en la más importante existe un antiguo lavadero) que conducen el agua hasta la zona de riegos de la vega del Jalón.

Sólo se efectuó una medida del caudal durante los reconocimientos realizados en el EAMA, pero sólo incluye una parte de la descarga que era posible aforar en aquel momento: la que circula a través del lavadero, donde es fácilmente aforable con molinete. En la segunda acequia no fue posible encontrar una sección practicable. Por el contrario, se dispone de dos medidas de la temperatura del agua, ambas realizadas en el marco del EAMA. Las medidas realizadas fueron las siguientes:

	t =	22,0 °C	(7/6/92)
Q = 238 l/s	t =	22,3 °C	(14/3/93)

Como se ha indicado en el subapartado 11.3.3., en el pasado el ITGE realizó controles de la descarga de los "Ojos de Ponti", con los siguientes resultados:

Q = 505 l/s	(valor medio de 12 aforos entre 18/10/79 y 6/11/81)
Q = 388 l/s	(valor medio de 5 aforos entre 11/11/86 y 30/3/87)



**FIG. IV.3.40**

**STUDIO DE DETALLE ZA12: TIERMAS  
PLANO Y CROQUIS DE SITUACIÓN**

#### 11.4. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA

La descripción que se incluye a continuación se apoya en los resultados de las determinaciones fisicoquímicas "in situ" y los análisis efectuados por el ITGE sobre la muestra tomada en el marco del EAMA, el día 27/9/1993, en el punto de emergencia de agua en el fondo de uno de los "ojos", donde puede recogerse el agua con el menor grado de alteración posible.

##### a. Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos determinados "in situ" indican una descarga termal que presenta con seguridad una temperatura superior a los 22,3 °C medidos en el fondo de la emergencia. El agua se presenta condiciones oxidantes normales (Eh positivo de 157,3 mV), con pH ligeramente ácido (7,222) y bastante oxígeno disuelto (6,53 ppm), en un nivel inferior a la concentración de saturación, que, en buena medida, debe incorporarse en la zona de emergencia, ya que el contenido su tritio,  $1,2 \pm 0,73$  UT, no refleja procesos de mezcla con agua de infiltración reciente en grandes proporciones.

##### b. Mineralización e iones mayoritarios

La conductividad eléctrica (1 200  $\mu$ S/cm, en campo, y 1 359  $\mu$ S/cm, en laboratorio) y el residuo seco a 110 °C (1 076 mg/l) reflejan la notable mineralización del agua termal de los "Ojos de Ponti".

Entre los cationes, predomina de forma clara el calcio (138 ppm), con presencia notable de magnesio, 65 ppm (por encima del límite de concentración máxima admitida para las aguas de abastecimiento y las envasables como *aguas minerales* por la RTS de 1990: **50 ppm**). El sodio también se presenta en concentración apreciable (52 ppm), mientras que el contenido en potasio es bajo (3 ppm).

La especie aniónica mayoritaria son los sulfatos (420 ppm), que se sitúan claramente por encima de la concentración máxima admitida por la RTS (**250 ppm**), seguidos por los bicarbonatos (176 ppm) y cloruros (86 ppm). La presencia de nitratos (16 ppm), en laboratorio, y de amoníaco, en campo, puede deberse a contaminación local

aportada por el agua del aluvial y por la vegetación y fauna de la zona de agua embalsada en los "ojos".

En la fig. IV.3.39 se ha representado de forma gráfica la facies del agua muestreada, mediante un clásico diagrama de Piper en el que se observa una facies sulfatada cálcica, propia de una circulación en materiales calizo-dolomíticos en contacto con materiales ricos en sales y en sílice (los evaporíticos del Keuper y del Terciario), esta última circunstancia puesta de manifiesto en unos contenidos en sílice, 17,6 ppm, alto para un agua que circule exclusivamente en rocas carbonatadas. En el diagrama se ha incluido también el agua correspondiente a la "Fuente de la Magdalena" (2816/2/0001), que corresponde a un esquema hidrodinámico similar, aunque tal vez con mayor permanencia en el subsuelo y con un circuito de descarga en contacto con un Mioceno más evaporítico que el que rellena la fosa del Jalón.

### c. Otros componentes

Como en la mayoría de los puntos hidrotermales muestreados en Aragón destaca la presencia boro, aunque con una concentración, 50  $\mu\text{g/l}$ , muy inferior al nivel guía que la normativa vigente admite para las aguas potables de consumo público y para las *aguas minerales embotellables*, que está fijado en 1 000  $\mu\text{g/l}$ .

Aparecen también varios elementos pesados, entre los que destaca claramente el hierro, con una concentración de 990  $\mu\text{g/l}$ , que rebasa con mucho la concentración máxima admisible, fijada en 200  $\mu\text{g/l}$ . En menor proporción están presentes el manganeso (40  $\mu\text{g/l}$ ), plomo (18  $\mu\text{g/l}$ ) y cadmio (10  $\mu\text{g/l}$ ); en los dos primeros casos, las concentraciones son inferiores a las concentraciones máximas admitidas por la RTS vigente, 50  $\mu\text{g/l}$ , mientras que el tercero supera dicho límite, establecido en 5  $\mu\text{g/l}$ .

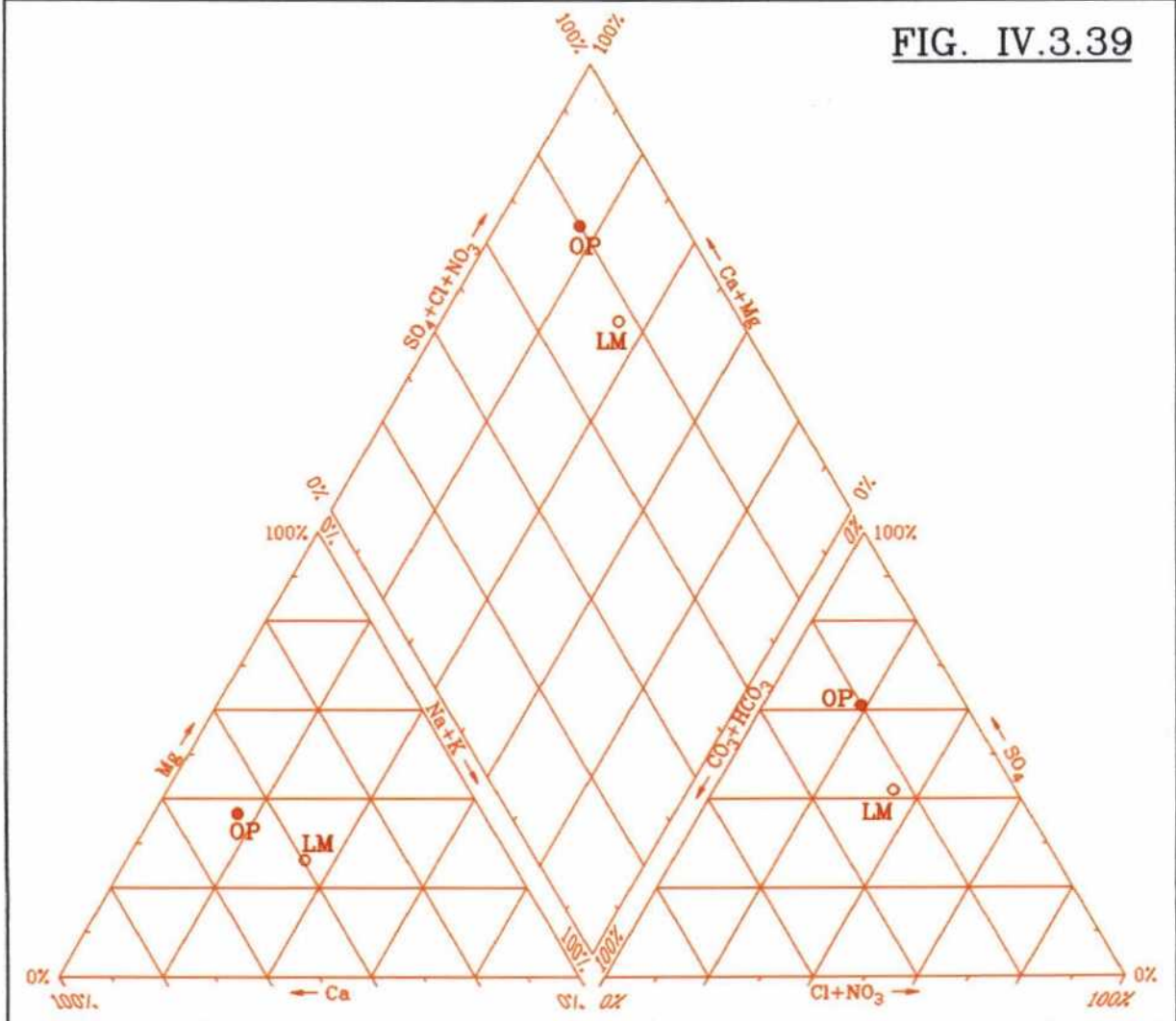
La radiactividad  $\alpha$  del agua muestreada, < 0,115 Bq/l, se puede considerar ajustada al nivel guía (0,1 Bq/l) indicado en la reglamentación vigente, mientras que la radiactividad  $\beta$ ,  $0,153 \pm 0,063$  Bq/l, está por debajo del nivel guía correspondiente (1 Bq/l).

ESTUDIO DE LAS AGUAS MINERALES DE ARAGÓN  
ESTUDIO DE DETALLE ZA11: RUEDA DE JALÓN

DESCARGA HIDROTHERMAL DE RUEDA DE JALÓN  
FACIES HIDROQUÍMICAS: DIAGRAMA DE PIPER

OP: "MANANTIAL OJOS DE PONTI" (2615/3/0012)

LM: "FUENTE DE LA MAGDALENA" (2816/2/0001)



### **11.5. VALORACIÓN DE LA SURGENCIA**

A pesar de que la temperatura de emergencia es moderada, el agua hipotermal de los "Ojos de Ponti", por su caudal y sus características fisico-químicas e isotópicas, podría ser utilizada, con el calentamiento apropiado, en aplicaciones balneoterápicas similares a las de la descarga hidrotermal de Alhama de Aragón o Jaraba.

Sería preciso para ello una captación adecuada de la descarga termal emergente mediante un sondeo que aislase totalmente el agua de origen profundo de la del pequeño acuífero aluvial, fría y seguramente contaminada por retornos de regadíos e, incluso, por vertidos urbanos o industriales entre La Almunia de Doña Godina y Épila.

**12. ESTUDIO DE DETALLE ZA12  
TIERMAS**

## 12.1. INTRODUCCIÓN.

El estudio de detalle **ZA12: Tiermas** incluye el grupo de surgencias y captaciones termales situadas al sur de Tiermas, que dieron lugar a uno de los aprovechamientos hidrotermales más antiguos y prósperos del territorio español, el Balneario de Tiermas, que desapareció en 1959 al quedar el establecimiento por debajo de las aguas del embalse de Yesa. La instalación esta situada en la margen derecha del río Aragón, al este de un cerro en cuya cima plana está emplazado el pueblo de Tiermas.

En los últimos años se ha producido un intento de reiniciar el aprovechamiento hidrotermal mediante una ambiciosa idea que pretende rehabilitar el antiguo pueblo de Tiermas y convertirlo en una estación turístico-termal. Para ello se han perforado varios sondeos con objeto de captar el agua termal surgente y elevarla hasta el pueblo, localizado en un otero aislado, que fue abandonado porque el embalse acabó con el medio de vida de sus habitantes: la agricultura en la vega del río Yesa. El proyecto esta temporalmente suspendido por su elevado coste de financiación.

Aunque no es un establecimiento vigente, se trata de un agua subterránea declarada de utilidad pública y clasificada como agua **minero-medicinal**, cuyo aprovechamiento está pendiente de la concesión de autorización de aprovechamiento, con el perímetro de protección correspondiente. Por tanto, el estudio de detalle cubre la doble vertiente, hidrogeológica y administrativa, de:

- identificar y caracterizar desde los puntos de vista geológico, hidrogeológico, hidrodinámico, hidrogeoquímico e isotópico el sistema acuífero que da origen a las surgencias, estableciendo el modelo conceptual de flujo y evaluando, en la medida de lo posible, los recursos hídricos del mismo; y
- justificar, delimitar y describir las medidas técnicas que se consideran necesarias para asegurar una adecuada protección cualitativa y cuantitativa del sistema de flujo subterráneo hidrotermal de Tiermas y una óptima explotación de sus captaciones y surgencias, casi todas las cuales descargan un agua subterránea declarada de utilidad pública y clasificada como **agua minero-medicinal**.

En la fig. IV.3.40 se incluye un mapa general de situación de las captaciones y surgencias hidrotermales históricas de Tiermas.

## **12.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA.**

En el "Tratado completo de las Fuentes Minerales de España", de Pedro María Rubio (Madrid, 1852), se cita la existencia de numerosas ruinas romanas y árabes, que prueban el conocimiento y uso de las aguas termales de Tiermas en aquellas épocas. Recientemente, en la publicación "Balnearios aragoneses. Pasado, presente y futuro" del Prof. Fernando Solsona (Zaragoza, 1992), se menciona que el rey Pedro IV ordenó en 1380 la reconstrucción de un hospital que allí existía, propiedad de la Corona, al igual que las fuentes.

En 1624, Pedro Velázquez publicó su "Tratado de las virtudes y excelencias de los Baños de Tiermas", que describe detalladamente las características de las aguas termales y sus aplicaciones. Menciona que existen numerosas fuentes de las cuales sólo se utilizan tres (la "Fuente Alta", la "Fuente de la Ripa" y una tercera sin nombre).

Alfonso Limón Montero en su "Espejo Cristalino de las Aguas de España" (Alcalá, 1697) indica la existencia de instalaciones de baños, a los que acudían visitantes de Francia. También indica que el caudal de las aguas termales "es suficiente para mover una piedra de molino" y menciona que de la gran variedad de fuentes sólo se aprovechaban cuatro: la "Fuente de los Baños", la "Fuente Alta", la "Fuente de la Ripa" y una cuarta sin denominación específica.

La primera referencia oficial de los baños de Tiermas aparece en el Real Decreto de 29/6/1816 por el que se instituyen las direcciones de aguas y baños minerales (del territorio aragonés están incluidos las de Alhama, Panticosa, Quinto y Tiermas).

En el "Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus Posesiones de Ultramar" de Pascual Madoz (1845-1850) se mencionan tres manantiales: "de Tiermas" (debe ser el "de los Baños"), "del Chorro" y "de la Ripa". En esa época, el propietario era D. Luis Casals y Farrés, y el establecimiento contaba con casa de baños y hospedaje.

Dicha titularidad no concuerda con la indicada por Pedro María Rubio en su "Tratado" de 1853. En esta publicación, haciendo alusión al

Menéndez Fernández (Madrid, 1908).

En 1959 cesó la actividad del balneario, al quedar las instalaciones bajo las aguas del embalse de Yesa.

Entre los años 1989 y 1990, por iniciativa de la sociedad Tiermas, S.A., propietaria de los derechos sobre las aguas termales, se ejecutaron 3 sondeos, uno de los cuales (2709/1/0003) captó la descarga hidrotermal en una zona de excelente permeabilidad. El agua de este sondeo fue declarada minero-medicinal y termal por resolución de la Dirección General de industria, Comercio y Turismo de la DGA del 29/5/91, apoyándose en el hecho de que tienen las mismas características que las de los manantiales del antiguo Balneario de Tiermas, cuya antigua titulación de utilidad pública mantienen en virtud de la clasificación declarada.

En la actualidad está pendiente de resolución una solicitud de autorización de aprovechamiento de las aguas minero-medicinales y termales del antiguo Balneario de Tiermas, que incluye una propuesta de perímetro de protección, cuyo plano de demarcación, fue realizado por los técnicos de la Sección de Minas de la DGA el 25/5/1992.

### 12.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

El fondo de publicaciones relacionadas con las aguas minerales recopilado en el marco del **EAMA** incluye 59 documentos en los que se cita el aprovechamiento hidrotermal de Tiermas, aunque sólo dos se refieren específicamente a dicho balneario; la relación de todas ellas, junto con una sinopsis de su contenido se adjunta en la ficha de inventario que agrupa las surgencias raramente visibles del Balneario de Tiermas (2709/1/0002). En dicha base documental hay varias publicaciones que recogen datos parciales de caudal y/o temperatura de surgencia en los distintos manantiales históricos, que son comentados en el apartado 12.5., aunque muchas de ellas repiten los valores reflejados en trabajos anteriores. Durante los reconocimientos efectuados en el marco del **EAMA**, no fue posible medir la temperatura ni los caudales, ya que siempre los puntos de salida del agua se encontraban por debajo del nivel del embalse.

También se han tenido en cuenta los estudios e informes de carácter hidrogeológico y geotérmico realizados por el **ITGE** y la **CHE**, y los trabajos específicos referidos a las *aguas minerales* de Aragón. Todos ellos están reflejados en las Referencias Bibliográficas Básicas que acompañan al listado de puntos inventariados en la provincia de Zaragoza que figura al inicio del Tomo II.3. Además, como es lógico, se ha considerado la información recogida en los reconocimientos llevados a cabo en el **EAMA**.

Además de la documentación referida, se ha contado con la información recogida en los Archivos Nacionales de Puntos de Agua y de Puntos de Aguas Minero-Medicinales y de Bebida Envasadas, que mantiene el **ITGE**, y con los expedientes administrativos existentes en las Sección de Minas de Zaragoza de la Diputación General de Aragón.

## **12.4. HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA DE FLUJO HIDROTHERMAL DE TIERMAS**

Geológicamente, la descarga hidrotermal de Tiermas está situada en la unidad interior del Prepirineo aragonés, que corresponde a la parte del dominio geológico de los mantos de corrimiento surpirenaicos incluida en Aragón. El Prepirineo interior es un conjunto de sierras en las que afloran materiales carbonatados mesozoicos y cenozoicos que se hunden hacia el sur bajo potentes series margosas y salinas del Terciario. La zona está afectada por las deformaciones alpinas, que dio lugar a una serie de cabalgamientos y pliegues volcados de dirección E-O y buzamientos hacia el norte. Las estructuras están afectadas por una segunda dirección estructural principal, NNE-SSO, que da lugar a numerosas e importantes fracturas.

Entre las formaciones aflorantes, las que tienen características acuíferas son:

- El Cretácico superior, compuesto por dolomías, margas, calizas, areniscas y conglomerados, cuya potencia total es de unos 200 m.
- El Paleoceno, compuesto por unos 140 m de dolomías y calizas.

Las dos series forman un conjunto acuífero único, que incluye también un paquete dolomítico-calizo de unos 35 m de potencia, intercalado entre formaciones margosas y salinas del Eoceno, que actúan como impermeable hidrogeológico a techo y a muro, en este caso por contacto mecánico del Cretácico.

La salida de agua subterránea termal, parte de la cual era aprovechada antiguamente en el balneario de Tiermas tiene lugar en las margas del Eoceno, parcialmente cubiertas por depósitos de conglomerados y limos cuaternarios, que afloran en el cauce del río Aragón, cubierto por las aguas del embalse de Yesa desde 1959. No es posible "a priori" establecer con precisión la estructura hidrogeológica que da lugar a la surgencia, pero la magnitud de la misma y sus características físico-químicas e isotópicas hacen obligado interpretarla como la descarga vertical ascendente de un flujo subterráneo que tiene lugar a gran profundidad (temperatura de

emergencia de unos 40 °C) y a través de un acuífero de entidad (recientemente, el 19/10/94, se aforó un caudal total de unos 200 l/s). Con dichos condicionantes, el sistema acuífero debe estar probablemente constituido por los materiales calizo-dolomíticos del Paleoceno y/o del Cretácico, que forman el Subsistema acuífero Leyre, perteneciente al Sistema Acuífero 67 Sinclinal de Jaca, según la división efectuada en el PIAS. Se trata de un sistema acuífero cuya superficie total aflorante es de unos 160 km<sup>2</sup>, repartidos sobre las provincias de Navarra, Huesca y Zaragoza. Las descargas principales frías del subsistema están localizadas en Navarra.

#### **12.4.1. Esquema de circulación subterránea**

Las formaciones acuíferas afloran al norte de Tiermas, en las sierras de Leyre e Illón, a altitudes comprendidas entre 800 y 1 350 m s.n.m., donde tendría lugar la recarga por infiltración de lluvia útil.

Debido a la complejidad estructural de la zona, con varios mantos de corrimiento de vergencia norte, las formaciones acuíferas deben estar hundidas y "entrampadas" bajo las series margoso-salinas del Eoceno y Oligoceno. El conjunto acuífero está hundido y recubierto por materiales terciarios de varios cientos de metros de espesor y baja a muy baja permeabilidad, que conforman un techo confinante para la circulación subterránea. El flujo debe tener sentido general N-S y se produce a bastante profundidad a través de un sistema relativamente poco extenso, lo que determina el carácter termal de las emergencias y un moderado tiempo de permanencia en el subsuelo.

Por alguna razón estructural, seguramente una falla inversa o un frente de cabalgamiento que rompa la continuidad de las formaciones acuíferas hacia el sur, el flujo, de dirección N-S, debe verse interrumpido y obligado a hacerse vertical ascendente a través de las margas y sales situadas a techo del acuífero, aprovechando alguna zona fracturada de dirección N-S que permite el paso forzado del agua. En su trayecto de salida, el agua termal se pone en contacto con los materiales margosos y salinos (anhidrita, sal común, sales potásicas y yesos) del Eoceno evaporítico, adquiriendo la facies salina (clorurada-sulfatada) y la fuerte mineralización que presenta en la zona de

emergencia de Tiermas. Es posible que la hidratación de la anhidrita, proceso exotérmico, contribuya a incrementar la temperatura del agua, ya en el tramo final ascendente de su recorrido subterráneo.

Teniendo en cuenta la muy baja permeabilidad de los materiales del Eoceno que confinan el acuífero, es razonable suponer que la descarga del flujo hidrotermal de Tiermas tenga una prácticamente única componente, que correspondería al agua infiltrada en las sierras, sin que se produzcan mezclas con agua fría infiltrada en el entorno de la descarga.

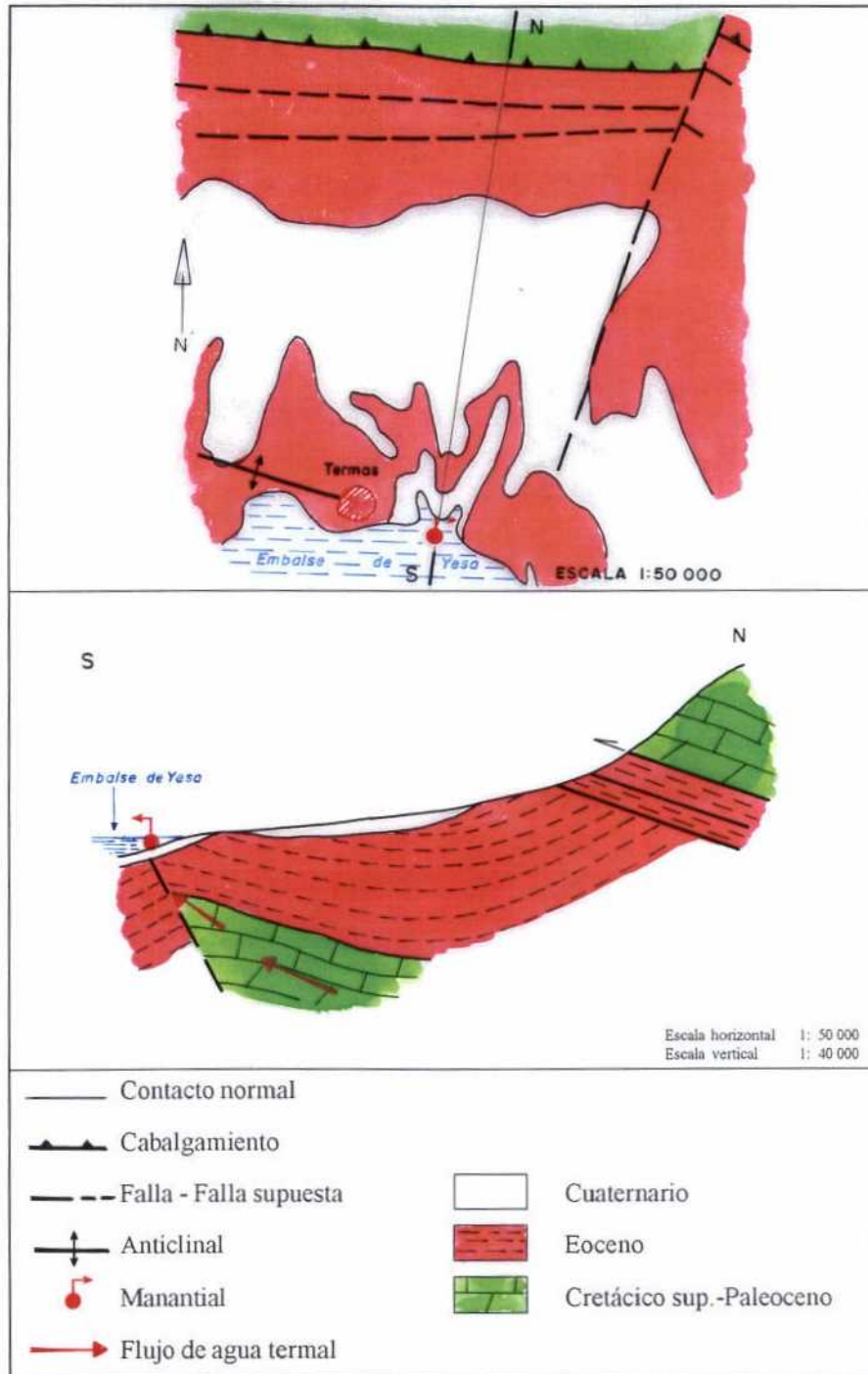
En la actualidad, además de la descarga natural por los manantiales, el sondeo 2709/1/003, el principal de los tres perforados, está descargando agua en régimen continuo. Dado su carácter surgente, el sondeo estaba sellado por una tapa de acero que debería asegurar su estanqueidad, pero la acción corrosiva del agua ha debido deteriorar el cierre, hasta el punto que en la actualidad brota espontáneamente del sondeo un caudal importante.

El régimen de descarga debe ser sensiblemente constante dadas la geometría y el hidrodinamismo de las formaciones atravesadas: circulación subterránea profunda a través de un acuífero de extensión apreciable, con un régimen de descarga sensiblemente constante y una recarga estacional asegurado por una elevada infiltración de precipitación útil (lluvia o nieve) en los afloramientos de las sierras de Leyre e Illón.

En la fig. IV.3.41 se incluyen un esquema y un corte hidrogeológico interpretativo de los alrededores de la zona de descarga termal de Tiermas.

#### **12.4.2. Tiempo de residencia en el subsuelo y temperatura máxima en profundidad**

La datación isotópica realizada en el marco del EAMA, a partir de la determinación del contenido en tritio del agua de uno de los sondeos accesibles, desafortunadamente uno de los dos que son prácticamente improductivos, no permite una interpretación total-



**FIG. IV.3.41**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA12: TIERMAS**  
**ESQUEMA Y CORTE HIDROGEOLOGÍCO DE DETALLE**

mente inequívoca, de la edad del agua que, de acuerdo con el esquema de circulación descrito en los párrafos anteriores, se descarga en las surgencias hidrotermales tradicionales de Tiermas. Por otra parte, no se dispone de determinaciones anteriores que hubieran podido apoyar la interpretación.

En efecto, teniendo en cuenta que la lluvia de 1993 tenía un contenido medio de tritio del orden de 5-7 UT, el valor de tritio determinado,  $6,8 \pm 1,2$  UT, puede ser interpretado según tres vías:

- La primera, y más verosímil, de las interpretaciones consiste en suponer que se trata de un agua que tiene una permanencia en el acuífero comprendida entre 1 y 1,5 periodos de semidesintegración del tritio (12,3 años), lo cual es admisible, dadas las moderadas dimensiones del sistema: distancia de unos 3 km entre los afloramientos del acuífero y la zona de emergencia del agua en el Balneario de Tiermas.
- La segunda opción, es que se trate de un agua infiltrada antes de que en 1952 comenzasen las pruebas termonucleares en la atmósfera, que tendría prácticamente ausencia de tritio, mezclada con agua de infiltración más o menos reciente, cuyo contenido en tritio es del orden de una decena de UT.
- La tercera posibilidad, la que parece menos verosímil dadas las dimensiones del acuífero, es que el agua muestreada se hubiera infiltrado el mismo año, o uno o dos años antes, del muestreo, lo que significaría un tiempo de tránsito en el acuífero de 1 a 3 años.

Por otro lado, el carácter desequilibrado del agua muestreada en el marco del EAMA, prácticamente fue imposible determinar la alcalinidad de la muestra, y la alta salinidad del agua impiden efectuar cálculos de geotermometría en fase líquida con una mínima rigurosidad, de manera que no se ha podido estimar la temperatura de equilibrio y, por tanto, aproximar la profundidad del acuífero bajo las margas del Eoceno.

### **12.4.3. Mezclas de aguas subterráneas distintas en las captaciones y surgencias hidrotermales**

De acuerdo con el esquema de flujos subterráneos descrito anteriormente, las surgencias de agua termal que se producen a través de zonas fisuradas en los afloramientos margosos del Eoceno no tiene prácticamente mezcla con aguas frías de infiltración reciente en las margas o en los delgados recubrimientos cuaternarios de la margen derecha del río Aragón.

Por su parte, los 3 sondeos surgentes existentes en el entorno del balneario abandonado están entubados con tubería ciega, al menos en su parte superior, de modo que es improbable que se produzca en los una mezcla con agua subterránea somera.

### **12.4.4. Recursos hidrotermales de Tiermas**

En los reconocimientos sobre el terreno realizados durante el EAMA, no pudieron observarse directamente las descargas por manantiales y por uno de los sondeos, que por rotura del acondicionamiento está en régimen de descarga permanente.

Sin embargo, en el tiempo de realización del estudio fue posible cuantificar las salidas termales totales durante el estiaje registrado en el otoño de 1994. El 19 de octubre de dicho año, aprovechando un periodo de aguas bajas en el embalse de Yesa, técnicos de la CHE pudieron realizar aguas abajo de las ruinas del balneario un aforo con molinete en el arroyo colector de todas las descargas de Tiermas (arroyo de los Baños), las de los manantiales más la del sondeo surgente, que proporcionó un resultado de **208 l/s**. Este valor, dado el carácter sensiblemente constante que debe tener la descarga, puede considerarse como representativo de los recursos hidrotermales de Tiermas.

## 12.5. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS SURGENCIAS Y CAPTACIONES DE AGUA MINERAL DE TIERMAS

La descarga hidrotermal que tiene lugar en la margen derecha del río Aragón, en una zona cubierta habitualmente por el agua del embalse de Yesa, se manifestaba en varios puntos de surgencia: en las publicaciones históricas se cita la existencia de hasta 12 manantiales.

En la actualidad, las surgencias naturales de Tiermas están la mayor parte del año (salvo estiajes prolongados) bajo las aguas del embalse de Yesa y así se encontraban en las tres visitas efectuadas en el EAMA, por lo que no se dispone de información directa sobre localización, acondicionamiento y características de los manantiales. Sólo fue posible, el 27/8/1993, observar que era patente la existencia de una salida de agua termal, por el burbujeo y la temperatura (34 °C) observados en el agua que cubría una dependencia del edificio en ruinas.

En la información cartográfica suministrada por los actuales propietarios se indica la localización de dos manantiales, uno situado dentro de las ruinas de los antiguos edificios (debe ser la denominada "Fuente del Establecimiento" en las publicaciones clásicas consultadas) y otro en el exterior de los mismos (que tal vez corresponda a la denominada "Fuente del Arzobispo"), y un pozo, prácticamente cegado, localizado en el interior una pequeña construcción de planta hexagonal situada a unos 40 m de las ruinas, que sí pudo ser observado el 27/8/1993.

Las surgencias hidrotermales clásicas del Balneario de Tiermas se han agrupado en una sola ficha de inventario, con el número de registro 2709/1/0002. Tomando como referencia la situación de la supuesta "Fuente del Establecimiento", las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas a partir del plano de detalle a escala 1: 500 incluido en el informe de solicitud de aprovechamiento de la surgencia hidrotermal mediante sondeos, son:

X	=	655,245	
Y	=	4 719,742	
Z	=	466	m s.n.m.

En las publicaciones clásicas se incluyen datos diversos de temperatura y caudal, pero las medidas de éste corresponden exclusivamente a las surgencias menores (caudales menores de 1 l/s). Del manantial principal, la "Fuente del Establecimiento o del Baño", se indica un temperatura de 40 °C, pero no hay ningún dato de caudal, sólo la referencia a que es muy abundante: en el Anuario Oficial de 1887 (de Manuel Taboada y Leopoldo Martínez Reguera) se cita que *el agua sale a tubo lleno por un caño de 5 pulgadas de diámetro.*

Durante el EAMA no pudo ser reconocida ni muestreada la "Fuente del Establecimiento", por lo que se carece de datos directos de caudal, temperatura, hidroquimismo e isotopía del agua.

De los 3 sondeos de investigación-explotación perforados en el entorno del antiguo aprovechamiento se dispone de la información que se refiere a continuación.

- **Sondeo Tiermas-1 (2709/1/0003)**

Es una perforación surgente de 50 m de profundidad, entubada con tubería de acero de 320 mm de diámetro, situado en el interior de las ruinas del antiguo balneario de Tiermas, que debe captar la zona fracturada de las margas por la que se produce la salida del flujo hidrotermal. Está acondicionado con un cierre formado por una tubería de acero que termina de un codo, al que se supone quedaría conectada la tubería de impulsión hasta las instalaciones del aprovechamiento en trámite. Seguramente debido al carácter fuertemente agresivo del agua, la tubería de cabeza de pozo está deteriorada, de forma que el sondeo está en régimen de descarga continua incontrolada. Es visible rara vez, ya que habitualmente se encuentra bajo las aguas del embalse de Yesa.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas a partir del plano de detalle a escala 1: 500 incluido en el informe de solicitud de aprovechamiento de la surgencia hidrotermal mediante sondeos, son:

$$X = 655,253$$

$$\begin{aligned} Y &= 4\,719,750 \\ Z &= 468 \quad \text{m s.n.m.} \end{aligned}$$

Durante los reconocimientos del **EAMA** no fue posible acceder al sondeo, de modo que no se pudo mediar su caudal y temperatura, ni tomar muestras para caracterización físico-química e isotópica.

- **Sondeo Tiermas-2 (2709/1/0004)**

Es un sondeo de 76 m de profundidad, entubado con tubería de acero de 250 mm de diámetro, situado a 17 m de las ruinas del antiguo balneario de Tiermas. Es surgente, pero con casi nula productividad, según el comportamiento observado el día 9/10/1993, cuando fue abierto para tomar muestras para análisis químico, isotópico y de gases. Está acondicionado con una cabeza de pozo compuesta por una tubería de acero con tapa hermética, fijada por una zapata de hormigón de 1 m de diámetro aproximadamente.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas a partir del plano de detalle a escala 1: 500 incluido en el informe de solicitud de aprovechamiento de la surgencia hidrotermal mediante sondeos, son:

$$\begin{aligned} X &= 655,291 \\ Y &= 4\,719,771 \\ Z &= 475,3 \quad \text{m s.n.m.} \end{aligned}$$

El día 9/10/1993, fecha en la que se llevó a cabo uno de los reconocimientos sobre el terreno efectuados en el marco del **EAMA**, sólo pudo medirse el valor de la temperatura, ya que el caudal era un pequeño rezume inaforable, que desbordaba pegado a la entubación; la temperatura medida fue de:

$$t = 28,4 \quad ^\circ\text{C}$$

Como se ha descrito en la subapartado 12.4.2., la muestra de agua tomada en 1993 en el marco del **EAMA** dio un contenido de  $6,8 \pm 1,2$  UT, que, probablemente corresponde a un agua infiltrada al principio de los años 80. Otras posibilidades de interpretación, menos realistas,

serían:

- Suponer un apreciable grado de mezcla de agua termal con más de 40 años de permanencia en el subsuelo con agua fría infiltrada cerca de la zona de descarga.
- Suponer que es una agua recargada en el mismo año 1993, o en el anterior, al de toma de muestra.

- **Sondeo Tiermas-3 (2709/1/0005)**

Es un sondeo de 65 m de profundidad, entubado con tubería de acero de 250 mm de diámetro, situado a 30 m de las ruinas del antiguo balneario de Tiermas. Es surgente, pero, como el anterior, con casi nula productividad, según la información facilitada por la empresa propietaria. Está acondicionado con una cabeza de pozo compuesta por una tubería de acero con tapa hermética, fijada por una zapata de hormigón de 1 m de diámetro aproximadamente.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas a partir del plano de detalle a escala 1: 500 incluido en el informe de solicitud de aprovechamiento de la surgencia hidrotermal mediante sondeos, son:

$$\begin{aligned} X &= 655,307 \\ Y &= 4\,719,759 \\ Z &= 473,5 \text{ m s.n.m.} \end{aligned}$$

La situación de los puntos descritos se ha representado en la fig. IV.3.40.

## **12.6. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE TIERMAS**

La descripción que se incluye a continuación se apoya en los resultados de las determinaciones fisicoquímicas "in situ" y el análisis efectuado por el **ITGE** sobre la muestra tomada en el sondeo Tiermas-2 (2709/1/0004) el día 9/10/1993. Antes de ser abierto para el muestreo, el sondeo llevaba del orden de 2 años cerrado, de modo que, aunque se dejó fluir libremente durante varias horas, dada su bajísima productividad, es probable que el agua contenida en su interior no se hubiera renovado totalmente, por lo que la muestra de agua analizada y, en consecuencia, los resultados del análisis efectuado no pueden considerarse plenamente representativos de la descarga hidrotermal de Tiermas.

### **a. Parámetros fisicoquímicos**

El agua de la descarga subterránea hidrotermal de Tiermas surge con una temperatura superior a 34 °C, medidos en una zona de surgencia situada en el interior de las ruinas del antiguo establecimiento el día 9/10/1993. La descarga de agua termal era visible por la existencia de burbujeo en una zona cubierta por el agua del embalse. En el sondeo Tiermas-2 se midió una temperatura del agua de 28 °C el 9/10/1993.

El agua termal muestreada estaba fuertemente reducida (Eh negativo, de - 221,0 mV), con muy bajo nivel de oxígeno disuelto (0,58 ppm), concordante con su carácter reductor, y en condiciones muy inestables, como prueban la importante variación de pH entre las medidas de campo (6,809) y de laboratorio (4,3), posiblemente por desgasificación, y la dificultad, prácticamente imposibilidad, de medir la alcalinidad.

### **b. Mineralización e iones mayoritarios**

La conductividad eléctrica, con valor muy alto (10 410  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en campo, 9 960  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en laboratorio), y el residuo seco a 110 °C, de 7 555 mg/l, reflejan una mineralización muy fuerte del agua de Tiermas.

Entre los cationes, predomina absolutamente el sodio (1 890 ppm) y

son notables las concentraciones de calcio (240 ppm), magnesio (100 ppm) y potasio (28 ppm), por supuesto superiores a los límites admitidos por la Reglamentación Técnico-Sanitaria (RTS) de 1990.

Los aniones mayoritarios son los cloruros (2 900 ppm), seguidos por los sulfatos (960 ppm), ambos muy por encima de la concentración máxima admitida por la RTS (**200 ppm** de concentración máxima recomendada para los cloruros, y **250 ppm** de máximo admisible para los sulfatos). Destaca la ausencia de las especies del ácido carbónico, aunque está justificada por una posible reducción total de los bicarbonatos y los nitratos por vía bacteriana, dado el elevado contenido en materia orgánica disuelta del agua, junto con un tiempo prolongado de estancamiento del agua en el sondeo. Existe amoníaco (0,95 ppm), seguramente producto de la reducción de los nitratos.

En la fig. IV.3.42 se ha representado de forma gráfica la facies del agua muestreada, mediante un clásico diagrama de Piper, en el que se observa que presentan una facies clorurada sódica, propia de una circulación en materiales evaporíticos y salinos.

### c. Otros componentes

El agua subterránea del sondeo Tiermas-2 tiene concentraciones fuertes en manganeso (430 µg/l), cromo (17 µg/l) y, especialmente, en hierro (69,03 mg/l), que pueden ser debidas, sobre todo la última, a la corrosión del entubado del sondeo. También está presentes el plomo (50 µg/l) y el cadmio (1 µg/l). El contenido en hierro y en manganeso está por encima de la concentración máxima señalada en a RTS vigente para las aguas de consumo público y para las *aguas minerales* envasables (**200 y 50 µg/l**, respectivamente), mientras que el romo está por debajo del máximo admitido (**50 µg/l**). El Pb está en el máximo tolerable fijado por la RTS (**50 µg/l**), y el Cd se sitúa por debajo de la concentración máxima (**5 µg/l**).

También destaca la alta presencia del boro, 600 µg/l, aunque en concentraciones inferiores al nivel guía que la normativa vigente, que está fijado en **1 000 µg/l**.

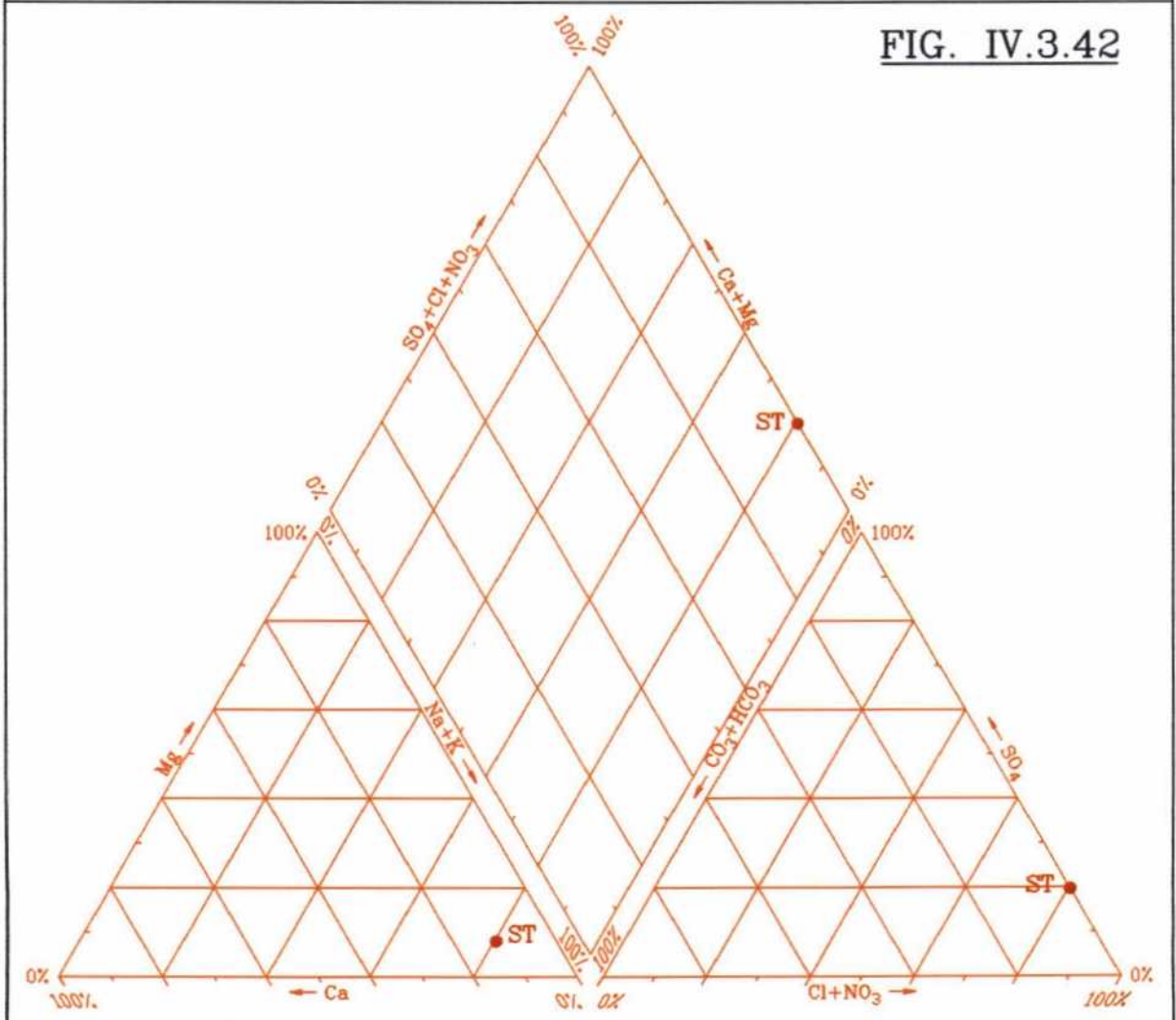
El análisis de gases efectuado sobre una muestra de los gases disueltos

ESTUDIO DE LAS AGUAS MINERALES DE ARAGÓN

ESTUDIO DE DETALLE ZA12: TIERMAS

DESCARGA HIDROTHERMAL DE TIERMAS  
FACIES HIDROQUÍMICAS: DIAGRAMA DE PIPER

ST: "SONDEO TIERMAS-2 (2709/1/0003)



en el agua del sondeo sólo indica la existencia de anhídrido carbónico, asociable a la oxidación de materia orgánica, presente en pequeñas cantidades en las margas terciarias.

Las radiactividades  $\alpha$  ( $1,092 \pm 0,823$  Bq/l) y  $\beta$  ( $1,991 \pm 0,578$  Bq/l) del agua muestreada está por encima de los niveles guía respectivos (**0,1 y 1 Bq/l**) indicados en la reglamentación vigente.

La presencia de boro y flúor, junto con los contenidos importantes de algunos metales pesados (plomo y cadmio), concuerda con el carácter termal de la circulación subterránea de Tiermas. La inestabilidad del agua muestreada resta validez a los cálculos geotermométricos, que proporcionan resultados muy dispersos, en algunos casos aberrantes (negativos), muy bajos (temperatura de equilibrio menor que la de surgencia) o demasiado altos (temperatura de equilibrio superior a 70 °C). No se puede, por tanto, elaborar hipótesis sobre la profundidad de circulación del agua, máxime teniendo en cuenta que se debe producir un incremento de temperatura del agua asociado al carácter exotérmico de la hidratación de las anhidritas, presentes en los materiales salinos eocenos por los que circula el agua subterránea en su trayecto de salida a la superficie.

## **12.7. VULNERABILIDAD CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DEL FLUJO SUBTERRÁNEO HIDROTHERMAL DE TIERMAS**

Dado el carácter presurizado de la descarga hidrotermal de Tiermas y la muy baja permeabilidad de los materiales margosos y salinos a través de los cuales tiene lugar la surgencia del agua, no es previsible, en principio, que se produzca mezcla con aguas subterráneas someras, de quimismo y temperatura distintos. En condiciones de surgencia natural, el flujo hidrotermal de Tiermas es, a efectos prácticos, cualitativamente invulnerable. Sin embargo, la situación actual de la zona de surgencia, cubierta la mayor parte del año por el agua acumulada en el embalse de Yesa, hace imposible el aprovechamiento de las descargas termales espontáneas y limita radicalmente las posibilidades de explotación de las mismas mediante sondeos. En efecto, la eventual extracción de agua por bombeo en el sondeo actual, o en otros que pudieran perforarse en el futuro, tendría el riesgo de que durante el bombeo se deprimiera el nivel piezométrico por debajo del nivel de surgencia natural; si esta circunstancia se mantuviera el tiempo suficiente, se podría llegar a despresurizar el circuito de descarga del agua termal, se anularía la descarga de los manantiales, se produciría una inversión de flujo que propiciaría la incorporación hacia el acuífero de agua del embalse, fría, de diferente mineralización y con alto riesgo de contaminación orgánica.

De acuerdo con lo expuesto en el párrafo anterior, la explotación mediante sondeos de la descarga hidrotermal de Tiermas sólo resulta segura si el aprovechamiento se limita al caudal de surgencia de las captaciones, hecho que permitiría el mantenimiento de la descarga espontánea por manantiales y garantizaría la obtención de agua termal sin riesgo de enfriamiento y contaminación del agua termal por mezcla con agua del embalse.

El sistema acuífero que da lugar a la descarga de Tiermas sí es altamente vulnerable a la contaminación en la zona de afloramientos del Peloceno y del Cretácico superior, localizados 3 km al norte de Tiermas. Las formaciones acuíferas aparecen muy fracturadas y carstificadas, por lo que la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero en dicha zona puede definirse como muy alta. A pesar de ello, el riesgo de contaminación real del agua subterránea se mitiga en parte porque las condiciones reductoras

del flujo, al menos en la zona de descarga, ejercen un poder autodepurativo del agua circulante, desconocido, pero en ningún caso despreciable

Por otra parte, la configuración de la descarga, que parece estar muy concentrada en la zona de manifestaciones conocidas, hace que la vulnerabilidad de la misma frente eventuales acciones de captación esté constreñida a un entorno muy próximo al manantial denominado "Fuente del Establecimiento". La nula productividad de dos de los 3 sondeos de investigación-explotación realizados por la empresa titular de la surgencia termal así parece indicarlo. No obstante, siempre es posible alcanzar mediante sondeos profundos, de varios cientos de metros de profundidad (se desconoce la profundidad a la que se encuentran los acuíferos), las formaciones acuíferas carbonatadas de la sierra de Leyre hundidas bajo los materiales margosos y salinos del Eoceno. En todo caso, el riesgo real de afección cuantitativa por terceros es mínimo, ya que un agua tan salada como la que se descarga en Tiermas no tiene prácticamente otra aplicación que la balnearia.

## 12.8. PERÍMETRO DE PROTECCIÓN DEL APROVECHAMIENTO HIDROTHERMAL DE TIERMAS

En el expediente para la concesión de aprovechamiento de las captaciones de la descarga hidrotermal de Tiermas se solicita un perímetro de protección que comprende 24 cuadrículas mineras delimitadas por un cuadrado cuyos vértices tienen las siguientes coordenadas UTM (en la Zona 30T):

Vértice	X	Y
P.P.	656,304	4 719,475
1	653,569	4 719,414
2	653,515	4 721,881
3	656,248	4 721,943
P.P.	656,304	4 719,475

De acuerdo con las características del sistema acuífero responsable de la descarga termal de Tiermas, descritas en el apartado 12.4., el perímetro solicitado no asegura la protección cualitativa de la circulación subterránea hidrotermal y se considera excesiva para la preservación cuantitativa de la misma.

En aplicación del artículo 41.2 del vigente Reglamento para el régimen general de la minería, se considera que las medidas de protección cualitativa y cuantitativa que es necesario aplicar en el aprovechamiento de Tiermas deben referirse no sólo a las captaciones de agua subterránea declaradas explícitamente como de **agua minero-medicinal**, sino a toda la zona que podría recibir la descarga de la circulación subterránea. Las medidas de protección que con ese enfoque se proponen son las que se describen en los dos próximos apartados.

### 12.8.1. Protección inmediata

En las circunstancias actuales, en las que las surgencias naturales están la mayor parte del año bajo las aguas del embalse de Yesa, la única posibilidad de explotación de la descarga hidrotermal de Tiermas es mediante sondeos que capturen adecuadamente la zona por la que se produce el flujo vertical ascendente del agua y en los que se

aproveche exclusivamente el caudal de surgencia.

El deficiente acondicionamiento del sondeo Tiermas-1, que produce un caudal importante, ha sido degradado por la alta agresividad del agua, de modo que la corrosión ha provocado la rotura de la tubería de cierre en cabeza de pozo, de tal manera que se ha convertido en el punto de descarga hidrotermal más importante.

De cara a un futuro aprovechamiento, el citado sondeo, u otro que se perforase en su lugar, debería ser dotado de un acondicionamiento adecuado, para evitar los problemas de corrosión, resistir la presión del agua en el interior de la captación y garantizar la estanqueidad de una instalación, que permanecería la mayor parte del año bajo el agua. Para su puesta en explotación sería preciso efectuar trabajos de reacondicionamiento de la captación, consistentes en:

- **Entubar** con tubería de material resistente a la corrosión (acero, PVC, siempre que soporte la presión existente en cabeza de sondeo, que se desconoce), ranurada en el tramo productivo, que se supone son los últimos 15 m de la perforación.
- **Cementar** el espacio anular en los primeros 45 m del sondeo, los que captan las margas azules del eoceno.
- **Construir** una zapata de hormigón en cabeza del sondeo que asegure la fijación de la tubería de descarga (y de impulsión, en su caso) y garantice la estanqueidad del cierre en cabeza del sondeo.

Si llega a acometerse en el futuro la explotación del agua termal de Tiermas, con objeto de aprovechar en las mejores condiciones hidrodinámicas la surgencia (y sólo la surgencia) hidrotermal del sondeo, lo más apropiado sería construir un depósito regulador situado a cota superior a la máxima de embalse. El depósito, construido con las adecuadas garantías de estanqueidad y aislamiento térmico, actuaría como regulador del agua surgente en el sondeo. Si la presión en cabeza del sondeo no fuese suficiente para elevar el agua desde el depósito hasta las futuras instalaciones termales, o si fuesen

necesarias puntas de caudal superior al producido espontáneamente por la captación, el depósito podría estar dotado de una cámara de bombeo para cubrir las citadas eventualidades. Pero en ningún caso podría instalarse una bomba en el sondeo.

### **12.8.2. Protección global contra la contaminación y contra afecciones en cantidad**

Teniendo en cuenta las características hidrogeológicas y la funcionamiento hidrodinámico del sistema de circulación subterránea que se descarga en las surgencias termales de Tiermas, se considera necesario que el **área de protección contra la contaminación** de los aprovechamientos hidrominerales en su globalidad abarque una extensión distinta con su **área de protección cuantitativa** o contra afecciones en cantidad.

El establecimiento de un área de protección cualitativa de un sistema de flujo subterráneo tal como el que se descarga en Tiermas, frente a los riesgos de afección en calidad debe basarse en los criterios de delimitación siguientes:

- impedir suficientemente la incorporación de contaminantes químicos o microbiológicos al agua subterránea que confluye en las surgencias y captaciones hidrotermales cuyo aprovechamiento está autorizado, y
- asegurar que la incorporación al flujo salino, de aguas superficiales o subterráneas de características fisicoquímicas diferentes sólo pueda tener lugar por causas naturales, y no como efecto inducido por actuaciones humanas de cualquier tipo.

Por su parte, el establecimiento de un área de protección frente a los riesgos de afección en cantidad debe basarse en el criterio de delimitación siguiente:

- evitar que captaciones de agua subterránea (sondeos, principalmente, galerías, taladros subhorizontales, etc.), obras de ingeniería (embalses, túneles, cimentaciones de grandes obras hidráulicas o de comunicación, etc.), excavaciones, etc., inter-

cepten, desestabilicen o desvíen en perjuicio de los aprovechamientos actuales el flujo que se desea proteger.

Partiendo de las bases expuestas y del principio general según el cual un perímetro de protección de *aguas minerales* debe ser "tan grande como sea necesario y tan pequeño como resulte posible", se considera preciso y suficiente un **área de protección cualitativa**, delimitada por una poligonal cuyos vértices poseen las siguientes coordenadas UTM (en la zona 30T):

Vértice	X	Y
P.P.	655,000	4 719,650
1	654,000	4 719,800
2	650,000	4 723,000
3	648,700	4 723,300
4	649,400	4 724,750
5	652,000	4 725,000
6	653,000	4 725,350
7	656,000	4 725,400
8	657,400	4 725,000
9	657,425	4 723,275
10	656,000	4 720,000
11	655,750	4 719,300
P.P.	655,000	4 719,650

Como **área de protección cuantitativa** se considera necesaria y suficiente la delimitada por la poligonal cuyos vértices poseen las siguientes coordenadas UTM (en la zona 30T):

Vértice	X	Y
P.P.	655,000	4 719,650
1	654,000	4 719,800
2	654,000	4 720,000
3	654,250	4 720,650
4	654,725	4 721,335
5	655,850	4 721,400
6	656,000	4 720,000
7	655,750	4 719,300
P.P.	655,000	4 719,650

**a. Limitaciones que deben ser aplicadas en el área de protección cualitativa**

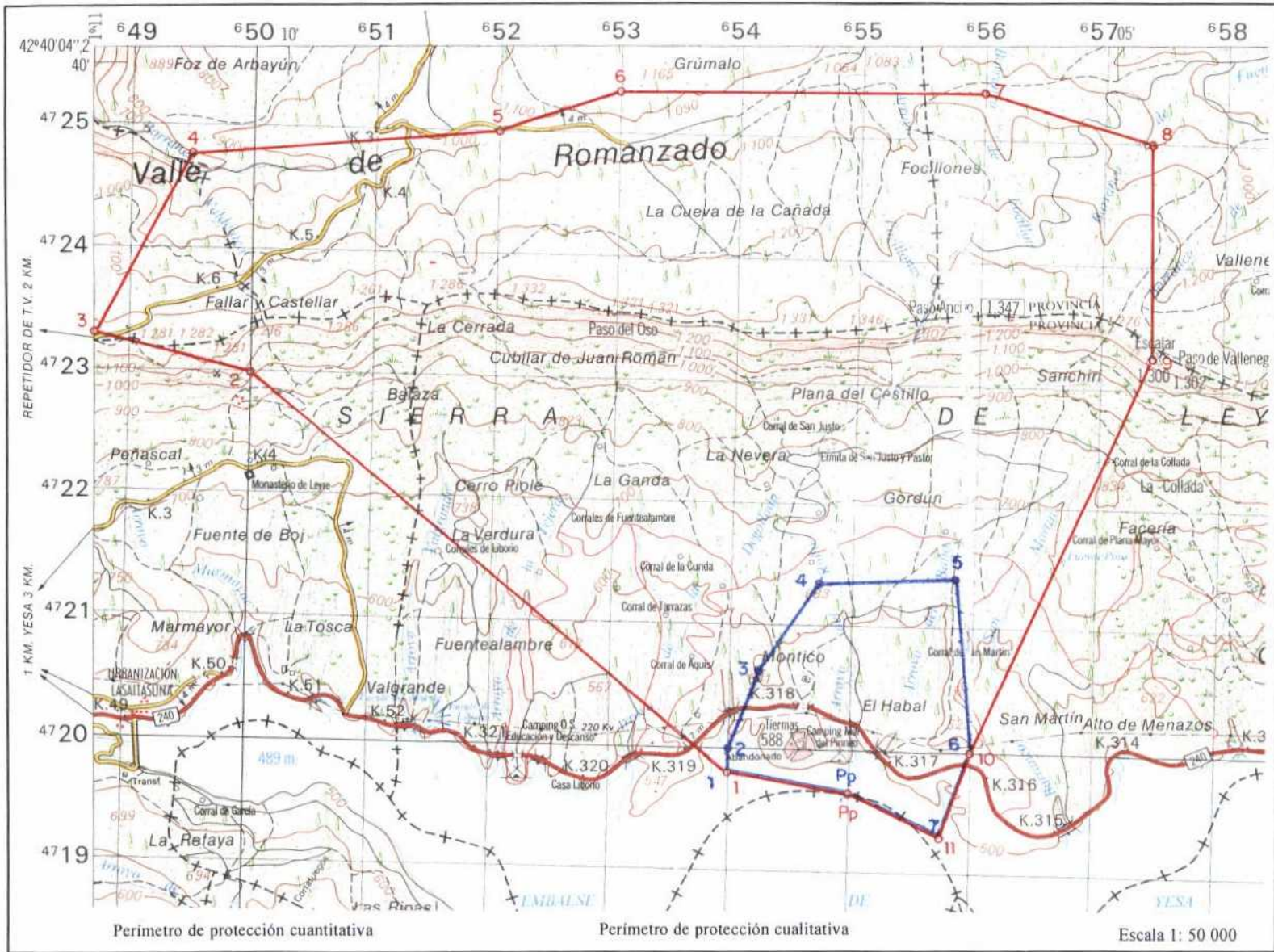
Como **área de protección cualitativa**, la zona delimitada debiera estar libre de las siguientes actividades e instalaciones: explotaciones agropecuarias, depósitos e instalaciones industriales (salvo los estrictamente ligados a la explotación o aprovechamiento del **agua termal, minero-medicinal y mineral natural** que se desea proteger), vertidos, vertederos e inyecciones de residuos urbanos o industriales (sólidos o líquidos), depósitos y conducciones de combustibles, fosas sépticas y conducciones de aguas residuales, cementerios, etc.

**b. Limitaciones que deben ser aplicadas en el área de protección contra las afecciones en cantidad**

Aunque dado el escaso interés que tiene la captación de un agua salina, inservible tanto para usos agrícolas como de abastecimiento, es difícil que se emprenda alguna captación de la circulación hidrotermal cuya descarga pretende ser aprovechada en Tiermas, dentro de la zona delimitada como **área de protección cuantitativa** debiera estar prohibida la realización de nuevas captaciones mediante sondeos perforados que por su penetración en el subsuelo puedan captar la zona de descarga hidrotermal

De acuerdo con lo que prevé el artículo 43.1.c. del vigente Reglamento para el Régimen general de la minería (aprobado por el R.D. 2857/1978, de 25 de agosto), cualquier otro trabajo subterráneo que, no estando contemplado en las limitaciones señaladas anteriormente, se pretenda realizar en el interior del perímetro de protección propuesto debiera ser sometido a la previa autorización de la autoridad minera de la **DGA**.

En la fig. IV.3.43 se han representado las áreas que se estiman convenientes para la protección cualitativa y cuantitativa del aprovechamiento hidromineral de Tiermas.



ESTUDIO DE DETALLE ZA12: TIERMAS  
 PERÍMETRO DE PROTECCIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA PROPUESTO

FIG. IV.3.43

**13. ESTUDIO DE DETALLE ZA13  
ASSOVERAL**

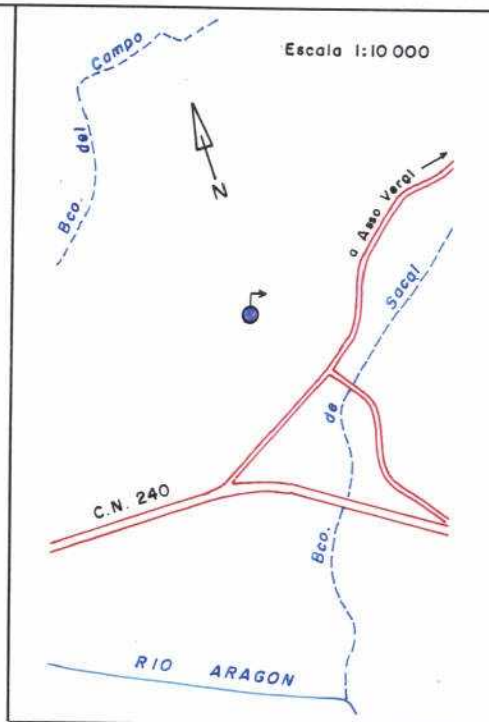
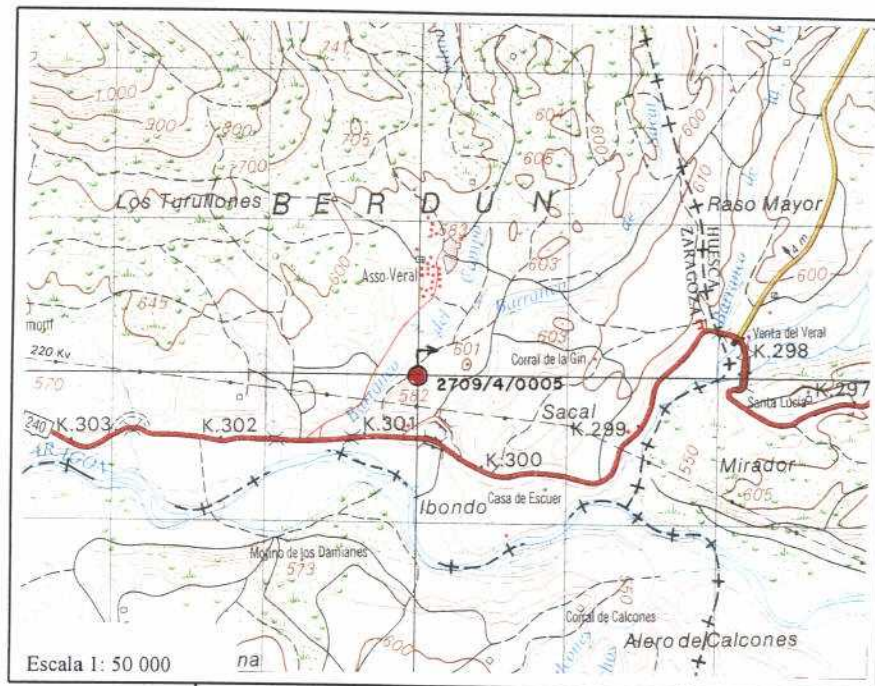
### 13.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de detalle ZA13, denominado **Assoveral**, incluye únicamente la captación denominada "Fuente del Baño", que es una pequeña surgencia de agua termal situada en la margen izquierda del arroyo de Campos, a unos 600 m al sur de Assoveral.

El agua no tiene clasificación oficial ni hay antecedentes históricos de que se hayan emprendido nunca trámites administrativos para su clasificación oficial y aprovechamiento, aunque ha sido y es utilizada por los habitantes de la comarca, que han acondicionado la zona de surgencia con dos charcas en las que pueden practicarse baños de inmersión. En el "Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus Posesiones de Ultramar" de Pascual Madoz (1845-1850) se menciona la existencia de un manantial de agua salobre conocido como "Fuente Mineral", *situado a 1/4 de hora del pueblo*; cita que el agua y el barro de la fuente *obran efectos prodigiosos en las personas que padecen de dolores*.

El estudio de detalle, por tanto, tiene el objetivo básicamente hidrogeológico de identificar y caracterizar desde los puntos de vista geológico, hidrogeológico, hidrodinámico, hidrogeoquímico e isotópico el agua de la surgencia, estableciendo, en la medida de lo posible, el esquema conceptual de circulación subterránea del sistema acuífero que da lugar a la descarga hidrotermal.

En la fig. IV.3.44 se incluyen un mapa y un croquis de situación de la "Fuente del Baño" de Assoveral.



**FIG. IV.3.44**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA13: ASSOVERAL  
PLANO Y CROQUIS DE SITUACIÓN**

### **13.2. HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA DESCARGA SUBTERRÁNEA HIDROTÉRMAL DE ASSOVERAL**

La "Fuente del baño" de Assoveral surge en el contacto de las margas del Eoceno con el relleno de conglomerados y limos cuaternarios del cauce del arroyo de Campos; debe ser parte de una salida más o menos difusa hacia el cauce del barranco de Campos.

No es posible identificar con precisión la estructura hidrogeológica que da lugar a la descarga, pero por la escasa magnitud de la misma no es preciso recurrir a la presencia de alguna formación acuífera importante en profundidad (dolomías y calizas del Paleoceno y/o del Cretácico superior), aunque tal circunstancia no puede descartarse, dada la complejidad tectónica de la zona y la existencia de afloramientos de formaciones en áreas próximas a Assoveral.

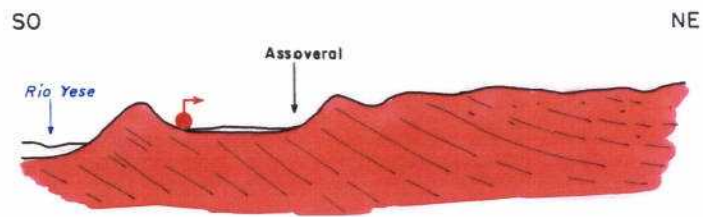
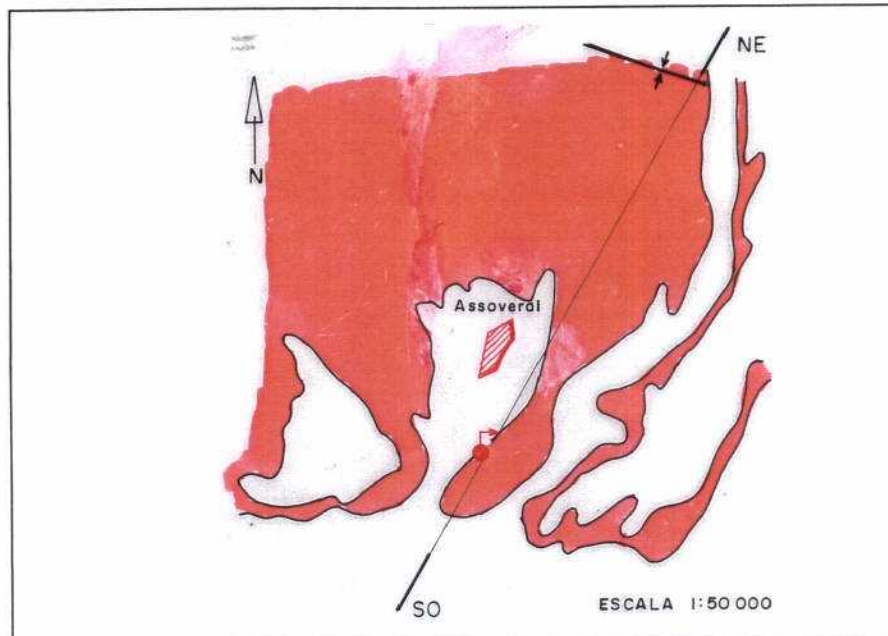
Podría tratarse de un flujo a través de los niveles areniscosos del Flysh del Eoceno, o de algún paquete calizo, areniscoso o conglomerático intercalado entre las margas eocenas, o, simplemente, una circulación desarrollada en la red de discontinuidades de las mismas margas, que aparecen muy fracturadas en superficie. En todo caso, dado el carácter termal y las características isotópicas de la descarga, la circulación subterránea, cuya recarga debe tener lugar por infiltración de lluvia útil en los afloramientos situados al N del área de descarga, tiene lugar a profundidad apreciable (algunos centenares de metros, tal vez), y a través de un sistema acuífero relativamente extenso y de deficientes características hidrodinámicas, lo que determina una apreciable permanencia del agua en el subsuelo y, seguramente, una sensible constancia del régimen de descarga.

La certeza de un tiempo de residencia del agua relativamente elevado se basa en dos determinaciones de tritio, las realizadas en el marco del EAMA ( $6,4 \pm 1,4$  UT) y la que efectuó el ITGE<sup>31</sup> en el año 1982 ( $0,0 \pm 2,4$  UT), que indican una componente termal de fondo (la temperatura de

31 "Estudio de las manifestaciones termales de Extremadura-Salamanca-Aragón-Rioja, orientadas a su posible explotación como recursos geotérmicos", 1982.

emergencia en 1982 era de 26 °C), de largo tiempo de permanencia en el subsuelo, al menos 30 años, que se mezcla con agua fría de infiltración más reciente (temperatura de 22,8 °C en 1993).

En la fig. IV.3.45 se incluye un esquema y corte hidrogeológico de detalle de los alrededores de la zona de descarga termal de Assoveral.



Escala horizontal 1: 50 000  
Escala vertical 1: 10 000

- Contacto normal
- Manantial
- Flujo de agua termal
- Cuaternario
- Eoceno

**FIG. IV.3.45**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA13: ASSOVERAL**  
**ESQUEMA Y CORTE HIDROGEOLÓGICO DE DETALLE**

### 13.3. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA "FUENTE DEL BAÑO" DE ASSOVERAL

La "Fuente del Baño" (2709/4/0005) está situada al sur de Assoveral, en un punto cuyas coordenadas UTM (en la zona 30 T) y cota absoluta aproximadas, deducidas de la hoja 27-09 (175) "Sigüés" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X	=	670,000
Y	=	4 720,000
Z	=	550 m s.n.m.

La "Fuente del Baño" de Assoveral no tiene obras de captación. El agua se acumula en dos charcas, una excavada en la misma zona de surgencia del agua y cerrada mediante piedras, y la otra, de unos 3 m de diámetro, excavada a continuación de la anterior, en los materiales de relleno cuaternario del barranco del Campo. Desde esta segunda charca, el agua desborda hacia el barranco próximo.

No se dispone de ninguna medida precisa del caudal, ya que la falta de acondicionamiento lo impide; en todo caso, parece inferior a 1 l/s. En el reconocimiento realizado el día 2/4/93, en el marco del EAMA, se midió una temperatura del agua de 22,8 °C.

### 13.4. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA

La descripción que se incluye a continuación se apoya en los resultados de las determinaciones fisicoquímicas "in situ" y los análisis efectuados por el ITGE sobre la muestra tomada en el marco del EAMA, el día 2/4/93, en el punto de surgencia del agua.

#### a. Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos determinados "in situ" indican una descarga termal a una temperatura de 22,8 °C, medidos en la charca acondicionada en la zona de surgencia del agua. El agua se presenta fuertemente reducida (Eh negativo de - 288,6 mV), con olor a sulfhídrico, pH ligeramente ácido (6,930) y con algo de oxígeno disuelto (4,6 ppm), atribuible a reaireación o mezcla con aguas de infiltración local.

#### b. Mineralización e iones mayoritarios

La conductividad eléctrica (8 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en campo, y 8 090  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en laboratorio) y el residuo seco a 110 °C, de 5 795 mg/l reflejan la muy fuerte mineralización del agua termal de Assoveral.

Entre los cationes, predomina de forma clara el sodio (1 380 ppm), con presencia notable de calcio (581 ppm) y magnesio (142 ppm). El sodio y el magnesio están en concentraciones superiores al máximo admitido por la Reglamentación Técnico Sanitaria de 1990 (150 y 50 ppm, respectivamente). El potasio también está presente en concentración notable, 31 ppm, por encima de la concentración máxima admisible según la RTS (12 ppm).

Los aniones mayoritarios son los sulfatos (2 160 ppm) y los cloruros (1 680 ppm), por encima de las concentraciones máximas admitidas y recomendadas, respectivamente, (150 ppm y 200 ppm) por la RTS. Los bicarbonatos aparecen en concentraciones moderadas (169 ppm). No se han determinado nitratos, pero sí amoníaco (0,98 ppm), seguramente producto de la reducción de los nitratos, y fosfatos (0,05 ppm).

En la fig. IV.3.46 se ha representado de forma gráfica la facies del agua muestreada, mediante un clásico diagrama de Piper, en el que se observa que presentan una facies sulfatada-clorurada sódica, propia de una circulación en materiales evaporíticos y salinos.

**c. Otros componentes**

El agua subterránea de la "Fuente del Baño" de Assoveral tiene concentraciones fuertes en metales pesados: manganeso (20 µg/l), plomo (181 µg/l) y, especialmente, en hierro (210 µg/l). El contenido en hierro y en plomo está por encima de la concentración máxima señalada en la RTS vigente para las aguas de consumo público y para las *aguas minerales* envasables (50 µg/l, en los dos casos), mientras que el manganeso está por debajo del máximo admitido (50 µg/l).

También destacan las presencias del boro, 660 µg/l, aunque en concentraciones inferiores al nivel guía que la normativa vigente, que está fijado en 1 000 µg/l, y del flúor (2 ppm).

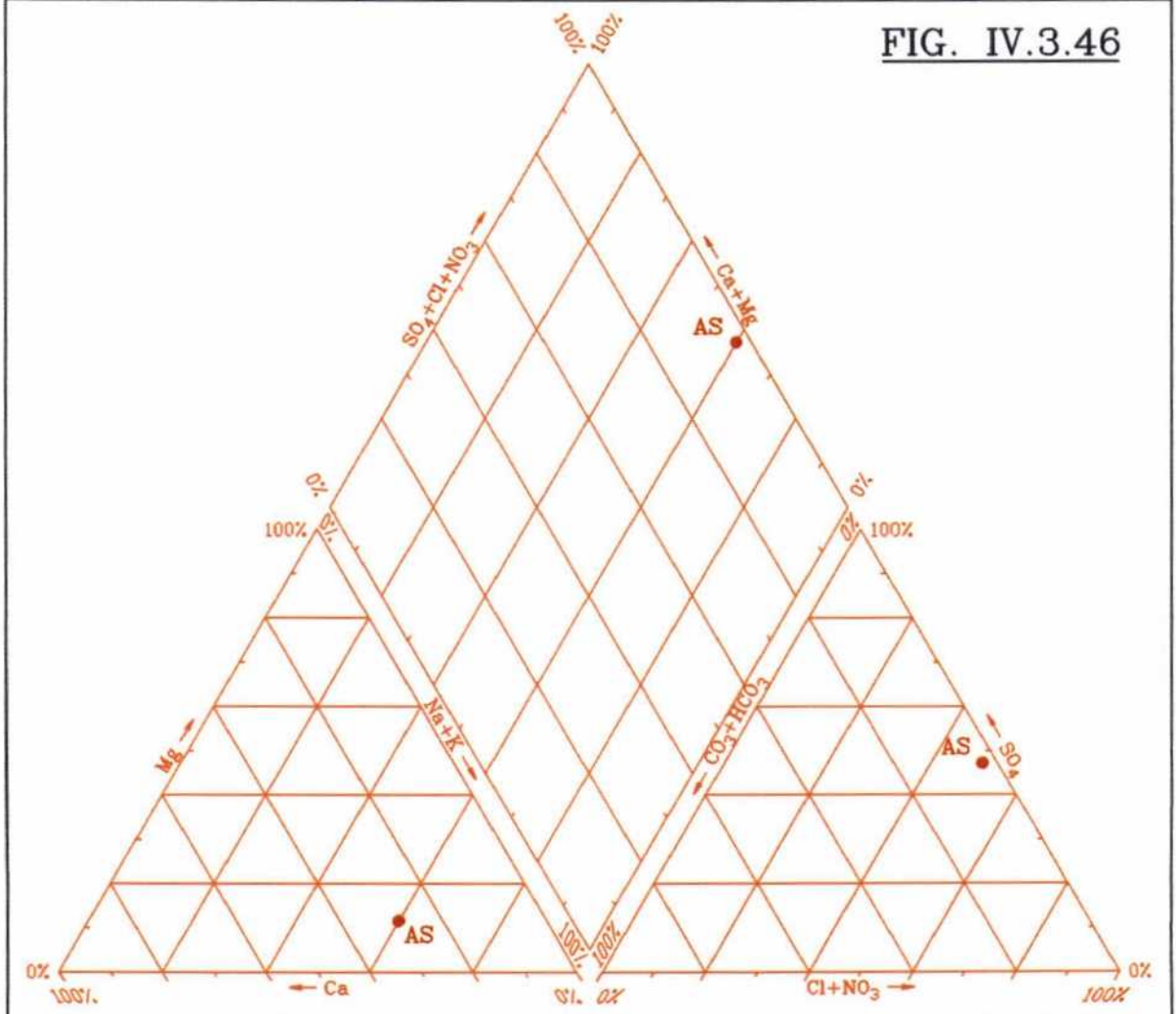
Las radiactividades  $\alpha$  ( $7,167 \pm 1,112$  Bq/l) y  $\beta$  ( $4,539 \pm 0,435$  Bq/l) de las aguas muestreadas están muy por encima de los niveles guía respectivos (0,1 y 1 Bq/l) indicados en la reglamentación vigente.

La presencia de boro y flúor, junto con los contenidos importantes de algunos metales pesados (hierro y plomo) es atribuible al carácter termal de la circulación subterránea de Assoveral.

ESTUDIO DE LAS AGUAS MINERALES DE ARAGÓN  
ESTUDIO DE DETALLE ZA13: ASSOVERAL

DESCARGA HIDROTERMAL DE ASSOVERAL  
FACIES HIDROQUÍMICAS: DIAGRAMA DE PIPER

AS: "FUENTE DEL BAÑO" DE ASSOVERAL (2709/4/0005)



### **13.5. VALORACIÓN DE LA SURGENCIA**

El agua termal Assoveral tiene unas características físico-químicas e isotópicas que podrían hacerla susceptible de un aprovechamiento balneario, aunque únicamente en tratamientos tópicos. El factor limitante para dicho aprovechamiento es el bajo caudal de la surgencia, junto con el elevado nivel de radiactividad del agua.

**14. ESTUDIO DE DETALLE ZA14  
VILLANUEVA DE HUERVA**

## 14.1. INTRODUCCIÓN

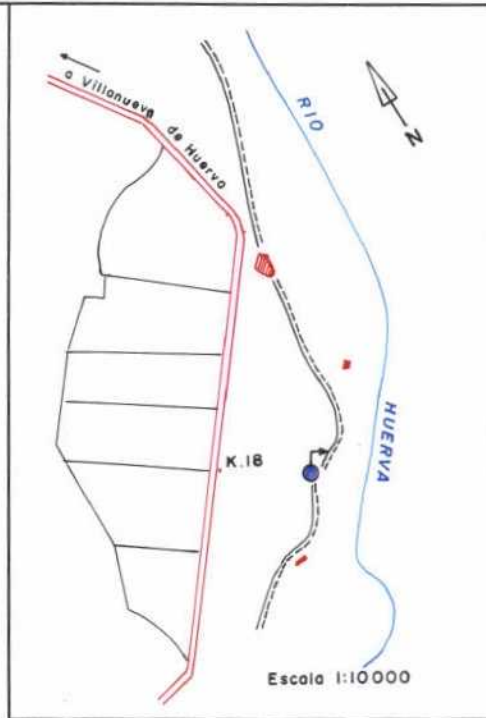
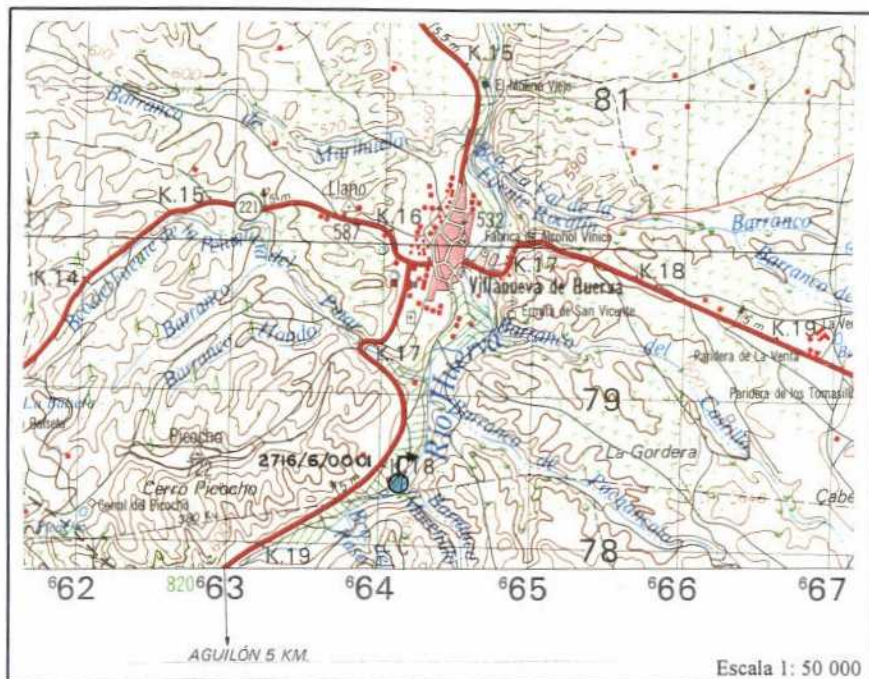
El estudio de detalle **ZA14**, denominado **Villanueva de Huerva**, incluye únicamente la captación denominada "Fuente del Baño cerrada", que es un pequeño manantial situado a unos 2,5 km de distancia al S de Villanueva de Huerva, en la margen izquierda del río Jalón, a la altura del km 18 de la carretera comarcal que une Villanueva de Huerva y Aguilón.

En el "Tratado Completo de las Fuentes Minerales de España", de Pedro María Rubio (1853) se cita en *Villanueva de la Huerva* la existencia de una fuente de agua templada, cuya agua, cargada de hierro y sulfato magnésico, es utilizada en bebida y se *esporta en mucha cantidad por todo Aragón*. Las aguas de Villanueva de Huerva también aparecen en la relación de la provincia de Zaragoza incluida en el "Censo General de las Aguas Minerales de España", de Mariano Carretero y Muriel (1876).

Posteriormente, las aguas de Villanueva de Huerva están citadas en las publicaciones relativas a *aguas minerales* del **ITGE** de 1947 y 1986, probablemente por estar citada en las publicaciones clásicas mencionadas. En realidad, se desconoce si la referencia corresponde a la "Fuente del Baño cerrada", la que ha sido objeto de inventario, o a otra surgencia, de mayor temperatura de surgencia, situada en la margen derecha del río Huerva, que, por contraposición con la anterior, es conocida como "Fuente del Baño abierto" (no está acondicionada ni cubierta por edificación). En cualquier caso, ninguna surgencia de Villanueva ha sido objeto nunca de aprovechamiento hidromineral.

Por ello, el estudio de detalle tiene el objetivo básicamente hidrogeológico de caracterizar desde los puntos de vista geológico, hidrogeológico, hidrodinámico e hidrogeoquímico el agua del manantial, así como el de identificar y establecer, en la medida de lo posible, el esquema de circulación subterránea del sistema acuífero que da lugar a la descarga.

En la fig. IV.3.47 se incluye un mapa y un croquis de situación de la "Fuente del Baño cerrado" de Villanueva de Huerva.



**FIG. IV.3.47**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA14: VILLANUEVA DE HUERVA  
PLANO Y CROQUIS DE SITUACIÓN**

## **14.2. HIDROGEOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUÍFERO QUE DA LUGAR A LA DESCARGA SUBTERRÁNEA DE LA "FUENTE DEL BAÑO CERRADO" DE VILLANUEVA DE HUERVA**

La "Fuente del Baño cerrado" de Villanueva de Huerva es poco más que un rezume de agua subterránea que tiene lugar unos 10 m por encima del río Huerva, en un afloramiento de areniscas de la facies Weald (Cretácico inferior) que forma parte de un extenso afloramiento mesozoico (Jurásico y Cretácico), de unos 20 km de longitud en sentido E-O y por 2 a 5 km de anchura en sentido N-S, existente al norte de Aguilón, cerca del borde sur de la Depresión del Ebro.

La estructura del mesozoico es un gran anticlinal de eje E-O que forma parte de los frentes de cabalgamiento de la Cordillera Ibérica sobre la Depresión del Ebro. Todas las estructuras están fosilizadas por el relleno Mioceno de disposición subhorizontal, cuyo desmantelamiento por erosión deja aflorar el substrato mesozoico.

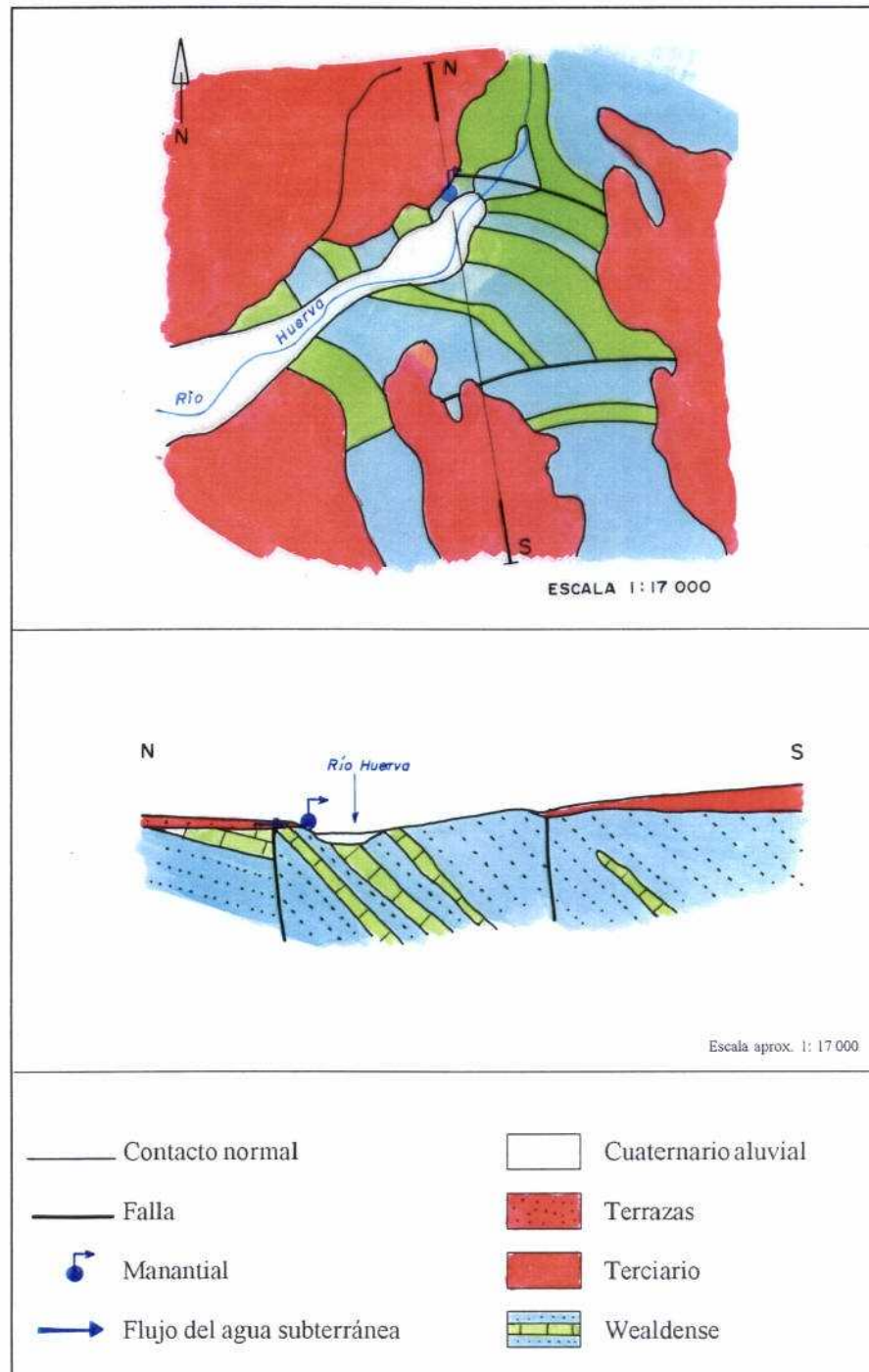
La facies Weald tiene un carácter general detrítico, aunque existen abundantes intercalaciones calizas en la parte superior, y un gran desarrollo vertical, con 200 a 300 m de potencia; está formada por arenas, areniscas y arcillas, calizas tableadas y alternancias de calizas y margas. En el entorno de la "Fuente del Baño cerrado" está compuesta por unos 150 m de areniscas intercaladas entre potentes tramos lutíticos. Al techo tienen cuerpos métricos a decimétricos de calizas tableadas.

Teniendo en cuenta la bajísima cuantía de la descarga, el sistema acuífero responsable de la misma, debe estar formado por las propias areniscas y por las terrazas suprayacentes, que se recargan por infiltración de lluvia útil y, seguramente, por retornos de riego, según se deduce del contenido en nitratos determinado en análisis realizados en estudios anteriores (42 ppm). Otra posibilidad, inicialmente la más factible, consistiría en suponer que dicha "Fuente del Baño cerrada" es una salida de una barra de calizas, también wealdenses, situada unos 3 m a muro de las areniscas. Sin embargo, ello no es posible porque el nivel piezométrico en dicha barra calcárea está situado por debajo del nivel de surgencia de aquélla: en efecto, en la zona donde el cauce del río Huerva corta a las

calizas, existe un manantial de agua templada y caudal variable, la citada "Fuente del Baño abierta", que lleva seco unos 7-8 años; considerando que este manantial está situado unos 10 m más bajo que el del "baño cerrado" y a poca distancia del mismo, no parecer verosímil que ambos sean descarga del acuífero albergado en las calizas.

El régimen de descarga del sistema debe ser variable en función del régimen de precipitaciones y de la secuencia de los riegos en la zona.

En la fig. IV.3.48 se incluye un esquema y un corte hidrogeológico de detalle de los alrededores de las "Fuentes del Baño" de Villanueva de Huerva.



**FIG. IV.3.48**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA14: VILLANUEVA DE HUERVA  
ESQUEMA Y CORTE HIDROGEOLOGÍCO DE DETALLE**

### **14.3. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA "FUENTE DEL BAÑO CERRADO" DE VILLANUEVA DE HUERVA**

La captación de la "Fuente del Baño Cerrada" de Villanueva de Huerva consiste en un muro de hormigón, que intercepta el flujo de agua subterránea (prácticamente un rezume), y un depósito, de dimensiones desconocidas, que permite la acumulación de agua y el aprovechamiento de la misma (uso popular para bebida), a través de un caño situado en el interior de un edificio circular de ladrillo, de unos 4 m de diámetro, cubierto mediante un tejado de dos aguas.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 27-16 (411) "Longares" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X	=	664,125
Y	=	4 578,425
Z	=	550 m s.n.m.

Durante uno de los reconocimientos realizados durante el EAMA, el día 3/10/1992 fue posible efectuar medidas de caudal y temperatura. Los valores medidos, cuya fiabilidad es muy dudosa porque se desconoce la influencia del almacenamiento del agua en la cuantía de la surgencia y en sus características fisicoquímicas, fueron las siguientes:

$$Q = 0,006 \text{ l/s} \quad t = 17,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Por las misma razón indicada, y por la mínima importancia de la surgencia, no fue recogida muestra de agua para su análisis químico.

#### **14.4. VALORACIÓN DE LA SURGENCIA**

Aunque existe tradición entre los habitantes de los alrededores de que se trata de una agua saludable, el agua de la "Fuente del Baño cerrada" de Villanueva de Huerva no reúne las condiciones necesarias para ser utilizada con fines terapéuticos o industriales, ni siquiera a nivel popular.

De hecho, teniendo en cuenta que se trata de la descarga de un acuífero muy vulnerable a la contaminación agrícola, industrial u orgánica por la proximidad de la superficie libre al suelo, debería recomendarse que no se utilice el agua de la fuente, es más, tal vez debería prohibirse su uso para bebida.

**15. ESTUDIO DE DETALLE ZA15  
APROVECHAMIENTOS CLÁSICOS ABANDONADOS  
EN LA PROVINCIA DE ZARAGOZA**

El estudio de detalle **ZA15** tiene como objetivo exclusivo describir sucintamente la historia y las características generales de cuatro aprovechamientos hidrominerales históricos de la provincia de Zaragoza, cuya decadencia y desaparición tuvo lugar a mediados del presente siglo. Ello fue debido probablemente a dos razones principales: de un lado, la muy baja cuantía del recurso hidromineral explotado (todos ellos tienen en común estar situados en los terrenos miocenos que rellenan la Depresión del Ebro, de baja permeabilidad general y facies evaporíticas, es decir, poco productivos en agua subterránea de elevada salinidad) y el desarrollo de medicamentos químicos de las mismas indicaciones terapéuticas y mayor eficacia curativa o paliativa que las aguas aprovechadas en los cuatro establecimientos que se describen seguidamente.

## 15.1. BAÑOS DE QUINTO

Los Baños de Quinto fueron uno de los establecimientos balnearios más antiguos y concurridos de Aragón en los siglos XVIII y XIX, que, por la escasez de agua de sus manantiales inició su decadencia a finales del XIX y acabó cerrado y abandonado en 1934.

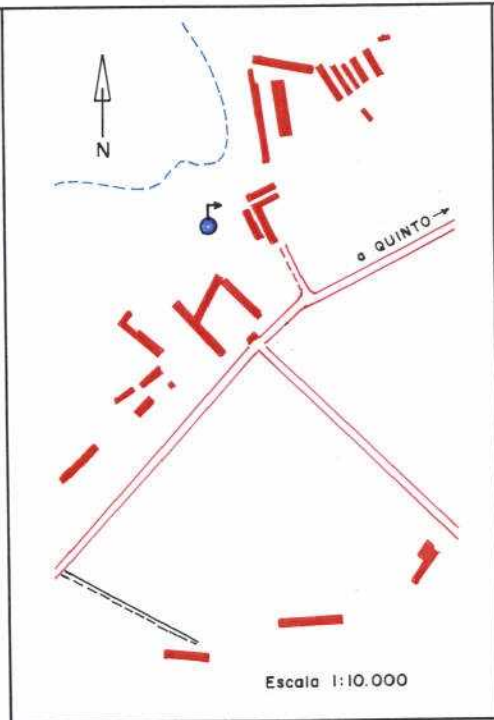
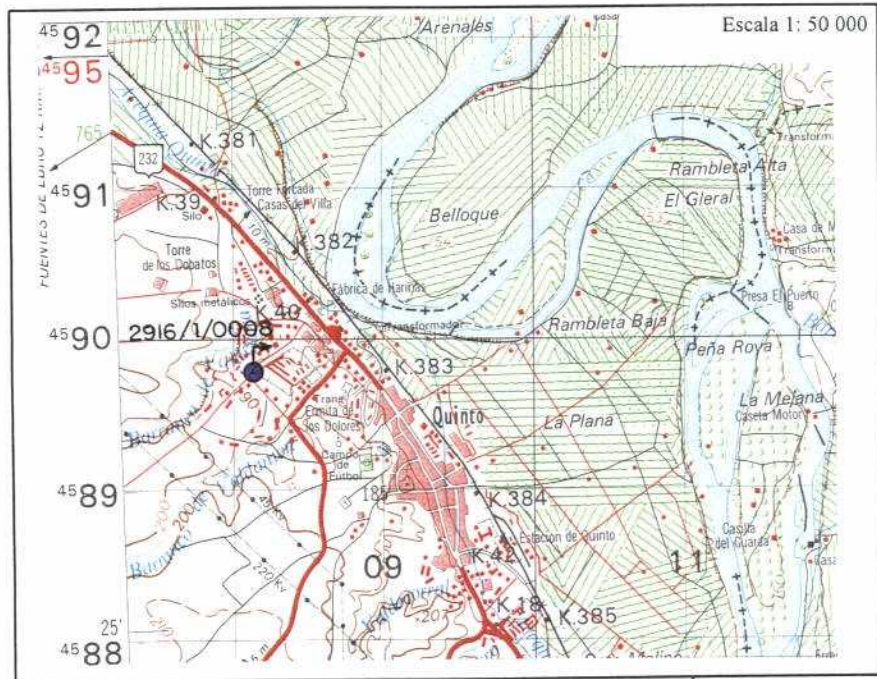
Las instalaciones balnearias han desaparecido totalmente y hoy sólo se conserva, como recuerdo, un fuente situada en un muro perimetral de un grupo de viviendas construidas en la ubicación original de los Baños. La fuente es conocida como "Fuente de la Salud".

En la fig. IV.3.49 se incluyen un mapa y un croquis de situación de la actual "Fuente de la Salud o del Baño" de Quinto.

### 15.1.1. Antecedentes históricos

En la "Memoria sobre las Aguas Minerales de Quinto", de Carlos Viñolas (1854), a la sazón médico director de los baños, se indica que los manantiales ya eran conocidos y utilizados por los romanos y los árabes; en dicha publicación se describe que en 1731, ante la gran concurrencia de menesterosos, que hacía necesaria, en la temporada de baños, la presencia de un piquete de soldados para mantener el orden durante el día y evitar la extracción de agua durante la noche, se hizo una casita para encerrar la fuente y se acondicionó la surgencia con un pila abovedada para recoger y decantar el agua. El caudal proporcionado por el manantial descrito (Baño Alto) era insuficiente para la demanda existente, de modo que en 1738 se acondicionó un segundo manantial, con pila, bóveda y casita, que se denominó Baño Bajo. Se refiere que la concurrencia era tan numerosa, que la distribución del agua para bebida debía hacerse por turno y que resultaba insuficiente el día para atender a todos los bañistas, lo cual es indicativo del escaso caudal de las surgencias.

La primera referencia oficial sobre los baños de Quinto apareció en el Real Decreto de 29/6/1816 por el que se instituyen las direcciones de aguas y baños minerales (del territorio aragonés están incluidos las de Alhama, Panticosa, **Quinto** y Tiermas).



**FIG. IV.3.49**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA15: BAÑOS DE QUINTO  
PLANO Y CROQUIS DE SITUACIÓN**

Posteriormente, los Baños, propiedad de la villa de Quinto, sufrieron un periodo de abandono en el que prácticamente llegaron a desaparecer los manantiales, de tal manera que en 1928 fue suprimida la dirección médica de los baños, que fue rehabilitada en 1839 después de que en 1840 y 1843, respectivamente, fueran reconstruidos y remodelados los edificios del Baño Alto o Nuevo y del Baño Bajo.

En el "Tratado de Hidrología Médica con la Guía del Bañista y el Mapa Balneario de España", de Anastasio García López (1869), se da cuenta de la construcción de un edificio para hospedaje. También se indica que las aguas se embotellaban y que existía un depósito distribuidor en Madrid.

En la Gaceta de Madrid del 16/4/1869, se publica una "Nota de las temporadas en que están abiertos los establecimientos de baños y aguas minerales que han obtenido la declaración de utilidad pública". En la provincia de Zaragoza se citan Alhama de Aragón, Fonté, Jaraba, Paracuellos de Jiloca, **Quinto** y Tiermas.

A partir de 1870, aproximadamente, aunque se habían realizado algunas mejoras (contaba con 10 bañeras forradas de zinc) se inicia una lenta y progresiva decadencia de los Baños de Quinto (en 1877 eran propiedad de D. José Calvo Martín) debido a la escasez del agua, a las deficientes instalaciones y a la existencia de paludismo en la zona. A principios del presente siglo el declive era ya definitivo y en 1916 el establecimiento estaba prácticamente abandonado.

El balneario cesó su actividad en 1934, fue utilizado como hospital durante la Guerra Civil y permaneció abandonado desde entonces hasta el año 1973, en el que, ante el estado ruinoso de las instalaciones y la negativa de sus propietarios a remozarlas, un grupo de vecinos de Quinto constituyó una cooperativa (denominada Santiago Apóstol) que construyó un grupo de viviendas sobre el terreno donde estaba el edificio de hospedaje. Los manantiales originales también fueron enterrados por las obras.

En la actualidad, únicamente queda como muestra de las

aguas de Quinto una pequeña fuente con grifo, acondicionada en un muro de contención situado en la parte más alta del grupo de viviendas; a ella acuden todavía los vecinos de la zona a recoger agua (es conocida como "Fuente de la Salud"), aunque como se indica más adelante su uso es totalmente desaconsejable. Por su situación debe corresponder a la descarga que era captada con la denominación de Baño Alto.

#### **15.1.2. Características hidrogeológicas del sistema acuífero que da lugar a la surgencia hidromineral de Quinto**

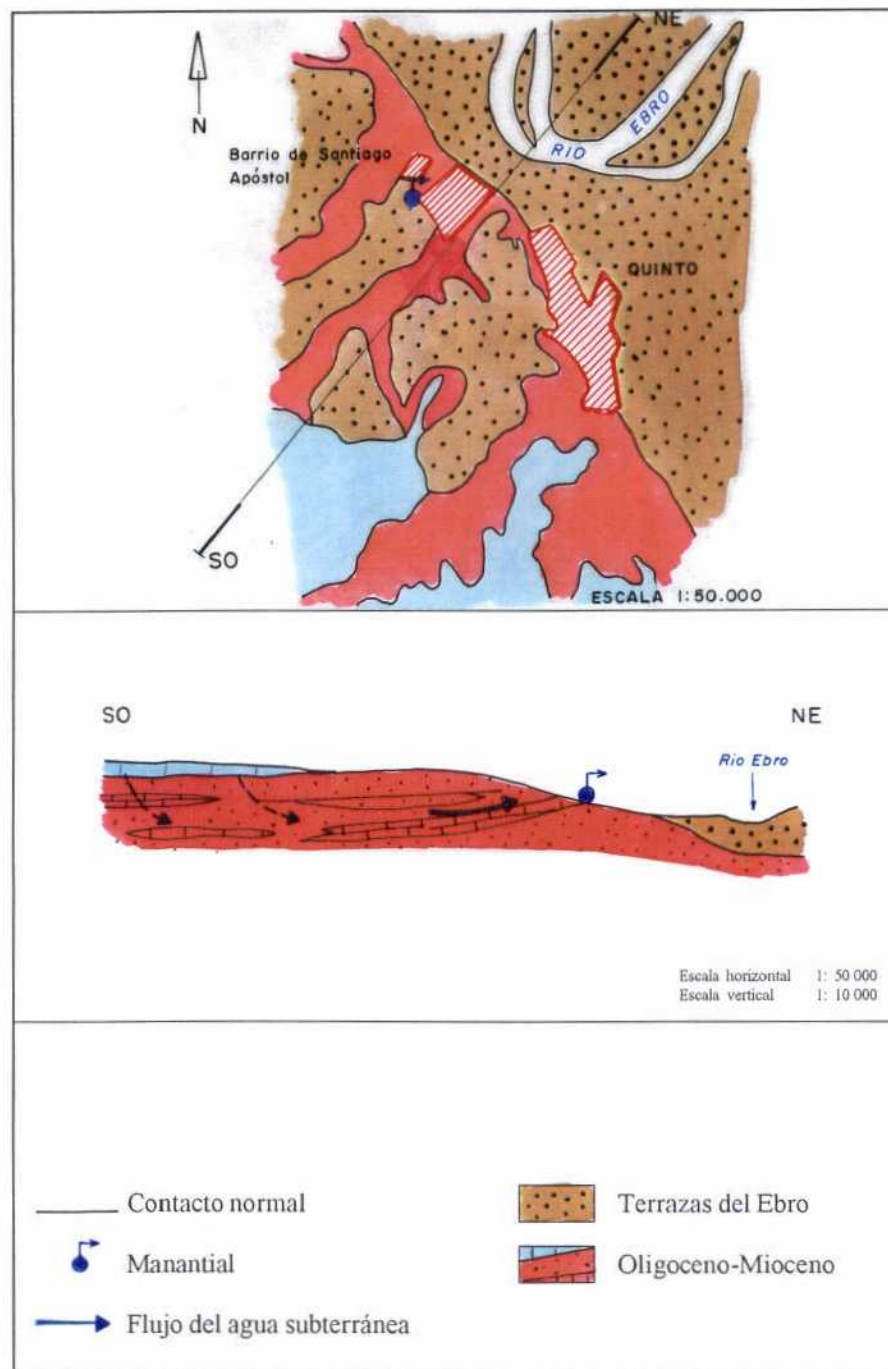
Los manantiales de los "Baños de Quinto" formaban parte de la descarga de una circulación subterránea que tiene lugar a través de los niveles calizos y areniscosos intercalados en las arcillas rojas con yesos del tránsito Oligoceno-Mioceno, que afloran extensamente al SO de Quinto. La recarga del "sistema acuífero" debe producirse por infiltración diferida a través de las formaciones calizas que cubren la formación arcillosa. La permeabilidad media del acuífero debe ser baja y condicionar un tiempo de residencia relativamente elevado en el subsuelo. La descarga general del sistema se produce hacia el cauce del río Ebro, sector topográficamente más deprimido de toda la zona.

Según las reseñas históricas, la descarga de los dos manantiales, aunque muy escasa, no sufría variaciones apreciables. Parece lógico que el régimen de descarga sea sensiblemente constante dada la extensión y el hidrodinamismo de las formaciones "acuíferas", que debe condicionar una circulación subterránea a cierta profundidad y muy lenta, a través de un acuífero de baja permeabilidad media.

En la fig. IV.3.50 se incluyen un esquema y corte hidrogeológico de detalle de los alrededores de la "Fuente del Baño" de Quinto.

#### **15.1.3. Localización y características de la "Fuente del Baño" de Quinto**

La actual "Fuente del Baño" de Quinto es una fuente situada en un muro de contención situado en la parte más alta del grupo de viviendas Santiago Apóstol. La captación debe estar acondicionada



**FIG. IV.3.50**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA15: BAÑOS DE QUINTO  
ESQUEMA Y CORTE HIDROGEOLÓGICO DE DETALLE**

#### **15.1.4. Características hidrogeoquímicas del agua subterránea**

La descripción que se incluye a continuación se apoya en los resultados de las determinaciones fisicoquímicas "in situ" y los análisis efectuados por el ITGE sobre la muestra tomada en el marco del EAMA, el día 14/3/1993. A pesar del nulo interés que como explotación tiene el manantial, se tomó la muestra ante la sospecha fundada de existencia de contaminación en el agua, hecho confirmado por el análisis, como se describe a continuación.

##### **a. Parámetros fisicoquímicos**

Los parámetros fisicoquímicos determinados "in situ" indican una descarga fría que presenta una temperatura de emergencia de 13,1 °C. El agua surge en condiciones oxidantes normales (Eh positivo, de 295,7 mV), con pH básico (7,883) y alto contenido de oxígeno disuelto (9,6 ppm), que indica una circulación subterránea somera, o bien una oxigenación en la zona de descarga.

##### **b. Mineralización e iones mayoritarios**

La conductividad eléctrica (4 310  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en campo, y 4 520  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en laboratorio) y el residuo seco a 110 °C (3 899 mg/l) reflejan una mineralización fuerte del agua de la "Fuente del Baño o de la Salud" de Quinto.

Entre los cationes, predomina de forma clara el calcio (616 ppm), por encima del nivel guía de la RTS de 1990, fijado en **100 ppm**, con presencia muy importante de magnesio (151 ppm), sodio (261 ppm) y, sobre todo, potasio (113 ppm), los tres muy por encima de los niveles de tolerancia respectivos, **50, 150 y 12 ppm**, admitidos por la RTS vigente.

Los aniones mayoritarios son los sulfatos (1 910 ppm), muy por encima de la concentración máxima admisible (**250 ppm**) según la RTS. Siguen en importancia los cloruros (466 ppm), los nitratos (170 ppm) y los bicarbonatos (137 ppm). Tanto los sulfatos, como los nitratos están presentes en concentraciones

que sobrepasan los máximos admisibles según la RTS (**250 y 50 ppm**, respectivamente).

Los muy elevados niveles de nitratos y potasio, y la presencia de amoníaco en campo, indican una contaminación antrópica fuerte (abonos agrícolas, aguas residuales, etc.).

En la fig. IV.3.51 se ha representado de forma gráfica la facies del agua muestreada, mediante un clásico diagrama de Piper en el que se observa una facies sulfatada cálcica, reflejo del carácter evaporítico predominante de los materiales del Mioceno del valle del Ebro.

#### **c. Otros componentes**

Entre las especies minoritarias están presentes el manganeso (23 µg/l), el plomo (72 µg/l) y el boro (190 µg/l), en concentraciones inferiores al nivel guía que la normativa vigente admite para las aguas potables de consumo público y para las *aguas minerales* embotellables, excepto el plomo, cuyo contenido excede del máximo admisible en el agua corriente (**50 µg/l**).

Las radiactividades  $\alpha$  ( $0,802 \pm 0,302$  Bq/l) y  $\beta$  ( $3,861 \pm 0,231$  Bq/l) de las aguas muestreadas están muy por encima de los niveles guía respectivos (**0,1 y 1 Bq/l**) indicados en la reglamentación vigente.

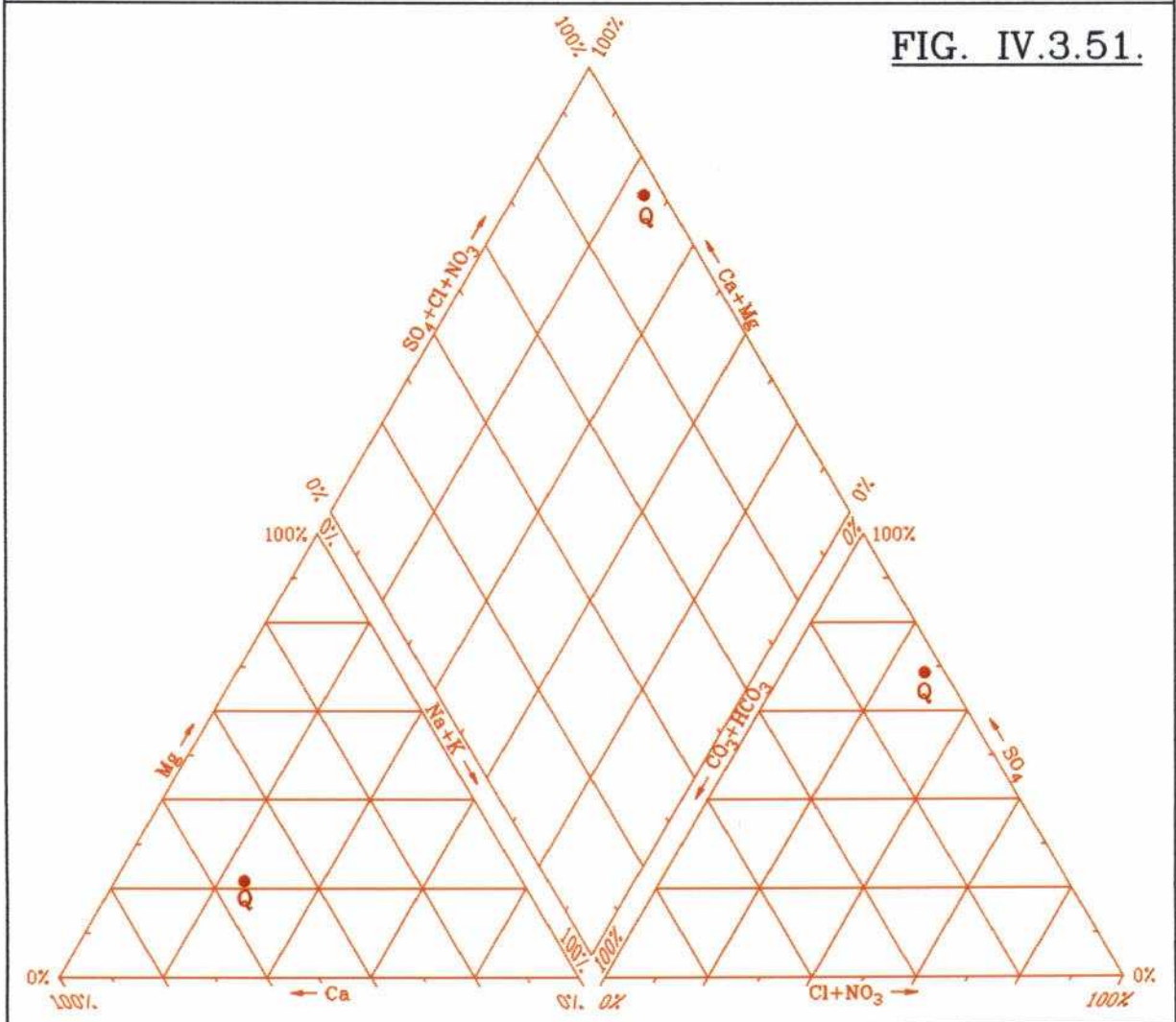
La presencia notable de sílice (50,4 ppm) es achacable a la existencia de depósitos silíceos (conglomerados, fangos, etc.), intercalados en las masas evaporíticas del Mioceno.

#### **15.1.5. Valoración de la surgencia**

Aunque existe una tradición entre los habitantes de los alrededores de que se trata de una agua saludable (de ahí la denominación de "Fuente de la Salud"), el agua de dicho manantial no reúne las condiciones necesarias para ser utilizada con fines terapéuticos o industriales, ni siquiera a nivel popular.

ESTUDIO DE LAS AGUAS MINERALES DE ARAGÓN  
 DESCARGA HIDROMINERAL DE LOS BAÑOS DE QUINTO  
 FACIES HIDROQUÍMICAS: DIAGRAMA DE PIPER

Q: "FUENTE DE LA SALUD O DE LOS BAÑOS" DE QUINTO (2916/1/0008)



De hecho, teniendo en cuenta que se trata de la descarga de un acuífero muy vulnerable a la contaminación agrícola, industrial u orgánica por la proximidad de la superficie libre al suelo, y que existen fuentes de contaminación sobre los materiales que constituyen el acuífero (riegos, cementerio, industrias,..), debería recomendarse que no se utilice el agua de la fuente, es más, debería prohibirse su uso. Como ya se ha indicado, el agua presenta unos contenidos de nitratos y potasio que indican inequívocamente la presencia de contaminación en el agua.

## 15.2. BAÑOS DE FONTÉ

Los Baños de Fonté están situados en el cauce del arroyo Regallo, en plena zona regable, a unos 10 km al oeste de Caspe. En la actualidad el manantial está seco, tal vez anulado por aterramiento (hay indicios de circulación de agua intermitente, probablemente cuando hay infiltración por retornos de riego), y las instalaciones balnearias totalmente abandonadas.

En la fig. IV.3.52 se incluye un mapa y un croquis de situación de los Baños de Fonté.

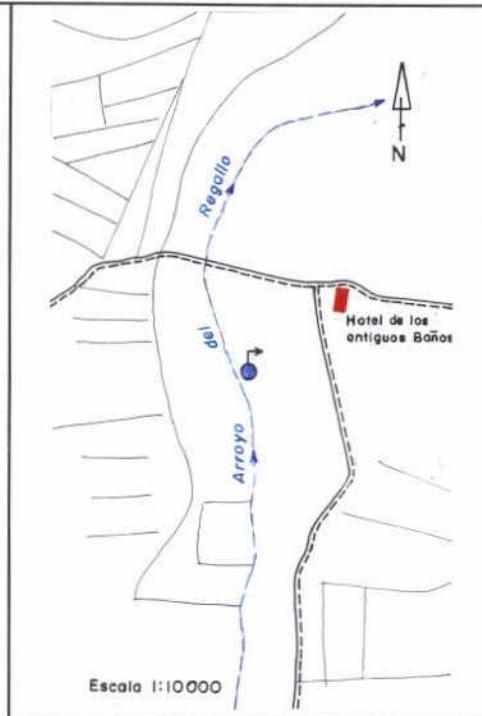
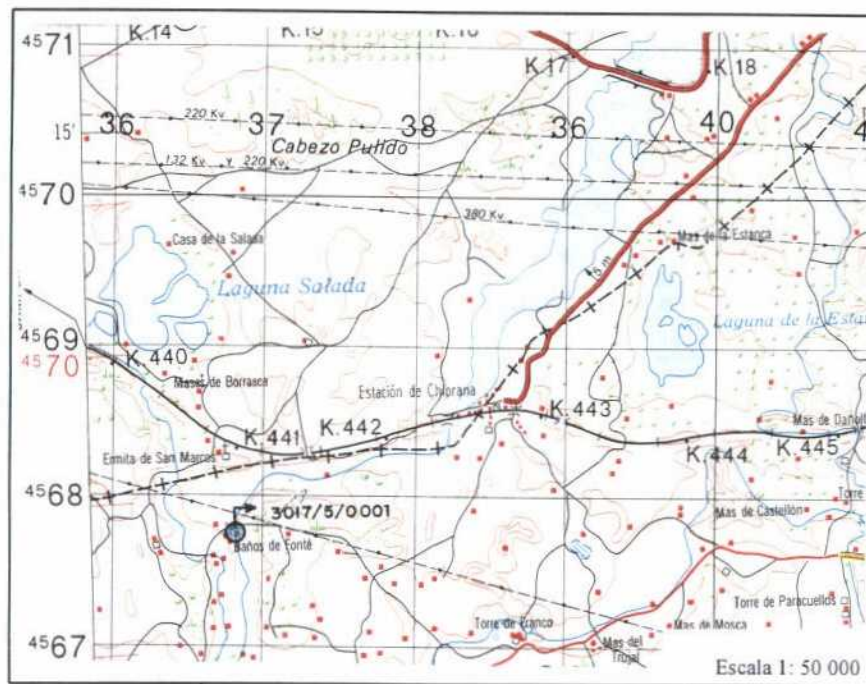
### 15.2.1. Antecedentes históricos

La Gaceta de Madrid de 16/4/1869 recoge una **Nota de la Dirección General de Beneficencia y Establecimientos Penales** en la que se indican "las temporadas en que están abiertos los establecimientos de baños y aguas minerales que han obtenido la declaración de utilidad pública, su concurrencia, nombre de los directores facultativos,...". Entre los establecimientos citados está el de Fonté, con sus aguas clasificadas como salinas acídulas.

Las aguas de Fonté también aparecen en la relación de los manantiales que gozan de declaración de utilidad pública al 15/4/1873 incluida en la "Guía-Manual de Baños y Aguas Minerales destinada al servicio público" de 1873.

El establecimiento, que fue fundado en 1862 por D. Sebastián Velilla e Insa, tuvo escasa importancia, aunque en 1869 ya contaba con instalaciones de baño (bañeras y aparatos de chorro), según se refleja en el "Tratado de Hidrología Médica, con la Guía del Bañista y el Mapa Balneario de España", de Anastasio García López (1869). Estaba compuesto por una casa de baños y un edificio para residencia de los pacientes.

La casa de baños, que aún se conserva, aunque en estado de abandono total, está situada en el borde derecho del cauce del arroyo del Regallo. En la edificación se observan signos de haber sido modificada con posterioridad a su construcción: se añadió un piso en



**FIG. IV.3.52**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA15: BAÑOS DE FONTÉ  
PLANO Y CROQUIS DE SITUACIÓN**

el que se instalaron bañeras (en la fecha de la visita realizada en el EAMA había 4 bañeras de mármol de una pieza y un hogar donde debían calentar el agua).

Tal vez debido a la escasez del agua y a su situación geográfica, el establecimiento no prosperó. En el "Anuario Oficial de las Aguas Minerales de España" de 1890, cuyos autores fueron Mariano Carrete o y Marcial Taboada, se menciona que las instalaciones se encontraban en mal estado y que el uso de las aguas estaba restringido a los vecinos de la zona. Poco después, en la "Guía Ilustrada de las aguas Minerales de España", de Ricardo Puerta Escolar (1896), se informa del cierre del establecimiento, que no debió reabrirse posteriormente.

En la zona alta de la margen derecha del cauce, se conserva el gran edificio del hotel donde se hospedaban los agüistas, que recorrían a pie el camino hasta la casa de baños, unos 400 m, para efectuar los tratamientos. El edificio destaca en medio de un paraje árido y barrido por el viento, que no invita para nada a la actividad balnearia clásica.

En los años 70, se inició un expediente de solicitud de clasificación como agua minero-medicinales de las aguas de Fonté, que fue renunciado por los interesados según un escrito de fecha 25/6/74 de la Jefatura Provincial de Sanidad de Zaragoza.

#### **15.2.2. Características hidrogeológicas del sistema acuífero que da lugar a la surgencia de los Baños de Fonté**

El manantial de los Baños de Fonté debía ser una descarga del "acuífero" formado por los materiales de arcillas, areniscas y calizas, con intercalaciones evaporíticas, del Oligoceno del valle del Ebro. La recarga se produciría por infiltración de lluvia útil sobre los afloramientos del "acuífero". La permeabilidad media del acuífero debe ser baja y condicionar un tiempo de residencia relativamente elevado en el subsuelo. La descarga general del sistema se produciría en el fondo de valle (zona topográficamente más favorable) hacia el pequeño acuífero albergado en el relleno aluvial (arenas, limos y arcillas) del cauce del arroyo de Regallo, excavado en los materiales oligocenos,

que es el sector topográficamente más deprimido de toda la zona.

El régimen de la descarga debe ser variable en función del de recarga, que está ligado básicamente a las precipitaciones sobre los afloramientos de areniscas y calizas del Oligoceno, y a los riegos sobre el pequeño aluvial del arroyo del Regallo.

En la fig. IV.3.52 se incluye un esquema y corte hidrogeológico de detalle de los alrededores de los Baños de Fonté.

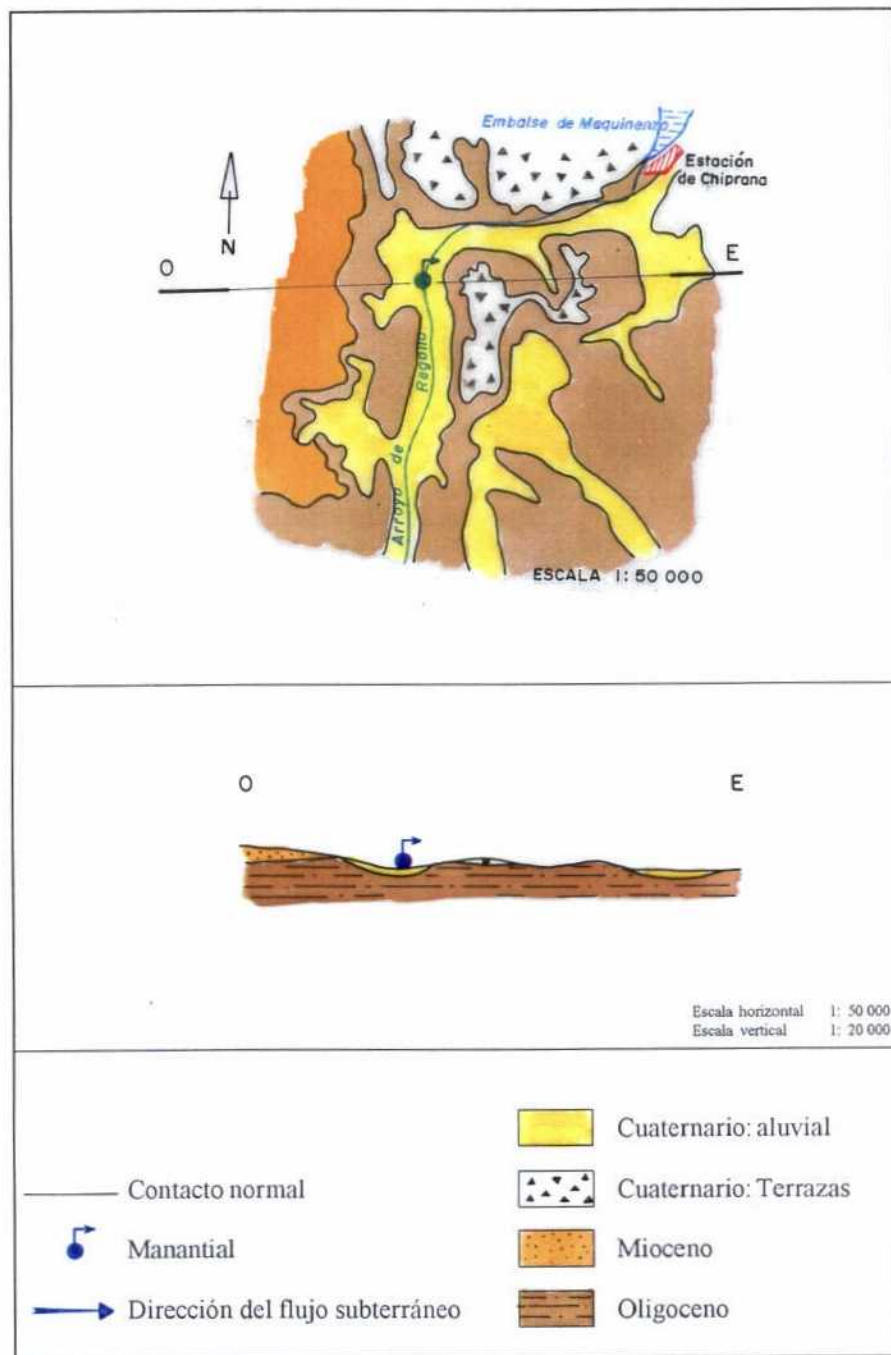
### **15.2.3. Localización y características del manantial de los Baños de Fonté**

El antiguo manantial debía ser una captación longitudinal (galería o zanja drenante cubierta) en el relleno pliocuaternario del cauce del arroyo, que desembocada en el interior de la casa de baños de construcción rústica en piedra que, originalmente, debía ser sólo de planta baja. Aún se observan restos de una canalización de piedra que debía ser el desagüe de la arqueta o pila que recogía el agua captada para facilitar la toma por los agüistas; en la actualidad todo ello está derruido y lleno de escombros. Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 30-17 (442) "Caspe" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X	=	736,825
Y	=	4 567,750
Z	=	130 m s.n.m.

En los reconocimientos realizados durante el EAMA el manantial estaba seco. En publicaciones históricas existen algunas referencias al caudal y la temperatura del manantial de los Baños de Fonté, aunque la mayoría de ellas se limitan a repetir los valores reflejados en el "Anuario Oficial de las Aguas Minerales de España" de M.Ruiz Salazar y otros, publicado en 1877:

$$Q = 3,41 \text{ l/s} \quad t = 13,2 - 13,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$



**FIG. IV.3.53**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA15: BAÑOS DE FONTÉ**  
**ESQUEMA Y CORTE HIDROGEOLOGÍCO DE DETALLE**

### **15.3. LA SULFÚRICA**

La antigua explotación denominada Aguas de Mediana de Aragón está situada en la orilla de la laguna La Salada, unos 4 km al NNO de Mediana de Aragón. En la actualidad todas las instalaciones están abandonadas y en estado ruinoso.

En la fig. IV.3.54 se incluye un mapa y un croquis de situación del desaparecido aprovechamiento de Aguas de Mediana de Aragón.

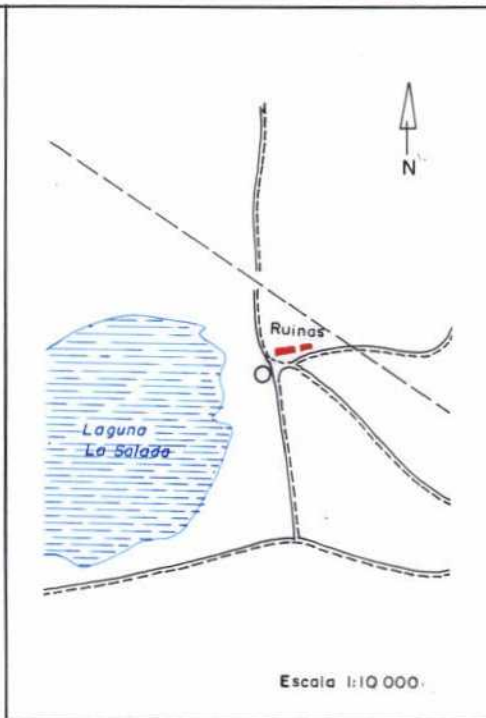
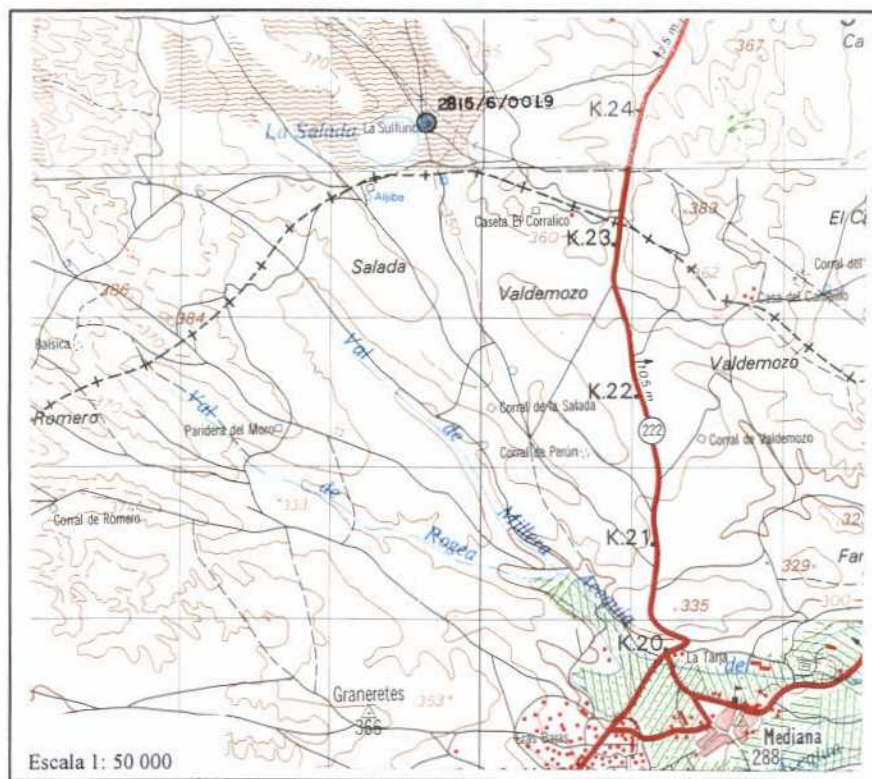
#### **15.3.1. Antecedentes históricos**

En origen era una explotación de agua para obtención de sulfato de sosa, denominada LA SULFÚRICA, que se incorporó a la sociedad anónima AGUAS Y SALES DE MEDIANA DE ARAGÓN. Esta sociedad obtuvo la autorización oficial para envasar el agua del pozo "El Pilar" con la denominación de AGUAS DE MEDIANA DE ARAGÓN por R.O. de 12/11/1902, publicada en la Gaceta de Madrid de 15/11/1902. La declaración llevaba implícita la clasificación como minero-medicinal (ya estaba declarada anteriormente, pero no se dispone de documentación al respecto) y la declaración de utilidad pública del agua.

La Administración no autorizó a edificar un balneario, ni en Mediana, por encontrarse a una distancia excesiva (para la época), más de 6 km, del manantial, ni consideró oportuno edificarlo en el lugar de las captaciones debido a la carencia de agua potable, de vegetación, de medios de transporte, y por su alejamiento de lugares habitados. La sociedad se disolvió por escritura de 30/3/1914.

En la "Guía Oficial de los Balnearios Españoles y Aguas Minero-Medicinales de España" de 1942, se remite a la firma Curiel, S.A. para información sobre las aguas de Mediana. Se desconoce cuando cesó la explotación y se abandonaron las instalaciones.

El agua se utilizó para bebida "in situ", para embotellado, con la denominación comercial de AGUAS DE MEDIANA DE ARAGÓN, y para elaboración de sales, por evaporación en pilas de mármol.



**FIG. IV.3.54**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA15: LA SULFÚRICA  
PLANO Y CROQUIS DE SITUACIÓN**

con un depósito, no visible, que recoge el agua interceptada por el muro de contención. El agua sale al exterior por medio de un caño dotado de un resorte de apertura manual que permite la salida del agua, que vierte directamente al alcantarillado del pueblo.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 29-16 (413) "Gelsa" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X	=	708,150
Y	=	4 589,800
Z	=	185 m s.n.m.

Durante los reconocimientos realizados durante el EAMA fue posible efectuar medida de temperatura (el 25/9/93). El valor medido fue de 13,1 °C.

En dicho reconocimiento no se efectuó medida de caudal porque el sistema de salida de agua en la fuente imposibilita cualquier medida fiable del mismo.

En publicaciones históricas existen varias referencias al caudal y la temperatura de los manantiales del Baño Alto (BA) y Baño Bajo (BB), aunque la mayoría de ellas se limitan a repetir datos anteriores. A título informativo se incluyen los siguientes valores:

	t = 16,8 - 21,25 °C	[1]
Q = 0,015 l/s (BA y BB)	t = 18 - 20 °C	[2]
Q = 0,03 l/s (BA); 0,23 l/s (BB)	t = 17 - 20 °C	[3]
Q = 0,15 l/s (BA)		[4]
Q = 0,48 y 0,5 l/s (?)		[5]

- [1] **Memoria de las Aguas Minerales de Quinto.** Carlos Viñolas; Madrid, 1854.  
[2] **Anuario de la Hidrología Médica Española.** Marcial Taboada; Madrid, 1870.  
[3] **Anuario Oficial de las Aguas Minerales de España.** M. Ruiz Salazar y otros; Madrid, 1877.  
[4] **Anuario Oficial de las Aguas Minerales de España.** Anastasio García López y otros.; Madrid, 1883.  
[5] **Guía Oficial de las Aguas Minero-Medicinales y Establecimientos Balnearios de España. Temporada 1908.** Carlos Menéndez Fernández; Madrid, 1877.

### **15.3.2. Características hidrogeológicas del sistema acuífero captado por el aprovechamiento de Aguas y Sales de Mediana de Aragón**

El agua salada (la consideración de dulce que se daba al agua del tercer pozo debe ser relativa) captada por los tres pozos debía ser la acumulada en los materiales de cubierta de fondo de valle (cantos, limos yesíferos y arcillas) que rodean a la laguna y en las arenas que forman parte de los sedimentos de la misma. La recarga del conjunto "acuífero" debía ser la lluvia, ya que no parece verosímil una recarga por circulación vertical ascendente desde los niveles carbonatados del Jurásico que dan lugar a la descarga termal de la "Fuente de la Magdalena" (2816/2/0001).

En la fig. IV.3.55 se incluye un esquema y corte hidrogeológico de detalle de los alrededores de la explotación.

### **15.3.3. Localización y características de las captaciones de Aguas de Mediana de Aragón**

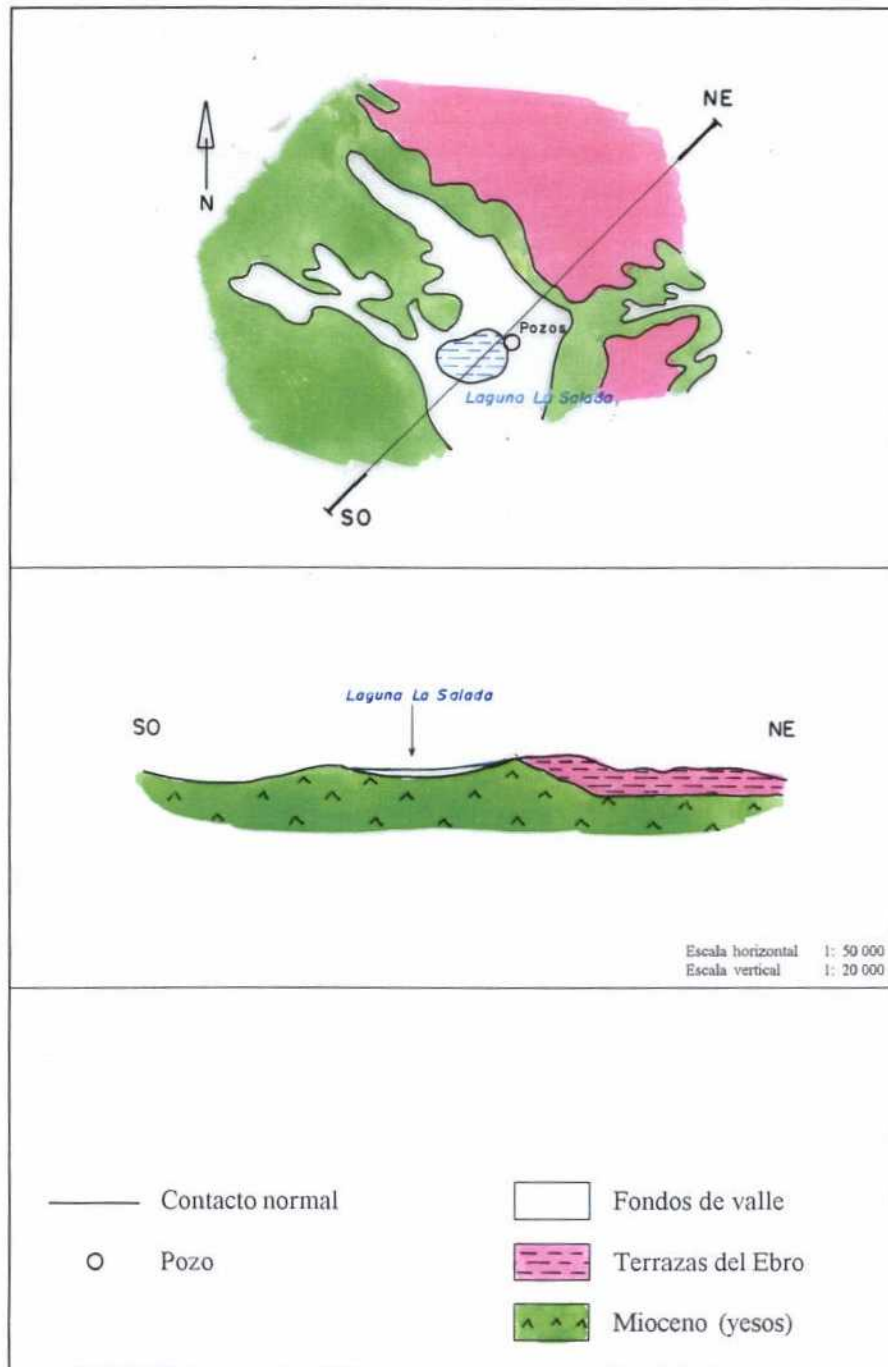
Según la información disponible, en los tiempos de explotación del agua, además de las instalaciones de producción de sales, existían 3 pozos. En la actualidad (3/10/92) todas las instalaciones están abandonadas, los pozos enterrados y la laguna seca (es posible que en periodos lluviosos sí tenga agua).

El conjunto se ha situado en un punto cuyas coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas, deducidas de la hoja 28-15 (384) "Fuentes de Ebro" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X	=	689,625
Y	=	4 597,275
Z	=	350 m s.n.m.

Según las referencias bibliográficas y administrativas consultadas, la captación de agua se realizaba mediante 3 pozos:

- El pozo "Mediana", que, según se apreció en la visita realiza-



**FIG. IV.3.55**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA15: LA SULFÚRICA  
ESQUEMA Y CORTE HIDROGEOLÓGICO DE DETALLE**

da, parecía estar en el interior de un templete circular o poligonal. Se supone que para bebida del agua "in situ".

- El pozo "Pilar", cuya agua se envasaba con fines terapéuticos y se utilizaba también para la producción de sales.
- Un pozo de agua dulce (posiblemente menos salada que la de los otros dos pozos), que se usaba para regar un pequeño huerto.

## **15.4. FITA SANTA FE**

La hoy abandonada explotación Agua Fita Santa Fe está situada a unos 10 km al SOS de Zaragoza, a 750 m de la carretera Zaragoza-Valencia, a la altura de la localidad de Cadrete. En la actualidad todas las instalaciones están abandonadas y en estado semirruinoso.

En la fig. IV.3.56 se incluye un mapa y un croquis de situación del antiguo aprovechamiento de Agua Fita Santa Fe.

### **15.4.1. Antecedentes históricos**

El agua de Fita Santa Fe estaba clasificada como minero-medicinal por decreto de 27/4/1940, según figura en la etiqueta de las botellas.

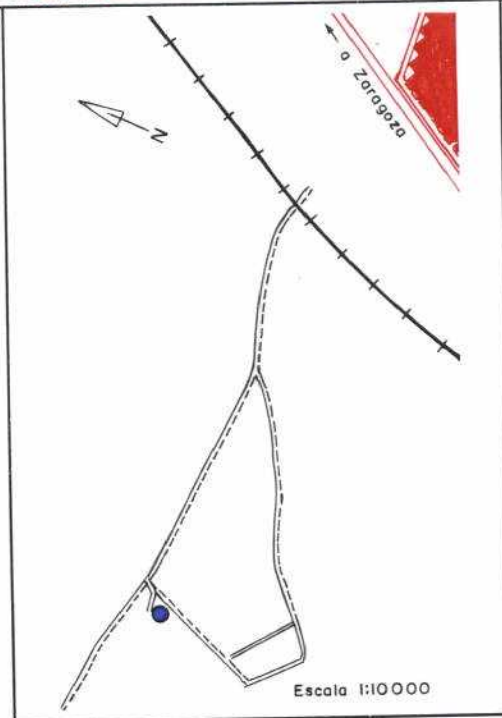
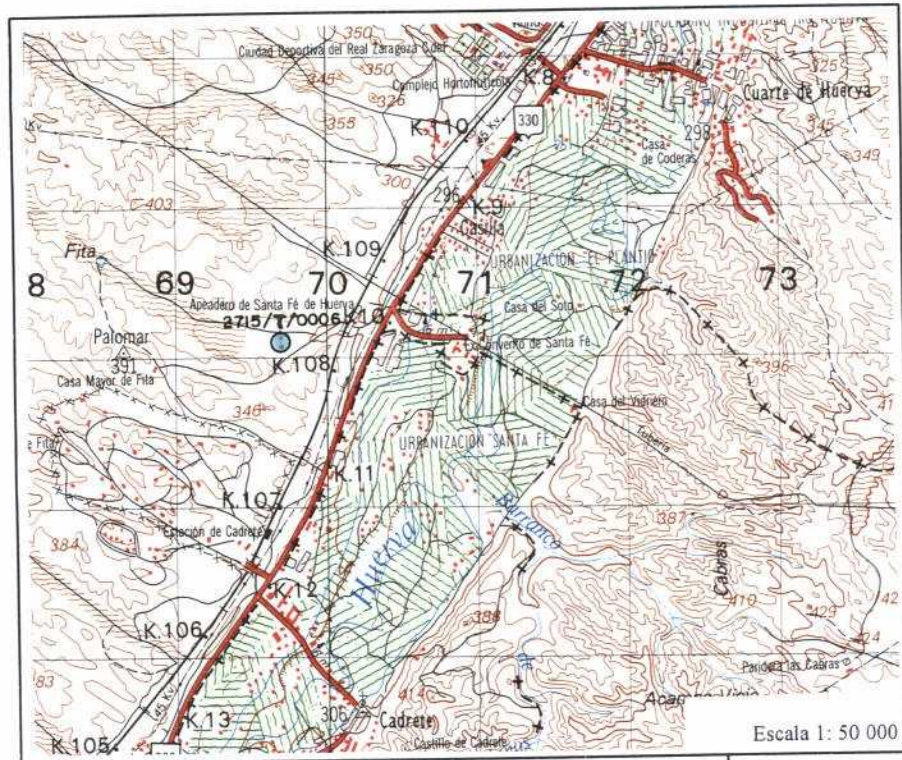
La explotación consistió exclusivamente en el embotellado del agua como AGUA MINERAL, NATURAL, PURGANTE, SÓDICO-MAGNÉSICA que, en tiempos pasados, gozó de gran difusión y prestigio como laxante y purgante; en 1941 recibió el primer premio en el Congreso Nacional de Medicina de Madrid

Las instalaciones del aprovechamiento estaban compuestas por dos edificios, uno, que albergaba la captación (un pozo) y el dispositivo de elevación del agua (una pequeña bomba de émbolo aspirante, movida a mano por medio de un volante y manivela), y otro, en el que estaban situadas las instalaciones de filtrado y embotellado del agua, y era utilizado también como almacén y oficinas.

Se desconoce la fecha en que cesó la explotación del Agua Fita Santa Fe.

### **15.4.2. Características hidrogeológicas del sistema acuífero captado por el aprovechamiento de Agua Fita Santa Fe**

El agua, prácticamente una salmuera, captada por el pozo de la explotación de agua "Fita Santa Fe" corresponde a un pequeño "acuífero" albergado en materiales de relleno (cantos, limos yesíferos y arcillas) de un fondo de valle de poco espesor, excavado en los



**FIG. IV.3.56**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA15: AGUA FITA SANTA FE  
PLANO Y CROQUIS DE SITUACION**

materiales yesíferos tabulares del Mioceno. La recarga del acuífero tiene lugar por infiltración de lluvia útil, que en buena parte se acumula en la superficie del fondo de valle formando una zona encharcada (no llega a la categoría de laguna), y la descarga se produce actualmente por evaporación.

En la fig. IV.3.57 se incluye un esquema y corte hidrogeológico de detalle de los alrededores de la explotación del Agua Fita Santa Fe.

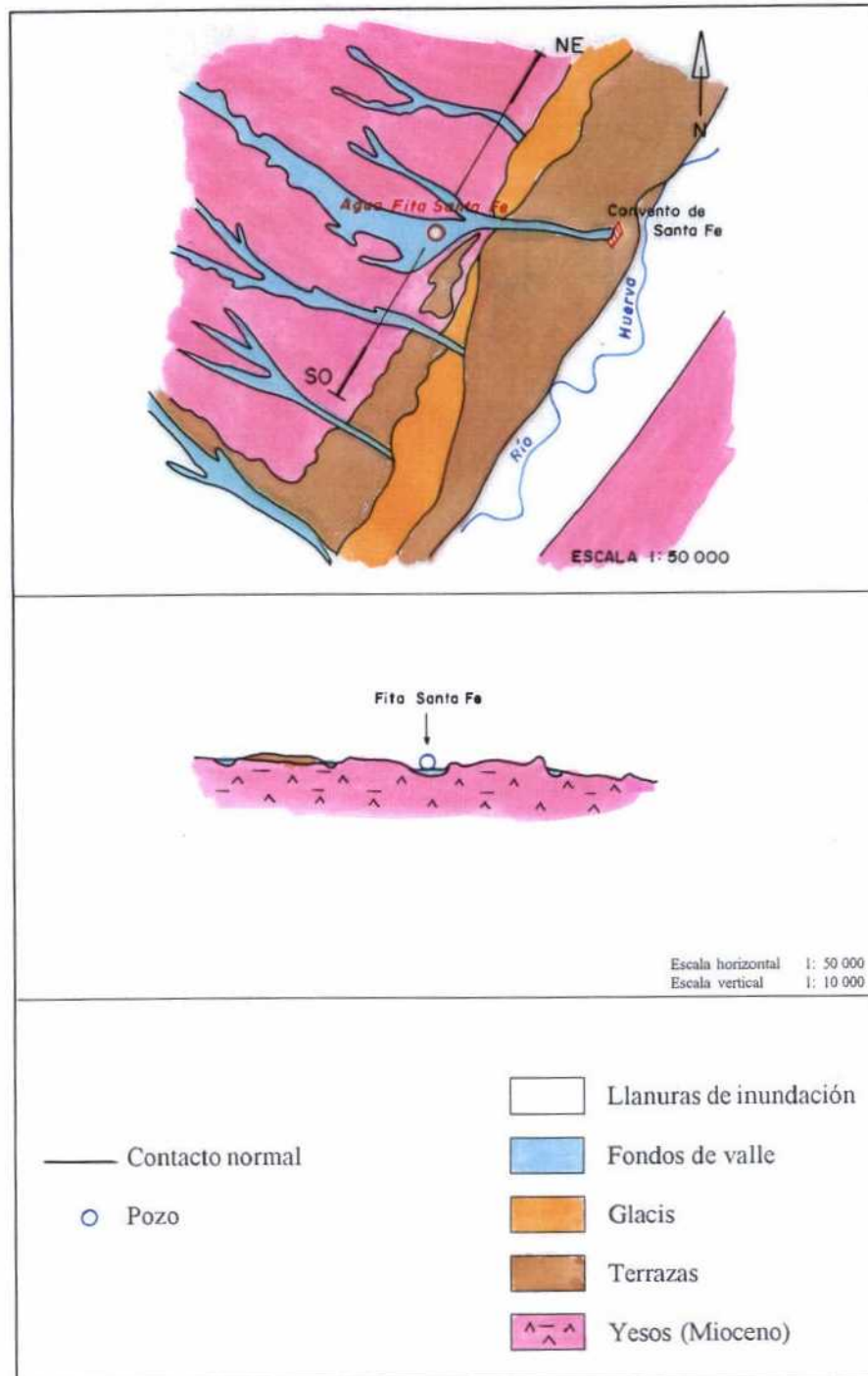
#### **15.4.3. Localización y características de la captación de Agua Fita Santa Fe**

La captación de agua de la antigua explotación de Agua Fita Santa Fe era un pozo de 6 m de diámetro y unos 13 m de profundidad, situado en el interior de una edificación rectangular de 8,2 x 3,7 m en la que se observan restos de las instalaciones de elevación y embotellado del agua. En la actualidad el sótano del edificio está inundado por el rebosamiento del agua en el pozo, de modo que forma una especie de pozo-depósito de planta irregular (aproximadamente 4 x 3,7 m). Unas decenas de metros aguas arriba de las edificaciones existe una charca, seca cuando se efectuó el reconocimiento de campo, y una zona de vegetación, que indica existencia de humedad en el subsuelo.

Las coordenadas UTM (en la zona 30 T) y la cota absoluta aproximadas de su emplazamiento, deducidas de la hoja 27-15 (383) "Zaragoza" del Mapa General de España a escala 1: 50 000, son:

X	=	669,700
Y	=	4 605,125
Z	=	313 m s.n.m.

Durante uno los reconocimientos realizados durante el EAMA, el día 3/10/1992 fue posible efectuar medida de temperatura y conductividad del agua acumulada en el sótano del edificio en el que está situado el antiguo pozo. Los valores medidos fueron los siguientes:



**FIG. IV.3.57**

**ESTUDIO DE DETALLE ZA15: FITA SANTA FE**  
**ESQUEMA Y CORTE HIDROGEOLÓGICO DE DETALLE**

$$C = 72\,300 \mu\text{S/cm} \quad t = 16,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

En un informe sobre el estado de la captación realizado por el Distrito Minero de Zaragoza el 27/5/1949 a solicitud del propietario de la explotación, D. Luis Soláns Alaman, se indica que según el aforo oficial realizado con motivo de la declaración de utilidad pública de las aguas de Fita Santa Fe, se aforó un caudal de 0,02993 l/s y se midió una temperatura del agua de 12,5 °C.

