

CONVENIO: *ACUERDO ESPECÍFICO DE COOPERACIÓN PARA LOS AÑOS 2004, 2005 Y 2006 ENTRE EL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA Y LA EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ALICANTE.*

PROYECTO: *ACTUALIZACIÓN Y MEJORA DEL CONOCIMIENTO HIDROGEOLÓGICO Y FUNCIONAMIENTO DE LOS ACUÍFEROS DE ALICANTE.*

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 08.47 (PEÑÓN-MONTGÓ-BERNIA). 2º FASE

INFORME	Identificación:
	Fecha: Diciembre de 2007
TÍTULO: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 08.47 (PEÑÓN-MONTGÓ-BERNIA). 2ª FASE.	
PROYECTO: ACTUALIZACIÓN Y MEJORA DEL CONOCIMIENTO HIDROGEOLÓGICO Y FUNCIONAMIENTO DE LOS ACUÍFEROS DE ALICANTE.	
<p>RESUMEN:</p> <p>La unidad hidrogeológica 08.47 Peñón-Montgó-Bernia está constituida por quince acuíferos. La mayor parte de ellos están constituidos por materiales carbonatados, fundamentalmente cretácicos, y dos de ellos son acuíferos cuaternarios. El tamaño de los acuíferos es muy variable, desde 0.05 km² del acuífero de Olivereta a 285 km² del de la Depresión de Benisa.</p> <p>La recarga a los acuíferos se realiza fundamentalmente por infiltración directa de agua de lluvia, aunque en algunos acuíferos son muy importante las transferencias laterales o conexiones a cursos de agua superficial. Actualmente la descarga se produce sobre todo por bombeos, aunque las salidas al mar, las salidas laterales y los manantiales constituyen gran parte de la descarga en algunos acuíferos.</p> <p>En la actualidad la mayor parte de los acuíferos presentan un volumen de explotación apropiado, aunque puntualmente se producen fenómenos de intrusión marina asociada a concentraciones de pozos en una zona reducida, además de a las características intrínsecas de los acuíferos.</p>	
Revisión Nombre: Unidad: Fecha:	Autores: IGME, DPA, EPTISA Responsable: Bruno J. Ballesteros Navarro

El proyecto de investigación, cuyos resultados se exponen en este informe, ha sido realizado por el INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA en convenio con la EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ALICANTE, actuando EPTISA SERVICIOS DE INGENIERÍA S A. como empresa consultora. En su elaboración ha participado el siguiente equipo técnico:

Bruno J. Ballesteros Navarro. IGME. Dirección y supervisión

Luis Rodríguez Hernández. DPA. Dirección y supervisión

Juan Antonio Hernández Bravo. DPA

Julio López Gutiérrez. IGME

Miguel Fernández Mejuto DPA

Olga García Menéndez. IGME

Elisabeth Díaz Losada. IGME

Silverio Casas Ruiz. EPTISA

Begoña García Pardo. EPTISA

María Teresa Maestro Salmerón. EPTISA

Antonio Pineda Velasco. EPTISA

Loreto Ruiz Herrero. EPTISA

Julián Sobrino del Moral. EPTISA

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	ANTECEDENTES	4
3.	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS FISIOGRÁFICOS	5
4.	INFRAESTRUCTURA GEOLÓGICA.....	7
4.1.	SITUACIÓN GEOLÓGICA.....	7
4.1.1.	Los grandes dominios paleogeográficos y estructurales de las Cordilleras Béticas.....	7
4.1.2.	Estructura general de las Cordilleras Béticas	11
4.1.3.	Evolución y formación de las Cordilleras Béticas	12
4.2.	RASGOS GEOLÓGICOS GENERALES.....	13
4.2.1.	La serie estratigráfica	13
4.2.2.	Las estructuras	16
4.2.3.	Posible estructura y funcionamiento tectónicos de conjunto.....	19
5.	CLIMATOLOGÍA	20
5.1.	ESTACIONES METEOROLÓGICAS	20
5.2.	EVOLUCIÓN PLUVIOMÉTRICA	22
6.	DEFINICIÓN DE ACUÍFEROS	22
6.1.	CARTOGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA.....	22
6.2.	ACUÍFEROS DE LA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 08.47	24
6.3.	MASAS DE AGUA	27
7.	INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.....	27
8.	REDES DE CONTROL	28
9.	HIDROQUÍMICA	28
9.1.	MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA	29
9.2.	CAMPAÑA DE MUESTREO HIDROQUÍMICO Y REALIZACIÓN DE ANÁLISIS <i>IN SITU</i>	30
9.3.	ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	31
9.3.1.	Análisis históricos de redes de control: información existente	31

9.3.2.	Determinaciones analíticas.....	33
9.3.3.	Laboratorios.....	33
9.3.4.	Control de calidad analítica: error analítico	34
9.4.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	35
9.4.1.	Caracterización hidroquímica general	36
9.4.2.	Isótopos estables ¹⁸ O y ² H	40
9.5.	APTITUD DE LAS AGUAS PARA DISTINTOS USOS.....	44
9.5.1.	Abastecimiento	44
9.5.2.	Aptitud de las aguas para regadío	45
9.6.	INTRUSIÓN MARINA	46
9.7.	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA.....	47
10.	DESCRIPCIÓN DE ACUÍFEROS.....	48
10.1.	ACUÍFERO DE COCOLL.....	48
10.1.1.	Introducción y antecedentes del acuífero de Cocoll.....	48
10.1.2.	Litología y geometría del acuífero de Cocoll.....	49
10.1.3.	Piezometría del acuífero de Cocoll.....	54
10.1.4.	Uso del agua del acuífero de Cocoll	55
10.1.5.	Funcionamiento hidráulico y balance del acuífero de Cocoll	55
10.1.6.	Hidroquímica del acuífero de Cocoll	55
10.1.7.	Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Cocoll	57
10.2.	ACUÍFERO DEL NEOCOMIENSE DE PARCENT	59
10.2.1.	Introducción y antecedentes del acuífero de Parcent	59
10.2.2.	Litología y geometría del acuífero de Parcent	60
10.2.3.	Piezometría del acuífero de Parcent	64
10.2.4.	Uso del agua del acuífero de Parcent	68
10.2.5.	Funcionamiento hidráulico y balance del acuífero de Parcent.....	69
10.2.6.	Hidroquímica del acuífero de Parcent.....	69
10.2.7.	Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Parcent.....	78
10.3.	ACUÍFERO DE PEÑÓN	80
10.3.1.	Introducción y antecedentes del acuífero de Peñón	80
10.3.2.	Litología y geometría del acuífero de Peñón	81

10.3.3.	Piezometría del acuífero de Peñón	83
10.3.4.	Cálculo de la recarga en el acuífero de Peñón.....	87
10.3.5.	Uso del agua del acuífero de Peñón.....	91
10.3.6.	Funcionamiento hidráulico y balance del acuífero de Peñón	93
10.3.7.	Hidroquímica del acuífero de Peñón.....	93
10.3.8.	Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Peñón	101
10.4.	ACUÍFERO DE FONTILLES.....	103
10.4.1.	Introducción y antecedentes del acuífero de Fontilles.....	103
10.4.2.	Litología y geometría del acuífero de Fontilles.....	104
10.4.3.	Piezometría del acuífero de Fontilles.....	108
10.4.4.	Uso del agua del acuífero de Fontilles	108
10.4.5.	Funcionamiento hidráulico y balance hídrico del acuífero de Fontilles.....	108
10.4.6.	Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Fontilles	109
10.5.	ACUÍFERO DE OLIVERETA	111
10.5.1.	Introducción y antecedentes del acuífero de Olivereta.....	111
10.5.2.	Litología y geometría del acuífero de Olivereta.....	112
10.5.3.	Piezometría del acuífero de Olivereta.....	115
10.5.4.	Uso del agua del acuífero de Olivereta	116
10.5.5.	Funcionamiento hidráulico y balance del acuífero de Olivereta	116
10.5.6.	Hidroquímica del acuífero de Olivereta	118
10.5.7.	Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Olivereta	124
10.6.	ACUÍFERO DE ORBA.....	126
10.6.1.	Introducción y antecedentes del acuífero de Orba.....	126
10.6.2.	Litología y geometría del acuífero de Orba.....	127
10.6.3.	Piezometría del acuífero de Orba	129
10.6.4.	Uso del agua del acuífero de Orba	132
10.6.5.	Funcionamiento hidráulico y balance del acuífero de Orba...	133
10.6.6.	Hidroquímica del acuífero de Orba	135
10.6.7.	Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Orba	143
10.7.	ACUÍFERO DE JALÓN	145

10.7.1.	Introducción y antecedentes del acuífero de Jalón.....	145
10.7.2.	Litología y geometría del acuífero de Jalón.....	146
10.7.3.	Piezometría del acuífero de Jalón.....	149
10.7.4.	Uso del agua del acuífero de Jalón	152
10.7.5.	Funcionamiento hidráulico y balance hídrico del acuífero de Jalón.....	152
10.7.6.	Hidroquímica del acuífero de Jalón	153
10.7.7.	Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Jalón.....	160
10.8.	ACUÍFERO DE SEGUILÍ	162
10.8.1.	Introducción y antecedentes del acuífero de Seguilí	162
10.8.2.	Litología y geometría del acuífero de Seguilí	163
10.8.3.	Piezometría del acuífero de Seguilí	165
10.8.4.	Uso del agua del acuífero de Seguilí.....	167
10.8.5.	Funcionamiento hidráulico y balance hídrico del acuífero de Seguilí	167
10.8.6.	Hidroquímica del acuífero de Seguilí	168
10.8.7.	Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Seguilí	174
10.9.	ACUÍFERO DE SOLANA DE LA LLOSA	176
10.9.1.	Introducción y antecedentes del acuífero de Solana de la Llosa.....	176
10.9.2.	Litología y geometría del acuífero de Solana de la Llosa	177
10.9.3.	Piezometría del acuífero de Solana de la Llosa	181
10.9.4.	Uso del agua del acuífero de Solana de la Llosa	186
10.9.5.	Funcionamiento hidráulico y balance hídrico del acuífero de Solana de la Llosa	187
10.9.6.	Hidroquímica del acuífero de Solana de la Llosa	189
10.9.7.	Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Solana de la Llosa	199
10.10.	ACUÍFERO DE CRETÁCICO DEL GIRONA	201
10.10.1.	Introducción y antecedentes del acuífero de Cretácico del Girona	201
10.10.2.	Litología y geometría del acuífero de Cretácico del Girona... ..	201
10.10.3.	Piezometría del acuífero de Cretácico del Girona.....	203
10.10.4.	Uso del agua del acuífero de Cretácico del Girona	207
10.10.5.	Funcionamiento hidráulico y balance hídrico del acuífero de Cretácico del Girona.....	209

10.10.6. Hidroquímica del acuífero de Cretácico del Girona.....	209
10.10.7. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Cretácico del Girona.....	216
10.11. ACUÍFERO DE JESÚS POBRE.....	218
10.11.1. Introducción y antecedentes del acuífero de Jesús Pobre	218
10.11.2. Litología y geometría del acuífero de Jesús Pobre	218
10.11.3. Piezometría del acuífero de Jesús Pobre	221
10.11.4. Uso del agua del acuífero de Jesús Pobre.....	223
10.11.5. Funcionamiento hidráulico y balance hídrico del acuífero de Jesús Pobre	224
10.11.6. Hidroquímica del acuífero de Jesús Pobre.....	225
10.11.7. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Jesús Pobre	231
10.12. ACUÍFERO DE MONTGÓ-DENIA	233
10.12.1. Introducción y antecedentes del acuífero de Montgó-Denia	233
10.12.2. Litología y geometría del acuífero de Montgó-Denia	234
10.12.3. Piezometría del acuífero de Montgó-Denia	239
10.12.4. Uso del agua del acuífero de Montgó-Denia	242
10.12.5. Funcionamiento hidráulico y balance hídrico del acuífero de Montgó-Denia	243
10.12.6. Hidroquímica del acuífero de Montgó-Denia	244
10.12.7. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Montgó-Denia	253
10.13. ACUÍFERO DE JÁVEA.....	255
10.13.1. Introducción y antecedentes del acuífero de Jávea	255
10.13.2. Litología y geometría del acuífero de Jávea	256
10.13.3. Piezometría del acuífero de Jávea	260
10.13.4. Uso del agua del acuífero de Jávea.....	263
10.13.5. Funcionamiento hidráulico y balance hídrico del acuífero de Jávea	264
10.13.6. Hidroquímica del acuífero de Jávea.....	265
10.13.7. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Jávea	274
10.14. ACUÍFERO DE LA DEPRESIÓN DE BENISA.....	276
10.14.1. Introducción y antecedentes del acuífero de la Depresión de Benisa.....	276

10.14.2. Litología y geometría del acuífero de la Depresión de Benisa	281
10.14.3. Piezometría del acuífero de la Depresión de Benisa.....	287
10.14.4. Uso del agua del acuífero de la Depresión de Benisa	293
10.14.5. Funcionamiento hidráulico y balance hídrico del acuífero de la Depresión de Benisa.....	295
10.14.6. Hidroquímica del acuífero de la Depresión de Benisa	296
10.14.7. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de la Depresión de Benisa	306
10.15. ACUÍFERO DE BERNIA.....	308
10.15.1. Introducción y antecedentes del acuífero de Bernia.....	308
10.15.2. Litología y geometría del acuífero de Bernia.....	308
10.15.3. Piezometría del acuífero de Bernia.....	311
10.15.4. Uso del agua del acuífero de Bernia	314
10.15.5. Funcionamiento hidráulico y balance hídrico del acuífero de Bernia.....	315
10.15.6. Hidroquímica del acuífero de Bernia.....	315
10.15.7. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Bernia.....	322
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	324
11.1. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO	324
11.2. RECOMENDACIONES PARA LA ORDENACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN.....	324

TABLAS

Tabla 5.1.1	Resumen de datos climáticos de la U.H. 08.47	20
Tabla 6.1.1	Grado y tipo de permeabilidad en las unidades hidroestratigráficas	23
Tabla 6.3.1	Correspondencia entre acuíferos y masas de agua en la U.H. 08.47	27
Tabla 9.1.1	Relación de puntos de agua muestreados en enero de 2007 en Peñón-Montgó ...	29
Tabla 9.3.1	Puntos de la red de control de calidad de la unidad 08.47	33
Tabla 9.3.2	Errores analíticos de las muestras de agua subterránea	35
Tabla 9.4.1	Resultados analíticos proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.....	37
Tabla 9.4.2	Resultados analíticos de $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$, conductividad de las aguas muestreadas y cotas topográficas de los puntos de muestreo.....	40
Tabla 9.4.3	Resultados analíticos de $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ de las aguas muestreadas en 2004-2005	41
Tabla 9.4.4	Resultados analíticos de $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ y exceso de deuterio de las aguas muestreadas.....	42
Tabla 9.5.1	Aptitud de las aguas subterráneas analizadas en Peñón-Montgó para abastecimiento humano.....	45
Tabla 10.1.1	Puntos de agua en el acuífero de Cocoll.....	54
Tabla 10.1.2	Balance hídrico en el acuífero de Cocoll	55
Tabla 10.1.3	Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Cocoll	56
Tabla 10.2.1	Puntos de agua en el acuífero de Parcent	64
Tabla 10.2.2	Balance hídrico en el acuífero de Parcent	69
Tabla 10.2.3	Relación de puntos de agua muestreados en enero de 2007 en Parcent.	70
Tabla 10.2.4	Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Parcent.....	70
Tabla 10.2.5	Errores analíticos de las muestras de agua subterránea en el acuífero de Parcent	71
Tabla 10.2.6	Resultados analíticos de Parcent proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.....	73

Tabla 10.2.7 Aptitud de las aguas subterráneas analizadas en Parcent para abastecimiento humano	76
Tabla 10.3.1 Puntos de agua en el acuífero de Peñón	83
Tabla 10.3.2 Parámetros utilizados en el programa BALAN en Peñón.....	89
Tabla 10.3.3 Valores de recarga obtenidos mediante Visual Balan para el acuífero de Peñón ..	91
Tabla 10.3.4 Balance hídrico en el acuífero de Peñón.....	93
Tabla 10.3.5 Puntos de agua muestreados en enero de 2007 en Peñón.....	94
Tabla 10.3.6 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Peñón.....	94
Tabla 10.3.7 Error analítico de las muestras de agua subterránea en el acuífero de Peñón	96
Tabla 10.3.8 Resultados analíticos de Peñón proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.....	97
Tabla 10.3.9 Aptitud del agua subterránea analizada en Peñón para abastecimiento humano	100
Tabla 10.4.1 Puntos de agua en el acuífero de Fontilles	108
Tabla 10.4.2 Balance hídrico en el acuífero de Fontilles	109
Tabla 10.5.1 Puntos de agua en el acuífero de Olivereta	115
Tabla 10.5.2 Balance hídrico en el acuífero de Olivereta.....	117
Tabla 10.5.3 Punto de agua muestreado en enero de 2007 en Olivereta.....	118
Tabla 10.5.4 Error analítico de la muestra de agua subterránea en el acuífero de Olivereta ...	118
Tabla 10.5.5 Resultados analíticos de Olivereta proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.....	119
Tabla 10.5.6 Aptitud del agua subterránea analizada en Olivereta para abastecimiento humano	122
Tabla 10.6.1 Puntos de agua en el acuífero de Orba	129
Tabla 10.6.2 Balance hídrico en el acuífero de Orba.....	135
Tabla 10.6.3 Relación de puntos de agua muestreados en enero de 2007 en Orba	135
Tabla 10.6.4 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Orba.....	136

Tabla 10.6.5 Errores analíticos de las muestras de agua subterránea en el acuífero de Orba .	137
Tabla 10.6.6 Resultados analíticos de Orba proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.....	138
Tabla 10.6.7 Aptitud de las aguas subterráneas analizadas en Orba para abastecimiento humano	141
Tabla 10.7.1 Puntos de agua en el acuífero de Jalón.....	150
Tabla 10.7.2 Balance hídrico en el acuífero de Jalón	153
Tabla 10.7.3 Relación de puntos de agua muestreados en enero de 2007 en Jalón.....	153
Tabla 10.7.4 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Jalón	154
Tabla 10.7.5 Error analítico de la muestra de agua subterránea en el acuífero de Jalón	155
Tabla 10.7.6 Resultados analíticos de Jalón proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.....	156
Tabla 10.7.7 Aptitud de las aguas subterráneas analizadas en Jalón para abastecimiento humano.	158
Tabla 10.8.1 Puntos de agua en el acuífero de Seguilí.....	165
Tabla 10.8.2 Balance hídrico en el acuífero de Seguilí	167
Tabla 10.8.3 Punto de agua muestreado en enero de 2007 en Seguilí	168
Tabla 10.8.4 Error analítico de la muestra de agua subterránea del acuífero de Seguilí	168
Tabla 10.8.5 Resultados analíticos de Seguilí proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.....	169
Tabla 10.8.6 Aptitud del agua subterránea analizada en Seguilí para abastecimiento humano	172
Tabla 10.9.1 Puntos de agua en el acuífero de Solana de la Llosa	182
Tabla 10.9.2 Balance hídrico en el acuífero de Solana de la Llosa.....	188
Tabla 10.9.3 Relación de puntos de agua muestreados en enero de 2007 en Solana de la Llosa.	189
Tabla 10.9.4 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Solana de la Llosa.....	190

Tabla 10.9.5 Errores analíticos de las muestras de agua subterránea en Solana de la Llosa ...	192
Tabla 10.9.6 Resultados analíticos de Solana de la Llosa proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.....	194
Tabla 10.9.7 Aptitud de las aguas subterráneas analizadas en Solana de la Llosa para abastecimiento humano.....	197
Tabla 10.10.1 Puntos de agua en el acuífero de Cretácico del Girona	204
Tabla 10.10.2 Balance hídrico en el acuífero de Cretácico del Girona	209
Tabla 10.10.3 Punto de agua muestreado en enero de 2007 en Cretácico del Girona.....	210
Tabla 10.10.4 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Cretácico del Girona.....	210
Tabla 10.10.5 Error analítico de la muestra de agua subterránea en el acuífero de Cretácico del Girona	212
Tabla 10.10.6 Resultados analíticos de Cretácico del Girona proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.....	212
Tabla 10.10.7 Aptitud del agua subterránea analizada en Cretácico del Girona para abastecimiento humano.....	214
Tabla 10.11.1 Puntos de agua en el acuífero de Jesús Pobre	221
Tabla 10.11.2 Balance hídrico en el acuífero de Jesús Pobre.....	224
Tabla 10.11.3 Punto de agua muestreado en enero de 2007 en Jesús Pobre.....	225
Tabla 10.11.4 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Jesús Pobre.....	226
Tabla 10.11.5 Error analítico de la muestra de agua subterránea en Jesús Pobre	226
Tabla 10.11.6 Resultados analíticos de Jesús Pobre proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.....	227
Tabla 10.11.7 Aptitud del agua subterránea analizada en Jesús Pobre para abastecimiento humano	229
Tabla 10.12.1 Puntos de agua en el acuífero de Montgó-Denia	240
Tabla 10.12.2 Extracciones anuales en el acuífero de Montgó-Denia para el año 2005	243

Tabla 10.12.3 Balance hídrico en el acuífero de Montgó-Denia.....	243
Tabla 10.12.4 Relación de puntos de agua muestreados en enero de 2007 en Montgó-Denia	244
Tabla 10.12.5 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Montgó-Denia.....	245
Tabla 10.12.6 Errores analíticos de las muestras de agua subterránea.....	247
Tabla 10.12.7 Resultados analíticos de Montgó-Denia proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.....	248
Tabla 10.12.8 Aptitud de las aguas subterráneas analizadas en Montgó-Denia para abastecimiento humano.....	251
Tabla 10.13.1 Puntos de agua del acuífero de Jávea	262
Tabla 10.13.2 Extracciones anuales en el acuífero de Jávea para el año 2005	264
Tabla 10.13.3 Balance hídrico en el acuífero de Jávea	264
Tabla 10.13.4 Relación de puntos de agua muestreados en enero de 2007 en Jávea	265
Tabla 10.13.5 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Jávea.....	266
Tabla 10.13.6 Errores analíticos de las muestras de agua subterránea en Jávea	269
Tabla 10.13.7 Resultados analíticos de Jávea proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.....	270
Tabla 10.13.8 Aptitud de las aguas subterráneas analizadas en Jávea para abastecimiento humano	272
Tabla 10.14.1 Puntos de agua utilizada para abastecimiento en el acuífero de la Depresión de Benisa	295
Tabla 10.14.2 Balance hídrico en el acuífero de la Depresión de Benisa	296
Tabla 10.14.3 Punto de agua muestreado en enero de 2007 en la Depresión de Benisa.....	297
Tabla 10.14.4 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de la Depresión de Benisa.	298
Tabla 10.14.5 Error analítico de la muestra de agua subterránea de la Depresión de Benisa..	301
Tabla 10.14.6 Resultados analíticos de la Depresión de Benisa proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.....	302

Tabla 10.14.7 Aptitud del agua subterránea analizada en La Depresión de Benisa para abastecimiento humano.....	304
Tabla 10.15.1 Puntos de agua en el acuífero de Bernia	311
Tabla 10.15.2 Balance hídrico en el acuífero de Bernia.....	315
Tabla 10.15.3 Punto de agua muestreado en enero de 2007 en Bernia.....	315
Tabla 10.15.4 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Bernia.....	316
Tabla 10.15.5 Error analítico de la muestra de agua subterránea del acuífero de Bernia.....	317
Tabla 10.15.6 Resultados analíticos de Bernia proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.....	318
Tabla 10.15.7 Aptitud del agua subterránea analizada en Bernia para abastecimiento humano	320
Tabla 11.2.1 Resumen del comportamiento hidrodinámico de la unidad hidrogeológica 08.47325	

FIGURAS

Figura 4.1.1 Localización de la U.H. 08.47.....	3
Figura 5.1.1 Distribución de las estaciones meteorológicas en la U.H. 08.47.....	21
Figura 5.2.1 Precipitación media anual en la U.H. 08.47.....	22
Figura 6.2.1 Acuíferos de la U.H. 08.47.....	26
Figura 9.4.1 Diagrama de Piper.....	38
Figura 9.4.2 Diagramas de Schöeller-Berkaloff de las muestras analizadas.....	39
Figura 9.4.3 Valores de $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ de las aguas subterráneas en relación con la composición isotópica de las precipitaciones mundiales.....	42
Figura 9.4.4 Valores de exceso de deuterio de las aguas subterráneas.....	43
Figura 9.4.5 Relación entre el contenido en $\delta^{18}\text{O}$ de las aguas subterráneas y la conductividad.....	44
Figura 9.5.1 Clasificación de las aguas para riego según el procedimiento del U.S. Salinity Laboratory Staff.....	46
Figura 10.1.1 Acuífero Cocoll.....	52
Figura 10.1.2 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Cocoll.....	53
Figura 10.1.3 Evolución piezométrica en el punto 293280031 (acuífero de Cocoll).....	54
Figura 10.1.4 Evolución de aniones en el punto 293280008 (Cocoll).....	56
Figura 10.1.5 Ficha resumen del acuífero de Cocoll.....	58
Figura 10.2.1 Acuífero de Parcent.....	62
Figura 10.2.2 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Parcent.....	63
Figura 10.2.3 Evolución piezométrica en el acuífero de Parcent.....	65
Figura 10.2.4 Isopiezas del acuífero de Parcent en febrero de 2005.....	66
Figura 10.2.5 Isopiezas del acuífero de Parcent en junio de 2005.....	67
Figura 10.2.6 Extracciones anuales en el acuífero de Parcent.....	68
Figura 10.2.7 Evolución de aniones en los puntos 303250004 y 303260011 (Parcent).....	71
Figura 10.2.8 Diagrama de Piper en el acuífero de Parcent.....	74

Figura 10.2.9 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras analizadas en el acuífero de Parcent	75
Figura 10.2.10 Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Parcent.....	77
Figura 10.2.11 Ficha resumen del acuífero de Parcent.....	79
Figura 10.3.1 Acuífero de Peñón	84
Figura 10.3.2 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Peñón.....	85
Figura 10.3.3 Evolución de los caudales en el manantial de Murla (303220029).....	86
Figura 10.3.4 Evolución piezométrica del punto 303220103 (Peñón).....	87
Figura 10.3.5 Resultado de la aplicación del BALAN en Peñón, aplicando el método de Thornthwaite	90
Figura 10.3.6 Extracciones anuales en el acuífero de Peñón	92
Figura 10.3.7 Evolución de aniones en el punto 303220029 (Peñón)	95
Figura 10.3.8 Diagrama de Piper en el acuífero de Peñón	98
Figura 10.3.9 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra analizada en Peñón	99
Figura 10.3.10 Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Peñón.....	101
Figura 10.3.11 Ficha resumen del acuífero de Peñón	102
Figura 10.4.1 Precipitación total anual en la estación 8054 (Vall de la Guard Fontilles).....	104
Figura 10.4.2 Acuífero de Fontilles	106
Figura 10.4.3 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Fontilles	107
Figura 10.4.4 Ficha resumen del acuífero de Fontilles	110
Figura 10.5.1 Acuífero de Olivereta	113
Figura 10.5.2 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Olivereta.....	114
Figura 10.5.3 Evolución piezométrica en el acuífero de Olivereta.....	115
Figura 10.5.4 Extracciones anuales en el acuífero de Olivereta.....	116
Figura 10.5.5 Diagrama de Piper en el acuífero de Olivereta	120
Figura 10.5.6 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra analizada en el acuífero de Olivereta	121

Figura 10.5.7 Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Olivereta	123
Figura 10.5.8 Ficha resumen del acuífero de Olivereta	125
Figura 10.6.1 Acuífero de Orba	130
Figura 10.6.2 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Orba.....	131
Figura 10.6.3 Evolución piezométrica en el acuífero de Orba.....	132
Figura 10.6.4 Extracciones anuales en el acuífero de Orba	133
Figura 10.6.5 Evolución de aniones en el punto 303220031 (Orba)	136
Figura 10.6.6 Diagrama de Piper en el acuífero de Orba.....	139
Figura 10.6.7 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras analizadas en el acuífero de Orba	140
Figura 10.6.8 Clasificación de las aguas para riego para el acuífero de Orba	142
Figura 10.6.9 Ficha resumen del acuífero de Orba	144
Figura 10.7.1 Precipitación total anual en la estación 8045U (Alcalalí).....	146
Figura 10.7.2 Acuífero de Jalón.....	148
Figura 10.7.3 Evolución piezométrica en el área del acuífero de Jalón	150
Figura 10.7.4 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Jalón	151
Figura 10.7.5 Evolución de aniones en el punto 303260054 (Jalón)	155
Figura 10.7.6 Diagrama de Piper en el acuífero de Jalón	157
Figura 10.7.7 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras analizadas en el acuífero de Jalón.....	157
Figura 10.7.8 Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Jalón.....	159
Figura 10.7.9 Ficha resumen del acuífero de Jalón.....	161
Figura 10.8.1 Acuífero de Seguilí.....	164
Figura 10.8.2 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Seguilí	166
Figura 10.8.3 Diagrama de Piper en el acuífero de Seguilí	170
Figura 10.8.4 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra analizada en el acuífero de Seguilí.....	171

Figura 10.8.5 Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Seguilí.....	173
Figura 10.8.6 Ficha resumen del acuífero de Seguilí.....	175
Figura 10.9.1 Precipitación total anual en la estación 8051I (Pedreguer).....	177
Figura 10.9.2 Acuífero de Solana de la Llosa	180
Figura 10.9.3 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Solana de la Llosa.....	183
Figura 10.9.4 Evolución piezométrica en el sector oriental del acuífero de Solana de la Llosa	184
Figura 10.9.5 Evolución piezométrica en el sector norte del acuífero de Solana de la Llosa...	185
Figura 10.9.6 Evolución piezométrica en el sector sur del acuífero de Solana de la Llosa	186
Figura 10.9.7 Extracciones anuales en el acuífero de Solana de la Llosa	187
Figura 10.9.8 Evolución de aniones en varios puntos del acuífero de Solana de la Llosa	191
Figura 10.9.9 Diagrama de Piper en Solana de la Llosa	195
Figura 10.9.10 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras analizadas en Solana de la Llosa	196
Figura 10.9.11 Clasificación de las aguas para riego en Solana de la Llosa	198
Figura 10.9.12 Ficha resumen del acuífero de Solana de la Llosa	200
Figura 10.10.1 Acuífero de Cretácico del Girona.....	205
Figura 10.10.2 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Cretácico del Girona	206
Figura 10.10.3 Evolución piezométrica en el acuífero de Cretácico de Girona.....	207
Figura 10.10.4 Extracciones anuales en el acuífero de Cretácico del Girona.....	208
Figura 10.10.5 Evolución de aniones en el punto 303230097 del acuífero de Cretácico del Girona	211
Figura 10.10.6 Diagrama de Piper para el acuífero de Cretácico del Girona	213
Figura 10.10.7 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra analizada en el acuífero de Cretácico del Girona	214
Figura 10.10.8 Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Cretácico del Girona....	215
Figura 10.10.9 Ficha resumen del acuífero de Cretácico del Girona	217
Figura 10.11.1 Acuífero de Jesús Pobre	220

Figura 10.11.2	Inventario de puntos de agua en el acuífero de Jesús Pobre	222
Figura 10.11.3	Evolución piezométrica en el acuífero de Jesús Pobre	223
Figura 10.11.4	Diagrama de Piper en el acuífero de Jesús Pobre	228
Figura 10.11.5	Diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra analizada en Jesús Pobre	228
Figura 10.11.6	Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Jesús Pobre	230
Figura 10.11.7	Ficha resumen del acuífero de Jesús Pobre	232
Figura 10.12.1	Precipitación total anual en la estación 8051U (Denia HS)	233
Figura 10.12.2	Acuífero de Montgó-Denia	238
Figura 10.12.3	Inventario de puntos de agua en el acuífero de Montgó-Denia	241
Figura 10.12.4	Evolución piezométrica en el punto 303240006 (acuífero de Montgó-Denia) ...	242
Figura 10.12.5	Evolución de cloruros en el acuífero de Montgó-Denia	246
Figura 10.12.6	Diagrama de Piper en el acuífero de Montgó-Denia	249
Figura 10.12.7	Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras analizadas en el acuífero de Montgó-Denia	250
Figura 10.12.8	Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Montgó-Denia	252
Figura 10.12.9	Ficha resumen del acuífero de Montgó-Denia	254
Figura 10.13.1	Precipitación total anual en la estación 8050A (Jávea "Viveros")	256
Figura 10.13.2	Acuífero de Jávea	258
Figura 10.13.3	Inventario de puntos de agua del acuífero de Jávea	259
Figura 10.13.4	Evolución piezométrica en el acuífero de Jávea	262
Figura 10.13.5	Extracciones anuales en el acuífero de Jávea	263
Figura 10.13.6	Evolución de cloruros en varios puntos del acuífero de Jávea	269
Figura 10.13.7	Diagrama de Piper en el acuífero de Jávea	271
Figura 10.13.8	Diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra analizada en el acuífero de Jávea	271
Figura 10.13.9	Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Jávea	273
Figura 10.13.10	Ficha resumen del acuífero de Jávea	275

Figura 10.14.1 Precipitación total anual en la estación 8048E (Gata de Gorgos)	278
Figura 10.14.2 Precipitación total anual en la estación 8043 (Benisa Convento)	278
Figura 10.14.3 Acuífero de la Depresión de Benisa.....	286
Figura 10.14.4 Inventario de puntos de agua del acuífero de la Depresión de Benisa.....	288
Figura 10.14.5 Evolución piezométrica de los puntos del Cretácico al norte del acuífero de la Depresión de Benisa.....	289
Figura 10.14.6 Evolución piezométrica de los puntos del Terciario central del acuífero de la Depresión de Benisa.....	290
Figura 10.14.7 Evolución piezométrica de los puntos del Cretácico al oeste del acuífero de la Depresión de Benisa.....	291
Figura 10.14.8 Evolución piezométrica de los puntos del Terciario entre Teulada y Benitachell del acuífero de la Depresión de Benisa	292
Figura 10.14.9 Evolución piezométrica de los puntos del Terciario de la depresión de Jávea del acuífero de la Depresión de Benisa	293
Figura 10.14.10 Extracciones anuales en el acuífero de la Depresión de Benisa	294
Figura 10.14.11 Evolución de cloruros en varios puntos del acuífero de la Depresión de Benisa	300
Figura 10.14.12 Diagrama de Piper en el acuífero de Benisa	302
Figura 10.14.13 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra analizada en el acuífero de Benisa	303
Figura 10.14.14. Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Benisa	305
Figura 10.14.15 Ficha resumen del acuífero de la Depresión de Benisa.....	307
Figura 10.15.1 Acuífero de Bernia	312
Figura 10.15.2 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Bernia.....	313
Figura 10.15.3 Evolución piezométrica en el punto 303320023 (acuífero de Bernia).....	314
Figura 10.15.4 Evolución de aniones en el punto 303320023 (Bernia)	316
Figura 10.15.5 Diagrama de Piper en el acuífero de Bernia	318
Figura 10.15.6 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra analizada en el acuífero de Bernia	319

Figura 10.15.7 Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Bernia	321
Figura 10.15.8 Ficha resumen del acuífero de Bernia	323

FOTOS

Foto 10.1.1 Acuífero de Cocoll visto desde el norte	48
Foto 10.2.1 Vista del acuífero de Parcent desde el noreste	59
Foto 10.3.1 Acuífero de la Sierra del Peñón. A la izquierda, la población de Benichembla	80
Foto 10.4.1 Fuente de Campell (303210027), en el acuífero de Fontilles.....	103
Foto 10.5.1 Pozo Olivereta Dulce (303220049)	111
Foto 10.6.1 Pozo Orba 3 (303220032) en el acuífero de Orba.....	126
Foto 10.7.1 Acuífero de Jalón (al fondo sinclinal de Gorgos)	145
Foto 10.8.1 Pozo Seguilí (303220112) en el acuífero homónimo.....	162
Foto 10.9.1 Acuífero de Solana de la Llosa, visto desde el SE.....	176
Foto 10.12.1 Vista del acuífero de Montgó desde el sur	234
Foto 10.13.1 Acuífero de Jávea visto desde el Cabo de San Antonio	255
Foto 10.14.1 Sierra de Benitachell, desde La Granadella.....	276
Foto 10.14.2 Estrecho entre Coll de Mascarat y Castell de Calp.....	277
Foto 10.15.1 Acuífero de Bernia (en primer término) visto desde el sur	308

PLANOS

Plano 1: Mapa geológico de la U.H. 08.47

Plano 2: Mapa hidrogeológico de la U.H. 08.47

Plano 3: Mapa de distribución espacial de las facies hidroquímicas de la U.H: 08.47

ANEJOS

ANEJO 1: Listado de puntos inventariados en 2006

ANEJO 2: Usos del agua y volúmenes extraídos

ANEJO 3: Puntos de agua del acuífero de Benisa

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) ha venido realizando desde la década de los años 70 en la provincia de Alicante trabajos técnicos y de investigación, tanto en proyectos propios del Organismo, como realizados en colaboración con otras entidades de la Administración Estatal, Autonómica y Local. En esta línea el IGME desarrolla planes de I+D enmarcados dentro de los estudios de investigación de la Dirección de Hidrogeología y Aguas Subterráneas del propio Organismo, tendentes a la mejora general del conocimiento hidrogeológico de la provincia de Alicante, a través de los sucesivos convenios realizados entre éste y la Diputación Provincial de Alicante. Entre las actividades que actualmente se efectúan cabe destacar el aumento del conocimiento hidrogeológico de los acuíferos, cuyo objetivo último es el planteamiento y análisis de las opciones más racionales de explotación de sus recursos hídricos, y que forma parte de una de las grandes líneas maestras definidas en la Directiva Marco del Agua, que consiste en la mejora en la caracterización de las masas de agua subterráneas y de su modelo de funcionamiento en el territorio de la provincia de Alicante.

Este proyecto está precedido de una primera fase del estudio de la unidad titulado "Cartografía hidrogeológica e inventario de puntos de agua de la U.H. 08.47 Peñón-Montgó-Bernia (Alicante)", realizado en 2004.

El objetivo principal de este proyecto es la mejora del conocimiento de la unidad hidrogeológica 08.47 Peñón-Montgó, e incluye los siguientes objetivos parciales:

- Definición y caracterización geométrica y estructural de los acuíferos incluidos en la Unidad Hidrogeológica 08.47. Comportamiento hidrogeológico de las diferentes formaciones geológicas. Establecimiento y caracterización de límites. Diferenciación de subunidades y relaciones entre ellas.
- Actualización de los elementos que integran la infraestructura hidrogeológica.
- Usos del agua subterránea y grado de aprovechamiento de los recursos subterráneos.
- Establecimiento de parámetros hidráulicos. Superficie piezométrica. Funcionamiento hidrodinámico. Áreas de recarga y descarga. Balance hídrico.
- Características hidroquímicas e isotópicas.
- Definición del modelo hidrogeológico.
- Evaluación de la recarga y determinación de los recursos.

- Realización de la cartografía hidrogeológica de la Unidad a escala 1.25.000 en soporte digital, con diferentes capas de información, para incorporación a la base de datos hidrogeológicos (BDH) y al Sistema de Información Geográfico (SIG) del IGME en ArcInfo y al de la Diputación Provincial de Alicante (DPA).
- Avanzar en el desarrollo de la metodología y su aplicación al estudio y conocimiento de las masas de aguas subterráneas en medios carbonatados de regiones mediterráneas.
- Elaboración de una memoria de la unidad hidrogeológica 08.47.

El ámbito de estudio comprende la totalidad de la unidad hidrogeológica 08.47 Peñón-Montgó-Bernia, perteneciente a la cuenca del Júcar, como se observa en la Figura 4.1.1.

De acuerdo estos objetivos, los trabajos a desarrollar son los siguientes:

- **Recopilación, análisis y tratamiento de la información existente.**
- **Inventario de puntos de agua.** Análisis del estado actual de los acuíferos de la unidad.
- **Infraestructura geológica.** Cartografía, estratigrafía y tectónica.
- **Definición geométrica de la unidad y de los acuíferos que la componen.**
- **Caracterización hidrodinámica y funcionamiento hidrogeológico.** Modelo hidrogeológico conceptual.
- **Evaluación de recursos y balance hídrico.**
- **Caracterización hidroquímica e isotópica.** Contribución al entendimiento del flujo subterráneo del agua y posible modificación del modelo hidrogeológico conceptual definido.
- **Elaboración de recomendaciones o bases para la ordenación de los recursos hídricos y su aprovechamiento sostenible.** Propuestas para su gestión y control
- **Elaboración de la Memoria Final y de la Síntesis.** Informatización e incorporación a las bases de datos y Sistemas de Información Geográficas del IGME y de la DPA.

Figura 4.1.1 Localización de la U.H. 08.47

2. ANTECEDENTES

Desde la década de los setenta del pasado siglo se han venido realizando numerosos estudios, de carácter regional o local, de los diferentes acuíferos de la U.H. 08.47, fundamentalmente procedente del IGME y de la DPA, aunque siguen existiendo ciertas lagunas de información. Además de los informes y otro tipo de documento, se dispone también de la información de las bases de datos sobre agua de estos mismos organismos. Los documentos de carácter regional que incluyen toda o parte de la zona de estudio son:

IGME-IRYDA (1977): *Investigación hidrogeológica de la cuenca media y baja del río Júcar. Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas.*

DPA-IGME (1982): *Las aguas subterráneas de la provincia de Alicante.*

IGME (1986): *Las aguas subterráneas en la Comunidad Valenciana. Uso, calidad y perspectivas de utilización.*

DPA (1992): *Mapa del agua de la provincia de Alicante. 1ª edición.*

ITGE-DPA (1998): *Ordenación de los recursos hídricos en el valle del Jalón. Alternativas y directrices.*

DPA-IGME (1999): *Recarga artificial de acuíferos. Síntesis metodológica. Estudios y actuaciones realizadas en la provincia de Alicante*

IGME-DPA (2001): *Análisis y ordenación de recursos hídricos de la Marina Alta (Alicante). Alternativas y Directrices (1ª fase).*

DPA (2003): *Mapa hidrológico provincial de Alicante.*

DPA (2003): *Los manantiales provinciales. Primera parte.*

DPA (2004): *Mapa de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación. Provincia de Alicante.*

IGME (2005). *Actualización de la hidrogeología y funcionamiento hidráulico de la U.H. 08.47 "Peñón-Montgó-Bernia" (Alicante). 1ª fase. Cartografía hidrogeológica e inventario de puntos de agua de la U.H.*

DPA (2007): *Los manantiales provinciales. Segunda parte.*

DPA (2007): *Mapa del agua de la provincia de Alicante. 2ª edición.*

Como apoyo para la realización de la revisión de la cartografía geológica se han utilizado los siguientes documentos:

IGME (1975): *Mapa geológico y memoria explicativa a escala 1:50.000. 2ª serie (MAGNA). Hoja 823 (Jávea).*

IGME (1975): Mapa geológico y memoria explicativa a escala 1:50.000. 2ª serie (MAGNA). Hoja 821 (Alcoy).

IGME (1975): Mapa geológico y memoria explicativa a escala 1:50.000. 2ª serie (MAGNA). Hoja 7961 (Gandia).

IGME: Hoja de Benisa a escala 1:50.000. No publicada.

IGME: Hoja de Altea a escala 1:50.000. No publicada.

Rodríguez Estrella, T. (1977): Síntesis geológica del prebético de la provincia de Alicante. I) Estratigrafía. Bol. Geol. y Min., t. LXXXVIII, 3º fasc., pp. 1-32.

Además de estos documentos generales, existe un gran número de ellos referidos a cada acuífero. Estos documentos se referencian en el capítulo 10, dentro del apartado de cada acuífero.

3. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

El área de estudio se localiza en la parte nororiental de la provincia de Alicante estando delimitada por:

- ◆ El mar Mediterráneo al noreste (entre el cabo de San Antonio y la localidad de Denia), este (la bahía de Jávea/Xàbia) y al sureste (entre el cabo de la Nao y la localidad de Altea).
- ◆ Al sur, el río Algar (en su tramo final, junto a la localidad de Altea) y las Sierras del Ferrer y Carrascal.
- ◆ Al norte y noroeste, por el valle del río Girona y su prolongación noreste hasta Denia.
- ◆ Al oeste, por la cabecera del río Jalón/Castell, junto a la localidad de Castell de Castells.

El conjunto, el área tiene una dimensión máxima de 40 km en sentido este-oeste (entre el cabo de la Nao y Castell de Castells). En sentido norte-sur, varía entre 27 y 5 km, según se consideren la parte oriental (entre, aproximadamente, Altea y Denia) o la occidental (entre la Sierra del Carrascal y el Girona), respectivamente.

El área cubre gran parte de la zona montañosa del promontorio noreste de la provincia de Alicante, materializado por las sierras que dan lugar a los cabos de San Antonio y la Nao.

El Cabo San Antonio supone la terminación occidental de un conjunto de bloques montañosos en relevo, de unos 35 km de longitud total, que, de este a oeste son: la Sierra de Montgó (753 m de altura máxima sobre el nivel del mar), las de Seldetes-Seguilí (401-518 m de altura máxima) y las de Peñón-Carrascal (847-974 m) cada uno de los cuales tiene unos 10 km de longitud y 5-7 de anchura.

Entre los bloques de Seldetes-Seguilí y del Peñón-Carrascal se localiza una pequeña zona deprimida, alargada en sentido este-oeste, de unos 10 km de longitud y 2 de anchura: la depresión del Jalón.

El Cabo de la Nao conforma la terminación nororiental de la Sierra de Benitachell, de unos 10 km de longitud y 2 de anchura, orientada NE-SO y culminando a 436 m sobre el nivel del mar.

Entre ambos cabos, la bahía de Jávea es la parte final nororiental de una zona más deprimida topográficamente (la depresión de Benisa), que desciende suavemente hacia el mar entre Moraira y Calpe y que, tanto al sur como al oeste, está limitada por sierras (Sierras de Bernia y Ferrer, al sur y oeste, y culminantes a 1126 y 869 m, respectivamente).

El área está drenada superficialmente por un río que, con sentido aproximadamente oeste-este, desemboca en la bahía de Jávea. Este río recibe diversos nombres según la parte de su trazado de que se trate:

- Castells en su parte inicial, donde atraviesa longitudinalmente el bloque montañoso occidental y da lugar a las sierras de Peñón (al norte del río) y Carrascal (al sur).
- Jalón/Xaló, en la depresión del mismo nombre y al atravesar el bloque montañoso central, dando entonces lugar a las sierras de Seguilí (al noroeste del curso fluvial) y Seldetes (al sureste).
- Gorgos, entre el extremo oriental de la Sierra de Seldetes y la bahía de Jávea, recibiendo un afluente derecho (el arroyo del Horta) que drena una parte importante de la depresión de Benisa.

La cuenca hidrográfica conformada por este río y sus afluentes coincide aproximadamente por la mayor parte de la superficie (la parte septentrional) de la zona de estudio.

El resto de la depresión de Benisa está drenada por cursos menores, de importancia desigual y generalmente subperpendiculares a la costa, siendo los más importantes los arroyos del Pou Roig y del Quisí, al oeste de Calpe. Mención especial merecen los arroyos del Estret y Molá y el del Roig. Los primeros, tras su unión en su tramo final, seccionan la prolongación oriental de la Sierra de Bernia y desembocan en el mar junto a la Urbanización Mascarat. El segundo nace muy cerca de la bahía de Jávea y delimita el borde occidental de la Sierra de Benitachell, desembocando en el mar junto a Moraira.

4. INFRAESTRUCTURA GEOLÓGICA

4.1. SITUACIÓN GEOLÓGICA

La Zona de Estudio del Peñón de Montgó–Bernia, cubre la parte más oriental de las Cordilleras Béticas.

Las Cordilleras Béticas constituyen una unidad orográfico-estructural compleja y muy variada, que corre con dirección ENE-OSO desde las Islas Baleares y provincia de Alicante, al noreste, hasta las de Málaga y Cádiz, al suroeste. En la zona del Estrecho de Gibraltar, las estructuras béticas giran, cruzándolo con dirección N-S y continuándose, ya en Marruecos, con direcciones E-O (Cordillera del Rif), para finalizar en las proximidades de Melilla. Por todo ello, a toda esta gran estructura que rodea al mar de Alborán se le llama también Orógeno Bético-rifeño.

Las Cordilleras Béticas (y el Rif) se han subdividido en Zonas Externas e Internas, siendo su diferencia principal la no presencia de afloramientos de zócalo paleozoico, en las primeras, y la existencia de metamorfismo de edad Cretácico superior y Terciario en las segundas. Las Zonas Externas Béticas se localizan entre el antepaís bético (de oeste a este: Valle del Guadalquivir, zócalo hercínico y su cobertera tabular de la Meseta, y Cordillera Ibérica) y las Zonas Internas. Las Zonas Internas se encuentran al sur de las anteriores, circundando el mar de Alborán y el litoral murciano y sur-alicantino.

Para la mayor parte de los autores, las Zonas Externas representan la parte meridional de la Placa Ibérica, mientras que las Internas conforman una placa intermedia entre ésta y la Africana: la Placa de Alborán.

Además, en las Cordilleras Béticas, existen otras unidades (Flyschs del Campo de Gibraltar y Complejos de la Dorsal y de la Predorsal), de posición paleogeográfica y tectónica discutidas, que se suelen localizar entre las Zonas Externas e Internas.

Finalmente, la presencia de cuencas neógenas post-orogénicas y de rocas volcánicas neógenas a recientes, completan el marco geológico de las Cordilleras Béticas.

4.1.1. Los grandes dominios paleogeográficos y estructurales de las Cordilleras Béticas.

4.1.1.1. Las Zonas Externas Béticas

A su vez, en las Zonas Externas Béticas pueden distinguirse los dominios Prebético y Subbético.

El Prebético conforma la parte más septentrional y nororiental de las Zonas Externas Béticas. Presenta formaciones mesozoicas de plataforma, generalmente carbonatadas y muy semejantes a las de la Cordillera Ibérica meridional, a la que pasan lateralmente. Ha sido subdividido, fundamentalmente en Prebético Externo (Prebex) y Prebético Interno (Prebin), a partir de diferencias litoestratigráficas y tectónicas entre ambos, de las que las más importantes son la presencia de intercalaciones continentales y menor espesor de las series, así como menor grado de despegue tectónico en el Prebex.

En el Prebex, el estilo tectónico (pliegues y fallas inversas) es similar al de la Cordillera Ibérica, aunque vergente al noroeste. En el Prebin aumenta el grado de deformación y acortamiento (cabalgamientos, generalmente, también vergentes al noroeste).

El Subbético está constituido por formaciones mesozoicas, a veces profundas y margosas, presentando, estructuralmente, notables desplazamientos y aloctonías (mantos de cabalgamiento), despegados a favor del nivel plástico que constituye el Keuper.

El Subbético alcanza gran desarrollo en el centro y oeste de las Cordilleras Béticas, donde ha sido subdividido en Externo, Medio e Interno (éste último, también denominado Penibético), cada uno de ellos con ciertas características litoestratigráficas propias, y localizados paleogeográficamente más cercanos o alejados, según el orden en que se han citado, del borde meridional ibérico. De estos tres dominios el Subbético Medio es el que presenta mayor espesor de las series y carácter más pelágico, además de contener rocas volcánicas básicas de edad jurásica. Por el contrario, los Subbéticos Medio y Externo presentan series frecuentemente más de plataforma, menos potentes y, a veces, condensadas.

El Subbético, caracterizado, además, por un grado de deformación y acortamiento mayor que el del Prebético, presenta una estructura típica "en abanico", según la cual las vergencias de los cabalgamientos son hacia el noroeste en el Subbético Externo y hacia el sureste en el Interno.

No obstante, hay que indicar que en la parte oriental de las Cordilleras Béticas, el Subbético presenta una anchura considerablemente menor, llegando casi a contactar el Prebético (Prebético de Alicante) con las Zonas Internas.

4.1.1.2. Las Zonas Internas Béticas

Están constituidas por el apilamiento de tres grandes complejos alóctonos, cada uno de ellos constituido por varias escamas y/o mantos de cabalgamiento que, de arriba a abajo, son los siguientes: Complejo Maláguide, Complejo Alpujárride y Complejo Nevado-Filábride.

El Complejo Maláguide se compone de un zócalo paleozoico poco o nada metamórfico, sobre el que se dispone una sucesión triásico-paleógena no muy potente, con series de plataforma o epicontinentales, que presenta ciertas similitudes con la del Subbético Interno. El Trías está en facies de tipo "germánico" y puede estar originalmente dispuesto mediante discordancia (discordancia hercínica) sobre el paleozoico. El Complejo Maláguide no presenta metamorfismo alpino y su paleozoico (conformado por esquistos y fillitas silúricos, calizas devónicas, y pizarras, grauvacas y conglomerados, carboníferos) es similar al de otras partes orientales del territorio español (Menorca, particularmente).

El Complejo Alpujárride está constituido por una potente cobertera de Trías en facies alpina (Triásico medio y superior, calizo-dolomítico o mármoleo y Triásico inferior filítico-cuarcítico) dispuesta sin discordancia aparente (aunque ésta puede estar obliterada por la deformación tectónica posterior) sobre un zócalo paleozoico esquistoso-gnéisico. En las partes occidentales de las Cordilleras (en la provincia de Málaga), este zócalo representa una completa, aunque adelgazada, sección cortical, en cuya base llegan a aflorar materiales mantélicos (peridotitas).

El Complejo Nevado-Filábride está constituido por una cobertera mármoleo-esquistoso-cuarcítica, de edad atribuida triásica y con intercalaciones de rocas básicas eclogitizadas y de serpentinitas y metaperidotitas, dispuesta sobre un zócalo (también sin discordancia aparente) esquistoso-gnéisico.

Los Complejos Alpujárride y Nevado-Filábride se presentan afectados por un metamorfismo alpino de edad cretácico-eoceno y mioceno. En el Alpujárride, el metamorfismo es de alta temperatura y presión baja-intermedia (aunque algunos autores postulan la existencia de una presión alta, anterior), mientras que en el Nevado-Filábride evolucionó desde alta a baja presión, siempre dentro de un rango de temperaturas intermedias.

4.1.1.3. Los Flyschs del Campo de Gibraltar

Esta unidad tectónica está representada por un conjunto de formaciones turbidíticas, de edad Paleógeno - Mioceno inferior, al parecer sedimentadas a gran profundidad. Se localizan entre las Zonas Externas e Internas, sobre todo en el Arco de Gibraltar (provincias de Cádiz y Málaga), aunque se encuentran retazos de las mismas hasta el límite provincial Granada-Almería.

Para la mayor parte de los autores, esta unidad –hoy en día alóctona entre Zonas Externas e Internas- representa el relleno sedimentario de un surco paleogeográfico intermedio entre la Placa Ibérica (Zonas Externas) y la de Alborán (Zonas Internas). Hay, no obstante, evidencias acerca del carácter discordante de estas unidades sobre el Subbético meridional, lo que tiene implicaciones en las relaciones entre las placas Ibérica y de Alborán.

4.1.1.4. Los Complejos de la Dorsal y de la Pre-dorsal

Son un conjunto de unidades tectónicas que se encuentran también en posición intermedia entre las Zonas Externas e Internas, aflorando entre los Flyschs. Algunas de estas unidades (Dorsal Interna) presentan similitudes litoestratigráficas con algunos complejos de las Zonas Internas, mientras que otras las presentan con el Subbético interno o, en general, meridional.

4.1.1.5. Las Cuencas neógenas

De relleno marino o continental, se disponen bastante transversalmente a las directrices béticas, a las que interrumpen frecuentemente. Son especialmente abundantes en la parte oriental de las Cordilleras Béticas, es decir, en las provincias de Murcia, Almería y, en menor medida, Granada.

4.1.1.6. El volcanismo neógeno y reciente

Desde el punto de vista petrológico-geoquímico y de localización geográfico-estructural, pueden distinguirse cuatro tipos volcánicos de edad neógena a reciente: calcoalcalino, calcoalcalino-potásico, lamproítico y basáltico-alcalino, todos localizados en el extremo oriental de las Cordilleras Béticas (y también, del Rif).

El volcanismo calcoalcalino (andesitas y dacitas), de edad Mioceno medio, es el que ocupa una posición más meridional y "costera" de todos, localizándose en la región del Cabo de Gata (Almería).

El volcanismo potásico y shoshonítico (dacitas, dellenitas, etc.), de edad Mioceno medio-superior, ocupa una posición más septentrional y "pre-litoral" que el anterior, localizándose en el centro y noreste de la provincia de Almería y en el sur de la de Murcia.

El volcanismo lamproítico (jumillitas, fortunitas, veritas, etc.), de edad Mioceno – Plioceno (¿) se presenta de forma muy dispersa en la parte oriental de las Cordilleras Béticas pero definiendo, a grandes rasgos, un área de aparición bastante transversal a la elongación de éstas, localizada, en su mayor parte, en la provincia de Murcia.

El volcanismo basáltico-alcalino, de edad pliocuaternaria, sólo se encuentra, de forma puntual, en la parte oriental de las Cordilleras Béticas (en los alrededores de Cartagena). A gran escala, parece conformar una alineación que va desde la fosa del Rhin (Alemania) y sigue por la costa oriental de la Península Ibérica (Olot, Cofrentes, Picasent) y por las alineaciones del Atlas (Marruecos) para terminar (¿) en la costa atlántica frente a las Islas Canarias.

Los volcanismos calcoalcalino y calcoalcalino-potásico se han supuesto relacionados con una zona de subducción local dirigida hacia el norte o quizá hacia el oeste, mientras que el volcanismo basáltico-

alcalino debe ser efecto de una anomalía mantélica ascendida a favor de grandes fisuras corticales. El volcanismo lamproítico es de origen más problemático.

4.1.2. Estructura general de las Cordilleras Béticas

En la estructura general de las Cordilleras Béticas, los rasgos estructurales característicos de cada uno de los Dominios paleogeográficos descritos anteriormente (vergencias al norte/noreste para el Prebético, estructura en abanico para el Subbético, apilamiento de mantos metamorfizados en las Zonas Internas) se completan con la existencia de grandes acumulaciones de Trías plástico (Keuper) y de grandes fallas en dirección.

Los aspectos estructurales notables del papel jugado por el Keuper y las manifestaciones a que da lugar, se localizan en las Zonas Externas ya que en las Internas el Trías se encuentra de débil a fuertemente metamorfizado y, por tanto, con comportamiento tectónicamente más competente, no movilizable. En general, el Keuper es el nivel tectónico de despegue entre la cobertera mesozoico-paleógena y el zócalo (no aflorante en las Zonas Externas), y a favor del cual se produce el apilamiento de escamas y mantos. Además, en la parte oriental de las Cordilleras, el Keuper se moviliza y asciende hacia niveles superiores mediante diapiros, que frecuentemente tienen un control estructural según las grandes fracturas mencionadas y otras conjugadas. En la parte occidental, la movilización de Keuper es más intensa, habiendo dado lugar a un desmembramiento generalizado de la cobertera y a la existencia de olistostromas en la cuenca de antepaís (el mar mioceno del Valle del Guadalquivir). Finalmente, no hay que descartar que el diapirismo haya podido tener diversas etapas de actuación, sobre todo durante el Cretácico-Eocena.

Las grandes fallas en dirección son subparalelas a las alineaciones ENE-OSO de las Cordilleras y de funcionamiento dextral. La propia asimetría del conjunto de las Cordilleras según se consideren las partes orientales (con presencia y desarrollo del Prebético, abundancia de cuencas neógenas, y presencia de volcanismo, fundamentalmente) o las occidentales (con ausencia de Prebético, y acumulaciones tectónicas de Trías plástico –Keuper-) de ellas, es un rasgo indicativo del papel que en su evolución, estructuración y formación, han debido de jugar dichas fallas en dirección. En otras partes de las Cordilleras, como por ejemplo, en el extremo oriental de las mismas, aparecen también fallas NO-SE, importantes.

En cuanto a las Zonas Internas, un rasgo estructural notable es que muchos de los contactos entre los Complejos tectónicos y entre sus unidades constituyentes tienen, hoy en día, características típicas de fallas normales de bajo ángulo, lo cual hace suponer que éstas están superpuestas a las fallas inversas y cabalgamientos, según su mismo plano de corrimiento. Este fenómeno implica una tectónica distensiva neógeno-reciente que ha rejugado sobre la tectónica compresiva anterior, y que

debe guardar relación con la extensión a favor de la cual se ha desarrollado y evolucionado la cuenca del mar de Alborán.

4.1.3. Evolución y formación de las Cordilleras Béticas

Como se indicó al inicio de este apartado, las Cordilleras Béticas conforman, conjuntamente con el Rif norteafricano, y a través del Arco de Gibraltar, una unidad orográfico-geológica entre los continentes europeo y africano. Aunque, para ser más precisos, habría que decir que tal unidad orográfico-geológica está conformada, en realidad, entre el mar de Alborán (en el centro-este de la unidad) y la Península Ibérica, el Atlántico y el Continente Africano (al norte, oeste y sur, respectivamente, de la misma). Por tanto, cualquier hipótesis sobre la estructura general y formación de las Cordilleras Béticas (y Rifeñas) debe tener en cuenta las de estas regiones vecinas.

Las primeras hipótesis sobre las Cordilleras Béticas, las suponen originadas por la compresión Europa (Iberia) – Africa, mientras que hipótesis posteriores, explicando el Arco de Gibraltar, invocan la existencia de movimientos transcurrentes (fallas en dirección) entre ambas. Es en este contexto en el que aparece el concepto de Placa de Alborán (Zonas Internas betico-rifeñas) que, en su movimiento hacia el oeste, se habría encajado entre las placas mayores (Iberia y Africa: Zonas Externas Béticas y Rifeñas), creando el Arco de Gibraltar. En cualquier caso, la existencia de fallas en dirección, dextrales en las Béticas y sinistralas en el Rif, subparalelas a las alineaciones de ambas, es un hecho comúnmente probado y aceptado. Para las Béticas, la asimetría existente entre sus partes orientales y occidentales, concerniente a la desigual localización y desarrollo de Prebético, Subbético y volcanismo neógeno, puede ser explicada invocando la actuación dextral de grandes fallas en dirección.

Pero también hay que tener en cuenta que el mar de Alborán es una cuenca extensional de edad miocena-reciente y la existencia de la falla transformante Azores-Gibraltar (con funcionamiento dextral, desde el Cretácico), desarrollada entre la dorsal medio-atlántica y el Arco de Gibraltar. Hay que tener en cuenta, además, que las Zonas Internas Béticas podrían constituir no una placa independiente sino una parte meridional de la Placa Ibérica (al menos, desde el Cretácico-Eoceno).

Una hipótesis que concilia todos estos elementos y singularidades es suponer que el orógeno betico-rifeño actual resulta de la interacción entre la expansión atlántica (a través de la falla transformante Azores-Gibraltar) y la mediterránea (mediante la creación extensional del mar de Alborán y cuenca sur-baleár), canalizada entre las placas Ibérica y Africana. La mencionada falla transformante tendría su continuación, ramificada, en el sistema de fallas dextrales béticas. La extensión de Alborán tendría, como efecto, la compresión lateral de sus márgenes, creando las Cordilleras Béticas en el norte (con la estructura en abanico, típica del Subbético), el Arco de Gibraltar en el oeste, y el Rif, con fallas sinistralas, en el sur. Incluso, la localización oriental del volcanismo neógeno podría explicarse

suponiendo que obedece a pequeñas zonas de subducción localizadas en los límites occidentales de la cuenca sur-balear, junto a la parte más "trasera" del orógeno bético-rifeño.

4.2. RASGOS GEOLÓGICOS GENERALES

En la provincia de Alicante están representados los materiales más internos de la Zona Prebética, presentando éstos unas características litoestratigráficas intermedias entre las que definen al Prebético Interno (al norte) y al Subbético Externo (al sur). Estos materiales son equivalentes a los alóctonos definidos en otras transversales de las Cordilleras Béticas como Prebético Meridional o como Unidades Intermedias, pero que en la provincia de Alicante presentan una franca para-autoctonía (Rodríguez Estrella, 1977).

4.2.1. La serie estratigráfica

Los materiales representados en la zona de estudio corresponden al Triásico (diapírico), Cretácico, Terciario y Cuaternario, con la notable ausencia, a nivel de afloramiento en superficie, del Jurásico. La descripción estratigráfica se realizará desde los términos más antiguos (Triásico) hasta los más modernos (Cuaternario).

En la cartografía realizada, se han diferenciado los siguientes términos litoestratigráficos (de muro a techo):

- TM: Dolomías y calizas dolomíticas tableadas, de edad Triásico, en facies Muschelkalk.
- Tk: Lutitas y arcillas rojizas a versicolores, con niveles de yesos, areniscas y limolitas, con ocasionales niveles de calizas, carniolas y restos de materiales volcánicos de tipo ofítico-diabásico.
- C1 : margas y margocalizas con intercalaciones de calizas bioclásticas y arenosas, del Neocomiense-Barremiense. Sólo se presentan en el pie noroeste del subrelieve occidental.
- C2: Calizas bioclásticas, coralinas y de rudistas a la base, y arenosas, con algún nivel margoso intercalado, a techo, del Aptiense.
- C3: Alternancia de margas beige arcillosas y niveles de calizas nodulosas y bioclásticas, del Aptiense-Albiense.
- C4: Margas con intercalaciones de calizas margosas a la base, con calizas oolíticas y arenosas en la mitad del tramo, y calizas limosas y margosas a techo. Albiense-Cenomaniense.

- C4m: Margas con intercalaciones de calizas limosas a la base y, hacia la parte superior, alternancia de calizas peloidales. Albiense inferior a medio.
- C5: Calizas micríticas a arcillas en la base y calizas recristalizadas y dolomitizadas a techo. Del Cenomaniense-Turonense.
- C6: Alternancia de calizas micríticas de tonos claros, finamente tableadas y niveles de margas. De edad Senoniense-Santoniense.
- C7: Margas y margocalizas con intercalaciones más o menos frecuentes de calizas margosas y arenosas. Correspondientes al Campaniense-Paleoceno. No se presenta en el subrelieve occidental, por los efectos de las discordancias existentes bajo los materiales terciarios que se indican a continuación.
- Discordancia o disconformidad, poco marcada.
- E1: Margas, margas y margocalizas, calizas, calizas limosas y arenosas. De edad Ypresiense-Priaboniense (Eoceno inferior).
- E2: Calizas de color crema a blanco que pasan lateralmente a calizas de tabulares a nodulosas, ligeramente arenosas. Con calcarenitas bioclásticas a techo. Edad: Eoceno superior – Oligoceno inferior.
- Discordancia o disconformidad, poco marcada.
- O-M2: Calizas bioclásticas y arenosas a la base. Calizas limosas y margosas a techo. De edad Oligoceno superior. En el subrelieve oriental se encuentra discordante sobre la unidad C7.
- O-M1: Alternancia de calizas limosas y margosas, y margas. Ocasionalmente niveles de areniscas y calizas arenosas, sobre todo a la base. De edad Oligoceno superior – Mioceno inferior.
- M2: Calizas arenoso-limosas tableadas. Oligoceno superior – Mioceno inferior (Hattiense-Aquitaniense).
- M1: Alternancia de margas azules, areniscas y margas limo-arenosas (Facies Tap). Hacia la base, areniscas calcáreas o calizas limo-arenosas, que incluyen en ocasiones niveles de microconglomerados. Burdigaliense (Mioceno inferior).
- Meo: Depósitos olistolíticos, constituidos por bloques de calizas de edad Eoceno-Oligoceno, que presentan niveles de brechas. Mioceno inferior, en general.

- M2: Alternancia de niveles de margas y margocalizas, con niveles calcáreos limosos o arenosos que rápidamente pasan a niveles de margas grises de aspecto noduloso y arcillas limosas. Langhiense-Serravalliense (Mioceno medio).
- M3: Margas y arcillas con restos de yesos, areniscas y bloques ofíticos y/o calcáreos. Serravalliense (Mioceno superior).
- M4: Conglomerados masivos, con escasos niveles de lutitas o margas de tonos rojizos y, ocasionalmente, niveles de arenas groseras, con restos de fósiles marinos retrabajados. Tortoniense (Mioceno superior).

Hay, además, formaciones cuaternarias de origen continental, localizadas discordantemente encima de cualquiera de las anteriores:

- QC: Coluviones, canchales y piedemontes. Depósitos compuestos por bloques y cantos sueltos, a veces de gran tamaño y normalmente angulosos, en matriz arcillo-limosa. De edad generalmente Pleistoceno inferior, se presentan en las laderas de algunas sierras.
- Qcc: Depósitos de carbonatos de origen edáfico: calcretas y caliches. Edad: Pleistoceno inferior, por lo general.
- QG: Depósitos de glaciares. Limos y arcillas rojas, con cantos angulosos. Edad: Pleistoceno inferior-medio.
- QR: Depósitos de fondo de rambla. Gravas y cantos sueltos. Edad: Holoceno.
- QT: Terrazas fluviales. Depósitos de gravas y cantos, con matriz limo-arenosa, asociados a los cursos fluviales. Edad: Pleistoceno.
- QA: Aluviales de los cursos fluviales. Depósitos de limos y arcillas, con cantos. Edad: Holoceno.

En la costa, hay también formaciones cuaternarias de origen marino, poco importantes en extensión, dado lo abrupto de la costa.

- Qpf: Depósitos de playas fósiles. Depósitos arenosos encostrados y cementados. Edad: Pleistoceno.
- Qp : Depósitos de playas y, ocasionalmente, barras litorales. Depósitos arenosos sueltos, de formación actual. Edad: Holoceno.

Conviene anticipar que, desde el punto de vista hidrogeológico, los materiales más interesantes de la zona de estudio corresponden a diversas litologías o formaciones del Cretácico, también a algunas del Terciario y a las del Cuaternario asociadas a los cursos fluviales.

4.2.2. Las estructuras

En líneas generales, los relieves descritos al hablar de los aspectos fisiográficos reflejan las estructuras en que se organizan las litologías descritas, así como su grado de resistencia ante la erosión. De un modo general, todas las litologías cretácicas y paleógenas conforman sierras, mientras que las triásicas y neógenas, constituyen zonas deprimidas. Por supuesto, los cuaternarios se emplazan en zonas deprimidas, no solo por su poca resistencia a la erosión sino, sobre todo, por estar asociados a la erosión actual, siendo realmente productos de la misma.

La región prebética de Alicante presenta, al igual que otras vecinas, una tectónica de cobertera, en la que el zócalo paleozoico y su presumible tegumento triásico (Buntsandstein y Muschelkalk), ninguno de ellos aflorante, se muestran solidarios entre sí y afectados por la tectónica profunda de fallas en dirección (ENE-OSO y ONO-ESE, en esta parte de las Cordilleras Béticas) y fallas inversas y cabalgamientos probablemente vergentes al norte. Esta tectónica profunda no se transmite directamente a la cobertera mesozoica al actuar el Keuper como nivel plástico e incompetente, de despegue. La cobertera mesozoico-paleógena presenta, así, un estilo propio que, aunque inducido directamente por la tectónica profunda, no es fiel reflejo de la misma. Además, la movilización del Keuper ha podido crear acumulaciones del mismo que, ascendiendo, han podido perforar la cobertera, generando diapiros.

La zona de estudio está limitada por las siguientes estructuras principales:

- Al norte y noroeste, por una zona de fractura de dirección ENE-OSO (es la dirección típica de muchas fallas en dirección, dextrales, de las Cordilleras Béticas), subparalela al curso del río Girona. Esta zona de fractura está frecuentemente oculta por materiales terciarios neógenos, dispuestos entre las sierras a ambos lados de la misma.
- Al sur, por la zona diapírica del río Algar, de dirección ONO-ESE.

Y viene caracterizada por los siguientes rasgos principales:

- La zona diapírica del valle del Jalón, alargada según la dirección E-O ó ONO-ESE.
- La coexistencia e interferencia de direcciones de pliegues y cabalgamientos E-O y NE-SO (o ENE-OSO) en las sierras constituidas por materiales cretácico-paleógenos.
- La presencia de grandes fracturas (frecuentemente ocultas por materiales terciarios post-orogénicos) que, a veces como continuación de las mencionadas áreas diapíricas, compartimentan y separan las sierras cretácico-paleógenas entre sí.

Probablemente, esta compartimentación a cargo de los diapiros y/o de grandes fracturas de su misma dirección, es uno de los rasgos tectónicos fundamentales de la zona, y de importancia hidrogeológica.

La mencionada compartimentación divide la zona de estudio en bloques que, conjuntamente, con las grandes fracturas y/o diapiros que los delimitan, pasan a describirse a continuación.

4.2.2.1. El conjunto definido por la Sierra de Montgó, la depresión de Jávea y las estructuras de Jesús Pobre

Este bloque está limitado al sur por una probable e importante fractura este-oeste. Esta fractura se deduce de la interrupción que presentan las direcciones predominantemente noreste-suroeste que presentan las sierras de Seguilí-Selguetes. Hacia el este, la fractura podría ser menos importante ya que las pequeñas sierras prolongaciones de las anteriores hasta el cabo de la Nao, presentan direcciones paralelas a la traza de la probable fractura.

Al norte de esta probable fractura se localizan la pequeña depresión terciaria de Jávea, la sierra de Montgó y las pequeñas estructuras de Jesús Pobre.

La cuenca de Jávea, probablemente influida en su desarrollo por la mencionada probable fractura, se extiende por el oeste hasta los relieves de Jesús Pobre. Hacia el este continúa bajo el mar, como lo indica el débil buzamiento hacia el este que presentan las calcarenitas miocenas en la misma bahía de Jávea. No hay que descartar la existencia de otra probable fractura que limite esta cuenca por el norte, sobre todo en la parte más oriental del borde septentrional.

En cuanto a los relieves de Jesús Pobre, el más oriental, con estructuras norte-sur, presenta continuidad con la sierra del Montgó. El más occidental, con estructuras este-oeste, está aislado por depósitos cuaternarios pero podría también estar en continuidad con dicha sierra.

La sierra de Montgó constituye una estructura sinclinal de dirección E-O, cuyo extremo oriental marca el cabo de San Antonio, y cuyo eje presenta tendencias a incurvarse hacia ONO-ESE, lo que influye en el modelado de la línea de costa inmediatamente al norte del cabo (Marina Alta, en la zona de Denia).

4.2.2.2. El bloque montañoso de Peñón, Orba y Seguilí-Selguetes

Se trata de una unidad orográfica continua y alargada en sentido oeste-este, limitada al norte por la probable fractura mencionada en el apartado anterior y al sur por el diapiro del Valle del Jalón y sus prolongaciones geométricas: la fractura del río Castells al oeste y el borde norte de la depresión terciaria de Benisa, al este. Esta unidad orográfica queda interrumpida en el meridiano de Murla, donde un apéndice septentrional del mencionado diapiro separa la sierra de Peñón, al oeste, de las Orba y Seguilí, al este. Hacia el oeste, esta alineación montañosa termina al confluir la fractura del Castells con la del valle del Girona (ver anteriormente).

Las estructuras de esta unidad (pliegues, fallas y cabalgamientos) presentan direcciones este-oeste en los extremos oeste (sierra del Peñón y, en parte, Orba) y este (alineaciones al sur de la bahía de Jávea). En la parte central, más ancha, las direcciones estructurales son, característicamente noreste-suroeste, y vergentes al noroeste.

4.2.2.3. El diapiro del Valle del Jalón y sus prolongaciones hacia el este y oeste

Como se ha indicado en el apartado anterior, el diapiro del Valle del Jalón se prolonga hacia el oeste por la fractura del Castells, de dirección este-oeste y hacia el este por el borde norte de la depresión terciaria de Benisa, también aproximadamente este-oeste.

La fractura del Castells, a lo largo de la cual podría haber inyecciones de Keuper, se marca no solo por el fuerte encajamiento del río, sino por la falta de correspondencia de estructuras (y de direcciones de las mismas) a ambos lados de ella.

El diapiro del Valle del Jalón presenta una ligera elongación ONO-ESE, lo que supone una inflexión en el mencionado contexto este-oeste de fracturación y alineaciones. Su coincidencia con esta inflexión podría indicar que su emplazamiento se ha visto facilitado por el hueco creado por el posible juego dextral de dicho contexto.

Hacia el este, la prolongación inmediata del diapiro se marca (en la zona de Senija) por cambios bruscos en las estructuras de las sierras a norte y sur pero, sin embargo, no se llega a identificar fractura. La fracturación debe desarrollarse a niveles más bajos (infracretácicos o de zócalo-tegumento) que los aflorantes.

Más al este, el borde norte de la depresión de Benisa limita oblicuamente algunas estructuras de las sierras al norte. Sin embargo, no hay argumentos para suponer si es coincidente con una fractura o si ésta se desarrolla, al igual que en el caso de Senija, a niveles más bajos.

4.2.2.4. El bloque meridional, al sur del diapiro del Valle del Jalón y sus prolongaciones

Se trata de un bloque bastante más heterogéneo que los anteriormente descritos, que contiene como estructuras principales, y de este a oeste, las siguientes:

- La depresión terciaria de Benisa, parcialmente limitada al este por la sierra de Benitachell y al sur por la de Bernia.
- Los extremos septentrionales de las sierra de Ferrer-Besa y otras paralelas, que limitan la depresión de Benisa por el oeste.
- La sierra de Carrascal y otras contiguas, hasta Castell de Castells.

El relleno de la depresión terciaria de Benisa presenta, en conjunto, una estructura inclinada hacia el este-sureste, es decir, hacia el Mediterráneo, con el que contacta en todo el litoral entre el morro de Tolx, al sur de la zona de estudio, y el cabo de San Martín, al sur de la bahía de Jávea (excepto en la sierra de Benitachell).

La sierra de Benitachell presenta una disposición cartográficamente arqueada, pasando de este-oeste entre los cabos de la Nao y Negro (al este) a norte-sur en el Cap d'Or (al sur). En conjunto representa una estructura monoclinada inclinada (a veces fuertemente) hacia el norte y oeste. En la parte litoral más oriental y central de la estructura, al sur de La Granadella, existen fallas normales o listricas importantes, cuyo efecto es abatir hasta casi el nivel del mar al término cretácico más alto de la sierra (C 5).

La sierra de Ferrer-Besa y otras paralelas al este de la misma conforma un conjunto montañoso de direcciones estructurales (pliegues y fallas) NNE-SSO a casi N-S. Estas estructuras quedan bruscamente interrumpidas al norte por el diapiro del Valle del Jalón, mientras que hacia el sur enlazan, aparentemente sin mucha complicación estructural, con la sierra de Bernia-Tolx, de dirección ONO-ESE.

La sierra de Bernia es una estructura anticlinal cuyo borde meridional está fallado y en contacto con el diapiro del Valle del Algar, orientado según la dirección ONO-ESE. Hacia el este, aparecen también fallas ENE-OSO que, en combinación con dicha falla de borde, terminan por originar una estructura menos ancha (sierra de Tolx) que la definida por la sierra de Bernia.

La sierra de Carrascal es una estructura orientada en líneas generales E-O, que responde esencialmente a un monoclinado inclinado al sur. Este monoclinado sirve de límite entre el diapiro del Valle del Jalón, al norte, y la unidad, a grandes rasgos sinclinal pero diapirico-olistotrómica, de Tárbenas, al sur (ésta, fuera de la zona de estudio). Tanto al este (donde queda limitada de la sierra de Besa), como al oeste, la sierra de Carrascal está limitada por fallas NE-SO. Esta misma dirección NE-SO es la que presentan las sierras al oeste, entre Carrascal y Castell de Castells.

4.2.3. Posible estructura y funcionamiento tectónicos de conjunto

En función de todo lo descrito, la estructura de conjunto de la zona de estudio podría ser contemplada como enclavada (y enmarcada) entre dos grandes fallas ENE-OSO, de las que constituyen las grandes fallas en dirección, con funcionamiento dextral, de las Cordilleras Béticas. Estas fallas serían la del valle del Garona (al noroeste) y la de Alicante (o Crevillente) – Cádiz (al sureste), cuya traza se situaría en la plataforma marina, inmediatamente al sureste de la zona de estudio.

Entre ambas fallas aparecen diairos (y fracturas en las prolongaciones de los mismos, quizá con inyecciones de Keuper) de dirección ONO-ESE. En algún caso, estas estructuras diapíricas podrían

haberse emplazado a favor de pequeños desgarres también dextrales (tal y como parece deducirse para el caso concreto de la del Valle del Jalón). Estas estructuras podrían tener relación genética directa con el mencionado juego dextral (y diferencial) de ambas fallas.

El efecto final de las grandes fallas y de los diapiros es la compartimentación de la cobertera, cuyas distintas alineaciones según zonas (E-O, NNE-SSO, etc.) debe reflejar una cierta rotación de las mismas, debido a los movimientos dextrales de las estructuras vecinas que les limitan.

5. CLIMATOLOGÍA

5.1. ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Dentro de la U.H. 08.47 existen varias estaciones meteorológicas con datos de pluviometría y de temperatura cuya distribución se muestra en la Figura 5.1.1. De estas estaciones se han seleccionado aquellas que presentan una serie lo más completa posible para calcular las precipitaciones y temperaturas medias anuales para un periodo de unos 30 años. En la Tabla 5.1.1 se muestran las principales características de las estaciones seleccionadas y los valores medios obtenidos. La temperatura varía poco de una zona a otra de la unidad, entre 17 y 18°C, mientras que la pluviometría presenta mayor variación. Se observa que el valor anual medio de la precipitación no está relacionado con la altitud, sino con la situación geográfica de la estación.

Código estación	Nombre estación	Altitud (m)	Acuífero	Periodo	Precipitación anual media (mm)	Temperatura media anual (°C)
8043	Benisa Convento	210	Benisa	1974-2003	596	16.8
8045U	Alcalalí	230	Jalón	1974-2000	772	17.0
8048E	Gata de Gorgos	50	Jávea	1974-2003	691	17.1
8050ª	Jávea "Viveros"	30	Jávea	1974-2003	623	-
8051I	Pedreguer	80	Solana de la Llosa	1974-2004	761	-
8051U	Denia HS	15	Montgó-Denia	1974-2003	675	18
8054	Vall de la Guard	250	Fontilles	1974-2003	815	17.7
8054O	Tormos	110	Orba???	1974-2003	851	17.2

Tabla 5.1.1 Resumen de datos climáticos de la U.H. 08.47

Figura 5.1.1 Distribución de las estaciones meteorológicas en la U.H. 08.47

5.2. EVOLUCIÓN PLUVIOMÉTRICA

En la distribución anual de la pluviometría para el periodo 1974-2003, se observa un periodo húmedo de 1985 a 1993, con el máximo en 1989, y dos mínimos en 1983, con valores por debajo de 400 mm de precipitación anual (ver Figura 5.2.1). Los valores más bajos de pluviometría se presentan en la estación más meridional (8043) y en las estaciones costeras de Jávea y Denia, y los valores más altos corresponden a la estación 80540, en el interior de la unidad y al norte.

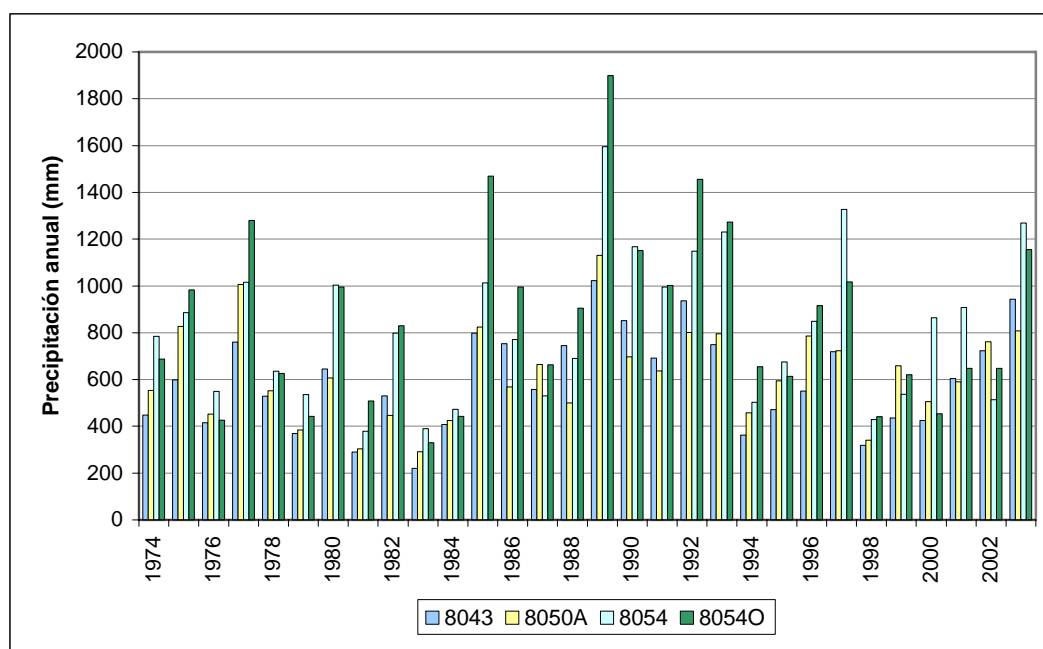


Figura 5.2.1 Precipitación media anual en la U.H. 08.47

6. DEFINICIÓN DE ACUÍFEROS

6.1. CARTOGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA

A partir de la cartografía geológica descrita en el apartado anterior se ha elaborado una cartografía hidrogeológica, a escala 1:25.000, que consistió en la asignación de una valoración de la permeabilidad a cada una de las unidades litológicas, como se presenta en la Tabla 6.1.1. No fue necesario el agrupamiento o disgregación de las unidades litológicas ya que la cartografía geológica se

realizó teniendo en cuenta su finalidad última, que era la cartografía hidrogeológica. La asignación de las permeabilidades procede fundamentalmente de la primera fase del presente proyecto. Cuando ha sido necesario, el grado de permeabilidad se ha modificado teniendo en cuenta las características observadas en el campo, así como las referencias bibliográficas consultadas. En el Plano 2 se representa la cartografía hidrogeológica, a escala 1:25.000.

Unidad hidroestratigráfica	Grado de permeabilidad			Tipo de porosidad
	Baja	Media	Alta	
QA				Intergranular
QT				Intergranular
QP				Intergranular
QPF				Intergranular
QG				
QCC				
QC				Intergranular
ME0				Intergranular y fracturación
M4				Intergranular
M3				
M2				
M1				
O-M2				Intergranular
O-M1				
O1				Intergranular
E2				Intergranular, fract. y disolución
E1				
C7				
C6				Fracturación
C5				Intergranular, fract. y disolución
C4				Intergranular
C4m				
C3				
C2				Fracturación y disolución
C1				
C0				
Tk				
Tm				Fracturación y disolución

Tabla 6.1.1 Grado y tipo de permeabilidad en las unidades hidroestratigráficas

Los principales acuíferos de la U.H. lo constituyen las formaciones carbonatadas cretácicas y las calizas del Oligoceno y Eoceno superior (O1 y E2, respectivamente). Además existen dos acuíferos cuaternarios: Jalón y Jávea. El impermeable de base lo constituyen fundamentalmente las margas neocomienses (C1) y los materiales del Keuper (Tk).

6.2. ACUÍFEROS DE LA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 08.47

En la U.H. 08.47 se diferencian quince acuíferos, que están representados en la Figura 6.2.1 en el Plano 2:

- **Cocoll:** Es el acuífero más occidental de la unidad. Los materiales acuíferos están constituidos fundamentalmente por las litologías C2 y C5, que corresponden a calizas del Aptiense y del Turoniense-Cenomaniense, respectivamente. Las margas del Neocomiense (C1) y las arcillas y yesos del Keuper conforman el muro del acuífero. Tiene una superficie de 18.7 km².
- **Neocomiense de Parcent:** Situado al suroeste de la unidad, está constituido por barras de calizas arenosas neocomienses-barremienses (C0) intercaladas entre margas y margocalizas (C1). El muro lo constituyen las mismas margas C1. Tiene una superficie de 6.3 km².
- **Peñón:** Acuífero situado en la parte más occidental de la unidad. Está constituido por dos tramos de formaciones permeables cretácicas: un primer tramo representado por las calizas bioclásticas del Albiense (C2), separado por varios niveles margosos del segundo tramo de calizas, calizas margosas y dolomías (formaciones C4 y C5) del Cenomaniense-Turoniense. Tiene una superficie de 9.3 km².
- **Fontilles:** Conjunto de acuíferos independientes situados al noroeste de la unidad, que consiste en sedimentos de piedemonte de la formación Qc, desarrollados sobre las margas y margocalizas del Mioceno medio (M2) y las calizas del Oligoceno superior (O1). Tiene una superficie de 3.9 km².
- **Olivereta:** Pequeño acuífero situado en la parte oriental de la unidad, que consiste en un bloque monoclinial de calizas bioclásticas del Neocomiense (C0), cuyo impermeable de base lo conforman las margas y yesos del Keuper (Tk). Tiene una superficie aproximada de 5 ha.
- **Orba:** Acuífero situado al noroeste de la unidad. Consiste en calizas, calizas margosas y dolomías (C4 y C5) del Cenomaniense-Turoniense. Tiene una superficie de 5.7 km².
- **Jalón:** Acuífero cuaternario de poco espesor, correspondiente a sedimentos aluviales y de ladera, situado en la parte central de la unidad. El muro y el límite del acuífero están formados fundamentalmente por materiales del Keuper. Tiene una superficie de 11 km².
- **Seguilí:** Pequeño acuífero situado en la parte central de la unidad, que consiste en gran parte de la serie cretácica, desde el Neocomiense (C1), que constituye el impermeable de base, hasta el Turoniense (C5). Tiene una superficie de 2 km².
- **Solana de la Llosa:** Acuífero situado al norte de la unidad, que está constituido por la serie cretácica desde el Aptiense al Albiense (C2 a C5), y las calizas bioclásticas del Oligoceno

- superior (O1), y cuyo muro lo conforman las margas del Neocomiense (C1). Tiene una superficie de 23.9 km².
- **Cretácico del Girona:** Acuífero situado al norte de la unidad. Está constituido por las margas del Neocomiense (C1) y las calizas intercaladas (C0), y en la parte oriental, en el relieve de la Sella, el acuífero lo conforma también la serie cretácica del Aptiense al Cenomaniense (C2, C3 y C4). El muro del acuífero lo constituye las propias margas neocomienses que, en la zona oriental también conforman el techo. Tiene una superficie de 17.4 km².
 - **Jesús Pobre:** Acuífero situado en la parte nororiental de la unidad. Es un acuífero bicapa y está constituido por las calizas bioclásticas del Aptiense (C2) y por las margas con barras de calizas del Neocomiense (C1), que también constituyen el impermeable de base. Tiene una superficie de 3.6 km².
 - **Montgó-Denia:** Es el acuífero más septentrional de la unidad, y está constituido por casi toda la serie carbonatada cretácica, desde el Aptiense (C2) al Santoniense (C6). El muro del acuífero lo forman las margas del Neocomiense (C1). Tiene una superficie de 41.3 km².
 - **Jávea:** Acuífero situado al este de la unidad, que está constituido por depósitos cuaternarios aluviales y costeros. El muro del acuífero lo constituyen las margas miocenas (M1 y M2). Tiene una superficie de 12.5 km².
 - **Depresión de Benisa:** El mayor acuífero de toda la unidad, con una extensión de 285 km². Está constituido fundamentalmente por los materiales permeables cretácicos y terciarios permeables: C2, C4, C5, C6, E1, O1, y MEO, y algunos depósitos cuaternarios. La disposición de estos materiales acuíferos se encuentra compartimentada, debido a numerosas fracturas.
 - **Bernia:** Acuífero más meridional de la unidad. Está constituido por las margas y calizas del Albiense-Cenomaniense (C4), las calizas del Cenomaniense-Turoniense (C5) y las calizas y margas del Senoniense-Santoniense (C6). El muro del acuífero probablemente esté constituido por las margas del Aptiense-Albiense (C3). Tiene una superficie de 4.4 km².

Figura 6.2.1 Acuíferos de la U.H. 08.47

6.3. MASAS DE AGUA

Dentro de la delimitación de las masas de agua subterránea realizada para la aplicación del artículo 5 de la Directiva Marco del Agua, realizada en el año 2004, se han definido cuatro masas de agua en la unidad hidrogeológica 08.47 Peñón-Montgó-Bernia, y cuyos límites se pueden ver en la Figura 4.1.1. En la Tabla 6.3.1 se muestra la correspondencia aproximada entre masas de agua y acuíferos. Los acuíferos de Depresión de Benisa y Jávea constituyen cada uno de ellos una masa de agua individualizada, la masa 080 057 está constituida únicamente por acuíferos de la U.H. 08.47, mientras que la 080 057 la conforman acuíferos de esta unidad hidrogeológica y de la vecina U.H. 08.46.

Masa de agua	Acuífero
080 057	Peñón Fontilles Olivereta Orba Jallón Seguilí Solana de la Llosa Jesús Pobre
080 067	Cocoll Parcent Bernia
080 068	Depresión de Benisa
080 069	Jávea

Tabla 6.3.1 Correspondencia entre acuíferos y masas de agua en la U.H. 08.47

7. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

La primera fase del presente proyecto incluía un inventario de puntos de agua, que fue realizado de nuevo por la empresa adjudicataria de esta primera fase, en el verano de 2006. Este inventario se centró en aquellos puntos acuíferos que están actualmente en explotación, o que han estado recientemente, visitándose un total de 185 puntos acuíferos (Anejo 1). En todos los puntos se tomaron las coordenadas con GPS y, en aquellos en que fue posible, se tomó la medida de nivel del agua. Toda la información manuscrita de este inventario se incorporó a una base de datos, ya dentro

de la 2ª fase del proyecto, en la que se ha diseñado un informe de salida con el formato de las fichas de puntos acuíferos del IGME, y que además permite volcar todos los datos de forma sencilla a otras bases de datos.

Además de los datos del nuevo inventario, se incorporaron a la base de datos otros puntos del AGMA del IGME, de la Diputación Provincial de Alicante y de la Confederación Hidrográfica del Júcar, así como información adicional, fundamentalmente de litología del acuífero de la Depresión de Benisa. En total, la base de datos de puntos acuíferos de la U.H. 08.47 consta de 610 registros. En soporte informático se adjuntan las fichas del inventario de puntos de agua.

8. REDES DE CONTROL

Se dispone de datos de redes de control piezométrico y de calidad para la unidad de Peñón-Montgó-Bernia de tres fuentes: Diputación Provincial de Alicante, Instituto Geológico y Minero de España y Confederación Hidrográfica del Júcar. El IGME dejó de medir y muestrear sus redes en el 2001 y, a partir de entonces y anteriormente, la DPA ha continuado su labor. Los datos de la CHJ hasta esa fecha son los mismos datos del IGME. Dentro de la unidad hidrogeológica hay numerosos puntos de los que se dispone de datos periódicos de piezometría y de calidad, y que son enumerados en los capítulos correspondientes de cada acuífero.

La DPA tiene varios puntos de telecontrol (303270014, 303240072 y 303220031), en los que se registran datos diarios de piezometría.

La CHJ dispone en la actualidad, y previo a la implantación de las nuevas redes de control previstas en la Directiva Marco del Agua, de una red oficial de control de piezometría, calidad, intrusión e hidrometría. En la U.H. 08.47 hay 119 puntos de control piezométrico, 40 puntos de control de calidad, 14 puntos de control de la intrusión y ningún punto de hidrometría. Este número de puntos de control incluyen tanto los que están activos en la actualidad como los históricos.

9. HIDROQUÍMICA

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas de la unidad hidrogeológica 08.47 Peñón-Montgó-Bernia se ha llevado a cabo partiendo de los datos obtenidos en una campaña de muestreo realizada en enero de 2007 y de los datos procedentes de las redes de control del IGME y Diputación de Alicante.

9.1. MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA

Para la caracterización de los distintos acuíferos objeto de estudio se han seleccionado una serie de puntos para su muestreo y posterior análisis. Así, se han muestreado 22 puntos procedentes de pozos, sondeos y manantiales, situados en distintos acuíferos (Cretácico del Girona, Solana de la Llosa, Jávea, Bernia, Depresión de Benisa, Jalón, Peñón, Parcent, Jesús Pobre, Montgó, Orba, Seguilí, Olivereta).

En la Tabla 9.1.1 se incluyen los códigos y coordenadas de situación de los puntos muestreados y los resultados obtenidos en los parámetros analizados en campo (conductividad, pH y temperatura del agua):

Código	Nº orden	Nat.	Acuífero	Fecha de muestreo	Prof (m)	Uso	Cond (µS/cm)	pH	T (°C)
3032-2-0061	1	Sondeo	Cretácico del Girona	12/01/2007	246	Abto.	750	8.5	14
3032-3-0072	2	Sondeo	Solana de la Llosa	11/01/2007	280	Abto., agric.	820	7.9	15
3032-3-0014	3	Sondeo	Solana de la Llosa	11/01/2007	310	Abto.	530	8.3	15
3032-2-0068	4	Sondeo	Solana de la Llosa	10/01/2007	451	Abto.	530	6.7	18
3032-3-0069	5	Sondeo	Solana de la Llosa	11/01/2007	300	Abto.	560	8.1	18
3033-3-0007	6	Sondeo	Bernia	15/01/2007	400	Abto.	610	8.2	20
3032-7-0031	7		Depresión de Benisa	12/01/2007	-	-	760	8.5	15
3032-2-0046	8	Manantial	-	10/01/2007	0	Agric.	620	7.7	14
3032-1-0001	9	Manantial	Peñón	15/01/2007	0	Agric.	480	7.6	15
3032-2-0103	10	Sondeo	Peñón	11/01/2007	170	Abto.	640	7.9	18
3032-6-0089	11	Pozo	Jalón	10/01/2007	80	Agric.	2880	7.9	15
3032-1-0003	12	Manantial	Peñón	15/01/2007	0	Abto., agric.	290	7.8	15
3032-2-0035	13	Sondeo	Parcent	15/01/2007	250	Abto.	390	7.8	14
3032-6-0066	14	Sondeo	Parcent	10/01/2007	328	Abto.	460	7.5	14
3132-1-0021	15	Pozo	Jávea	12/01/2007	22.5	Abto.	1500	8.1	16
3032-4-0083	16	Sondeo	Jesús Pobre	12/01/2007	300	Abto.	1110	7.8	17
3032-3-0038	17	Pozo	Montgó	12/01/2007	37	Abto.	6260	7.3	15
3032-4-0006	18	Sondeo	Montgó	15/01/2007	100	-	1800	7.2	14
3032-2-0051	19	Sondeo	Orba	15/01/2007	401	Abto., agric.	580	7.8	14
3032-2-0031	20	Sondeo	Orba	12/01/2007	291	Abto.	660	8.2	12
3032-2-0112	21	Sondeo	Seguilí	11/01/2007	270	Agric.	990	7.7	14
3032-2-0049	22	Sondeo	Olivereta	11/01/2007	195	Agric.	1020	7.8	11

Tabla 9.1.1 Relación de puntos de agua muestreados en enero de 2007 en Peñón-Montgó

En el Plano 3 se observa la distribución espacial de los puntos de control hidroquímico.

El estudio que aquí se presenta se basa en el análisis de los datos obtenidos durante el desarrollo del proyecto, con el muestreo y posterior análisis químico de las muestras de aguas procedentes de los puntos de control indicados.

9.2. CAMPAÑA DE MUESTREO HIDROQUÍMICO Y REALIZACIÓN DE ANÁLISIS IN SITU

La campaña de muestreo hidroquímico se ha llevado a cabo en enero de 2007. Durante esta campaña se analizaron *in situ* pH, temperatura y conductividad, y se tomaron muestras de agua para el análisis en laboratorio de parámetros fisicoquímicos (conductividad y pH), constituyentes mayoritarios (carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos, nitritos, amonio, sodio, potasio, calcio, magnesio), DQO, fosfatos, sílice, boro, bromuros, hierro y manganeso.

La recogida, transporte y almacenamiento de muestras de agua, así como los análisis "in situ" se realizaron siguiendo las indicaciones recogidas en *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* y las normas recomendadas por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA) y WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF).

Los recipientes de polietileno utilizados para el muestreo se enjuagaron varias veces con el agua del punto a muestrear, y se llenaron completamente, evitando que quedasen burbujas de aire.

Como método de preservación, todos los envases se mantuvieron refrigerados en neveras portátiles hasta su entrega en el laboratorio.

Los resultados analíticos obtenidos en los análisis "in situ" de los parámetros inestables: conductividad, temperatura y pH se recogen en el Tabla 9.1.1

La conductividad de las muestras de agua analizadas está comprendida entre 290 y 6260 microS/cm. El valor más alto corresponde a la muestra 17 (303230038) procedente del pozo de 37 m de profundidad, situado en el acuífero de Montgó. El valor mínimo se registra en la muestra 12 (303210003) procedente del manantial muestreado en el acuífero de Peñón.

En el caso de la temperatura, las aguas de la zona de estudio tienen valores que oscilan entre 11 y 20 °C, con un valor mínimo en la muestra 22 (303220049) tomada en el acuífero de Olivereta y máximo en la muestra 6 (303330007) procedente del sondeo de Bernia.

Por último, los valores de pH oscilan entre 7.2 y 8.5. El valor mínimo se ha registrado en la muestra del acuífero de Montgó. Por su parte, el valor máximo corresponde a las muestras tomadas en el acuífero de Solana de Llosa y en el de la Depresión de Benisa.

9.3. ANÁLISIS DE LABORATORIO

9.3.1. Análisis históricos de redes de control: información existente

Los puntos de control que cuentan con datos hidroquímicos históricos en cada acuífero varían, tanto en número, como en periodo de control, o parámetros analizados.

En la Tabla 9.3.1 se incluyen el número de análisis efectuados en cada punto de agua, así como el periodo en el que se realizaron para cada uno de los puntos de control existentes en los distintos acuíferos objeto de estudio.

Acuífero	Nº Registro	Nº Análisis	Periodo al que se refieren los datos
Carrascal-Bernia	303320023	14	1974-2001
Cretácico del Girona	303220012	1	1998
	303220060	1	1978
	303230018	1	1973
	303230024	1	1973
	303230058	1	2000
	303230097	15	1990-2001
Depresión de Benisa	303230122	1	2000
	303230107	2	1984
	303240014	20	1978-1989
	303240046	2	1991-1992
	303240048	8	1989-1997
	303240057	14	1989-2001
	303240064	1	1986
	303240065	1	1986
	303240072	6	1990-2001-2004
	303240073	2	1984
	303240074	3	1982-1983
	303270003	3	1982-1983
	303270013	15	1989-1998
	303270014	2	1994-1996-2004
	303270016	2	1988-1990
	303270018	3	1986-1998
	303270021	5	1989-1997
	303270031	2	1993-1995
	303270036	1	1980
	303270039	2	1999
	303270040	1	1998
	303270041	1	1995
	303270046	17	1989-2001
	303270049	1	1980
	303270050	1	1998
	303270052	1	2001
	303280003	32	1982-1998
	303280005	1	1994
	303280011	34	1982-1998
	303280014	1	1977
303280020	1	1989	
303280024	7	1989-1992	
303280026	1	1999	

Acuífero	Nº Registro	Nº Análisis	Periodo al que se refieren los datos
	303280028	12	1991-1999
	303280033	5	1989-1990
	303280035	18	1989-2001
	303280051	1	1999
	303280078	13	1989-2001
	303330001	1	1973
	313210017	36	1981-1998-2005
	313210018	9	1977-1980
	313210033	43	1977-1998
313250002	21	1989-2001-2005	
Jalón	303260054	5	1990-1994
Jávea	303240017	40	1973-1998
	303240018	17	1989-1998
	303240019	1	1973
	303240024	12	1982-1989
	313210001	11	1976-1980
	313210002	2	1977-1978
	313210003	3	1977-1978
	313210004	49	1977-2000
	313210005	10	1977-1980
	313210006	11	1977-1980
	313210007	11	1977-1980
	313210008	46	1977-1998
	313210009	50	1977-2000
	313210010	10	1977-1980
	313210015	10	1977-1980
	313210016	35	1981-1998
	313210019	32	1982-1998
	313210020	33	1977-1992
	313210021	5	1978-1980
	313210022	18	1981-1988
	313210026	16	1981-1988
	313210027	41	1977-1998
	313210028	25	1977-1988
	313210029	16	1981-1988
313210031	26	1977-1988	
313210034	25	1978-1989	
313210036	8	1978-1989	
313210040	30	1982-1998	
Jesús Pobre	303240056	1	1988
Montgó	303230034	35	1981-1998
	303230036	30	1974-1998
	303230038	25	1978-1989
	303230040	28	1981-1994
	303230051	23	1982-1998
	303240006	27	1978-1990
	303240025	7	1978-1980
Orba	303220030	1	1977
	303220031	12	1990-2001
	303220051	2	1977-1989
Parcent	303220035	5	1989-1999
	303250003	8	1989-1999
	303250004	12	1989-2001
	303260011	11	1978-2001
	303260066	1	1998
Peñón	303220029	15	1974-2001
Solana de la Llosa	303220013	1	1973
	303220068	13	1991-2001

Acuífero	Nº Registro	Nº Análisis	Periodo al que se refieren los datos
	303230003	2	1973-1990
	303230004	1	1989
	303230006	10	1990-2001
	303230008	1	1974
	303230010	1	1974
	303230013	1	1998
	303230014	9	1990-2000
	303230052	1	1995
	303230053	1	1989
	303230069	7	1993-1999
	303230073	2	1989-1999

Tabla 9.3.1 Puntos de la red de control de calidad de la unidad 08.47

Los parámetros analizados en cada uno de los análisis registrados comprende la determinación total o parcial de parámetros fisicoquímicos, iones mayoritarios, metales pesados, etc. En ocasiones sólo se dispone de valores de conductividad o cloruros.

En los apartados correspondientes a cada acuífero se incluyen gráficos de evolución de distintos parámetros (cloruros, sulfatos y bicarbonatos) de algunos de los puntos que cuentan con un registro más amplio. La localización geográfica de los mismos se incluye en la figura de inventario de puntos de agua.

9.3.2. Determinaciones analíticas

En todos los puntos de la red de control hidroquímico del presente estudio, se ha llevado a cabo un análisis de parámetros fisico-químicos (conductividad y pH) y constituyentes mayoritarios (sodio, potasio, calcio, magnesio, amonio, nitritos, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos), DQO, fosfatos, sílice, boro, bromuros, hierro y manganeso.

Además, se han realizado análisis isotópicos de ^{18}O , ^2H y Tritio en seis muestras de aguas subterráneas, situadas tres de ellas en Solana de la Llosa (3032-3-0072, 3032-3-0014, 3032-2-0068), una en el Cretácico del Girona (3032-2-0061), una en la Depresión de Benisa (3032-7-0031) y una en Jesús Pobre (3032-4-0083).

9.3.3. Laboratorios

Las determinaciones analíticas de constituyentes mayoritarios y minoritarios se han realizado en el laboratorio de aguas del IGME en Tres Cantos (Madrid).

Por su parte, los análisis isotópicos se han llevado a cabo en el CEDEX.

Ambos laboratorios están dotados de la tecnología adecuada para la realización de los análisis indicados.

9.3.4. Control de calidad analítica: error analítico

El control de calidad analítica se ha llevado a cabo por medio del cálculo del error analítico de cada una de las muestras de agua subterránea disponible.

Dicho error se ha calculado a partir del balance de masas y se expresa en tanto por ciento:

$$Error(\%) = \frac{\sum r_{\text{cationes}} - \sum r_{\text{aniones}}}{\sum r_{\text{cationes}} + \sum r_{\text{aniones}}} \times 200$$

donde: $\sum r_{\text{cationes}}$ es la suma de las concentraciones de los cationes en meq/l

$\sum r_{\text{aniones}}$ es la suma de las concentraciones de los aniones en meq/l

Los valores obtenidos están comprendidos, en valor absoluto, entre 0.41 y 4.97 % (Tabla 9.3.2). El error admisible depende de la concentración y del tipo de agua, pero a título indicativo puede establecerse (modificado de Anderson, 1966, pág. 54, en Custodio y Llamas, 1983, pág. 223):

Conductividad (microS/cm)	50	200	500	> 2000
Error admisible (%)	30	10	8	4

Se observa, por tanto, que en las muestras analizadas el error analítico es bajo (Tabla 9.3.2):

Nº orden	Código	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Error analítico (%)
1	303220061	631	-4,97
2	303230072	677	-4,82
3	303230014	443	-4,70
4	303220068	425	-4,58
5	303230069	462	-4,53
6	303330007	635	-4,73
7	303270031	640	-4,15
8	303220046	556	-4,43
9	303210001	378	-4,71
10	303220103	532	-4,84
11	303260089	3663	0,43
12	303210003	273	-4,46
13	303220035	350	-4,69
14	303260066	286	-4,69
15	313210021	1213	-0,92
16	303240083	917	-4,80
17	303230038	5973	-2,04
18	303240006	1440	-4,86
19	303220051	517	-4,60
20	303220031	548	-4,75
21	303220112	801	0,41
22	303220049	916	-4,85

Tabla 9.3.2 Errores analíticos de las muestras de agua subterránea

9.4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los datos de análisis químicos de aguas subterráneas se han sometido a un tratamiento tanto numérico, como gráfico.

Para la representación gráfica de datos de análisis hidroquímicos se han utilizado programas no comercializados, desarrollados en entorno DOS, utilizando el software de la casa GOLDEN, con salidas gráficas por plotter o impresora. Estos programas generan distintos tipos de gráficos (PIPER, STIFF, SCHOELLER, etc.) a partir de un fichero de datos con estructura similar. Como datos de entrada se incluyen las concentraciones de los iones mayoritarios calcio, magnesio, sodio, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, potasio, carbonatos y nitratos, en mg/l, seguidas de la denominación de la muestra y del valor de la conductividad eléctrica en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

9.4.1. Caracterización hidroquímica general

En el Tabla 9.4.1 se incluyen los resultados analíticos proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME en Tres Cantos (Madrid).

Las aguas analizadas presentan una mineralización que varía desde baja a elevada (con conductividades que oscilan entre 273 y 5973 microS/cm).

En el caso de los aniones, las concentraciones de bicarbonatos tienen un margen de variación que oscila entre 106 y 266 mg/l de HCO_3^- , los sulfatos varían entre 8 y 1330 mg/l de $\text{SO}_4^{=}$ y, los cloruros oscilan entre 9 y 1840 mg/l de Cl^- .

En cuanto a los cationes, el calcio presenta un rango de variación que oscila entre 34 y 500 mg/l de Ca^{++} ; el sodio, por su parte, varía entre 6 y 918 mg/l de Na^+ , el potasio tiene un margen de variación comprendido entre 0 y 22 mg/l de K^+ y el magnesio se encuentra en concentraciones comprendidas entre 1 y 112 mg/l de Mg^{++} .

Las especies nitrogenadas analizadas presentan valores de nitratos que oscilan entre 0 y 128 mg/l de NO_3^- , con valores superiores a 50 mg/l en las muestras números 2 (3032-3-0072 situada en Solana de la Llosa, con 62 mg/l de nitratos), 15 (3132-1-0021 en el acuífero de Jávea, con 62 mg/l de nitratos) y 17 (3032-3-0038 en Montgó, con 128 mg/l de nitratos).

Por su parte, los nitritos se registran en las muestras números 6 (3033-3-0007 en el acuífero de Bernia, con 0.46 mg/l de nitritos), y 22 (3032-2-0049 en Olivereta, con 0.42 mg/l de nitritos). El amonio no se detecta en las aguas subterráneas analizadas.

Se ha obtenido en un gran número de muestras una concentración elevada de manganeso total (hasta 0.09 mg/l), que no se ha observado en otros estudios de la zona, ni en zonas próximas. Esto podría deberse a contaminación de las muestras o a error analítico, aunque sería necesario confirmar esta hipótesis con nuevas determinaciones o estudios específicos.

Actualización y mejora del conocimiento hidrogeológico y funcionamiento de los acuíferos de Alicante.
Caracterización hidrogeológica de la U.H. 08.47 (Peñón-Montgó-Bernia). 2ª fase

Nº	Denominación	Fecha	Cond	pH	Cl-	SO4=	HCO3-	CO3=	NO3-	Na+	Mg++	Ca++	K+	NO2-	NH4+	B	P2O5	SiO2	Fe	Mn	Error
1	303220061	12/01/2007	631	7,4	34	74	144	0	42	17	11	82	3	0	0	0	0	8,8	0	0	-4,97
2	303230072	11/01/2007	677	7,3	56	68	192	0	62	31	10	106	1	0	0	0	0	9,3	0	0	-4,82
3	303230014	11/01/2007	443	7,2	20	26	218	0	10	13	8	77	0	0	0	0	0	7,2	0	0	-4,70
4	303220068	10/01/2007	425	7,4	19	32	203	0	9	12	10	71	0	0	0	0	0	5,8	0	0	-4,58
5	303230069	11/01/2007	462	7,2	23	26	210	0	13	14	8	76	0	0	0	0	0	7,8	0	0	-4,53
6	303330007	15/01/2007	635	7	51	28	206	0	5	33	13	64	2	0,46	0	0	0	9,2	0	0	-4,73
7	303270031	12/01/2007	640	6,9	35	128	208	0	10	23	11	112	1	0	0	0	0	7,1	0	0	-4,15
8	303220046	10/01/2007	556	6,9	23	61	266	0	16	15	11	104	3	0	0	0	0,06	28,8	0	0,06	-4,43
9	303210001	15/01/2007	378	6,8	9	22	134	0	17	7	1	59	0	0	0	0	0	9,6	0	0	-4,71
10	303220103	11/01/2007	532	7,1	52	68	190	0	3	34	23	59	1	0	0	0	0	7,3	0	0,06	-4,84
11	303260089	10/01/2007	3663	6,8	198	1330	220	0	8	123	78	500	4	0	0	0,112	0	9,5	0	0,08	0,43
12	303210003	15/01/2007	273	7,2	9	8	147	0	2	6	1	53	0	0	0	0	0	4,1	0	0,05	-4,46
13	303220035	15/01/2007	350	7,1	12	12	181	0	3	8	4	62	0	0	0	0	0	5,1	0	0,06	-4,69
14	303260066	10/01/2007	286	7,2	13	40	106	0	0	9	12	34	0	0	0	0	0		0	0,06	-4,69
15	313210021	12/01/2007	1213	6,8	197	209	227	0	62	115	19	160	8	0	0	0,207	0	22,9	0	0,07	-0,92
16	303240083	12/01/2007	917	6,7	104	78	252	0	42	44	19	126	2	0	0	0,078	0	12,5	0	0,05	-4,80
17	303230038	12/01/2007	5973	6,8	1840	344	233	0	128	918	112	332	22	0	0	0,269	0,07	20,8	0	0,08	-2,04
18	303240006	15/01/2007	1440	6,6	352	42	254	0	47	136	20	178	2	0	0	0	0	10,7	0	0,05	-4,86
19	303220051	15/01/2007	517	6,9	21	45	227	0	25	13	11	89	0	0	0	0	0	10,9	0	0,05	-4,60
20	303220031	12/01/2007	548	7,1	22	81	222	0	23	13	22	85	0	0	0	0	0	12,3	0	0,05	-4,75
21	303220112	11/01/2007	801	6,7	64	217	166	0	27	34	9	144	1	0	0	0	0	4,6	0	0,09	0,41
22	303220049	11/01/2007	916	7,4	57	260	236	0	6	71	35	109	5	0,42	0	0,109	0	8,5	0	0,06	-4,85

Mínimo	273	6,60	9	8	106	0	0	6	1	34	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	4,1	0	0,00
Máximo	5973	7,40	1840	1330	266	0	128	918	112	500	22	0,46	0,00	0,27	0,1	28,8	0	0,09	

Tabla 9.4.1 Resultados analíticos proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH

En la Figura 9.4.1 se incluye el diagrama de Piper correspondiente a las aguas subterráneas analizadas, que permite clasificar a las muestras atendiendo a los aniones y cationes predominantes.

Atendiendo al anión predominante se observa que la composición de las aguas analizadas es de carácter mixto clorurado-bicarbonatado o clorurado-sulfatado. No obstante, una de las muestras presentan una composición netamente clorurada (muestra número 2).

En cuanto a los cationes, las aguas subterráneas tienen una composición mixta sódico-cálcica en la mayor parte de los casos, si bien se observa una muestra de carácter sódico-magnésico (muestra número 2).

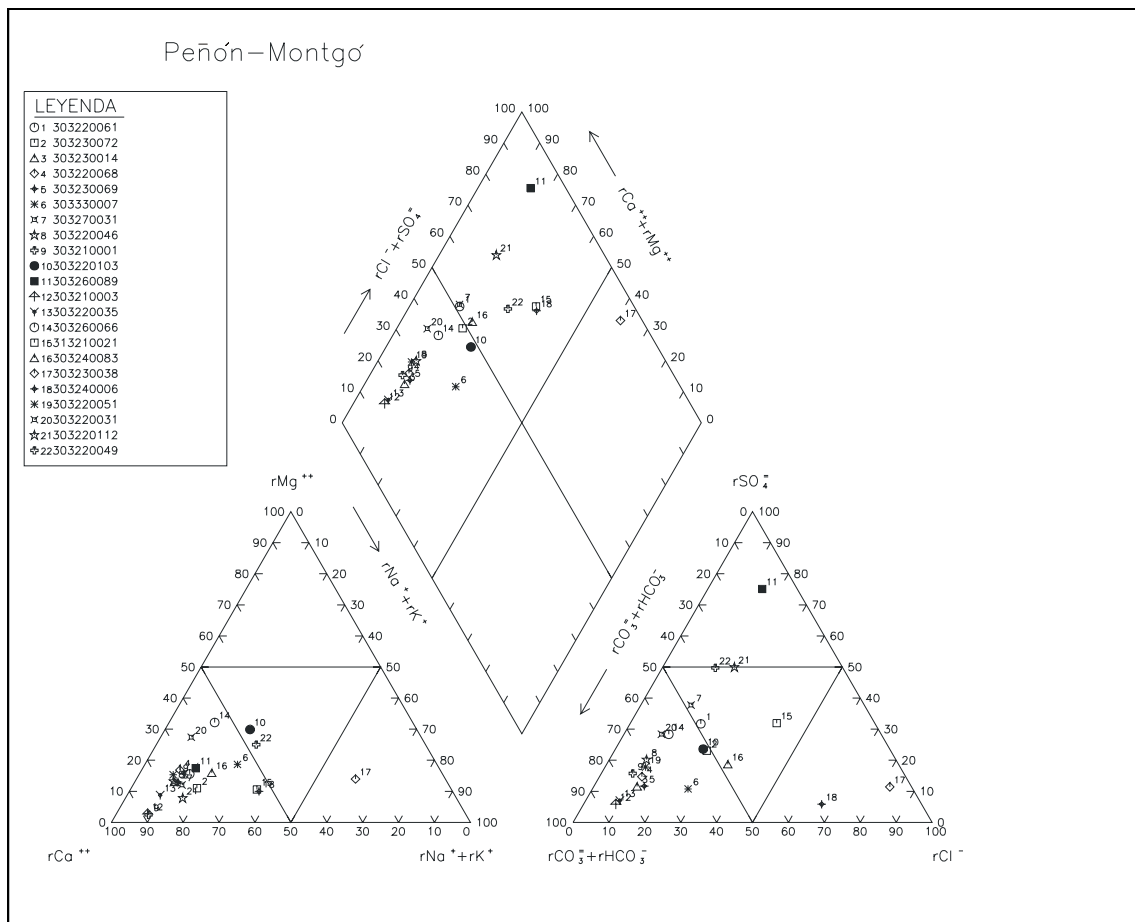


Figura 9.4.1 Diagrama de Piper

En la Figura 9.4.2 se incluye el diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras de agua analizadas.

Se observa, como cabía esperar, que las muestras reflejan las variaciones litológicas locales, presentando un distinto grado de mineralización.

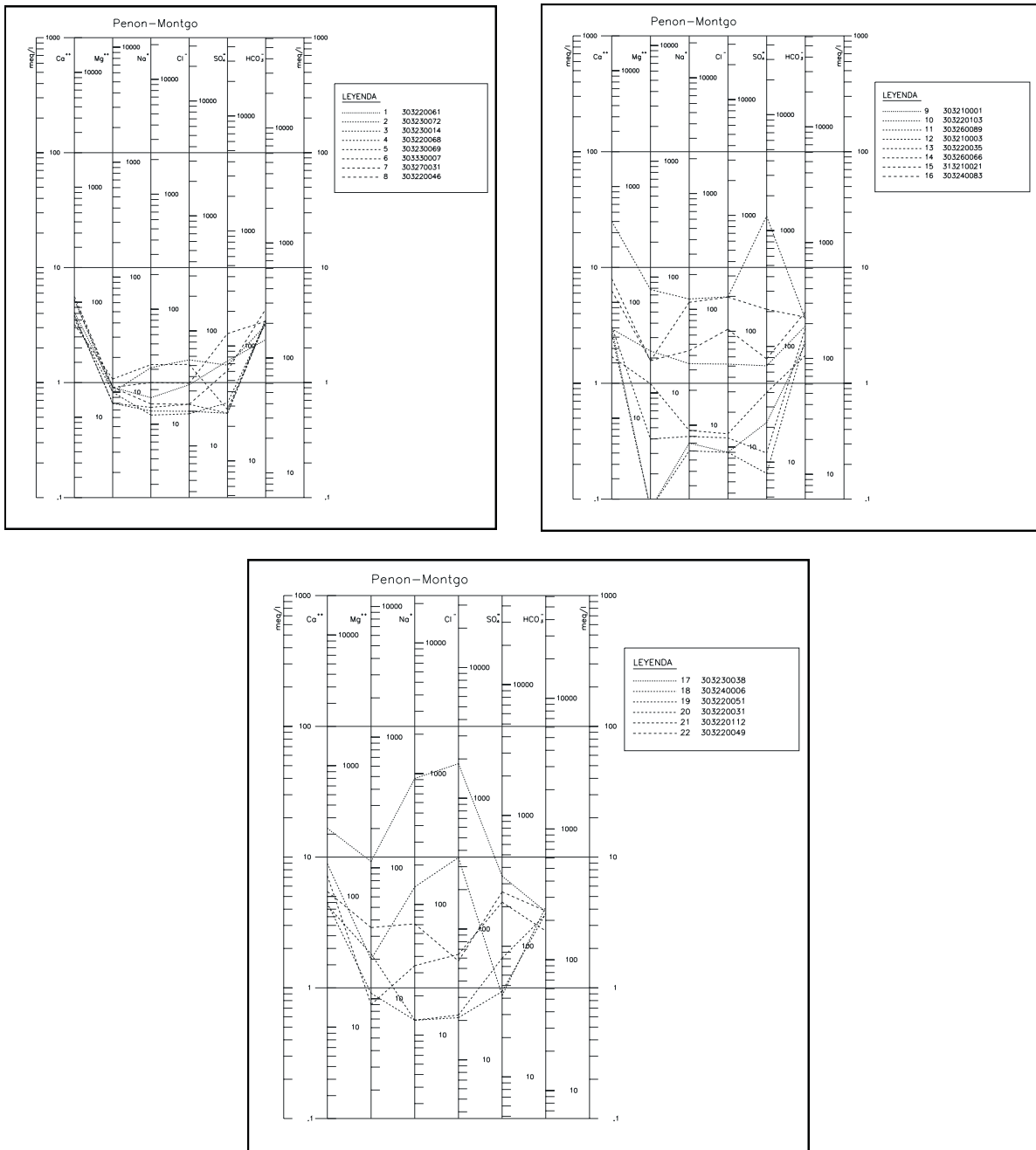


Figura 9.4.2 Diagramas de Schöeller-Berkaloff de las muestras analizadas

9.4.2. Isótopos estables ^{18}O y ^2H

Debido a que tanto el ^{18}O como el deuterio se encuentran en la naturaleza en pequeñas proporciones, por convenio los resultados analíticos de ambos parámetros se expresan en valores relativos de desviación (δ) del contenido de una muestra respecto a un patrón, en ‰:

$$\delta D = \frac{{}^2\text{H}_{\text{muestra}} - {}^2\text{H}_{\text{patrón}} / {}^1\text{H}_{\text{patrón}}}{{}^2\text{H} / {}^1\text{H}_{\text{patrón}}} \times 1.000$$

$$\delta O = \frac{{}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}_{\text{muestra}} - {}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}_{\text{patrón}}}{{}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}_{\text{patrón}}} \times 1.000$$

Los principales patrones utilizados como referencia son: SMOW (Standard Mean Ocean Water), V-SMOW (mezcla de aguas con composición isotópica similar al SMOW producida en Viena), SLAP (Standard Light Antarctic Precipitation) y GISP (Greenland Ice Sheet Precipitation).

En los análisis efectuados se han determinado los isótopos estables de los elementos que constituyen la molécula de agua; es decir, se han cuantificado las relaciones $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ y $^2\text{H}/^1\text{H}$, en las aguas subterráneas de la zona. Los resultados analíticos se incluyen en la Tabla 9.4.2. Los valores de las relaciones $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ están expresados en ‰ respecto al patrón de referencia utilizado (V-SMOW).

Nº	MUESTRAS	$\delta^{18}\text{O}$ (V-SMOW)	$\delta^2\text{H}$ (V-SMOW)	Cond (microS/cm)	Cota (m.s.n.m.)
1	3032-2061	-5,90	-34,42	631	105
2	3032-3072	-5,87	-34,42	677	50
3	3032-3014	-5,99	-32,89	443	131
4	3032-2068	-6,01	-33,53	425	250
7	3032-7031	-5,53	-30,75	640	100
16	3032-4083	-6,37	-36,46	917	30

Tabla 9.4.2 Resultados analíticos de $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$, conductividad de las aguas muestreadas y cotas topográficas de los puntos de muestreo

Los valores de isótopos estables obtenidos para las muestras de aguas subterráneas analizadas en Peñón-Montgó oscilan entre -6.37 y -5.53 para $\delta^{18}\text{O}$, y entre -36.46 y -30.75 para $\delta^2\text{H}$.

Se dispone además de datos isotópicos del agua subterránea de la zona de estudio, correspondientes a 2004-2005 (Tabla 9.4.3)

MUESTRAS	FECHA	$\delta^{18}\text{O}$ (V-SMOW)	$\delta^2\text{H}$ (V-SMOW)
2932-80035	24/02/2005	-6,72	-38,56
3032-10001	24/02/2005	-5,89	-32,50
3032-20029	24/02/2005	-6,20	-34,57
3032-20065	24/02/2005	-5,64	-30,58
3032-60014	24/02/2005	-6,58	-36,36
3032-70013	24/02/2005	-6,14	-34,22
3032-70024	24/02/2005	-6,24	-35,03
3032-80079	24/02/2005	-5,80	-33,28
3033-10001	24/02/2005	-6,94	-40,76
3033-20001	24/02/2005	-6,96	-39,21
3033-20006	24/02/2005	-7,99	-40,71
3033-20014	24/02/2005	-7,71	-39,61
3033-20024	24/02/2005	-7,75	-40,06
3032-20049	24/02/2005	-7,61	-39,08
3033-20051	24/02/2005	-7,52	-37,01
3033-20052	24/02/2005	-6,64	-36,64
3033-20063	24/02/2005	-6,94	-36,16
3033-30007	24/02/2005	-7,35	-38,53
BENIATEA	10/06/2004	-5,81	-30,28
PINELLA	10/06/2004	-5,81	-29,31
3033-20001	27/05/2004	-7,17	-38,38
M2 (lluvia)	20/10/2004	-2,16	-3,73
M2 (lluvia)	16/12/2004	-7,88	-45,90
M2 (lluvia)	28/02/2005	-8,26	-9,15
M2 (lluvia)	09/05/2005	-5,07	-23,50
M3 (lluvia)	20/10/2004	-4,06	-17,21
M3 (lluvia)	09/05/2005	-4,53	-23,25

Tabla 9.4.3 Resultados analíticos de $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ de las aguas muestreadas en 2004-2005

Los valores de $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ normalmente se interpretan juntos, relacionándolos con los correspondientes al agua de las precipitaciones, para estudiar el origen de las aguas subterráneas, es decir, si proceden de aguas meteóricas, congénitas, etc.

En la Figura 9.4.3 se representa la composición isotópica de las aguas subterráneas de la zona de estudio y la línea correspondiente al ajuste de los datos obtenidos para las aguas subterráneas. En ella se incluye también la recta que representa la composición media mundial del agua de lluvia dada por Craig:

$$\delta^2\text{H} = 8\delta^{18}\text{O} + 10$$

La ecuación de la recta de ajuste para las aguas subterráneas es:

$$\delta^2\text{H} = 6.17 \delta^{18}\text{O} + 2.9$$

Los valores de $\delta^{18}\text{O}$ y de $\delta^2\text{H}$ obtenidos en este estudio presentan una gran homogeneidad. Por su parte, los análisis históricos presentan un rango algo más amplio, al incorporar un mayor número de muestras, con valores que oscilan entre -7.99 y -5.64 para $\delta^{18}\text{O}$, y entre -40.76 y -29.31 para $\delta^2\text{H}$.

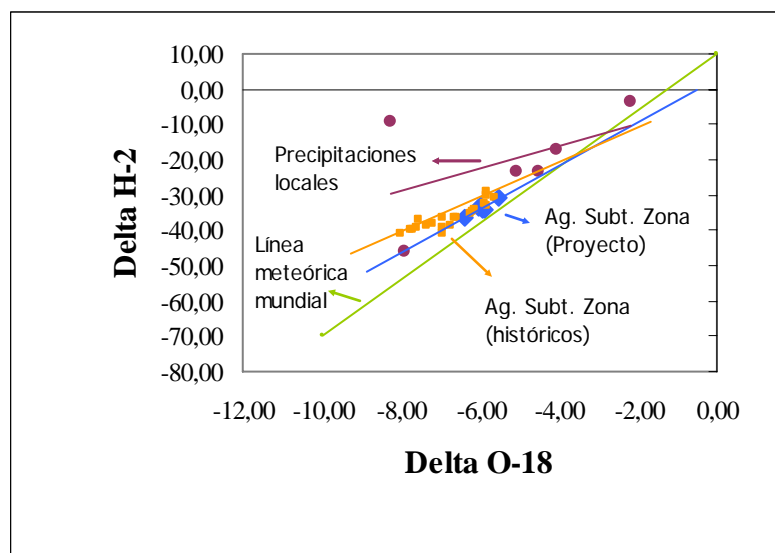


Figura 9.4.3 Valores de $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ de las aguas subterráneas en relación con la composición isotópica de las precipitaciones mundiales

En la Tabla 9.4.4 se incluyen los valores de exceso de deuterio que presentan las distintas muestras de agua analizadas. Este parámetro es útil para identificar aguas que se apartan de la línea meteórica mundial como consecuencia de efectos cinéticos.

Nº	MUESTRAS	$\delta^{18}\text{O}$ (V-SMOW)	$\delta^2\text{H}$ (V-SMOW)	Exceso de deuterio
1	3032-2061	-5,90	-34,42	12,8
2	3032-3072	-5,87	-34,42	12,5
3	3032-3014	-5,99	-32,89	15,0
4	3032-2068	-6,01	-33,53	14,6
7	3032-7031	-5,53	-30,75	13,5
16	3032-4083	-6,37	-36,46	14,5

Tabla 9.4.4 Resultados analíticos de $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ y exceso de deuterio de las aguas muestreadas

Los valores oscilan entre 12.8 y 15.0. Estos valores corresponden a aguas que no han experimentado enriquecimiento isotópico por evaporación (Figura 9.4.4).

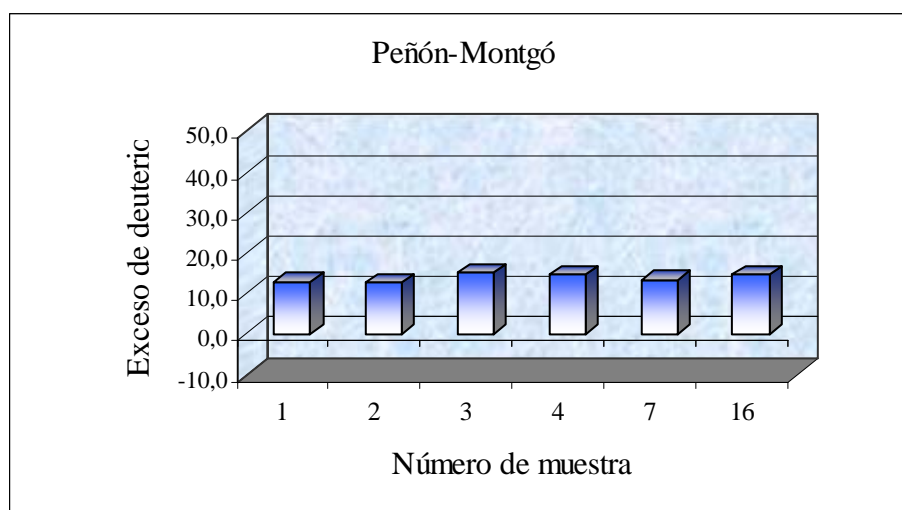


Figura 9.4.4 Valores de exceso de deuterio de las aguas subterráneas

9.4.2.1. Mecanismos de salinización

La utilización de los isótopos estables del oxígeno e hidrógeno permite distinguir entre los mecanismos de salinización siguientes:

- Disolución-lixiviado sin evaporación, y por tanto sin enriquecimiento isotópico
- Evaporación, con enriquecimiento en ^{18}O y ^2H

En la Figura 9.4.5 se representa el contenido en $\delta^{18}\text{O}$ frente a conductividad. La mayor parte de las aguas subterráneas tienen una composición isotópica muy homogénea, con conductividades que varían dentro del rango comprendido entre 425 y 917 microS/cm y $\delta^{18}\text{O}$ que oscila entre -6.37 y -5.53 ‰.

En dicha figura no se observa relación entre el contenido en $\delta^{18}\text{O}$ y la conductividad del agua, lo que apoya la hipótesis de un mecanismo de salinización por disolución-lixiviado, sin enriquecimiento isotópico frente a la evaporación.

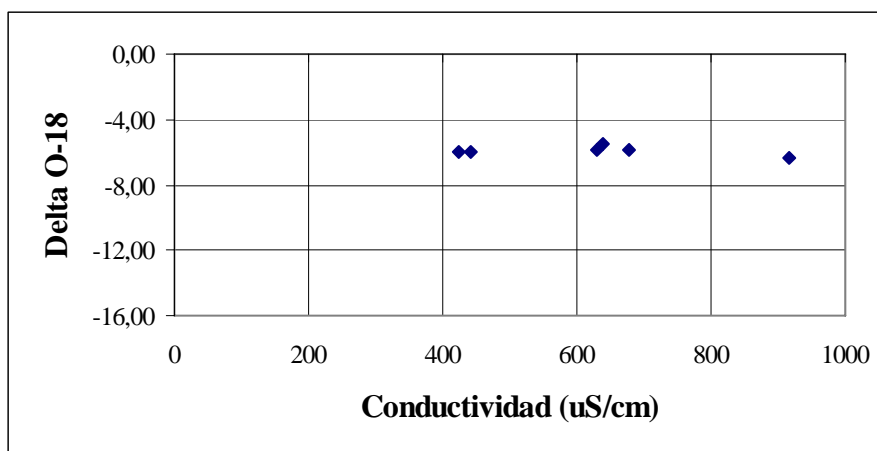


Figura 9.4.5 Relación entre el contenido en $\delta^{18}\text{O}$ de las aguas subterráneas y la conductividad

9.5. APTITUD DE LAS AGUAS PARA DISTINTOS USOS

9.5.1. Abastecimiento

Para analizar la aptitud de las aguas analizadas para abastecimiento humano se ha llevado a cabo un estudio de la normativa vigente.

Con respecto a la calidad de las aguas analizadas, los resultados analíticos de los puntos de agua muestreados en Peñón-Montgó indican que las aguas subterráneas analizadas superan los límites establecidos en varias muestras (Figura 9.5.1).

En el resto de las muestras los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano.

Nº	Denominación	Cond	Cl-	SO4=	NO3-	Na+	NO2-
2	303230072	677	56	68	62	31	0
6	303330007	635	51	28	5	33	0,46
8	303220046	556	23	61	16	15	0
10	303220103	532	52	68	3	34	0
11	303260089	3663	198	1330	8	123	0
12	303210003	273	9	8	2	6	0
13	303220035	350	12	12	3	8	0
14	303260066	286	13	40	0	9	0
15	313210021	1213	197	209	62	115	0
16	303240083	917	104	78	42	44	0
17	303230038	5973	1840	344	128	918	0
18	303240006	1440	352	42	47	136	0
19	303220051	517	21	45	25	13	0
20	303220031	548	22	81	23	13	0

Nº	Denominación	Cond	Cl-	SO4=	NO3-	Na+	NO2-
21	303220112	801	64	217	27	34	0
22	303220049	916	57	260	6	71	0,42
Concentración máxima admisible (*)		2500	250	250	50	200	0,1

(*) R.D. 140/2003 de 7 de febrero

Datos expresados en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.

Tabla 9.5.1 Aptitud de las aguas subterráneas analizadas en Peñón-Montgó para abastecimiento humano

9.5.2. Aptitud de las aguas para regadío

A continuación se analiza la aptitud de las aguas subterráneas para regadío, considerando los problemas que en ocasiones puede plantear su utilización.

En la Figura 9.5.1 se presenta la clasificación de las aguas analizadas para usos agrícolas, según la clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff (S.A.R.). Se trata de aguas con peligro de salinización medio (C2), alto (C3) o muy alto (C4) y de alcalinización bajo (S1) o muy alto (S4).

La clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff (S.A.R.) no considera las aguas que tienen conductividades extremadamente elevadas, superiores a 6000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, puesto que no tiene sentido su utilización para uso agrícola.

Las aguas de la clase C2 tienen una salinidad media, con conductividades comprendidas entre 250 y 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que corresponden aproximadamente a 160-480 mg/l de sólidos disueltos. Pueden usarse para cultivos moderadamente tolerantes a las sales (alfalfa, trigo, zanahoria, cebolla, coliflor, etc.).

Las aguas de la clase C3 son altamente salinas, con conductividades que oscilan entre 750 y 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que corresponden a un total de sólidos disueltos comprendido entre 480 y 1440 mg/l aproximadamente. Estas aguas no pueden usarse en suelos de drenaje deficiente. Es preciso elegir plantas muy tolerantes a las sales (cebada, remolacha, espárragos, espinacas, etc) y con posibilidad de controlar la salinidad del suelo, aún con drenaje adecuado.

Las aguas de la clase C4 son extremadamente salinas, con conductividades comprendidas entre 2250 y 6000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. No son apropiadas en condiciones normales para el riego, sin embargo pueden utilizarse en algunos cultivos, si se trata de suelos permeables y de buen drenaje.

Con respecto al peligro de alcalinización del suelo, las aguas de la clase S1 son aguas con contenidos bajos en sodio. Pueden usarse en la mayor parte de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable. Los cultivos sensibles, como los frutales de pipa, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

Las aguas de la clase S4 son aguas de concentraciones muy altas en sodio. En general no son adecuadas para riego.

Es necesario puntualizar que esta clasificación es simplista, que intenta representar un amplio rango de condiciones de cultivo, fundamentalmente en Estados Unidos, y que su aplicación para la zona de estudio debe ser tomada con mesura, ya que los cultivos de la zona están adaptados a las condiciones de salinidad elevada del agua, de manera que las limitaciones de los cultivos entre las clases C1 a C4 se desplazarían hacia valores mayores de conductividad.

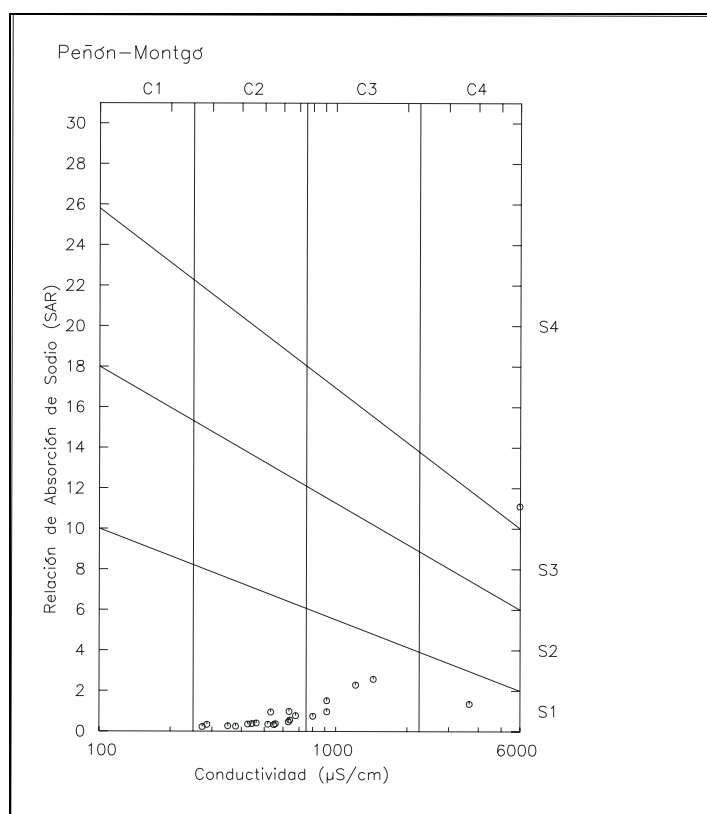


Figura 9.5.1 Clasificación de las aguas para riego según el procedimiento del U.S. Salinity Laboratory Staff.

9.6. INTRUSIÓN MARINA

Para estudiar la posible presencia de procesos de intrusión marina en la U. H., se han considerado varias zonas favorables a priori:

1. Acuífero de Jávea
2. Acuífero de Montgó-Denia

En estas áreas se incluyeron puntos de la red de control de calidad del agua subterránea, en los que se han tomado muestras de agua para análisis de constituyentes mayoritarios.

Una vez realizado el muestreo y posterior análisis de las aguas subterráneas correspondiente, se llevó a cabo un estudio de los valores de conductividad, así como de las facies hidroquímicas que presentan.

Las aguas de mayor salinidad (conductividad superior a 1200 microS/cm) explotan acuíferos de litologías diversas, entre los que se encuentran niveles detríticos cuaternarios (gravas, arenas, etc), carbonatados (calizas y areniscas calcáreas), sulfatados (margas y yesos), facies evaporíticas, etc.

Así, la composición de la muestra de agua de mayor salinidad, procedente del acuífero de Jalón (303260089), se asocia con procesos de disolución de de materiales sulfatados.

En el acuífero de Jávea, la composición del punto de agua muestreado, presenta una facies mixta, que no corresponde a un proceso de intrusión marina.

Sin embargo, en el acuífero de Montgó-Denia se observa una muestra de facies clorurada sódica de salinidad media-alta, con una concentración de cloruros que llega a alcanzar una concentración de 1840 mg/l de Cl⁻ en la muestra número 17 (303230038), que se relaciona con procesos de intrusión marina.

9.7. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Para estudiar la distribución espacial que presentan las aguas subterráneas analizadas, se ha elaborado un mapa hidroquímico de distribución de facies (Plano 3).

En el mapa hidroquímico elaborado se representa el diagrama de Stiff correspondiente a cada uno de los puntos muestreados.

La forma del diagrama de Stiff da idea del tipo de agua y su tamaño permite apreciar con rapidez el grado de salinidad que presentan las aguas en cada caso. Para facilitar la comparación entre los distintos tipos de agua se ha utilizado la misma escala para todos los puntos.

En el mapa hidroquímico se observan aguas de distinta naturaleza, tanto en lo que se refiere a la salinidad que presentan, como a las facies hidroquímicas reflejadas, si bien existe un predominio de aguas de facies bicarbonatadas calcicas, con distinto grado de salinidad dentro de la unidad hidrogeológica.

Así, se observa que las aguas de mayor salinidad (diagramas de Stiff de mayor tamaño) se encuentran en los acuíferos de Jalón y Montgó, como ya se había indicado anteriormente.

Por su parte, las aguas de menor salinidad se sitúan en los acuíferos de Peñón y Parcent.

10. DESCRIPCIÓN DE ACUÍFEROS

10.1. ACUÍFERO DE COCOLL

10.1.1. Introducción y antecedentes del acuífero de Cocoli

Se trata de un área orientada grosso modo ENE-OSO, de contorno ovoidal, con unas dimensiones de 8,5 km de largo y 3,5 km de anchura máxima.

Conforma un fuerte relieve que nace inmediatamente al suroeste de Benichembla y se desarrolla entre la sierra de Carrascal, al sur, y curso alto del valle del Jalón, aguas arriba de dicha población, al norte. Al oeste, queda limitado por las zonas más bajas de Castell de Castells y Famorca. Aproximadamente por su parte central, un notable barranco de dirección norte-sur hiende profundamente el relieve, subdividiéndolo en dos: oriental y occidental. Fuera de los límites del acuífero, pero en sus inmediaciones, se sitúan las poblaciones de Castells, al suroeste, y la de Benichembla, al noreste.



Foto 10.1.1 Acuífero de Cocoli visto desde el norte

Este acuífero está poco estudiado, no existiendo referencias bibliográficas concretas sobre él. Forma parte del subsistema de Sierras del Peñón, Mongó y Benitachell, dentro la Zona Sur de la delimitación realizada en la *Investigación hidrogeológica de la cuenca media y baja del río Júcar*, del PIAS; está dentro del sistema acuífero Castell de Castells-Sierra del Peñón, de la unidad hidrogeológica Peñón-Castell de la Solana-Montgó, del estudio sobre *Las aguas subterráneas de la provincia de Alicante*; y corresponde al código 50.01.06.02, del subsistema 50.01.06 Peñón-Montgó-Bernia-Benisa, definido en *Las aguas subterráneas en la Comunidad Valenciana*.

En el único documento donde se describe este acuífero en concreto, y no englobado en una descripción general como en los documentos anteriores, es en *Análisis y ordenación de recursos hídricos de la Marina Alta (Alicante). Alternativas y Directrices (1ª fase)*.

10.1.2. Litología y geometría del acuífero de Cocoll

10.1.2.1. Estratigrafía

El relieve que conforma el acuífero, y alrededores, está constituido por materiales cretácicos y, en menor medida, terciarios que, según una transversal noroeste-sureste, se disponen constituyendo la siguiente sucesión:

- C1: margas y margocalizas con intercalaciones de calizas bioclásticas y arenosas, del Neocomiense-Barremiense. Sólo se presentan en el pie noroeste del subrelieve occidental.
- C2: Calizas bioclásticas, coralinas y de rudistas a la base, y arenosas, con algún nivel margoso intercalado, a techo, del Aptiense.
- C3: Alternancia de margas beige arcillosas y niveles de calizas nodulosas y bioclásticas, del Aptiense-Albiense.
- C4: Margas con intercalaciones de calizas margosas a la base, con calizas oolíticas y arenosas en la mitad del tramo, y calizas limosas y margosas a techo. Albiense-Cenomaniense.
- C5: Calizas micríticas a arcillas en la base y calizas recristalizadas y dolomitizadas a techo. Del Cenomaniense-Turoniense.
- C6: Alternancia de calizas micríticas de tonos claros, finamente tableadas y niveles de margas. De edad Senoniense-Santoniense.
- C7: Margas y margocalizas con intercalaciones más o menos frecuentes de calizas margosas y arenosas. Correspondientes al Campaniense-Paleoceno. No se presenta en el subrelieve occidental, por los efectos de las discordancias existentes bajo los materiales terciarios que se indican a continuación.

- Discordancia.
- E2: Calizas de color crema a blanco que pasan lateralmente a calizas de tabulares a nodulosas, ligeramente arenosas, con calcarenitas bioclásticas a techo. De edad Eoceno superior–Oligoceno inferior. Se presenta sólo en el subrelieve occidental, donde se encuentra discordante sobre la unidad C6.
- Discordancia.
- M1: Alternancia de calizas limosas y margosas, y margas. Ocasionalmente niveles de areniscas y calizas arenosas, sobre todo a la base. De edad Oligoceno superior–Mioceno inferior.
- O1: Calizas bioclásticas y arenosas a la base. Calizas limosas y margosas a techo. De edad Oligoceno superior. En el subrelieve oriental se encuentra discordante sobre la unidad C7.
- O-M1: Alternancia de calizas limosas y margosas, y margas. Ocasionalmente niveles de areniscas y calizas arenosas, sobre todo a la base. De edad Oligoceno superior–Mioceno inferior.

Las zonas bajas al oeste de este relieve están constituidas por formaciones O1, O–M1 y, sobre todo, M1 (Alternancia de margas azules, areniscas y margas limo-arenosas –Facies Tap-, con areniscas calcáreas o calizas limo-arenosas, que incluyen ocasionalmente niveles microconglomeráticos, hacia la base).

El curso alto del Jalón, al norte del relieve, está constituido por formaciones cuaternarias aluviales (QA: depósitos de material fino, limo-arcilloso, con cantos) y de terrazas fluviales (QT: depósitos de gravas y cantos, en matriz limo-arenosa).

10.1.2.2. Tectónica

El relieve conforma, en conjunto, una estructura monoclinial de dirección generalmente NE-SO y buzante al SE que sólo localmente (en la zona central) presenta direcciones (NO-SE) y buzamientos (al SO) diferentes de la tónica indicada.

Esta estructura monoclinial se presenta afectada por dos sistemas de fracturación principales, uno NO-SE y otro N-S. El primero provoca saltos cartográficamente dextrales de amplitud deca-hectométrica. El segundo no presenta tendencias marcadas en cuanto al sentido de los saltos.

Este paquete monoclinial cabalga en todo su borde noroeste sobre las unidades terciarias O1 y O–M1, mientras que en su borde sureste es cabalgado por los materiales cretácicos de la sierra de Carrascal (correspondientes a otra unidad tectónica y a otro acuífero). Su borde occidental-suroccidental se

presenta limitado por importantes fracturas NO-SE que lo separan de las unidades terciarias anteriormente citadas y también de la M1. Finalmente, en su extremo nororiental, junto a Benichembla aparecen afloramientos de la unidad diapírica Tk (Lutitas y arcillas rojas a versicolores, con niveles de yesos, de areniscas y limolitas, con ocasionales niveles de calizas, carnioles y restos de materiales volcánicos, de edad triásica, en facies Keuper), lo que indica que, posiblemente, el curso del Jalón, al oeste de estos afloramientos y, por tanto, al norte de los relieves que nos ocupan, está sobreimpuesto a una falla de desgarre, quizá con inyecciones de material diapírico, más o menos continuas.

10.1.2.3. Sondeos

En esta unidad montañosa se dispone únicamente de un sondeo, el 293280031, que está emboquillado en el mioceno M1, pero del que no se dispone de información litológica. El resto de los puntos de agua del acuífero son manantiales (ver Figura 10.1.2).

10.1.2.4. Geometría del acuífero

Los materiales acuíferos de Cocoll están constituidos fundamentalmente por las litologías C2 y C5, que corresponden a calizas del Aptiense y del Turoniense-Cenomaniense, respectivamente. El muro del acuífero lo constituyen las margas del Neocomiense (C1) y las arcillas y yesos del Keuper.

El límite noroeste es cerrado, en el contacto de las calizas bioclásticas C2 con las margas del Neocomiense C1. El límite norte también es cerrado al estar en contacto con el Keuper, que está parcialmente cubierto por materiales cuaternarios. El límite sur se considera también cerrado, en contacto con materiales terciarios. El límite este, con el Neocomiense de Parcent, se ha considerado abierto, pero hay que tener en cuenta que este último acuífero consiste en barras de calizas entre niveles de margas, de manera que la conexión con los materiales acuíferos suprayacentes se producirá en los lugares en los que los materiales acuíferos cretácicos entren en contacto directo con estas barras calizas neocomienses, que debe producirse en profundidad ya que no se ha cartografiado en superficie, en el límite suroriental de Cocoll, dicha conexión.

Teniendo en cuenta los límites del acuífero definidos, la superficie total es de 8.7 km², de los cuales 16 km² corresponden a afloramientos de los materiales permeables especificados anteriormente.

Figura 10.1.1 Acuífero Cocoli

Figura 10.1.2 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Cocoll

10.1.3. Piezometría del acuífero de Cocoll

Se han inventariado únicamente tres puntos de agua en el acuífero de Cocoll, que corresponden a dos manantiales y un sondeo (ver Tabla 10.1.1 y Figura 10.1.2), aunque existen numerosos manantiales de poca entidad que se generan a favor de las intercalaciones margosas entre las calizas del Aptiense-Albiense, y que responden rápidamente a las precipitaciones. El manantial 303250013 está situado en los materiales cretácicos, y los otros dos puntos lo están en el Terciario.

Nº IGME	Toponimia	UTM x	UTM y	z	Naturaleza	Año	Prof	Periodo	Serie
293280008	CASTELL	744203	4290418		Manantial				
293880031	LA BOTA	744146	4289617		Sondeo			1974-2005	Aceptable
303250013	FUENTE GALISTERO	746920	4292004	480	Manantial			1974	Muy Deficiente

Tabla 10.1.1 Puntos de agua en el acuífero de Cocoll

En la Figura 10.1.3 se muestra la evolución del punto 293280031, observándose que los niveles han permanecido han variado en un rango de 15 m, entre 545 y 560 ms.n.m., durante los últimos 30 años, con fluctuaciones intranuales del orden de 5 m. A finales de los años 90 se producen los mínimos, que coinciden con un periodo seco. Desde entonces, hasta la actualidad, los niveles han ascendido progresivamente.

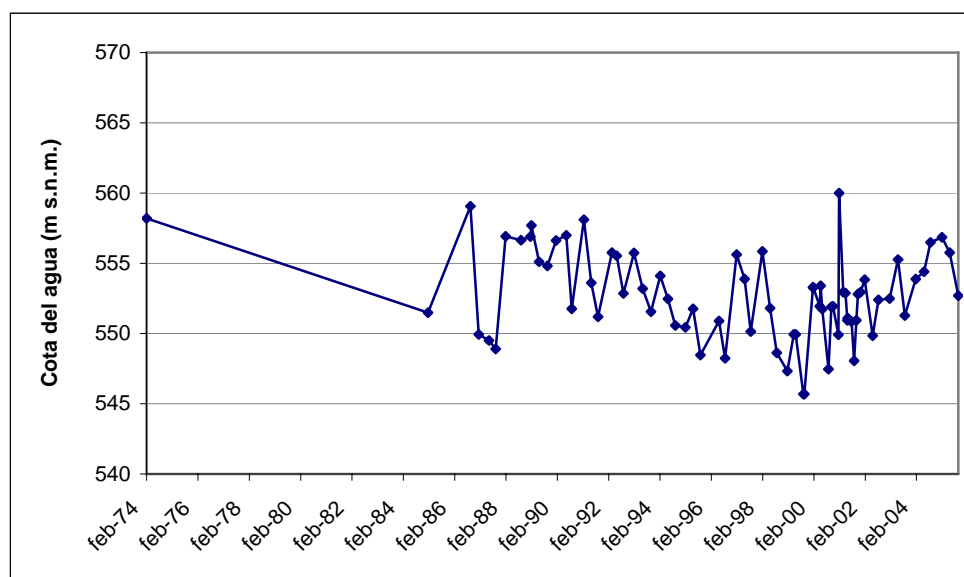


Figura 10.1.3 Evolución piezométrica en el punto 293280031 (acuífero de Cocoll)

El sentido de flujo es hacia el este, hacia el acuífero de Parcent.

10.1.4. Uso del agua del acuífero de Cocoll

Se dispone de muy poca información sobre el uso del agua de acuífero de Cocoll. Según está referido en la bibliografía, se destinan unos 0.3 hm³/a para uso agrícola, procedentes de manantiales. Al sur de la población de Castell de Castells se localiza el sondeo 293280031 que abastece de agua a dicha población. De este punto se extrajeron 30 dam³ en 1984, 20.3 dam³ en 1988, 28.2 dam³ en 1993 y 32 dam³ en 1995. En el *Mapa del Agua de la Provincia de Alicante* de 2007 los bombeos se han estimado en 0.05 hm³/a.

10.1.5. Funcionamiento hidráulico y balance del acuífero de Cocoll

La recarga tiene lugar a partir de infiltración directa de agua de lluvia, mientras que la descarga se efectúa principalmente por salidas laterales al acuífero del Neocomiense de Parcent. También se produce descarga a través de manantiales, como el 303250013, y otros de menor entidad. Las salidas de estos manantiales aportan agua al río Gorgos, que discurre por el límite norte del acuífero. Un volumen pequeño de agua se extrae del pozo 293280031, para abastecimiento a Castell de Castells.

El balance hídrico del acuífero de Cocoll está definido en el *Mapa del Agua de la Provincia de Alicante* de 2007, para una extensión de 17 km², en el que se han actualizado los valores de los bombeos respecto al Mapa de 1992.

ENTRADAS (hm ³ /a)	Lluvia directa	3.00
	TOTAL	3.00
SALIDAS (hm ³ /a)	Manantiales y drenaje al río Gorgos	0.55
	Laterales al Neocomiense de Parcent	2.40
	Bombeos	0.05
	TOTAL	3.00

Tabla 10.1.2 Balance hídrico en el acuífero de Cocoll

10.1.6. Hidroquímica del acuífero de Cocoll

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas del acuífero de Cocoll se ha llevado a cabo partiendo de los datos procedentes de las redes de control del IGME y Diputación de Alicante.

Los puntos de control que cuentan con datos hidroquímicos históricos varía, tanto en el número de análisis, como en periodo de control, o parámetros analizados.

En la Tabla 10.1.3 se incluyen el número de análisis efectuados en cada punto de agua, así como el periodo en el que se realizaron para cada uno de los puntos de control existentes en el acuífero objeto de estudio.

Acuífero	Nº Registro	Nº Análisis	Periodo al que se refieren los datos
Cocoll	293280008	4	1989-1991
	293280031	1	1999

Tabla 10.1.3 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Cocoll

Los parámetros analizados en cada uno de los análisis registrados comprende la determinación total o parcial de parámetros fisicoquímicos, iones mayoritarios, metales pesados, etc.

En la Figura 10.1.4 se representa la evolución de distintos parámetros (cloruros, sulfatos y bicarbonatos) del punto 293280008, que cuenta con un registro más amplio en el acuífero, cuya localización geográfica se puede ver en la Figura 10.1.2.

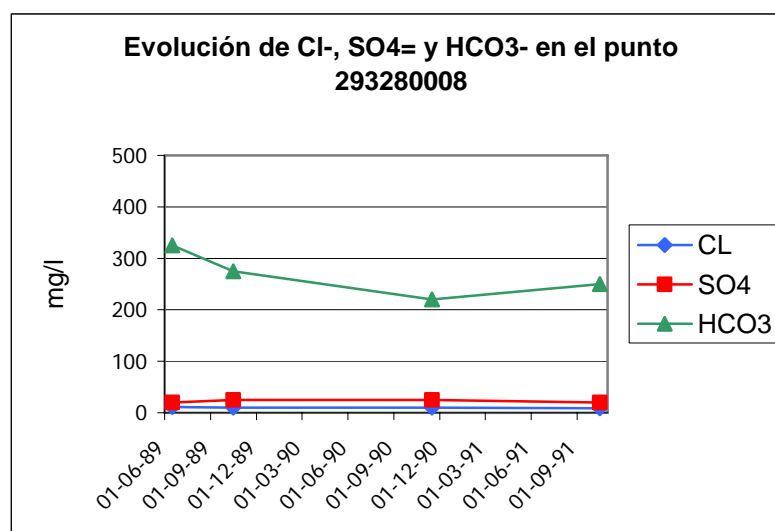


Figura 10.1.4 Evolución de aniones en el punto 293280008 (Cocoll)

Se observa que en el punto 293280008 los resultados analíticos disponibles muestran concentraciones relativamente bajas, inferiores a 50 mg/l de cloruros y sulfatos, e inferiores a 300 mg/l de bicarbonatos.

10.1.7. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Cocolí

El acuífero se encuentra limitado por materiales impermeables del Keuper, las margas y margocalizas del Neocomiense-Barremiense en sus límites septentrional y occidental, así como por margas terciarias al sur. El resto se considera abierto, siendo fundamental en el funcionamiento del acuífero las salidas laterales por el límite oriental hacia el acuífero de Parcent. En la Figura 10.1.5 se muestran estos límites y se resumen las principales características del acuífero.

La recarga al acuífero se produce por infiltración directa de agua de lluvia, mientras que la descarga tienen lugar fundamentalmente por transferencia lateral al acuífero de Parcent y, en menor medida, por salidas de manantiales y bombeos.

El sentido del flujo del agua subterránea es hacia el este, hacia el acuífero de Parcent. Los niveles en el punto 293280031, situado al suroeste del acuífero se sitúa a una cota de unos 550 m s.n.m.

Figura 10.1.5 Ficha resumen del acuífero de Cocoli

10.2. ACUÍFERO DEL NEOCOMIENSE DE PARCENT

10.2.1. Introducción y antecedentes del acuífero de Parcent

Se trata de un área alargada aproximadamente en sentido este-oeste, de unos 8 km de longitud y 0.5–1 km de anchura, localizada al pie norte de la sierra de Carrascal. Al norte y, próximas al área, se localizan las poblaciones de Benichembla y Parcent.

En su mitad occidental, queda limitada al norte por el barranco de Almadic y en su mitad oriental, por las planicies relacionadas con el valle del Jalón.

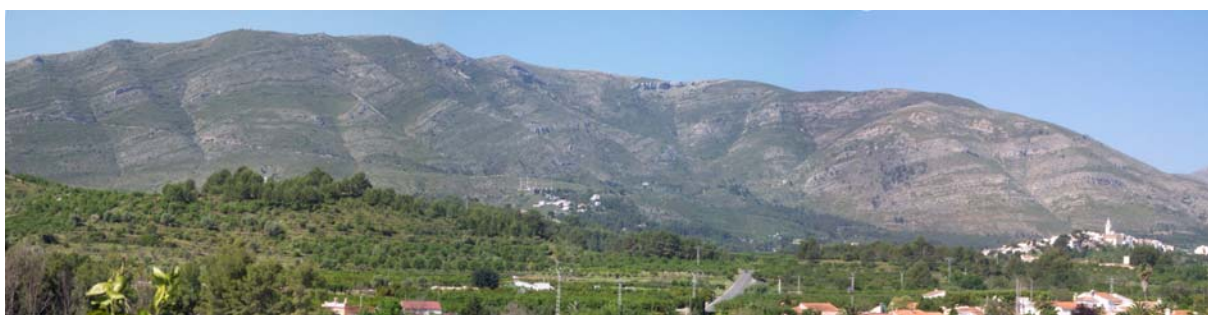


Foto 10.2.1 Vista del acuífero de Parcent desde el noreste

Este acuífero no está definido como tal en los documentos más antiguos, ya que el Neocomiense era considerado únicamente como el impermeable de base de la serie cretácica. Forma parte del subsistema de Sierras del Peñón, Mongó y Benitachell, dentro la Zona Sur de la delimitación realizada en la *Investigación hidrogeológica de la cuenca media y baja del río Júcar*, del PIAS; está dentro del sistema acuífero Castell de Castells-Sierra del Peñón, de la unidad hidrogeológica Peñón-Castell de la Solana-Montgó, del estudio sobre *Las aguas subterráneas de la provincia de Alicante*; y forma parte del subsistema 50.01.06 Peñón-Montgó-Bernia-Benisa, definido en *Las aguas subterráneas en la Comunidad Valenciana*, aunque no está diferenciado.

Existen pocas referencias específicas sobre el acuífero de Parcent, disponiéndose únicamente de los siguientes documentos:

DPA (1989). *Sondeo 3032-6-0088 en Parcent*. Informe interno

ITGE (1990). *Características de acuífero captado por el nuevo sondeo de abastecimiento a Parcent (Alicante)*

DPA (2002). *Reconocimiento geofísico mediante SEDT al SE de Parcent*

DPA (2001). *Estudios geofísicos mediante Tomografía eléctrica y SEDT en Parcent y Tárben*

10.2.2. Litología y geometría del acuífero de Parcent

10.2.2.1. Estratigrafía

El área de Parcent se localiza entre el pie septentrional de la sierra de Carrascal (sierra perteneciente a otro acuífero) y el diapiro del Jalón. Está constituida, básicamente, por la unidad C1 (margas y margocalizas con intercalaciones de niveles de calizas arenosas y bioclásticas, del Neocomiense-Barremiense: unidad C0).

En su parte occidental, en el barranco de Almadic afloran materiales calcáreos (C0) que corresponden a intercalaciones importantes (cartografiables) en la unidad C1.

La planicie al norte, relacionada con el valle del Jalón, está constituida por materiales cuaternarios que recubren la unidad C1 y sus intercalaciones calcáreas y también, probablemente, el contacto diapírico de estas unidades con el Trías en facies Keuper (Tk).

10.2.2.2. Tectónica

Todo el pie septentrional de la sierra de Carrascal se dispone, en general, de forma monoclin, con direcciones variables entre NE-SO (en las partes occidental y oriental del área) y NO-SE (en la central), y buzamientos débiles (15-30° y, excepcionalmente 55° en el extremo oriental), hacia el SE o SO, respectivamente.

No obstante, en la parte occidental del área, en el barranco de Almadic, la unidad C1 cabalga sobre materiales cretácicos (C6 a C7) y terciarios (O1) del área de Cocoll. En relación con este cabalgamiento, la unidad C1 presenta estructuras de cierre periclinal anticlinal en dicho barranco.

En cuanto a la parte oriental, la unidad C1 y su suprayacente C2, deben entrar en contacto con el borde diapírico meridional del diapiro del valle del Jalón, bajo el recubrimiento cuaternario.

Finalmente, hay que indicar que todo el pie septentrional de la sierra de Carrascal (y, por tanto, las unidades C0, C1 y C2) se presentan atravesadas por dos sistemas de fracturas, uno NO-SE en las partes occidental y central, y otro NE-SO en la oriental.

10.2.2.3. Sondeos

En esta área existen sondeos, agrupados en las siguientes zonas:

- En el Cuaternario de la parte baja del valle que, con dirección sur-norte, finaliza inmediatamente al sur de Benichembla. Son 4 sondeos, de los que se dispone de columna litológica de dos de ellos: 303250001 y 303250003. El primero tiene 300 m de profundidad,

cortándose un tramo de 30 m de espesor de calizas arenosas, a 70 m de profundidad. El segundo, con 270 m de profundidad, corta un nivel de calizas de 17 m de espesor, seguido de 22 m de areniscas.

- En el Cuaternario al pie norte de la sierra del Carrascal de Parcent, entre ésta y los afloramientos diapíricos, a 1 km al sureste de Benichembla. Existen dos sondeos, 303220035 y 303260011, de los cuales de sólo el último hay datos litológicos. Este sondeo tiene 210 m de profundidad, habiendo cortado una serie de margas y margocalizas, con intercalaciones calcáreas de hasta 25-35 de espesor, atribuible al Neocomiense.
- En el Cuaternario, inmediatamente al sur del pueblo de Parcent. Existen cuatro sondeos al pie de la Sierra del Carrascal, de los que se tiene columna litológica del 303260079, que consiste en una alternancia de calizas y margas asimilables al Neocomiense. Al norte de estos cuatro sondeos se sitúa el 303260088, del que hay descripción litológica y parece corresponder también al Neocomiense de Parcent.
- En el Cuaternario, inmediatamente al sur del diapiro del Jalón se halla el sondeo 303260088. Tiene 250 m de profundidad y ha cortado materiales calizo-margo-arcillosos, probablemente de las unidades C 0 y C 1 (o quizá O-M1 o M1, en cuyo caso estarían dispuestas probablemente de forma discordante), que constituirían las prolongaciones (recubiertas por el Cuaternario) de los afloramientos existentes inmediatamente al sur (o al noreste).

10.2.2.4. Geometría del acuífero

El acuífero de Parcent está constituido por barras de calizas arenosas neocomiense-barremienses intercaladas entre margas y margocalizas (unidad C1). Estos materiales constituyen la base de la serie cretácica de los acuíferos de la unidad hidrogeológica y su extensión lateral es desconocida. La parte norte del acuífero está cubierta por depósitos pleistocenos de la ladera vertiente al valle del río Jalón. El muro de acuífero lo constituyen las mismas margas que conforman la unidad C1, mientras que el techo lo forman las calizas bioclásticas aptienses (unidad C2).

Los límites septentrional y oriental del acuífero son cerrados, en contacto con el Keuper. El límite meridional es cerrado y lo forman los mismos materiales de baja permeabilidad de la unidad C1, mientras que el límite occidental es abierto, al estar en contacto por falla con los materiales acuíferos de Cocoli.

Teniendo en cuenta los límites del acuífero definidos, la superficie total es de 6.32 km², en una disposición alargada, de los cuales únicamente 13.7 ha corresponden a las formaciones C0 aflorante.

Figura 10.2.1 Acuífero de Parcent

Figura 10.2.2 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Parcent

10.2.3. Piezometría del acuífero de Parcent

En la Tabla 10.2.1 se enumeran los puntos de agua localizados en el acuífero de Parcent, cuya distribución se muestra en la Figura 10.2.2. Los puntos se localizan en dos zonas: al sureste de Benichembla y al sur de Parcent, cuyas profundidades varían entre 140 y 390 m.

Nº IGME	Toponimia	UTM x	UTM y	z (m)	Naturaleza	Año	Prof (m)	Periodo medidas	Serie
303260019	PISCINA	754526	4291971	310			150	1974-2005	Aceptable
303220035	POZO Nº3 MANUEL TORRES	752427	4293411	305	Sondeo	1971	250	1974-2005	Aceptable
303250003	BOCAS ESMAIG	751663	4293162	326	Sondeo		270	1974-2004	Aceptable
303250004	POZO Nº 2 CORRALET	751810	4293090	310	Sondeo		272	1998-2005	Corta
303260011	SAN ANTONIO - 1	752649	4293244	303.6	Sondeo	1972	210	1995-2005	Corta
303260016	C.R. y U. "Vall del Pop"	754366	4291959	330	Sondeo		356		
303250001	BARRANCO DE ALMADICH	751683	4292775	330	Sondeo		300	1974-1988	Corta
303250014	EL TOSALET	751481	4292576	380	Sondeo	1979	140		
303260088		754480	4292585	280	Sondeo	1989	250		
303260066	C.R. y U. "Vall del Pop"	754357	4291965	330	Sondeo		328		Muy deficiente
303260079	C.R. y U. "Vall del Pop"	754361	4291970	330	Sondeo	1997	390	1997	Muy Deficiente

Tabla 10.2.1 Puntos de agua en el acuífero de Parcent

En la Figura 10.2.3 se representa la evolución piezométrica de varios puntos de agua del acuífero de Parcent. Se aprecian importantes fluctuaciones en los niveles, asociadas a una rápida respuesta, tanto a los bombeos, como al cese de éstos. Se producen descensos importantes hasta finales de los 80, con niveles por debajo de los 150 m s.n.m. en el sector de Benichembla, con una recuperación casi total a los niveles iniciales de principio de los 70. En los puntos al este de Benichembla (303220035 y 303260011) se aprecia un descenso fuerte de los niveles hacia 1992, con una recuperación también abrupta en 1997. A partir de 1998 los niveles descendieron de nuevo a niveles más bajos que en el periodo anterior (por debajo de los 150 m s.n.m.), recuperándose prácticamente a los niveles iniciales a partir de 2002. En el punto 303260019, situado al sur de Parcent, se aprecia un descenso continuo, pero menos brusco, desde 1993 hasta 2002, con los niveles mínimos en torno a los 170 m s.n.m., produciéndose una recuperación desde entonces a la actualidad, pero que todavía dista de los niveles iniciales de principio de los 70. Los periodos con tendencias descendentes de los niveles coinciden con

periodos secos de lluvia (ver Figura 5.2.1), de manera que se evidencia la relación directa con la pluviometría. La relación con los bombeos es difícil de establecer teniendo en cuenta que los datos de extracción disponibles son incompletos, como se describe más adelante.

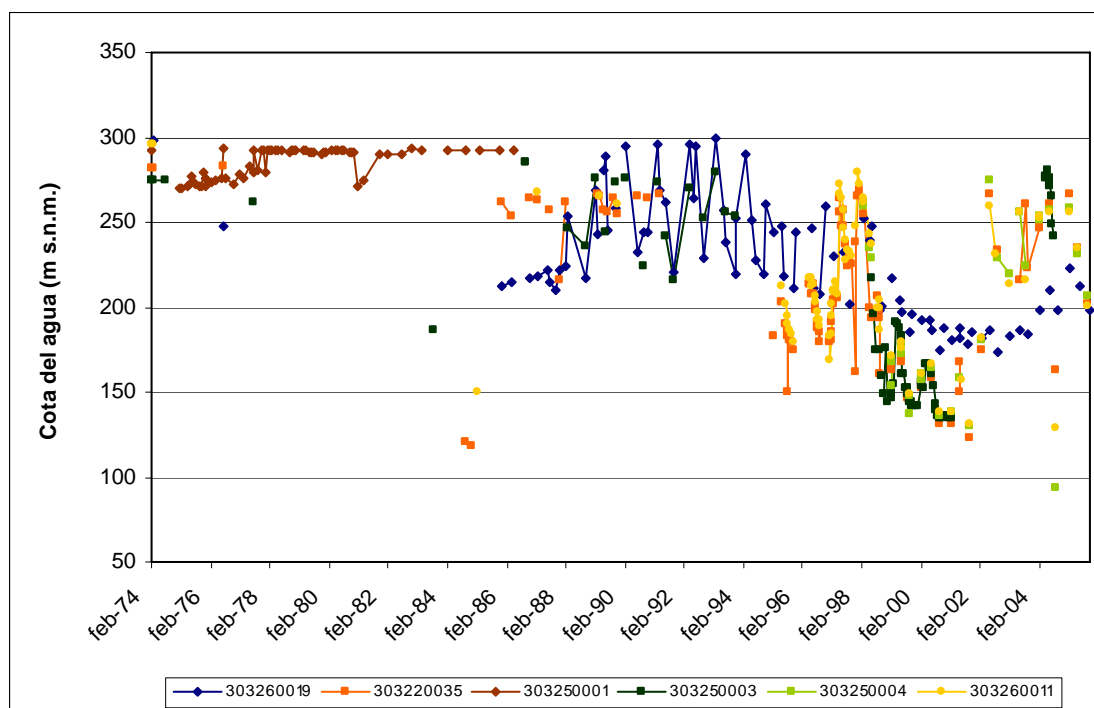


Figura 10.2.3 Evolución piezométrica en el acuífero de Parcent

El sentido de flujo, de acuerdo al trazado de isopiezas realizado para el año 2005 (Figura 10.2.4 en aguas altas y Figura 10.2.5 en aguas bajas), es hacia el sureste, hacia el campo de pozos al sur de Parcent. Los niveles en aguas altas (febrero 2005) son del orden de 30 m más altos que en aguas bajas (junio 2005) en la zona norte, y unos 10 m en el sur.

Del análisis de la piezometría se ha deducido que el límite oriental que se definía en el estudio *Análisis y ordenación de recursos hídricos de la Marina Alta (Alicante)* se tiene que desplazar hacia el oeste. Ese límite se determinó incluyendo el manantial Tosal de San Isidro, que descarga agua de forma esporádica. Analizando la posible cota del manantial (entre 250 y 300 m s.n.m.), los valores de piezometría del sondeo cercano 303260077, del sondeo del acuífero de Carrascal-Ferrer 303260090 y de los puntos de agua más orientales del acuífero de Parcent, se ha concluido que los valores de los niveles en el sondeo 303260077 son cercanos a los del 303260090, acercándose a la posible cota del manantial, con valores más elevados que en los sondeos orientales de Parcent.

Figura 10.2.4 Isopiezas del acuífero de Parcent en febrero de 2005

Figura 10.2.5 Isopiezas del acuífero de Parcent en junio de 2005

10.2.4. Uso del agua del acuífero de Parcent

De los once sondeos inventariados en el acuífero de Parcent, cinco de ellos se encontraban en explotación en la fecha del inventario de 2006. En el Anejo 2 se presentan los principales datos recogidos en el inventario en relación al uso del agua de cada uno de los puntos de agua.

Los pozos 303220035, 303250004 y 303260011, situados al sureste de Benichembla, se explotan de manera conjunta, y se utilizan fundamentalmente para abastecimiento urbano a Benisa, gestionados por el Servicio Municipal de Aguas Potables de Benisa, y que también abastecen a Senija. Por otro lado, los pozos 303260016, 303230066 y 303260079, situados al sur de Parcent, también se explotan de forma conjunta, pero su uso es tanto para agricultura como para abastecimiento (aproximadamente la mitad del volumen extraído se dedicó a cada uno de los usos en el 2005). En el año 2005 se extrajeron 2.58 hm³, de los que 0.5 hm³ corresponden a uso agrícola (fundamentalmente cítricos) y el resto a urbano. Los municipios abastecidos por este último grupo de pozos son los municipios de la mancomunidad de "Vall del Pop": Parcent, Alcalalí, Jalón y Llíber.

Los datos históricos de extracciones son deficientes, lo que se hace evidente al contrastarlos con los datos de piezometría. En la Figura 10.2.6 se han representado los datos disponibles de volúmenes extraídos anualmente.

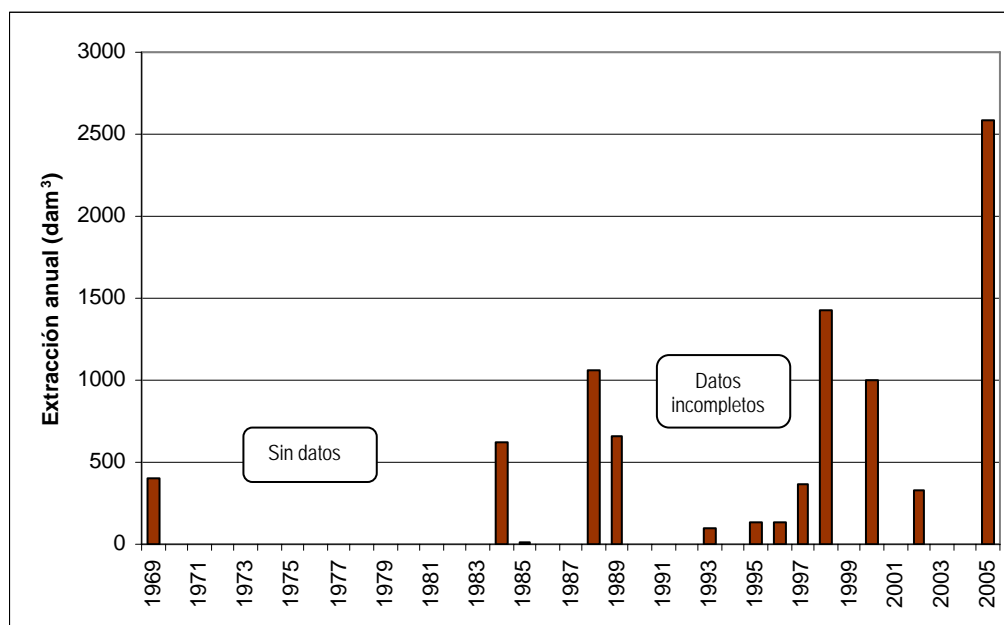


Figura 10.2.6 Extracciones anuales en el acuífero de Parcent

10.2.5. Funcionamiento hidráulico y balance del acuífero de Parcent

La recarga al acuífero se produce fundamentalmente por aportaciones laterales del acuífero de Cocoll. Un porcentaje muy pequeño de la recarga debe proceder de infiltración directa de agua de lluvia por los pequeños afloramientos de barras calcareníticas (C0). Las salidas se producen únicamente por bombes.

En el estudio *Análisis y ordenación de recursos hídricos de la Marina Alta*, basándose en el *Mapa del Agua de la Provincia de Alicante* de 1992, se establece unas entradas de agua al acuífero de 2.4 hm³, que son iguales a las salidas. Según los datos de bombes más recientes, en 2005 se explotaron 2.6 hm³, algo por encima de las entradas estimadas al acuífero. Los niveles en el sector Este del acuífero presentan una tendencia descendente desde finales de los 90, aunque con una ligera recuperación en los últimos años (ver Figura 10.2.3), que parece reflejar este desajuste entre entradas y salidas de agua al acuífero.

ENTRADAS (hm ³ /a)	Laterales del acuífero de Cocoll	2.4
	TOTAL	2.4
SALIDAS (hm ³ /a)	Bombes (2005)	2.6
	TOTAL	2.6

Tabla 10.2.2 Balance hídrico en el acuífero de Parcent

10.2.6. Hidroquímica del acuífero de Parcent

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas del acuífero de Parcent se ha llevado a cabo partiendo de los datos obtenidos en una campaña de muestreo realizada en enero de 2007 y de los datos procedentes de las redes de control del IGME y Diputación de Alicante.

10.2.6.1. Muestreo de agua subterránea

Para la caracterización del acuífero objeto de estudio se han seleccionado una serie de puntos para su muestreo y posterior análisis. Así, se han muestreado 2 sondeos cuyos recursos se destinan al abastecimiento.

En la Tabla 10.2.3 se incluyen los códigos y los resultados obtenidos para los parámetros analizados en campo (conductividad, pH y temperatura del agua):

Código	Nº orden	Nat.	Acuífero	Fecha de muestreo	Prof (m)	Uso	Cond (µS/cm)	pH	T (°C)
3032-2-0035	13	Sondeo	Parcent	15/01/2007	250	Abto.	390	7.8	14
3032-6-0066	14	Sondeo	Parcent	10/01/2007	328	Abto.	460	7.5	14

Tabla 10.2.3 Relación de puntos de agua muestreados en enero de 2007 en Parcent.

En la Figura 10.2.2 se observa la distribución espacial de los puntos de control hidroquímico.

El estudio que aquí se presenta se basa en el análisis de los datos obtenidos durante el desarrollo del proyecto, con el muestreo y posterior análisis químico de las muestras de aguas procedentes de los puntos de control indicados.

10.2.6.2. Análisis de laboratorio

10.2.6.2.1. Análisis históricos de redes de control: información existente

Los puntos de control que cuentan con datos hidroquímicos históricos varía, tanto en el número de análisis, como en periodo de control, o parámetros analizados.

En la Tabla 10.2.4 se incluyen el número de análisis efectuados en cada punto de agua, así como el periodo en el que se realizaron para cada uno de los puntos de control existentes en el acuífero objeto de estudio.

Acuífero	Nº Registro	Nº Análisis	Periodo al que se refieren los datos
Parcent	303220035	5	1989-1999
	303250003	8	1989-1999
	303250004	12	1989-2001
	303260011	11	1978-2001
	303260066	1	1998

Tabla 10.2.4 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Parcent

Los parámetros analizados en cada uno de los análisis registrados comprende la determinación total o parcial de parámetros fisicoquímicos, iones mayoritarios, metales pesados, etc. En ocasiones sólo se dispone de valores de conductividad o cloruros.

En la Figura 10.2.7 se presenta la evolución de distintos parámetros (cloruros, sulfatos y bicarbonatos) de los puntos 303250004 y 303260011 que cuenta con un registro más amplio en el acuífero, cuya localización geográfica se puede ver en la figura de inventario de puntos de agua.

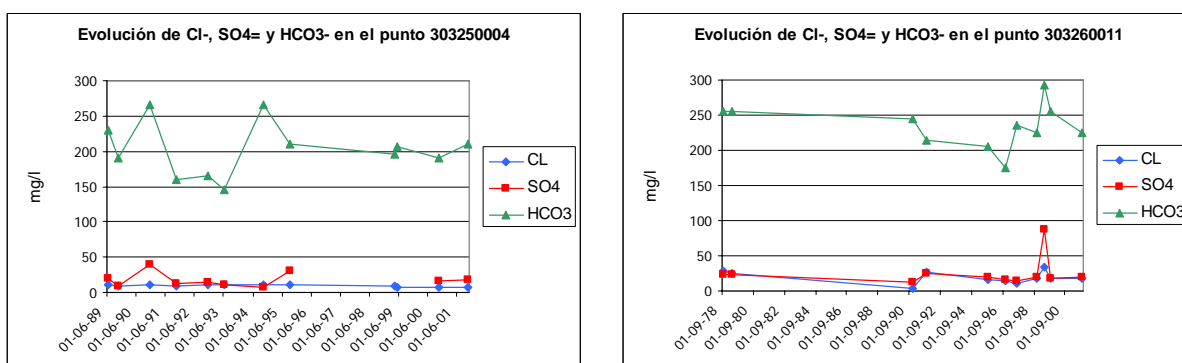


Figura 10.2.7 Evolución de aniones en los puntos 303250004 y 303260011 (Parcent)

Se observa que los resultados analíticos disponibles muestran concentraciones relativamente bajas, inferiores a 50 mg/l de cloruros y de sulfatos, e inferiores a 300 mg/l de bicarbonatos.

10.2.6.2.2. Determinaciones analíticas

En los dos puntos de la red de control hidroquímico del presente acuífero, se ha llevado a cabo un análisis de parámetros físico-químicos (conductividad y pH) y constituyentes mayoritarios (sodio, potasio, calcio, magnesio, amonio, nitritos, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos), DQO, fosfatos, sílice, boro, bromuros, hierro y manganeso.

En las muestras analizadas el error analítico es bajo (Tabla 10.2.5):

Nº orden	Código	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Error analítico (%)
13	303220035	350	-4,69
14	303260066	286	-4,69

Tabla 10.2.5 Errores analíticos de las muestras de agua subterránea en el acuífero de Parcent

10.2.6.3. Interpretación de resultados

Los datos de análisis químicos de aguas subterráneas se han sometido a un tratamiento tanto numérico, como gráfico.

10.2.6.3.1. Caracterización hidroquímica general

Las aguas analizadas (ver Tabla 10.2.6) presentan una mineralización media (con conductividades que oscilan entre 286 y 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$). En el caso de los aniones, las concentraciones de bicarbonatos

tienen un margen de variación que oscila entre 106 y 181 mg/l de HCO_3^- , los sulfatos varían entre 12 y 40 mg/l de SO_4^- y, los cloruros oscilan entre 12 y 13 mg/l de Cl^- .

En cuanto a los cationes, el calcio presenta un rango de variación que oscila entre 34 y 62 mg/l de Ca^{++} ; el sodio, por su parte, varía entre 8 y 9 mg/l de Na^+ , el potasio tiene un valor de 0 mg/l de K^+ y el magnesio se encuentra en concentraciones comprendidas entre 4 y 12 mg/l de Mg^{++} .

Las especies nitrogenadas analizadas presentan valores de nitratos que oscilan entre 0 y 3 mg/l de NO_3^- . Por su parte, los nitritos y amonio no se detectan en las muestras analizadas.

Nº	Denominación	Fecha	Cond	pH	Cl-	SO4=	HCO3-	CO3=	NO3-	Na+	Mg++	Ca++	K+	NO2-	NH4+	B	P2O5	SiO2	Fe	Mn	Error
13	303220035	15/01/2007	350	7,1	12	12	181	0	3	8	4	62	0	0	0	0	0	5,1	0	0,06	-4,69
14	303260066	10/01/2007	286	7,2	13	40	106	0	0	9	12	34	0	0	0	0	0		0	0,06	-4,69

Tabla 10.2.6 Resultados analíticos de Parcent proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH

En la Figura 10.2.8 se incluye el diagrama de Piper correspondiente a las aguas subterráneas analizadas, que permite clasificar a las muestras atendiendo a los aniones y cationes predominantes.

Atendiendo al anión predominante se observa que la composición de las aguas analizadas es de carácter bicarbonatado.

En cuanto a los cationes, las aguas subterráneas tienen una composición cálcica.

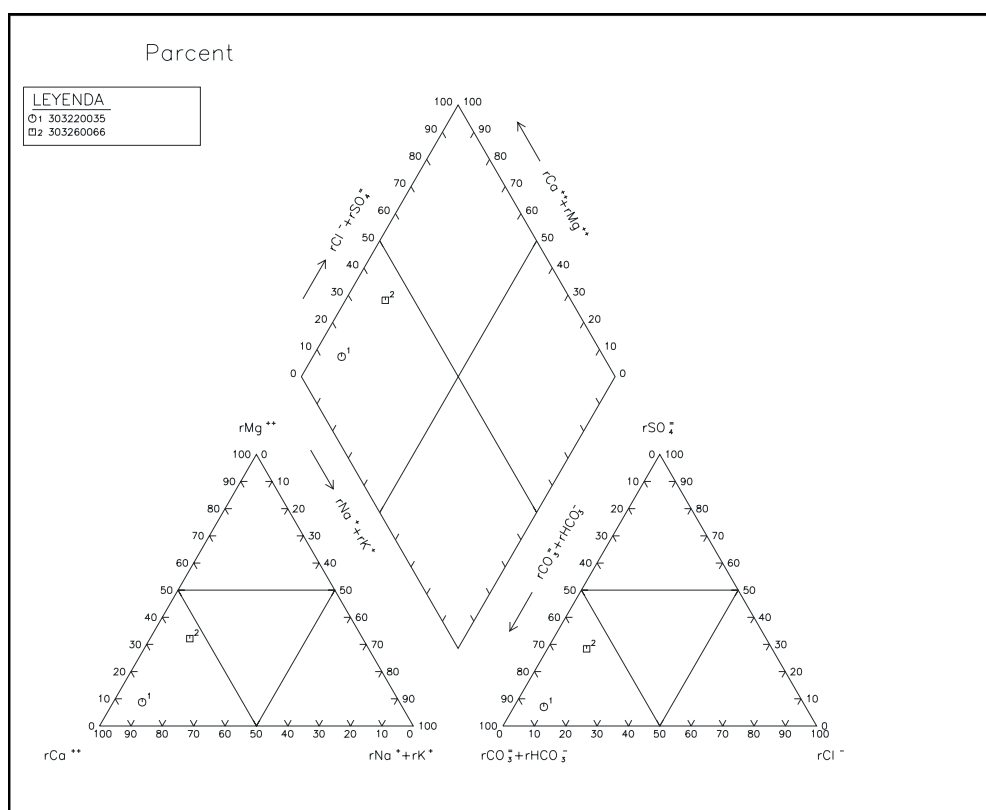


Figura 10.2.8 Diagrama de Piper en el acuífero de Parcent

En la Figura 10.2.9 se incluye el diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras de agua analizadas.

Se observa, como cabía esperar, que las muestras reflejan las variaciones litológicas locales, presentando un distinto grado de mineralización, en especial con respecto a los contenidos de sulfatos y magnesio.

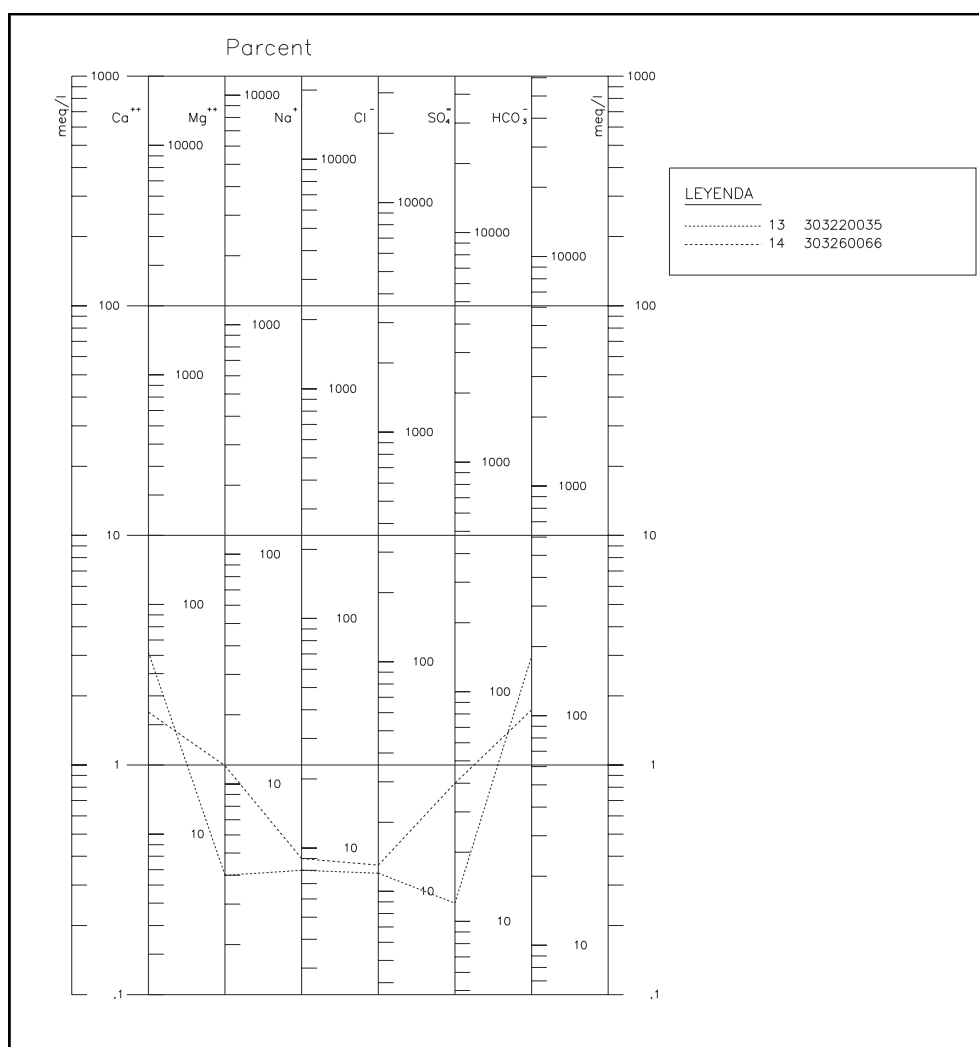


Figura 10.2.9 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras analizadas en el acuífero de Parcent

10.2.6.4. Aptitud de las aguas para distintos usos

10.2.6.4.1. Abastecimiento

Para analizar la aptitud de las aguas analizadas para abastecimiento humano se ha llevado a cabo un estudio de la normativa vigente.

Con respecto a la calidad de las aguas analizadas, los resultados analíticos de los puntos de agua muestreados en Parcent indican que las aguas subterráneas analizadas superan los límites establecidos para manganeso aunque, como se comentó en el capítulo 9.4.1, estos valores no se consideran normales ya que no se han obtenido en estudios previos del acuífero ni en zonas próximas, y tendrán que ser objeto de un estudio específico (Tabla 10.2.7).

En el resto de los parámetros los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano.

Nº	Denominación	Cond	Cl-	SO4=	NO3-	Na+	NO2-	Mn
13	303220035	350	12	12	3	8	0	0,06
14	303260066	286	13	40	0	9	0	0,06
Concentración máxima admisible (*)		2500	250	250	50	200	0,1	0,05

(*) R.D. 140/2003 de 7 de febrero

Datos expresados en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.

Tabla 10.2.7 Aptitud de las aguas subterráneas analizadas en Parcent para abastecimiento humano

10.2.6.4.2. Aptitud de las aguas para regadío

A continuación se analiza la aptitud de las aguas subterráneas para regadío, considerando los problemas que en ocasiones puede plantear su utilización.

En la Figura 10.2.10 se presenta la clasificación de las aguas analizadas para usos agrícolas, según la clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff (S.A.R.). Se trata de aguas con peligro de salinización medio (C2) y de alcalinización bajo (S1).

Las aguas de la clase C2 tienen una salinidad media, con conductividades comprendidas entre 250 y 750 μ S/cm, que corresponden aproximadamente a 160-480 mg/l de sólidos disueltos. Según esta clasificación, esta agua podría usarse para cultivos moderadamente tolerantes a las sales (alfalfa, trigo, zanahoria, cebolla, coliflor, etc.) aunque, como se comentó en el capítulo 0, en la zona de estudio la tolerancia de los cultivos a la salinidad es mayor.

Con respecto al peligro de alcalinización del suelo, las aguas de la clase S1 son aguas con contenidos bajos en sodio. Pueden usarse en la mayor parte de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable. Los cultivos sensibles, como los frutales de pipa, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

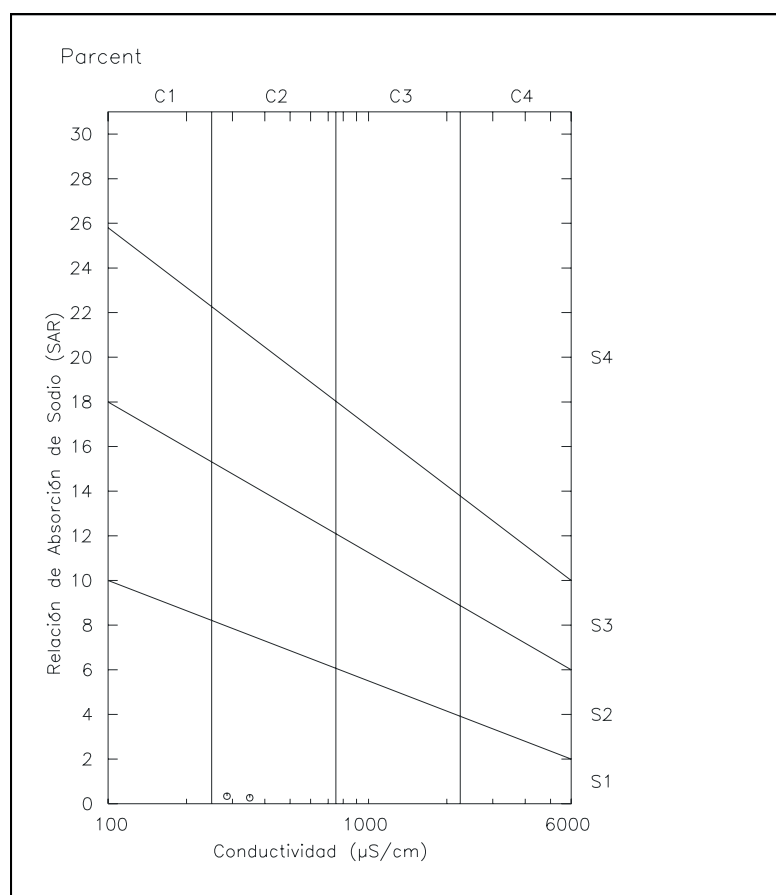


Figura 10.2.10 Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Parcent

10.2.6.5. Distribución espacial de la calidad del agua subterránea

Para estudiar la distribución espacial que presentan las aguas subterráneas analizadas, se ha elaborado un mapa hidroquímico de distribución de facies.

En el Plano 3 se representa el diagrama de Stiff correspondiente a cada uno de los puntos muestreados.

La forma del diagrama de Stiff da idea del tipo de agua y su tamaño permite apreciar con rapidez el grado de salinidad que presentan las aguas en cada caso. Para facilitar la comparación entre los distintos tipos de agua se ha utilizado la misma escala para todos los puntos.

En el Plano 3 se observan aguas de composición homogénea, tanto en lo que se refiere a la salinidad que presentan, como a las facies hidroquímicas reflejadas, si bien existen pequeñas variaciones en la composición química.

10.2.7. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Parcent

Acuífero con límites cerrados por materiales impermeables triásicos al norte y este, y por las propias margas neocomienses al sur. El límite occidental es abierto por contacto mecánico con el acuífero de Cocoll. En la Figura 10.2.11 se muestran estos límites y se resumen las principales características del acuífero. La leyenda de la figura se localiza a continuación de la Figura 10.1.5.

La recarga al acuífero se produce fundamentalmente por transferencia lateral del acuífero de Cocoll, mientras que la descarga tienen lugar a través de bombeos, en su mayor parte para abastecimiento urbano. Los pozos de bombeo están localizados al sureste de Benichembla y al suroeste de Parcent.

La dirección de flujo es NO-SE, hacia el campo de bombeos al sur de Parcent. Los niveles sufren grandes fluctuaciones, con cotas de 215 m en la zona de Benichembla en septiembre de 2005, y de 192 m en la zona de Parcent en octubre del mismo año.

Figura 10.2.11 Ficha resumen del acuífero de Parcent

10.3. ACUÍFERO DE PEÑÓN

10.3.1. Introducción y antecedentes del acuífero de Peñón

La mayor parte del área de Peñón está caracterizada por una sierra del mismo nombre, alargada este-oeste, de unos 5,5 km de longitud y 1 de anchura. Esta sierra se localiza inmediatamente al norte de la población de Benichembla, no existiendo ninguna población en la misma sierra.



Foto 10.3.1 Acuífero de la Sierra del Peñón. A la izquierda, la población de Benichembla

Forma parte del subsistema de Sierras del Peñón, Mongó y Benitachell, dentro la Zona Sur de la delimitación realizada en la *Investigación hidrogeológica de la cuenca media y baja del río Júcar*, del PIAS; está dentro del sistema acuífero Castell de Castells-Sierra del Peñón, de la unidad hidrogeológica Peñón-Castell de la Solana-Montgó, del estudio sobre *Las aguas subterráneas de la provincia de Alicante*; y corresponde al código 50.01.06.01, del subsistema 50.01.06 Peñón-Montgó-Bernia-Benisa, definido en *Las aguas subterráneas en la Comunidad Valenciana*.

Se han consultado los siguientes documentos, referidos la mayor parte de ellos al manantial de Murla:

DPA (2001). *Informe de bombeo de ensayo del sondeo "El Peñón" en el término municipal de Murla (Alicante)*

ITGE (1992). *Normas de explotación y perímetro de protección del acuífero Peñón-Olivereta*

DPA (1992). *La regulación del manantial de Murla mediante la recarga de sus excedentes en el acuífero Olivereta (Alicante).*

DPA (1991). *Estudio de la función de transferencia precipitación-caudal de descarga en el manantial de Murla (Alicante)*

10.3.2. Litología y geometría del acuífero de Peñón

10.3.2.1. Estratigrafía

En el área de Peñón afloran los siguientes materiales:

- C1: Margas y margocalizas con intercalaciones de calizas bioclásticas y arenosas, del Neocomiense-Barremiense. Sólo se presentan en el pie noroeste del subrelieve occidental.
- C2: Calizas bioclásticas, coralinas y de rudistas a la base, y arenosas, con algún nivel margoso intercalado, a techo, del Aptiense.
- C3: Alternancia de margas beige arcillosas y niveles de calizas nodulosas y bioclásticas, del Aptiense-Albiense.
- C4: Margas con intercalaciones de calizas margosas a la base, con calizas oolíticas y arenosas en la mitad del tramo, y calizas limosas y margosas a techo. Albiense-Cenomaniense.
- C5: Calizas micríticas a arcillas en la base y calizas recristalizadas y dolomitizadas a techo. Del Cenomaniense-Turoniense.
- C6: Alternancia de calizas micríticas de tonos claros, finamente tableadas y niveles de margas. De edad Senoniense-Santoniense.
- Discordancia.
- O-M1: Alternancia de calizas limosas y margosas, y margas. Ocasionalmente niveles de areniscas y calizas arenosas, sobre todo a la base. De edad Oligoceno superior – Mioceno inferior.
- M2: Alternancia de niveles de margas y margocalizas, con niveles calcáreos limosos o arenosos que rápidamente pasan a niveles de margas grises de aspecto noduloso y arcillas limosas.

Hay, además, formaciones cuaternarias:

- QC: Coluviones, localizados en las laderas norte y sur de la sierra.

- QT: Terrazas fluviales, asociadas al curso fluvial (alto Jalón) que, de oeste a este, pasa por Benichembla y limita por el sur la sierra y la zona.
- QA: Aluvial de dicho curso fluvial.

10.3.2.2. Tectónica

La sierra está conformada por un sinclinal de flancos a veces invertidos, del que se conserva en afloramiento sólo el flanco meridional, al estar afectado por una falla normal prácticamente a lo largo de su núcleo. El sinclinal está constituido por formaciones cretácicas, de C1 (aflorantes en el extremo oriental de la sierra) a C5 y C6 (en la parte alta de la misma).

En su extremo occidental, los materiales cretácicos están rodeados discordantemente por la formación O-M1. Al norte, en el ámbito de influencia de la falla, y mediante ésta, la unidad M2 contacta con varias del Cretácico (C4, C5 y C6).

En el extremo oriental de la sierra, y al pie de la misma, las formaciones cretácicas C1 a C4 están rodeadas por materiales triásicos (Keuper) que constituyen prolongaciones y apéndices occidentales del diapiro de Jalón.

Al sur de la sierra (y de la zona), el curso del alto Jalón coincide con un accidente tectónico, como lo demuestra la falta de correspondencia entre la estructura de esta zona y la de la vertiente norte del área de Cocoll. Es posible que este accidente esté (al menos, en su parte central y oriental) inyectado por Keuper, como lo sugiere la forma cartográfica que éste adopta junto a Benichembla.

10.3.2.3. Sondeos

El único sondeo que hay en el acuífero es el 303220103, situado en la ladera sureste de la Sierra del Peñón, y que en sus 160 m de profundidad debe cortar las calizas bioclásticas aptienses (C2) y, por debajo, las margas y margocalizas neocomienses (C1). El otro sondeo inventariado es el 303220028, que está situado en la ladera noreste, y que, con sus 17 m de profundidad, atraviesa el Cuaternario. En el resto de la sierra no existe ningún sondeo.

10.3.2.4. Geometría del acuífero

El acuífero de Peñón está constituido por la mayor parte de la serie carbonatada cretácica presente en la zona, abarcando desde el Neocomiense hasta el Santoniense. Se pueden distinguir dos tramos, constituidos cada uno por las formaciones más permeables: un primero tramo representado por las calizas bioclásticas del Albiense (C2), separado por varios niveles margosos del segundo tramo de calizas, calizas margosas y dolomías (formaciones C4 y C5) del Cenomaniense-Turoniense.

El muro del acuífero lo constituyen la unidad basal de la serie cretácica, que son las margas del Neocomiense-Barremiense (C1), los materiales del Keuper (Tk) y las margas del Mioceno medio (M2), en la parte septentrional.

Los límites del acuífero se consideran cerrados. En el borde septentrional el límite lo conforman los materiales margosos miocenos sobre los que se dispone la serie cretácica a favor de una falla normal, mientras que el borde meridional lo forman las margas neocomienses, y el borde oriental los materiales impermeables del Keuper.

La superficie total del acuífero es de 9.3 km², de los que 4.9 km² corresponden a afloramientos permeables cretácicos. La superficie permeable aflorante es mayor, si se tiene en cuenta los afloramientos cubiertos por depósitos cuaternarios.

10.3.3. Piezometría del acuífero de Peñón

Dentro de los límites del acuífero hay inventariados siete puntos, de los que cinco son manantiales (ver Tabla 10.3.1), y que se distribuyen, en su mayor parte, en la mitad oriental del acuífero, en la parte baja de la Sierra del Peñón, en el contacto de las calizas cretácicas con las margas del Neocomiense o los materiales del Keuper (Figura 10.3.2). Se dispone de poca información piezométrica e hidrométrica del acuífero, excepto del manantial de Murla (303220029), que es controlado por la Diputación Provincial de Alicante desde 1986.

Nº IGME	Toponimia	UTM x	UTM y	z	Naturaleza	Año	Prof (m)	Periodo	Serie
303210001	FUENTE DEL LAVADERO	751103	4293974	284	Manantial				Muy Deficiente
303210003	FUENTE MURTERA	748694	4294111	437	Manantial				Muy Deficiente
303220028	MENUST	753255	4295069	340	Pozo excavado		17		
303220029	FUENTE DE MURLA	753376	4294445	300	Manantial			1987-2001	Aceptable
303220036	FUENTE BERNISA	752799	4294421	315	Manantial				
303220039	FUENTE DE HULLET	751620	4294135	300	Manantial				
303220103	EL PEÑÓN	753178	4294432	330	Sondeo	2000	161	2002-04	Corta (diaria)

Tabla 10.3.1 Puntos de agua en el acuífero de Peñón

Figura 10.3.1 Acuífero de Peñón

Figura 10.3.2 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Peñón

El acuífero se explota fundamentalmente a través de los manantiales, de manera que la piezometría sólo varía puntualmente en momentos de explotación de algún sondeo, manteniéndose el resto del tiempo en régimen natural, y viniendo definida por la cota de situación de los manantiales. El principal punto de drenaje lo constituye el manantial de Murla, que se sitúa a unos 300 m de altitud, localizándose el manantial más alto inventariado (Fuente Muriera, 303210003) a 437 m s.n.m. La dirección de flujo es ONO-ESE. El manantial de Murla ha sido objeto de varios estudios, definiéndose como un manantial con una respuesta muy rápida a las precipitaciones, que puede dar lugar a caudales superiores a 100 l/s, con unos caudales de 2-4 l/s en época seca y 10-13 l/s en los periodos húmedos. En la Figura 10.3.3 puede observarse la evolución de los caudales del manantial de Murla desde 1987 a 2001. La frecuencia de medidas en los últimos cinco años de ese periodo es menor, de manera que no se pueden apreciar las fluctuaciones en el caudal.

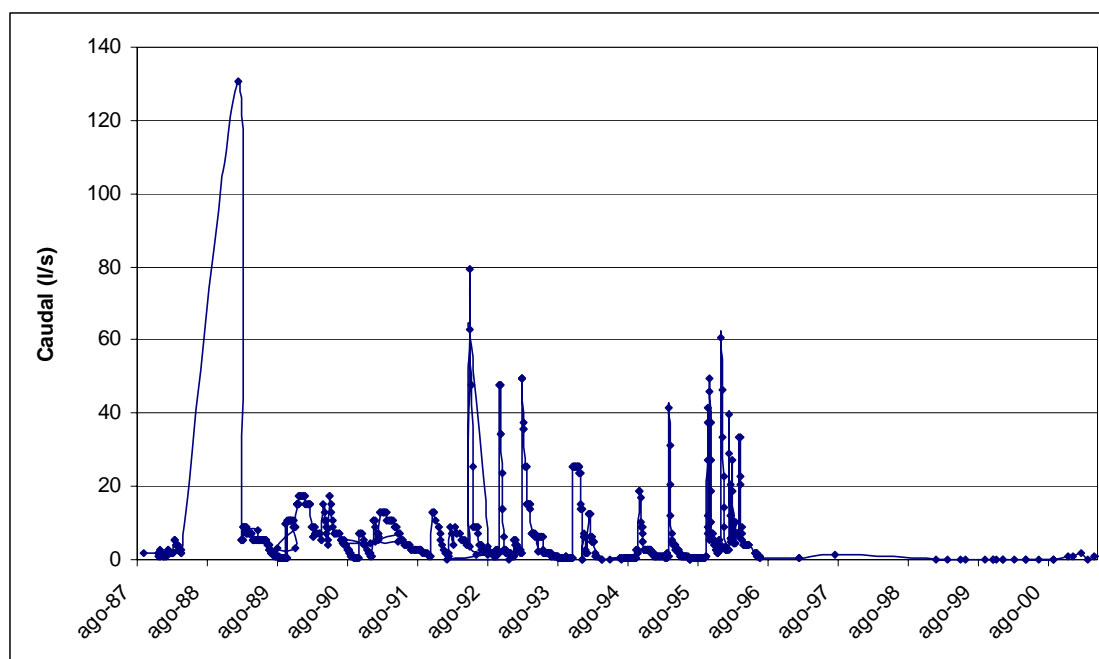


Figura 10.3.3 Evolución de los caudales en el manantial de Murla (303220029)

El sondeo 303220103 se construyó en 2000 para regular el manantial de Murla, y se explota como apoyo al manantial cuando es necesario. En la Figura 10.3.4 se muestra el nivel del agua en un periodo de 2 años (2002 a 2004), donde se aprecia como el nivel se mantiene prácticamente constante, en torno a los 307 m s.n.m., con descensos puntuales.

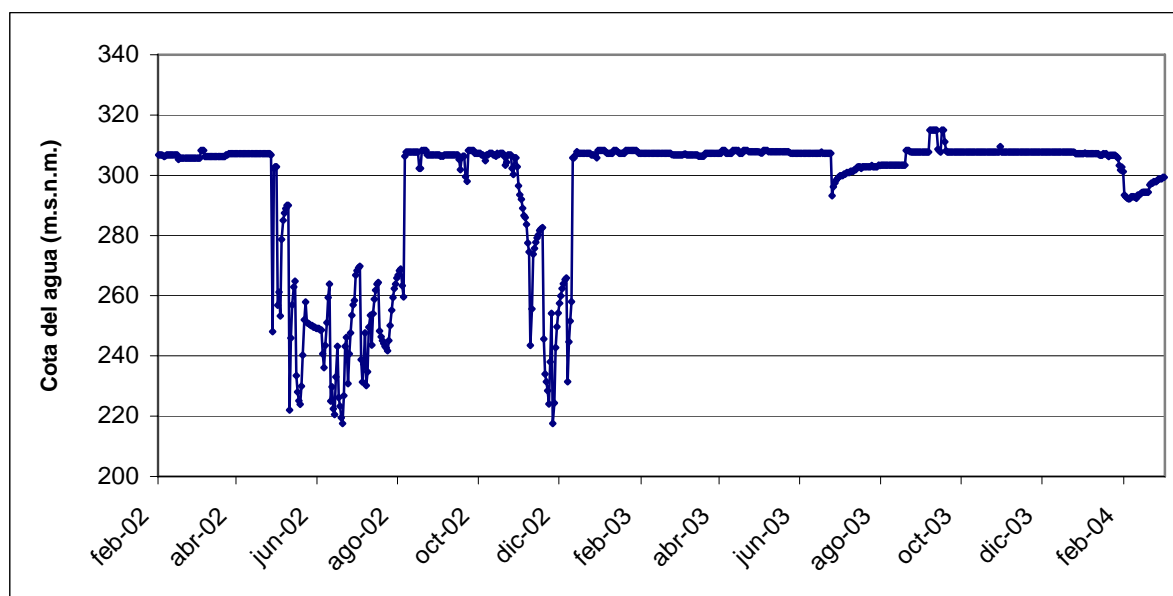


Figura 10.3.4 Evolución piezométrica del punto 303220103 (Peñón)

10.3.4. Cálculo de la recarga en el acuífero de Peñón

En el acuífero de Peñón se ha aplicado el programa Visual BALAN, para el cálculo de la recarga, en su versión 2.0, desarrollado por el Grupo de Hidrología de la Universidad de A Coruña. El programa realiza balances diarios de agua en el suelo edáfico, en la zona no saturada y en el acuífero. Los términos fundamentales del balance son las entradas por precipitación y riegos, las salidas por interceptación, escorrentía superficial, evapotranspiración, flujo hipodérmico y flujo subterráneo, y variación del contenido de humedad del suelo y del nivel del agua en el acuífero. El programa evalúa cada uno de los términos del balance de forma secuencial, comenzando por la precipitación y las dotaciones de riegos, que son datos conocidos, continuando con la interceptación (obtenida mediante los métodos de Horton o de Singh), la escorrentía (calculada a través de la ley de Horton o mediante el método del Número de Curva del Soil Conservation Service de Estados Unidos) y la evapotranspiración real, que es función de las variables anteriores, y terminando con la recarga por infiltración. La evapotranspiración potencial se puede calcular mediante Thornthwaite, Blaney-Criddle, Makkink, Penman, Turc y datos proporcionados por el usuario. Para el cálculo de la ETR a partir de la ETP se puede utilizar el método de Penman-Grindley, un método en el que la fracción ETR/ETP es una función lineal del déficit hídrico del suelo, un método en el que esta fracción es una función exponencial, y una versión modificada del método de Penman-Grindley. La recarga en tránsito total se compone de dos términos: recarga en tránsito directa, en el que la recarga responde al mecanismo de flujo preferente a través de fisuras, macroporos, raíces, etc, y donde la recarga es proporcional al

agua suministrada al suelo; y recarga en tránsito diferida por flujo darcyano a través de los poros, que es un flujo más lento que el anterior, y está limitado por la conductividad hidráulica vertical del suelo en condiciones de saturación.

Para la aplicación del programa BALAN a la zona de estudio se precisa de numerosos datos que se han obtenido del Instituto Nacional de Meteorología, de la Diputación de Alicante, del Instituto Geológico y Minero y de referencias bibliográficas.

Los datos más sencillos de obtener, cuando existen, son los referidos a series temporales de datos meteorológicos, piezométricos, aforos y dotaciones de riego, aunque su tratamiento, teniendo en cuenta que, si es posible, se trabaja con datos diarios, requiere un trabajo meticuloso. Sin embargo, los parámetros referidos a suelo, zona no saturada y acuífero, y los coeficientes necesarios para el cálculo de los diferentes componentes del balance (ETP, escorrentía, etc.), son más difíciles de obtener requiriendo un trabajo de investigación preeliminar.

El periodo en el que se ha aplicado el programa BALAN es de 1950/51 a 2000/01, al ser la serie más amplia que se tenía de datos meteorológicos de la estación cercana al acuífero. Como área de la cuenca vertiente se ha utilizado todo el área del acuífero, que es 9.3 km².

Los datos meteorológicos diarios, pluviometría (en mm) y temperatura (en °C), que se han incorporado al modelo proceden de la estación 8054 "Vall de la Guard Fontilles" (ver situación en la Figura 5.1.1).

Los parámetros utilizados para la evaluación de la recarga en Peñón se enumeran en la Tabla 10.3.2.

CONCEPTO	VALORES	METODOLOGÍA
DIVISIÓN DE LA CUENCA		
Número de subcuencas	1	
Primer año hidrológico	1950/51	
Número de años hidrológicos	50	
Estaciones meteorológicas	8054	
DATOS DEL SUELO EDÁFICO		
Porosidad total (tanto por uno)	0.40	
Punto de marchitez (tanto por uno)	0.2	
Capacidad de campo (tanto por uno)	0.35	
Contenido de humedad inicial (tanto por uno)	0.25	
Concentración inicial del trazador (mg/l)	1	
Espesor (m)	0.50	
Conductividad hidráulica (cm/s)	0.0001	
Reserva útil resultante (mm)	75	
DATOS GEOGRÁFICOS		

CONCEPTO	VALORES	METODOLOGÍA
Latitud	38°45'50"	
Área de la cuenca vertiente (km ²)	9.3	
RECARGA EN TRÁNSITO		
Recarga en tránsito diferida		Método convencional
Flujo preferente		Sin flujo preferente
CÁLCULO ETP		
Método de Thornthwaite		
CÁLCULO ETR		
Método de Penman-Grindley		
CRPG (mm)	70	
CEPG (entre 0 y 1)	0.1	
CÁLCULO DE LA ESCORRENTÍA		
Método de Horton		
Capacidad de infiltración para suelo a condiciones de capacidad de campo (mm/d)	40	
Capacidad de infiltración para suelo a condiciones de punto de marchitez (mm/d)	50	
ZONA NO SATURADA		
Método explícito		
Coefficiente de agotamiento del flujo hipodérmico (1/día)	0	
Conductividad hidráulica vertical (mm/d)	13.23	
Coefficiente de agotamiento de la percolación (1/día)	6.466E-3	
Tiempo de semiagotamiento (días)	107.2	
Contenido inicial de agua (mm)	0	
PARÁMETROS DEL ACUÍFERO		
Método de una celda		
Coefficiente de agotamiento del acuífero (1/día)	5.771E-2	
Tiempo de semiagotamiento (días)	12	
Coefficiente de almacenamiento	4.5E-4	
Nivel inicial (m)	350	
Nivel de descarga (m)	300	
INTERCEPCIÓN		
Sin intercepción		

Tabla 10.3.2 Parámetros utilizados en el programa BALAN en Peñón

Los resultados obtenidos, utilizando el gráfico de salida de resultados del Visual BALAN, se presentan en la Figura 10.3.5.

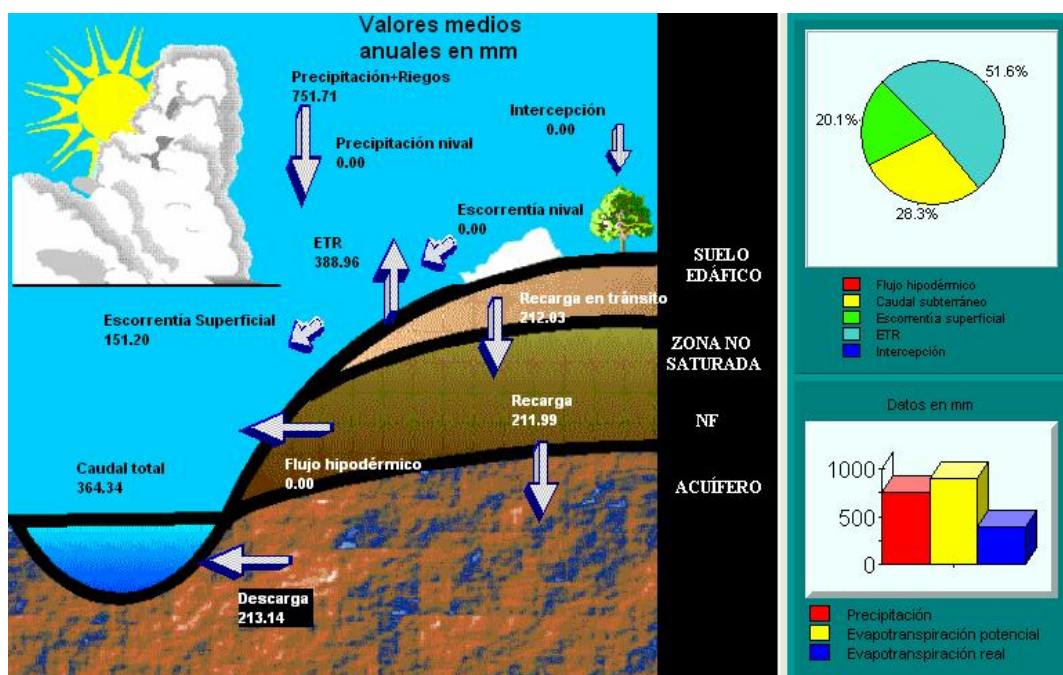


Figura 10.3.5 Resultado de la aplicación del BALAN en Peñón, aplicando el método de Thornthwaite

En la Tabla 10.3.3 se presenta la variación interanual de los valores de recarga obtenidos mediante Visual BALAN para el acuífero de Peñón para los últimos 50 años del periodo de simulación, con valores que varían entre 0 y 5.62 hm³. El valor medio es de 1.97 hm³/a.

	Precipitación		Recarga (hm ³ /a)	Recarga/precipitación (%)
	mm/a	hm ³ /a		
1950/51	376.70	3.50	0.27	7.75
1951/52	251.60	2.34	0.01	0.48
1952/53	306.10	2.85	0.26	9.30
1953/54	496.50	4.62	0.81	17.58
1954/55	406.70	3.78	0.80	21.05
1955/56	570.20	5.30	1.44	27.06
1956/57	589.30	5.48	0.69	12.53
1957/58	636.90	5.92	1.76	29.70
1958/59	1 064.00	9.90	4.10	41.44
1959/60	517.50	4.81	0.03	0.54
1960/61	307.90	2.86	0.27	9.28
1961/62	730.50	6.79	1.60	23.49
1962/63	539.50	5.02	0.92	18.33
1963/64	541.70	5.04	2.58	51.11
1964/65	854.50	7.95	2.81	35.35
1965/66	813.60	7.57	1.05	13.90

	Precipitación		Recarga (hm ³ /a)	Recarga/precipitación (%)
	mm/a	hm ³ /a		
1966/67	1 022.00	9.50	2.21	23.23
1967/68	760.00	7.07	2.69	38.07
1968/69	795.30	7.40	1.58	21.40
1969/70	699.00	6.50	2.79	42.96
1970/71	652.10	6.06	2.10	34.61
1971/72	1 272.00	11.83	2.57	21.70
1972/73	1 222.00	11.36	5.08	44.66
1973/74	1 370.00	12.74	5.38	42.19
1974/75	744.00	6.92	1.22	17.68
1975/76	810.00	7.53	2.94	38.98
1976/77	1 020.00	9.49	2.58	27.21
1977/78	471.00	4.38	0.58	13.29
1978/79	726.00	6.75	1.71	25.34
1979/80	941.00	8.75	3.03	34.57
1980/81	534.00	4.97	1.44	28.98
1981/82	472.00	4.39	0.95	21.58
1982/83	604.00	5.62	1.29	22.88
1983/84	452.00	4.20	0.51	12.19
1984/85	512.00	4.76	0.99	20.78
1985/86	1 118.00	10.40	1.74	16.69
1986/87	588.00	5.47	2.00	36.57
1987/88	714.00	6.64	0.82	12.31
1988/89	1 390.00	12.93	5.26	40.70
1989/90	1 194.00	11.10	5.62	50.58
1990/91	1 138.00	10.58	4.30	40.58
1991/92	1 103.00	10.26	2.38	23.19
1992/93	1 010.00	9.39	3.79	40.36
1993/94	839.60	7.81	2.53	32.38
1994/95	576.40	5.36	1.11	20.71
1995/96	950.40	8.84	2.45	27.66
1996/97	918.00	8.54	2.01	23.52
1997/98	869.00	8.08	1.44	17.86
1998/99	327.30	3.04	0.27	8.80
1999/2000	768.50	7.15	1.88	26.23
Media	751.72	6.99	1.97	25.39

Tabla 10.3.3 Valores de recarga obtenidos mediante Visual Balan para el acuífero de Peñón

10.3.5. Uso del agua del acuífero de Peñón

De la información recogida en el inventario realizado en 2006, se tiene que en esa fecha se captaba agua de cuatro puntos (ver Anejo 2): 303220029, 303210001, 303210003 y 303220103, con un total anual de 114 dam³a. En la Figura 10.3.6 se representa la evolución de las extracciones en los últimos 30 años. Los datos disponibles están incompletos, ya que corresponden únicamente a siete años, no

disponiéndose además de datos para todos los puntos de extracción para cada uno de esos años. La mayor parte del volumen de agua aprovechado procede de los manantiales de Murla (303220029) y Murtera (303210003).

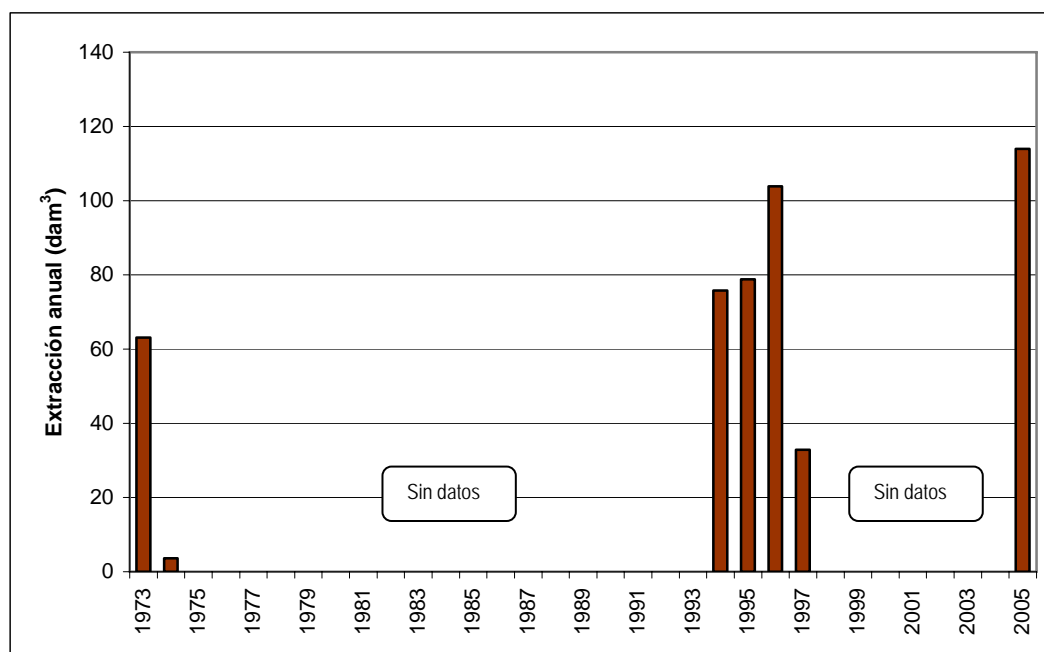


Figura 10.3.6 Extracciones anuales en el acuífero de Peñón

El acuífero se utiliza para abastecimiento urbano y regadíos. De acuerdo al estudio del ITGE (1992), los volúmenes medios anuales aprovechados para abastecimiento son 43 dam³, principalmente para satisfacer la demanda de los municipios de Murla y Benichembla. El volumen de agua medio anual destinado a actividades agrícolas, fundamentalmente cultivo de cítricos y en menor medida huertas, calculado para una dotación de 7000 m³/ha/año, se cifraron en 56 dam³. En total, el volumen de agua utilizado es de 0.1 hm³/a.

Por otro lado, en el estudio IGME-DPA (2001) los aprovechamientos totales se cifraron en 0.35 hm³/a. El aprovechamiento urbano, fundamentalmente para satisfacer las demandas de las poblaciones de Murla y Benichembla, se calculó en 50 dam³/a. El volumen destinado a uso agrícola se estimó en 0.3 hm³/a.

10.3.6. Funcionamiento hidráulico y balance del acuífero de Peñón

La recarga al acuífero se produce exclusivamente a partir de infiltración directa de agua de lluvia, habiéndose obtenido con la aplicación del programa Visual Balan un valor de alrededor de 2 hm³/a, para una superficie de acuífero de 9.3 km². Este valor de recarga es similar a los obtenidos en otros estudios.

El manantial de Murla se considera el principal punto de descarga del acuífero del Peñón. Este manantial se caracteriza por su rápida respuesta a las precipitaciones, y por su escasa regulación, como ya se comentó anteriormente. En el "Estudio de la función de transferencia precipitación-caudal de descarga en el manantial de Murla (Alicante)" (DPA, 1991) se ha estimado que, para el periodo 1962/63-1987/88, las salidas totales del manantial son una media de entre 12.64 y 14.32 l/s, lo que equivale a un volumen de descarga de entre 0.41 y 0.47 hm³/a.

Además del manantial de Murla, existen otros manantiales que también son aprovechados y otros que descargan principalmente en el río Jalón. Se ha estimado que la descarga de estos manantiales, junto con las aportaciones directas al río, es de 1.5 hm³/a. En estudios previos esta descarga ha sido valorada en 1 hm³/a (IGME, 1991) o en 1.62 hm³/a (IGME-DPA, 2001).

ENTRADAS (hm ³ /a)	Infiltración directa de agua de lluvia	2.00
	TOTAL	2.00
SALIDAS (hm ³ /a)	Manantial de Murla	0.50
	Otros manantiales y drenaje al río Jalón	1.50
	TOTAL	2.00

Tabla 10.3.4 Balance hídrico en el acuífero de Peñón

10.3.7. Hidroquímica del acuífero de Peñón

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas del acuífero de Peñón se ha llevado a cabo partiendo de los datos obtenidos en una campaña de muestreo realizada en enero de 2007 y de los datos procedentes de las redes de control del IGME y Diputación de Alicante.

10.3.7.1. Muestreo de agua subterránea

Para la caracterización del acuífero objeto de estudio se han seleccionado tres puntos de agua para su muestreo y posterior análisis. Así, se han muestreado un sondeo y dos manantiales, cuyos recursos se destinan al abastecimiento o a la agricultura.

En la Tabla 10.3.5 se incluye el código del punto muestreado y los resultados obtenidos para los parámetros analizados en campo (conductividad, pH y temperatura del agua):

Código	Nº orden	Nat.	Fecha de muestreo	Prof. (m)	Uso	Cond (µS/cm)	pH	T (°C)
3032-1-0001	9	Manantial	15/01/2007	0	Agric.	480	7.6	15
3032-2-0103	10	Sondeo	11/01/2007	170	Abto.	640	7.9	18
3032-1-0003	12	Manantial	15/01/2007	0	Abto., agric.	290	7.8	15

Tabla 10.3.5 Puntos de agua muestreados en enero de 2007 en Peñón.

En la Figura 10.3.2 se observa la distribución espacial de los puntos de control hidroquímico.

El estudio que aquí se presenta se basa en el análisis de los datos obtenidos durante el desarrollo del proyecto, con el muestreo y posterior análisis químico de las muestras de agua procedentes de los puntos de control indicados.

10.3.7.2. Análisis de laboratorio

10.3.7.2.1. Análisis históricos de redes de control: información existente

Los puntos de control que cuentan con datos hidroquímicos históricos varía, tanto en el número de análisis, como en periodo de control, o parámetros analizados.

En la Tabla 10.3.6 se incluyen el número de análisis efectuados en cada punto de agua, así como el periodo en el que se realizaron para cada uno de los puntos de control existentes en el acuífero objeto de estudio.

Acuífero	Nº Registro	Nº Análisis	Periodo al que se refieren los datos
Peñón	303220029	15	1974-2001

Tabla 10.3.6 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Peñón

Los parámetros analizados en cada uno de los análisis registrados comprende la determinación total o parcial de parámetros fisicoquímicos, iones mayoritarios, metales pesados, etc. En ocasiones sólo se dispone de valores de conductividad o cloruros.

En la Figura 10.3.7 se presenta la evolución de distintos parámetros (cloruros, sulfatos y bicarbonatos) del punto 303220029 que cuenta con un registro más amplio en el acuífero, cuya localización geográfica se puede ver en la figura de inventario de puntos de agua.

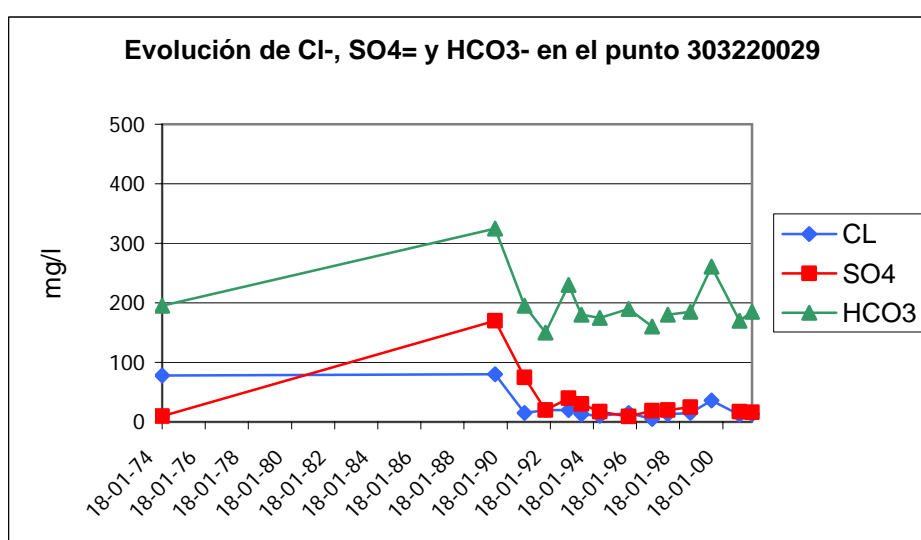


Figura 10.3.7 Evolución de aniones en el punto 303220029 (Peñón)

Se observa que en el punto 303220029 los resultados analíticos disponibles muestran concentraciones relativamente bajas, inferiores a 100 mg/l de sulfatos y de cloruros, e inferiores a 300 mg/l de bicarbonatos.

10.3.7.2.2. Determinaciones analíticas

En los puntos muestreados se ha llevado a cabo un análisis de parámetros fisico-químicos (conductividad y pH) y constituyentes mayoritarios (sodio, potasio, calcio, magnesio, amonio, nitritos, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos), DQO, fosfatos, sílice, boro, bromuros, hierro y manganeso.

En las muestras analizadas el error analítico es bajo (Tabla 10.3.7).

Nº orden	Código	CE ($\mu\text{S/cm}$)	Error analítico (%)
9	303210001	378	-4,71
10	303220103	532	-4,84
12	303210003	273	-4,46

Tabla 10.3.7 Error analítico de las muestras de agua subterránea en el acuífero de Peñón

10.3.7.3. Interpretación de resultados

Los datos de análisis químicos de aguas subterráneas se han sometido a un tratamiento tanto numérico, como gráfico.

10.3.7.3.1. Caracterización hidroquímica general

En la Tabla 10.3.8 se incluyen los resultados analíticos proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME en Tres Cantos (Madrid).

Las aguas analizadas presentan una mineralización de baja a media (con conductividades que oscilan entre 273 y 532 $\mu\text{S/cm}$). En el caso de los aniones, las concentraciones de bicarbonatos tienen un margen de variación que oscila entre 134 y 190 mg/l de HCO_3^- , los sulfatos varían entre 8 y 68 mg/l de $\text{SO}_4^{=}$ y, los cloruros oscilan entre 9 y 52 mg/l de Cl^- .

En cuanto a los cationes, el calcio presenta un rango de variación que oscila entre 53 y 59 mg/l de Ca^{++} ; el sodio, por su parte, varía entre 6 y 34 mg/l de Na^+ , el potasio tiene un margen de variación comprendido entre 0 y 1 mg/l de K^+ y el magnesio se encuentra en concentraciones comprendidas entre 1 y 23 mg/l de Mg^{++} .

Las especies nitrogenadas analizadas presentan valores de nitratos que oscilan entre 2 y 17 mg/l de NO_3^- .

Por su parte, los nitritos y amonio no se detectan en las muestras analizadas.

Nº	Denominación	Fecha	Cond	pH	Cl-	SO4=	HCO3-	CO3=	NO3-	Na+	Mg++	Ca++	K+	NO2-	NH4+	B	P2O5	SiO2	Fe	Mn	Error
9	303210001	15/01/2007	378	6,8	9	22	134	0	17	7	1	59	0	0	0	0	0	9,6	0	0	-4,71
10	303220103	11/01/2007	532	7,1	52	68	190	0	3	34	23	59	1	0	0	0	0	7,3	0	0,06	-4,84
12	303210003	15/01/2007	273	7,2	9	8	147	0	2	6	1	53	0	0	0	0	0	4,1	0	0,05	-4,46

Tabla 10.3.8 Resultados analíticos de Peñón proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH

En la Figura 10.3.8 se incluye el diagrama de Piper correspondiente a las muestras de agua subterránea analizadas, que permite clasificar a las muestras atendiendo a los aniones y cationes predominantes.

Atendiendo al anión predominante se observa que la composición del agua analizada presenta una composición netamente bicarbonatada.

En cuanto a los cationes, el agua subterránea tiene una composición cálcica o calcico-magnésica (303220103).

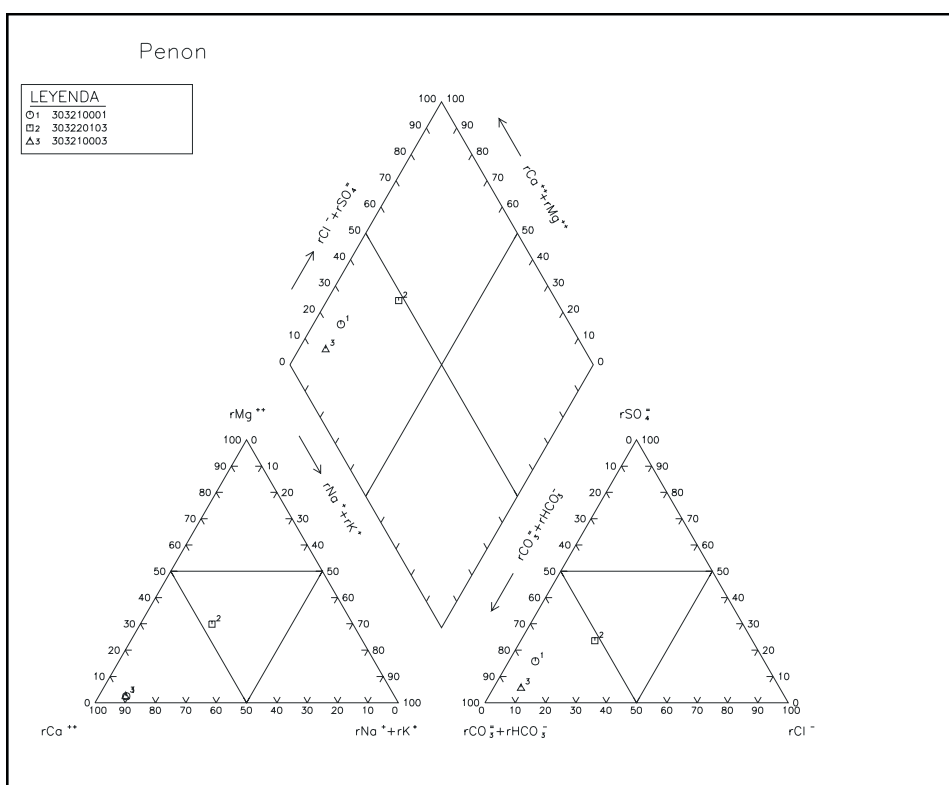


Figura 10.3.8 Diagrama de Piper en el acuífero de Peñón

En la Figura 10.3.9 se incluye el diagrama de Schöeller-Berkaloff en el que se observa que el agua muestreada presenta una composición que varía de bicarbonatada cálcica a bicarbonatada calcicomagnésica, aumentando la salinidad desde las muestras tomadas en los manantiales (303210001 y 303210003) a la procedente del sondeo (303220103).

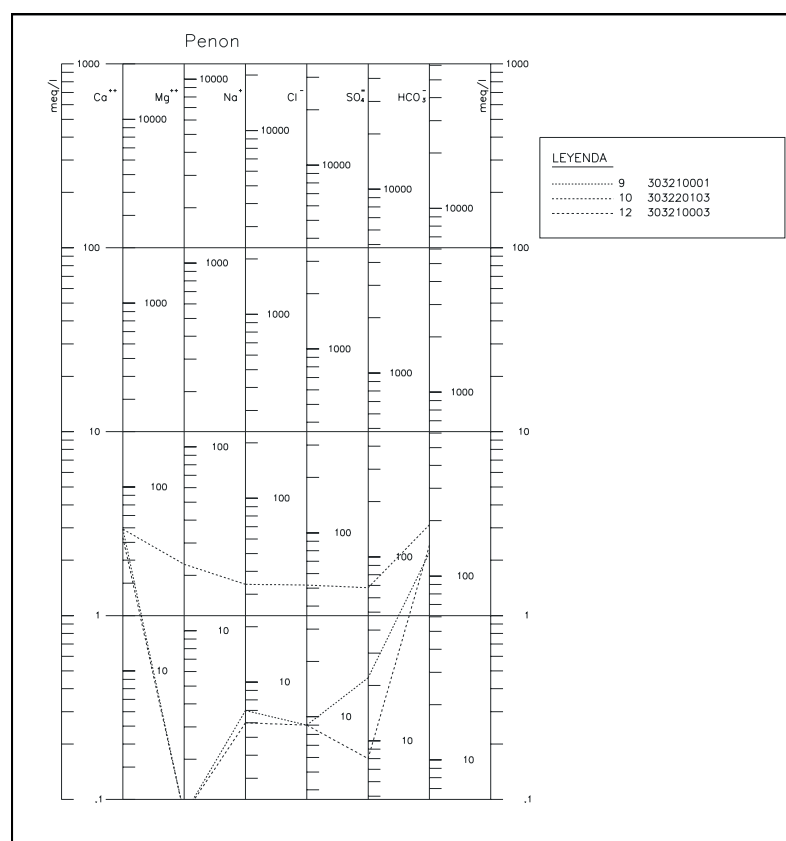


Figura 10.3.9 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra analizada en Peñón

10.3.7.4. Aptitud de las aguas para distintos usos

10.3.7.4.1. Abastecimiento

Para analizar la aptitud de las aguas analizadas para abastecimiento humano se ha llevado a cabo un estudio de la normativa vigente.

Con respecto a la calidad de las aguas analizadas, los resultados analíticos indican que en el agua subterránea analizada el manganeso se encuentra en el límite establecido en la legislación, o muy próximo a él en dos muestras (303220103 y 303210003) (Tabla 10.3.9) aunque, como se comentó en el capítulo 9.4.1, estos valores no se consideran normales ya que no se han obtenido en estudios previos del acuífero ni en zonas próximas, y tendrán que ser objeto de un estudio específico.

En el resto de parámetros los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano.

Nº	Denominación	Cond	Cl-	SO4=	NO3-	Na+	NO2-	Mn
9	303210001	378	9	22	17	7	0	0
10	303220103	532	52	68	3	34	0	0,06
12	303210003	273	9	8	2	6	0	0,05
Concentración máxima admisible (*)		2500	250	250	50	200	0,1	0,05

(*) R.D. 140/2003 de 7 de febrero

Datos expresados en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.

Tabla 10.3.9 Aptitud del agua subterránea analizada en Peñón para abastecimiento humano

10.3.7.4.2. Aptitud de las aguas para regadío

A continuación se analiza la aptitud de las aguas subterráneas para regadío, considerando los problemas que en ocasiones puede plantear su utilización.

En la Figura 10.3.10 se presenta la clasificación de las aguas analizadas para usos agrícolas, según la clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff (S.A.R.). Se trata de un agua con peligro de salinización alto (C2) y de alcalinización bajo (S1).

Las aguas de la clase C2 tienen una salinidad media, con conductividades comprendidas entre 250 y 750 μ S/cm, que corresponden aproximadamente a 160-480 mg/l de sólidos disueltos. Podrían usarse para cultivos moderadamente tolerantes a las sales (alfalfa, trigo, zanahoria, cebolla, coliflor, etc.) aunque, como se comentó en el capítulo 0, en la zona de estudio la tolerancia de los cultivos a la salinidad es mayor.

Con respecto al peligro de alcalinización del suelo, las aguas de la clase S1 son aguas con contenidos bajos en sodio. Pueden usarse en la mayor parte de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable. Los cultivos sensibles, como los frutales de pipa, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

10.3.7.5. Distribución espacial de la calidad del agua subterránea

Para estudiar la distribución espacial que presenta el agua subterránea analizada, se ha elaborado un mapa hidroquímico de facies.

En el Plano 3 se representa el diagrama de Stiff correspondiente a los puntos de agua muestreados.

La forma del diagrama de Stiff da idea del tipo de agua y su tamaño permite apreciar con rapidez el grado de salinidad que presentan las aguas.

En el Plano 3 se observa que el agua analizada presenta facies bicarbonatadas cálcicas o calcico-magnésicas, con un grado de salinidad bajo.

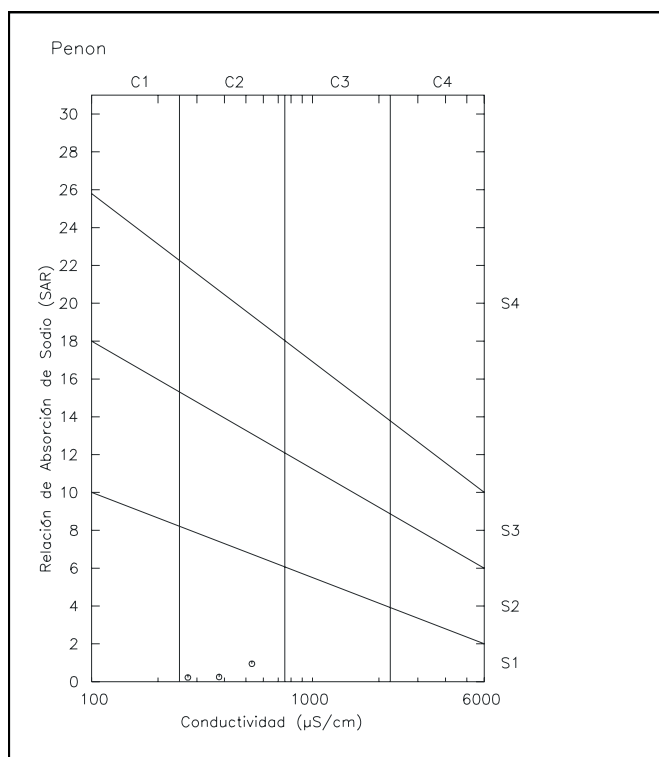


Figura 10.3.10 Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Peñón

10.3.8. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Peñón

Acuífero con límites cerrados en todo su perímetro. Materiales margosos miocenos constituyen el límite septentrional, el borde meridional lo forman las margas neocomienses y el oriental está formado por materiales impermeables del Keuper. En la Figura 10.3.11 se muestran estos límites y se resumen las principales características del acuífero. La leyenda de la figura se localiza a continuación de la Figura 10.1.5.

La recarga al acuífero se produce exclusivamente a partir de infiltración directa de agua de lluvia, mientras que las salidas se producen a través de manantiales y directamente al río Jalón. El manantial de Murla constituye el principal punto de descarga del acuífero. Los manantiales son aprovechados para uso agrícola y urbano.

La dirección de flujo es ONO-ESE, hacia el manantial de Murla. La superficie piezométrica viene definida por la cota de los manantiales, desde cotas por encima de los 400 m (Fuente Murtera) a los 300 m de la fuente de Murla.

Figura 10.3.11 Ficha resumen del acuífero de Peñón

10.4. ACUÍFERO DE FONTILLES

10.4.1. Introducción y antecedentes del acuífero de Fontilles

El área de Fontilles constituye, tanto geográfica como geológicamente, una prolongación nororiental de la parte septentrional de la Sierra de Peñón. Tiene forma cartográficamente alargada, en dirección NE-SO, con unas dimensiones de unos 5 km de longitud y 1 de anchura máxima.

El acuífero de Fontilles se ha definido recientemente, de modo que la única referencia bibliográfica corresponde al *Mapa del agua de la provincia de Alicante* de 2007.



Foto 10.4.1 Fuente de Campell (303210027), en el acuífero de Fontilles

Dentro del área de Fontilles hay una estación pluviométrica del Instituto Nacional de Meteorología. La precipitación media anual, para el periodo 1974-2003, es de 815 mm, con un máximo de 1596 mm en 1989, y un mínimo de 378 en 1981 (ver Figura 10.4.1).

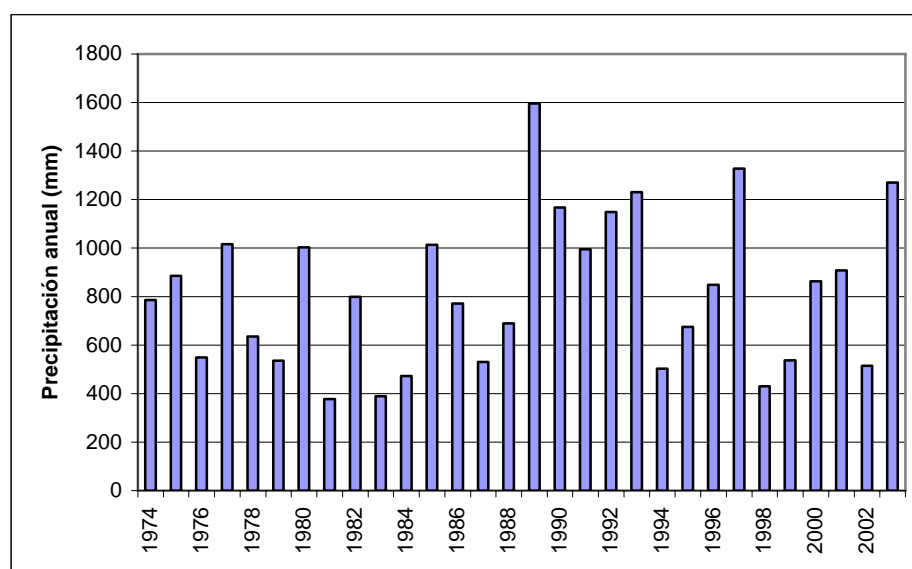


Figura 10.4.1 Precipitación total anual en la estación 8054 (Vall de la Guard Fontilles)

10.4.2. Litología y geometría del acuífero de Fontilles

10.4.2.1. Estratigrafía

En el área de Fontilles, localizada inmediatamente al norte del macizo montañoso de Peñón, aparecen los materiales siguientes (de muro a techo)

- O1: Calizas bioclásticas y arenosas a la base, y calizas limosas y margosas a techo, de edad Oligoceno superior.
- M2: Alternancia de niveles de margas y margocalizas con niveles de calizas limosas o arenosas que rápidamente pasan a niveles de margas grises de aspecto noduloso y arcillas limosas. Edad: Mioceno superior (Serravallense).

Ambas formaciones afloran a partes aproximadamente iguales en el conjunto de la superficie del área: la primera en la mitad noroccidental de la misma y la segunda en la suroriental.

Por lo demás, completan la sucesión litológica, formaciones de coluviones (Qc), provenientes de la sierra limítrofe noroccidental.

10.4.2.2. Tectónica

La formación O1 se dispone discordantemente sobre la unidad C7 cretácica, buzando ambas, débilmente hacia el sureste. La unidad C7, conjuntamente con otras cretácicas, conforma una sierra

perteneciente al área de Mediodía. El mesozoico de esta área (y, por tanto, también la formación O 1) debe estar separado del que conforma el sustrato de Fontilles por una importante fractura (probablemente de desgarre dextral) de dirección ENE-OSO.

Hacia el sureste, la unidad M2 se dispone discordantemente sobre la O1.

10.4.2.3. Sondeos

Existe únicamente un sondeo, el 303220063, que consiste en 50 m iniciales de conglomerados y calizas, seguido de 150 m de calizas.

10.4.2.4. Geometría del acuífero

El acuífero de Fontilles consiste en sedimentos de piedemonte de la formación Qc, desarrollados sobre las margas y margocalizas del Mioceno medio (M2) y las calizas del Oligoceno superior (O1). Son, por tanto, un conjunto de acuíferos independientes entre sí que descargan a partir de manantiales.

Todos los límites del acuífero se han considerado cerrados, tanto con los dos acuíferos colindantes de la U.H. 08.47: Peñón y Orba; como con los acuíferos de la U.H. 08.38.

Teniendo en cuenta los límites del acuífero definidos, la superficie total es de 3.9 km², de los cuales 1.1 km² corresponden a los depósitos cuaternarios de piedemonte.

Figura 10.4.2 Acuífero de Fontilles

Figura 10.4.3 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Fontilles

10.4.3. Piezometría del acuífero de Fontilles

Dentro de los límites del acuífero hay inventariados nueve puntos, de los que siete son manantiales (ver Tabla 10.4.1), y que se distribuyen, en su mayor parte, al norte del acuífero y en la parte oriental (Figura 10.4.3). No se dispone de datos históricos de piezometría ni de hidrometría, solamente algún dato puntual.

Nº IGME	Toponimia	UTM x	UTM y	Z (m)	Naturaleza	Año	Prof. (m)	Periodo	Serie
303210006	FUENTE GROSSA (FLEIX)	750913	4296203	426	Manantial				
303210007		750904	4295384	530	Sondeo		200		
303210027	FUENTE LAVADERO (CAMPELL)	751595	4296232	365	Manantial				
303210028	FUENTE DE OLBIS (BENIMAURRELL)	749064	4295510	590	Manantial				
303210029	FUENTE LAVADERO (BENIMAURREL)	749877	4295716	530	Manantial				
303220037	LA MINA (FONTILLES)	752927	4296283	285	Galería				Muy Deficiente
303220038	FONTILLES	752715	4296274	300	Manantial				
303220044	FUENTE DEL HIELO	751730	4295981	402	Manantial				
303220063	PORTELLA	752812	4295973	310	Sondeo	1979	200		Muy Deficiente

Tabla 10.4.1 Puntos de agua en el acuífero de Fontilles

10.4.4. Uso del agua del acuífero de Fontilles

Se dispone de poca información sobre el uso del agua en el acuífero de Fontilles (ver Anejo 2). La mayor parte de las captaciones son propiedad de comunidades de regantes y los ayuntamientos de Vall de Laguart y Benimaurrell, y se dedican fundamentalmente a la agricultura. Los manantiales 303220037 y 303220038 se utilizan (o se han utilizado) para abastecimiento y uso doméstico, probablemente para la leprosería Fontilles.

10.4.5. Funcionamiento hidráulico y balance hídrico del acuífero de Fontilles

La recarga al acuífero se produce exclusivamente a partir de infiltración directa de agua de lluvia, habiéndose cifrado en el *Mapa del agua de la provincia de Alicante* de 2007 en torno a los 0.15 hm³/a. La descarga se produce a partir de manantiales (Tabla 10.3.4).

ENTRADAS (hm ³ /a)	Infiltración directa de agua de lluvia	0.15
	TOTAL	0.15
SALIDAS (hm ³ /a)	Manantiales	0.15
	TOTAL	0.15

Tabla 10.4.2 Balance hídrico en el acuífero de Fontilles

10.4.6. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Fontilles

Conjunto de acuíferos cuaternarios, relacionados con depósitos de piedemonte, y con límites cerrados. La recarga se produce a partir de infiltración directa de agua de lluvia, y la descarga a través de manantiales. En la Figura 10.4.4 se resumen las principales características del acuífero y la leyenda de la figura se localiza a continuación de la Figura 10.1.5.

La dirección y sentido de flujo es principalmente norte-sur, hacia los manantiales.

Figura 10.4.4 Ficha resumen del acuífero de Fontilles

10.5. ACUÍFERO DE OLIVERETA

10.5.1. Introducción y antecedentes del acuífero de Olivereta

Se trata de un área de pequeña extensión, localizada en un apéndice noroccidental del diapiro de Jalón, al norte de la población de Murla.



Foto 10.5.1 Pozo Olivereta Dulce (303220049)

Tradicionalmente este acuífero ha estado englobado dentro del de Peñón y, como éste forma parte del subsistema de Sierras del Peñón, Mongó y Benitachell, dentro la Zona Sur de la delimitación realizada en la *Investigación hidrogeológica de la cuenca media y baja del río Júcar*, del PIAS; está dentro del sistema acuífero Castell de Castells-Sierra del Peñón, de la unidad hidrogeológica Peñón-Castell de la Solana-Montgó, del estudio sobre *Las aguas subterráneas de la provincia de Alicante*; y corresponde al código 50.01.06.01, del subsistema 50.01.06 Peñón-Montgó-Bernia-Benisa, definido en *Las aguas subterráneas en la Comunidad Valenciana*.

Los documentos consultados para la caracterización del acuífero de Olivereta son:

ITGE (1992). *Normas de explotación y perímetro de protección del acuífero Peñón-Olivereta*

Rodríguez, L., Sánchez, R., Rodríguez, T., Quintana, J.L. y Solís, L. (1992). *La regulación del manantial de Murla mediante la recarga de sus excedentes en el acuífero Olivereta (Alicante)*. V Simposio de Hidrogeología. Tomo XV, pp. 577-602. Alicante

DPA-ITGE (1999). *Recarga artificial de acuíferos. Capítulo IX Otras experiencias de recarga artificial en la provincia de Alicante.*

10.5.2. Litología y geometría del acuífero de Olivereta

10.5.2.1. Estratigrafía

Esta pequeña área, localizada al noreste del macizo de Peñón, se encuentra muy recubierta por depósitos cuaternarios. Los datos proceden, fundamentalmente, del informe ITGE (1992).

Los materiales considerados de interés hidrogeológico corresponden a calizas bioclásticas del Valanginiense, sobre las que se disponen margas del Hauteriviense. Estas litologías corresponden, respectivamente, a las unidades C0 y C1, de las distinguidas en el Proyecto.

10.5.2.2. Tectónica

Desde el punto de vista estructural, las calizas y margas descritas corresponden a un bloque monoclinal inmerso en las margas yesíferas del Keuper (Tk).

10.5.2.3. Sondeos

En este pequeño acuífero se ubican los pozos 30322049 y 30322050, en el término de Murla. Se dispone de registro del segundo, y de acuerdo a las dos referencias especificadas más arriba, estos pozos atraviesan dos zonas permeables, entre 75 y 86 m y entre 159 y 174 m, atribuibles a la unidad C0. El Keuper (TK) se encuentra desde los 190 m de profundidad.

10.5.2.4. Geometría del acuífero

El acuífero de Olivereta consiste en un bloque monoclinal, que buza hacia el NE, de calizas bioclásticas del Neocomiense (C0), desconectado del acuífero de Peñón. El impermeable de base lo constituyen las margas y yesos del Keuper (Tk), mientras que el de techo corresponde a las margas neocomienses (C1). Los límites laterales son cerrados, en todo su contorno, por los materiales del Keuper.

La superficie del acuífero se ha estimado en 0.05 km² (5.15 ha).

Figura 10.5.1 Acuífero de Olivereta

Figura 10.5.2 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Olivereta

10.5.3. Piezometría del acuífero de Olivereta

Hay tres puntos inventariados en el acuífero de Olivereta, cuyas principales características se presentan en la Tabla 10.5.1, y cuya situación puede verse en la Figura 10.5.2. Además existe un manantial, denominado manantial de Cotes, que no está inventariado, y cuya localización es aproximada, que era el punto de descarga natural del acuífero, anterior a su explotación.

Nº IGME	Toponimia	UTM x	UTM y	z	Naturaleza	Año	Prof (m)	Periodo	Serie
303220026	SONDEO AGUAS POTABLES	753109	4295520	315	Sondeo		240	1974	Muy Deficiente
303220050	POZO SALADO	753099	4295673	380	Sondeo	1983	200	1980-2005	Aceptable
303220049	POZO OLIVERETA DULCE	753179	4295660	320	Sondeo	1979	195	1980-1999	Aceptable

Tabla 10.5.1 Puntos de agua en el acuífero de Olivereta

En la Figura 10.5.3 se ha representado la evolución piezométrica en el acuífero de Olivereta, utilizando los datos históricos de los puntos 303220049 y 303220050. Existen fluctuaciones intranuales, con los niveles más altos en los primeros meses del año, y los más bajos al final del verano y comienzo del otoño. En los últimos años los niveles presentan una tendencia ascendente, con niveles similares a los iniciales de 1980, por encima de los 300 m en el sondeo 303220050.

Los niveles en el punto 303220050 están entre 15 y 40 metros por encima de los del punto 303220049, de manera que el sentido del flujo de agua subterránea es hacia el Este.

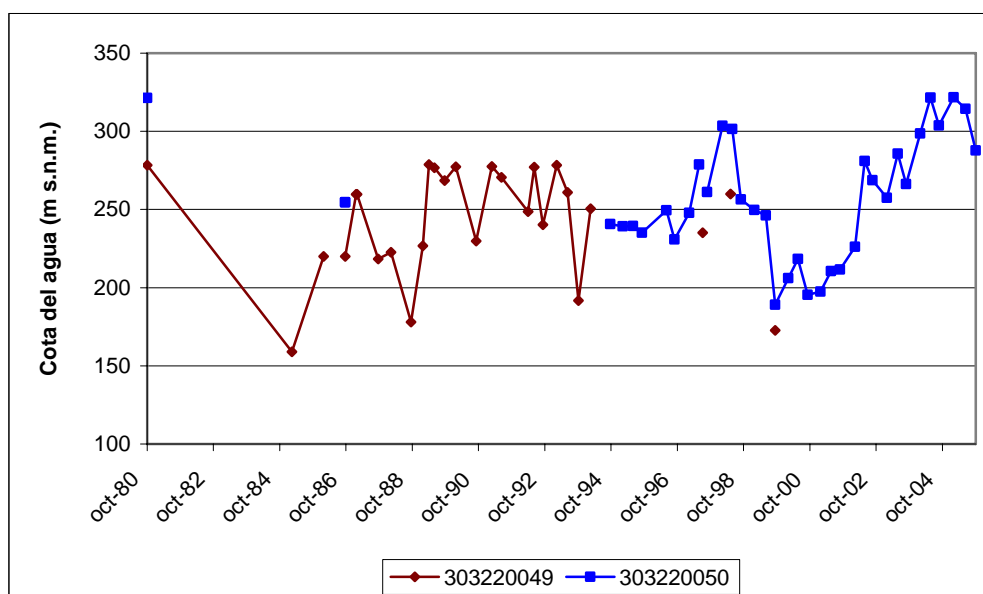


Figura 10.5.3 Evolución piezométrica en el acuífero de Olivereta

10.5.4. Uso del agua del acuífero de Olivereta

Se dispone de datos de extracciones, para los pozos 303220049 y 303220050, hasta 1996 (Figura 10.5.4). Los datos de 1979, 1994 y 1995 corresponden únicamente al pozo 303220049. Los valores de 1986 a 1991 (ambos incluidos) se han obtenido de manera indirecta, según el documento ITGE (1992), los primeros tres años partir de la lectura del consumo eléctrico, y los tres últimos a partir del número de turnos de riego.

En el inventario realizado en 2006 se recogió el dato de 50 dam³ de explotación para el año 2005 para el pozo 303220049. Es probable que el pozo 303220050 no se encuentre actualmente en explotación. El agua extraída se utiliza para agricultura.

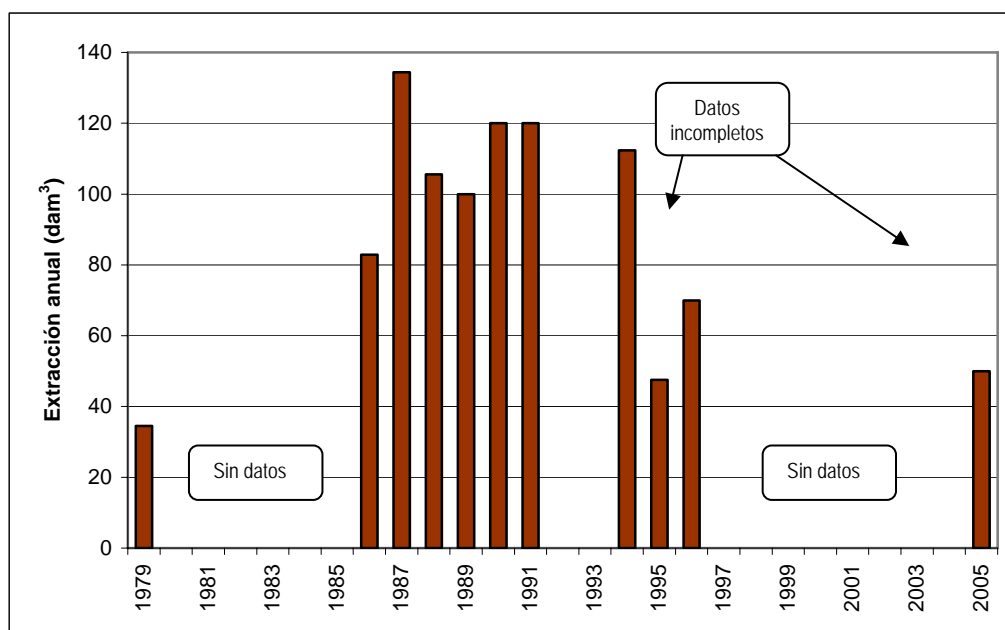


Figura 10.5.4 Extracciones anuales en el acuífero de Olivereta

10.5.5. Funcionamiento hidráulico y balance del acuífero de Olivereta

En el documento *La regulación del manantial de Murla mediante la recarga de sus excedentes en el acuífero Olivereta (Alicante)* (Rodríguez, L. et al, 1992) se refiere una transmisividad de 500 m²/d, y un coeficiente de almacenamiento de $4.9 \cdot 10^{-3}$, obtenidos a partir de la prueba de recarga del acuífero de Olivereta con agua procedente del manantial de Murla. Se aprecia el efecto barrera derivado del

carácter cerrado del acuífero y de su escasa extensión. Según la información de *Normas de explotación y perímetro de protección del acuífero Peñón-Olivereta (ITGE, 1992)*, la transmisividad se ha estimado entre 500 y 600 m²/d, y el coeficiente de almacenamiento en 1-1.8·10⁻².

En este último documento se estima que la recarga, producida por infiltración directa de agua de lluvia, es de 0.03 hm³/a, aunque se comenta que a la vista de las extracciones efectuadas (ver Figura 10.5.4), podría ser mayor. En el *Mapa del agua de la provincia de Alicante* de 2007 se ha considerado una recarga de 0.05 hm³/a, que se ajusta más a los datos de piezometría y bombeos que se muestran en el presente estudio.

La descarga se produce a partir de bombeos, y se ha estimado en 0.05 hm³/a, teniendo en cuenta el último dato recogido en el inventario y la recuperación de los niveles. En régimen natural la descarga tiene lugar por medio del manantial de Cotes.

ENTRADAS (hm ³ /a)	Infiltración directa de agua de lluvia	0.05
	TOTAL	0.05
SALIDAS (hm ³ /a)	Bombeos (2006)	0.05
	TOTAL	0.05

Tabla 10.5.2 Balance hídrico en el acuífero de Olivereta

Para una zona de riego de 32 ha que presentaban instalaciones, se estimó en el estudio ITGE (1992) una demanda de 0.224 hm³/año, considerando una dotación de 7000 m³/ha/a. A la vista de las extracciones efectuadas y de la piezometría de los puntos acuíferos en esa fecha, se concluyó que el acuífero de Olivereta presentaba un claro déficit de agua. Para subsanar esto se planteó una solución relacionada con la regulación del manantial de Murla (acuífero del Peñón): realizar una recarga de agua en el acuífero de Olivereta con los excedentes del manantial. La recarga se pensó para que funcionara durante seis meses al año, pudiendo recargar en una situación ideal, unos 0.25 hm³/a. Se realizaron ensayos de funcionamiento, pero nunca se hizo operativa. Otra alternativa que se estudió para la regularización del manantial de Murla era la de realizar una captación en el acuífero de Peñón, cerca del manantial, y fue la que se llevó a cabo en noviembre de 2000, con la construcción del pozo "El Peñón" (303220103).

10.5.6. Hidroquímica del acuífero de Olivereta

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas del acuífero de Olivereta se ha llevado a cabo partiendo de los datos obtenidos en una campaña de muestreo realizada en enero de 2007 y de los datos procedentes de las redes de control del IGME y Diputación de Alicante.

10.5.6.1. Muestreo de agua subterránea

Para la caracterización del acuífero objeto de estudio se ha seleccionado un punto de agua para su muestreo y posterior análisis. Así, se ha muestreado un sondeo, cuyos recursos se destinan a la agricultura.

En la Tabla 10.5.3 se incluye el código del punto muestreado y los resultados obtenidos para los parámetros analizados en campo (conductividad, pH y temperatura del agua):

Código	Nº orden	Nat.	Fecha de muestreo	Prof (m)	Uso	Cond (µS/cm)	pH	T (°C)
3032-2-0049	22	Sondeo	11/01/2007	195	Agric.	1020	7.8	11

Tabla 10.5.3 Punto de agua muestreado en enero de 2007 en Olivereta

En la Figura 10.5.2 de puntos de agua. se observa la distribución espacial de los puntos de control hidroquímico.

El estudio que aquí se presenta se basa en el análisis de los datos obtenidos durante el desarrollo del proyecto, con el muestreo y posterior análisis químico de la muestra de agua procedente del punto de control indicado.

10.5.6.2. Análisis de laboratorio

En el punto muestreado en este acuífero se ha llevado a cabo un análisis de parámetros físico-químicos (conductividad y pH) y constituyentes mayoritarios (sodio, potasio, calcio, magnesio, amonio, nitritos, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos), DQO, fosfatos, sílice, boro, bromuros, hierro y manganeso.

En la muestra analizada el error analítico es bajo (Tabla 10.5.4):

Nº orden	Código	CE (µS/cm)	Error analítico (%)
22	303220049	916	-4,85

Tabla 10.5.4 Error analítico de la muestra de agua subterránea en el acuífero de Olivereta

10.5.6.3. Interpretación de resultados

Los datos de análisis químicos de aguas subterráneas se han sometido a un tratamiento tanto numérico, como gráfico.

10.5.6.3.1. Caracterización hidroquímica general

En la Tabla 10.5.5 se incluyen los resultados analíticos proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME en Tres Cantos (Madrid).

El agua analizada presenta una mineralización media (con una conductividad de 916 microS/cm). En el caso de los aniones, presenta una concentración de bicarbonatos de 236 mg/l de HCO_3^- , de sulfatos de 260 mg/l de $\text{SO}_4^{=}$ y de cloruros de 57 mg/l de Cl^- .

En cuanto a los cationes, el calcio presenta una concentración de 109 mg/l de Ca^{++} ; el sodio de 71 mg/l de Na^+ , el potasio de 5 mg/l de K^+ y el magnesio de 35 mg/l de Mg^{++} .

Las especies nitrogenadas analizadas presentan valores de nitratos de 6 mg/l de NO_3^- , de nitritos de 0.46 mg/l de NO_2^- ; por su parte, el amonio no se detecta en la muestra analizada.

Nº	Denominación	Fecha	Cond	pH	Cl-	SO4=	HCO3-	CO3=	NO3-	Na+	Mg++	Ca++
22	303220049	11/01/2007	916	7.4	57	260	236	0	6	71	35	109
			K+	NO2-	NH4+	B	P2O5	SiO2	Fe	Mn	Error	
			5	0.42	0	0.109	0	8.58	0	0,06	-4,85	

Tabla 10.5.5 Resultados analíticos de Olivereta proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH

En la Figura 10.5.5 se incluye el diagrama de Piper correspondiente a la muestra de agua subterránea analizada, que permite clasificar a las muestras atendiendo a los aniones y cationes predominantes.

Atendiendo al anión predominante se observa que la composición del agua analizada presenta una composición mixta sulfatada-bicarbonatada.

En cuanto a los cationes, el agua subterránea tiene una composición cálcico-sódica.

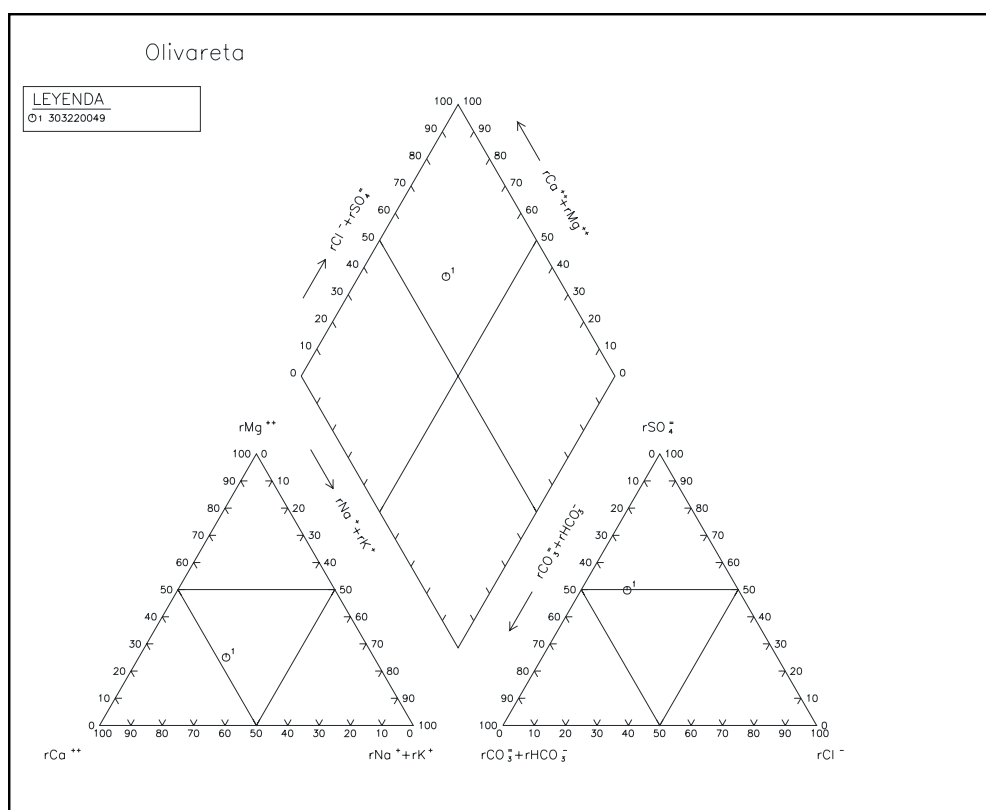


Figura 10.5.5 Diagrama de Piper en el acuífero de Olivereta

En la Figura 10.5.6 se incluye el diagrama de Schöeller-Berkaloff en el que se observa, como cabía esperar, que el agua muestreada presenta una composición sulfatada-bicarbonatada cálcico-sódica.

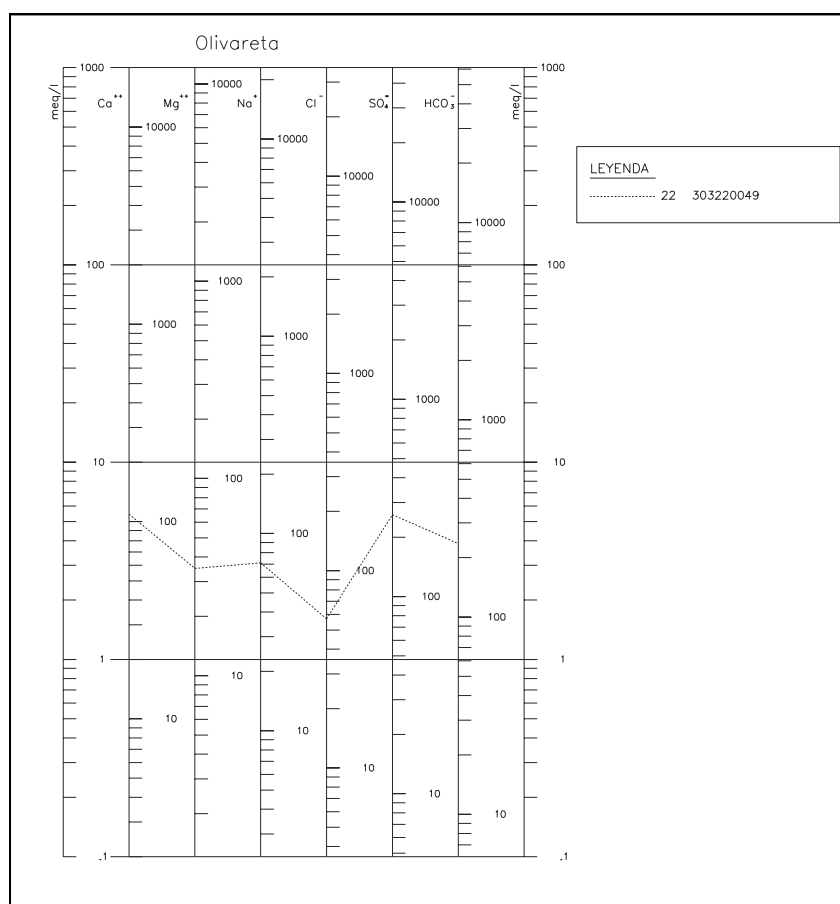


Figura 10.5.6 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra analizada en el acuífero de Olivareta

10.5.6.4. Aptitud de las aguas para distintos usos

10.5.6.4.1. Abastecimiento

Para analizar la aptitud de las aguas analizadas para abastecimiento humano se ha llevado a cabo un estudio de la normativa vigente.

Con respecto a la calidad de las aguas analizadas, los resultados analíticos indican que en el agua subterránea analizada los sulfatos, nitritos y manganeso superan los límites establecidos en la legislación (Tabla 10.5.6). En el caso del manganeso, como se comentó en el capítulo 9.4.1, estos valores no se consideran normales ya que no se han obtenido en estudios previos de zonas próximas, y tendrán que ser objeto de un estudio específico.

En el resto de parámetros los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano.

Nº	Denominación	Cond	Cl-	SO4=	NO3-	Na+	NO2-	Mn
22	303220049	916	57	260	6	71	0,42	0,06
Concentración máxima admisible (*)		2500	250	250	50	200	0,1	0,05

(*) R.D. 140/2003 de 7 de febrero

Datos expresados en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.

Tabla 10.5.6 Aptitud del agua subterránea analizada en Olivereta para abastecimiento humano

10.5.6.4.2. Aptitud de las aguas para regadío

A continuación se analiza la aptitud de las aguas subterráneas para regadío, considerando los problemas que en ocasiones puede plantear su utilización.

En la Figura 10.5.7 se presenta la clasificación de las aguas analizadas para usos agrícolas, según la clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff (S.A.R.). Se trata de un agua con peligro de salinización alto (C3) y de alcalinización bajo (S1).

Las aguas de la clase C3 son altamente salinas, con conductividades que oscilan entre 750 y 2250 μ S/cm, que corresponden a un total de sólidos disueltos comprendido entre 480 y 1440 mg/l aproximadamente. Estas aguas no pueden usarse en suelos de drenaje deficiente. Es preciso elegir plantas muy tolerantes a las sales (cebada, remolacha, espárragos, espinacas, etc) y con posibilidad de controlar la salinidad del suelo, aún con drenaje adecuado. Sin embargo, como se comentó en el capítulo 0, estas restricciones en el uso deben tomarse con mesura en la zona de estudio ya que la tolerancia de los cultivos a la salinidad en la zona es mayor.

Con respecto al peligro de alcalinización del suelo, las aguas de la clase S1 son aguas con contenidos bajos en sodio. Pueden usarse en la mayor parte de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable. Los cultivos sensibles, como los frutales de pipa, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

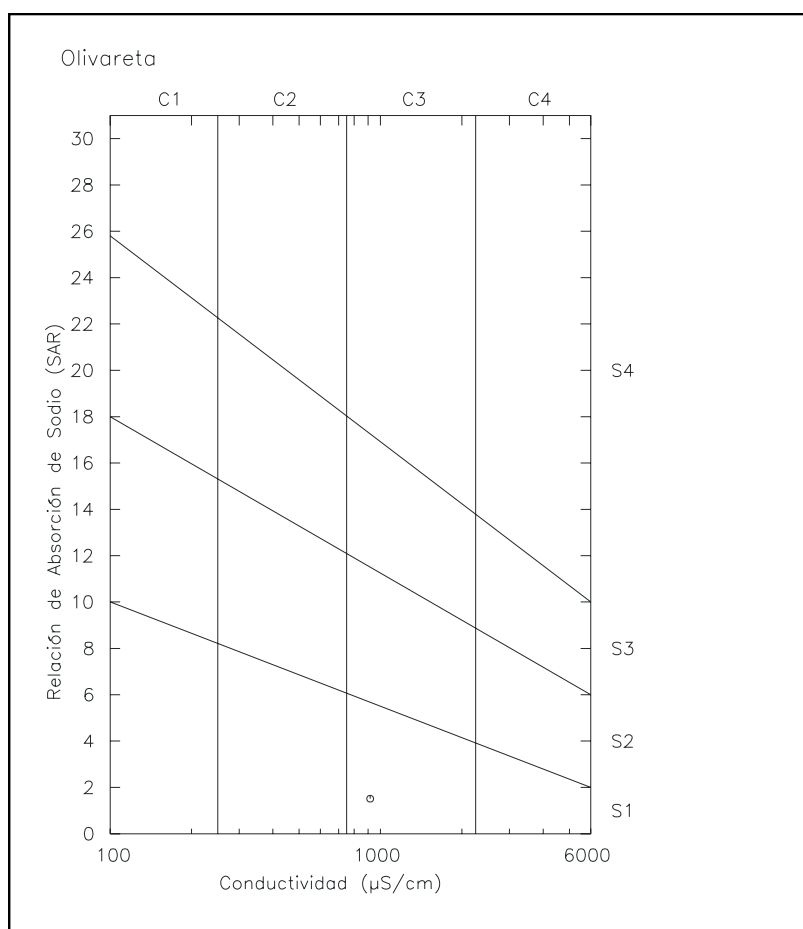


Figura 10.5.7 Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Olivereta

10.5.6.5. Distribución espacial de la calidad del agua subterránea

Para estudiar la distribución espacial que presenta el agua subterránea analizada, se ha elaborado un mapa hidroquímico de facies.

En el Plano 3 se representa el diagrama de Stiff correspondiente al punto de agua muestreado.

La forma del diagrama de Stiff da idea del tipo de agua y su tamaño permite apreciar con rapidez el grado de salinidad que presentan las aguas.

En el Plano 3 se observa que el agua analizada presenta una facies sulfatada-bicarbonatada cálcico-sódica, con un grado de salinidad alto.

10.5.7. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Olivereta

Acuífero de muy pequeñas dimensiones, con límites cerrados por materiales del Keuper. En la Figura 10.5.8 se muestran estos límites y se resumen las principales características del acuífero. La leyenda de la figura se localiza a continuación de la Figura 10.1.5.

La recarga al acuífero se produce exclusivamente a partir de infiltración directa de agua de lluvia, mientras que las salidas se producen a través de bombeos. La dirección de flujo es O-E, con niveles alrededor de los 300 m s.n.m. en los últimos años.

Figura 10.5.8 Ficha resumen del acuífero de Olivereta

10.6. ACUÍFERO DE ORBA

10.6.1. Introducción y antecedentes del acuífero de Orba

El área de Orba comprende en su mitad meridional una sierra con orientación cartográfica NO-SE y de 3.2 km de longitud, que se localiza entre las planicies de La Palmería-Orba-Benidoleig, al norte y noreste (que, parcialmente, también forman parte del acuífero), la de Fontilles, al oeste, y la más septentrional del valle del Jalón, al sur.



Foto 10.6.1 Pozo Orba 3 (303220032) en el acuífero de Orba

La media de las precipitaciones anuales para el periodo 1974-2004, para la estación 8054 (Vall de Laguart Fontilles), situada dentro de los límites del acuífero de Fontilles, muy cerca del límite occidental de este acuífero con el de Orba, es de 809 mm/a, entre un mínimo de 378 mm/a y un máximo de 1596 mm/a.

Forma parte del subsistema de Sierras del Peñón, Mongó y Benitachell, dentro la Zona Sur de la delimitación realizada en la *Investigación hidrogeológica de la cuenca media y baja del río Júcar*, del PIAS; está dentro del sistema acuífero Castell de Castells-Sierra del Peñón, de la unidad hidrogeológica Peñón-Castell de la Solana-Montgó, del estudio sobre *Las aguas subterráneas de la provincia de Alicante*; y corresponde al código 50.01.06.01, del subsistema 50.01.06 Peñón-Montgó-Bernia-Benisa, definido en *Las aguas subterráneas en la Comunidad Valenciana*.

Se han consultado los siguientes documentos referidos al acuífero de Orba:

IGME (1985). *Acuífero de Orba. Estado actual y previsión de su situación futura. Directrices para su gestión en orden a optimizar su utilización.*

ITGE (1992). *Determinación y actualización de las explotaciones en el acuífero de Orba (Alicante)*

ITGE (1997). *Modelo matemático del acuífero de Orba (Alicante).*

DPA-ITGE (1997). *Manual del ciclo del agua. Estado actual. Alternativas y directrices para el municipio de Orba (Alicante)*

ITGE (1999). *Valoración de las actuales instalaciones de recarga artificial mediante el modelo matemático del acuífero de Orba. Estudio de posibles actuaciones de infiltración controlada en el cauce del río Girona.*

DPA-ITGE (1999). *Recarga artificial de acuíferos. Capítulo IV Recarga artificial en el acuífero de Orba.*

10.6.2. Litología y geometría del acuífero de Orba

10.6.2.1. Estratigrafía

La sierra está constituida por materiales cretácicos, sobre todo de las unidades C5 (Calizas micríticas a arcillosas en la base y calizas recristalizadas y dolomitizadas a techo, del Cenomaniense-Turonense) y C4 (Margas con intercalaciones de calizas margosas a la base, calizas oolíticas y arenosas a mitad de la serie y calizas limosas y margosas a techo de la misma, de edad Albiense-Cenomaniense).

En el borde nororiental de la sierra, enlazando con la planicie de La Palmería – Orba, existen depósitos cuaternarios de ladera.

10.6.2.2. Tectónica

Desde el punto de vista tectónico, la sierra constituye un monoclinal orientado básicamente NO-SE, con buzamiento verticalizado o al SO.

Esta estructura monoclinal constituye una unidad cabalgante hacia el noreste sobre la unidad M1 (facies tap, con intercalaciones limo-arenosas o microconglomeráticas, del Mioceno inferior), aflorante en la planicie de La Palmería–Orba. Los depósitos cuaternarios anteriormente mencionados se disponen recubriendo y ocultando el cabalgamiento.

El borde suroriental de la estructura es un borde diapírico, concretamente del extremo noroccidental del diapíro del valle del Jalón.

No obstante, en gran parte del borde sur y oriental, el dorso de esta estructura monoclinual queda recubierto por formaciones discordantes. Al oeste por la unidad M2 (Alternancia de niveles de margas y margocalizas con niveles calizos limo-arenosos, de edad Mioceno medio) que constituye la planicie de Fontilles. Al sur, por depósitos cuaternarios de la parte norte del valle del Jalón.

10.6.2.3. Sondeos

Para esta área sólo existen sondeos (7-8) en el Terciario (M1) cabalgado al norte, habiendo columnas disponibles de cuatro de ellos:

Sondeo 303220030: tiene 280 m de profundidad, y ha cortado una serie a grandes rasgos de calizas, alternando con margas y areniscas en la parte inferior del sondeo.

Sondeo 303220031: 291 m de profundidad y serie similar a la anterior.

Sondeo 303220032: 405 m de profundidad y serie también de calizas y arcillas, con algunas margas en la parte inferior.

Sondeo 303220051: 401 m de profundidad y serie fundamentalmente de calizas, alternando con areniscas y margas en la parte inferior.

En principio, estas litologías son acordes con la naturaleza de los términos mesozoicos.

10.6.2.4. Geometría del acuífero de Orba

El acuífero de Orba está constituido fundamentalmente por las calizas, y calizas margosas y dolomías (formaciones C4 y C5) del Cenomaniense-Turonense. El muro lo constituyen las margas de las facies Tap del Mioceno (M1), al cabalgar las formaciones acuíferas cretácicas sobre ellas.

Los límites del acuífero se consideran cerrados, excepto el borde nororiental, en el valle del río Girona.

- Límite oriental: De acuerdo al documento IGME-DPA (2001), bajo los materiales cuaternarios habría una falla importante, situada al este de Orba, que pondría en contacto las formaciones acuíferas con las de facies "Tap". El drenaje natural del acuífero hacia el detrítico del río Girona se produciría a través de este borde, en la parte norte, cuando el nivel del agua en el acuífero supera cierta cota.
- Límite sur: Subafloramientos del Keuper del diapiro de Jalón cubierto por depósitos de ladera cuaternarios.
- Límite occidental: constituido por las margas miocenas (M2) del acuífero de Fontilles, con el que podría existir cierta conexión, aunque con volúmenes muy pequeños, y por los materiales terciarios O1 del acuífero de Mediodía.

En estudios previos se ha valorado la posible conexión entre el acuífero de Orba y los de Mediodía y Solana de la Llosa, pero basándose en la geología y la piezometría se ha concluido que no están conectados.

La superficie total del acuífero es de 5.7 km², de los que 2.2 km² corresponden a afloramientos permeables cretácicos.

10.6.3. Piezometría del acuífero de Orba

Dentro de los límites del acuífero hay inventariados siete puntos, que corresponden a sondeos con profundidades entre 150 y 450 m (ver Tabla 10.6.1), y que se distribuyen en la mitad oriental del acuífero (Figura 10.6.2).

Nº IGME	Toponimia	UTM x	UTM y	Z (m)	Naturaleza	Año	Prof (m)	Periodo	Serie
303220025	MENUTS	754737	4297700	117	Pozo con sondeo		150	1974-1980	Deficiente
303220030	ORBA 1 (NTRA.SRA.DESAMP)	753868	4296867	155	Sondeo	1969	280		
303220031	LA PLANA - AYTO DE ORBA	753782	4297062	175	Sondeo	1971	291	1995-2005	Buena
303220032	ORBA 3 Y ORBA 3-BIS	754062	4297335	129	Sondeo	1971	410	1974-1994	Deficiente
303220051	MENUT-SONDEO Nº1	754504	4297569	125	Sondeo	1980	401	1980-2001	Buena
303220074	PALMERIA	754530	4297815	116	Pozo excavado				
303220111	MENUTS SONDEO 2	754521	4297587	125	Sondeo		450		

Tabla 10.6.1 Puntos de agua en el acuífero de Orba

En la Figura 10.6.3 se muestra la evolución piezométrica en el acuífero de Orba en los últimos 25 años, donde se observan unas fluctuaciones de niveles intranuales de unos 50 m. Desde principios de los setenta, con el comienzo de las extracciones, hasta el año 1985 los niveles han descendido considerablemente, hasta alcanzar los 60 m b.n.m., debido a la existencia de un largo periodo seco y a las importantes extracciones de agua que se realizaban en los sondeos Orba 3 y 3 bis (303220032) con destino al abastecimiento de Calpe. A partir de julio de 1985 dichas explotaciones se cerraron, lo que resultó, unido al aumento de las precipitaciones, en el ascenso de los niveles hasta alcanzar los 105 m s.n.m. del año 1989. Aunque en el año 1990 y 1991 las extracciones fueron elevadas, coincidió con un periodo pluviométrico húmedo, de manera que no se produjeron descensos en el nivel piezométrico. De 1998 a 2001 los niveles descendieron, produciéndose un ascenso en 2002 y, a partir de entonces hasta la actualidad, los niveles se han mantenido estables, con fluctuaciones intranuales.

Figura 10.6.1 Acuífero de Orba

Figura 10.6.2 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Orba

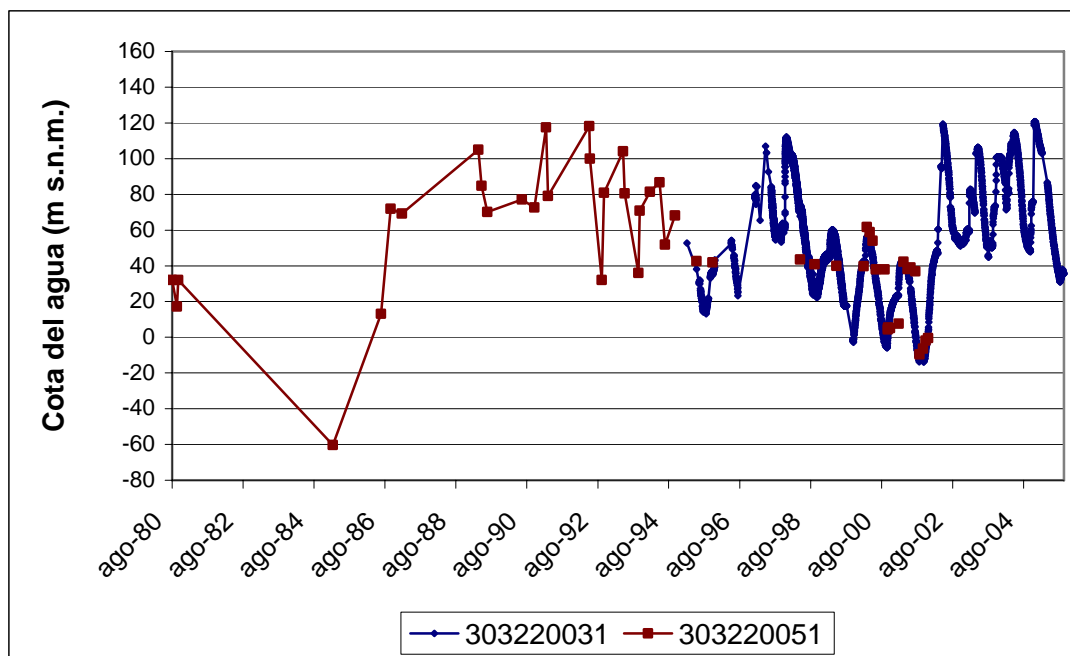


Figura 10.6.3 Evolución piezométrica en el acuífero de Orba

En régimen natural o de bajas extracciones el sentido de flujo es hacia el noreste, sin embargo, debido a la intensa explotación del acuífero, el sentido de flujo es hacia las captaciones, en el entorno definido por los puntos 303220051 y 303220030.

10.6.4. Uso del agua del acuífero de Orba

De los siete puntos inventariados en el acuífero de Orba (ver Tabla 10.6.1 y Anejo 2), cuatro de ellos (303220030, 303220031, 303220051 y 303220111) están actualmente en uso, de acuerdo al inventario realizado en 2006. El punto 303220032, que consiste en dos pozos, se clausuró en 1985, utilizándose para abastecimiento a Calpe, y del que se extrajeron 2.6 hm³ en el año 1984. Su excesiva explotación ese año produjo el secado de los puntos 303220030 y 303220031. El pozo 303220031 pertenece al ayuntamiento de Orba y se utiliza para abastecimiento a dicha población, que ocasionalmente recibe también agua de los otros tres puntos en explotación, que pertenecen a la Comunidad de regantes de Orba y que se utilizan fundamentalmente para regadío.

Los datos de extracciones de la Figura 10.6.4 proceden de la DPA, y son datos mensuales, excepto los referidos al periodo 1989-1991 (ambos incluidos) que proceden de ITGE (1992), y están calculados de forma indirecta a partir del consumo eléctrico y de los niveles piezométricos, y el año 2005 que

procede de los datos recogidos durante el inventario de 2006. Para el periodo 1995-2004 los totales anuales son menores de los reales ya que existen numerosas lagunas en los datos mensuales originales, y sólo corresponden al sondeo 303220031.

En 2005 se extrajeron 1.2 hm³, de los que 0.85 hm³ corresponden a regadío (al menos 0.7 hm³ se utilizaron para el riego de 415 ha de cítricos), y el resto para abastecimiento a Orba.

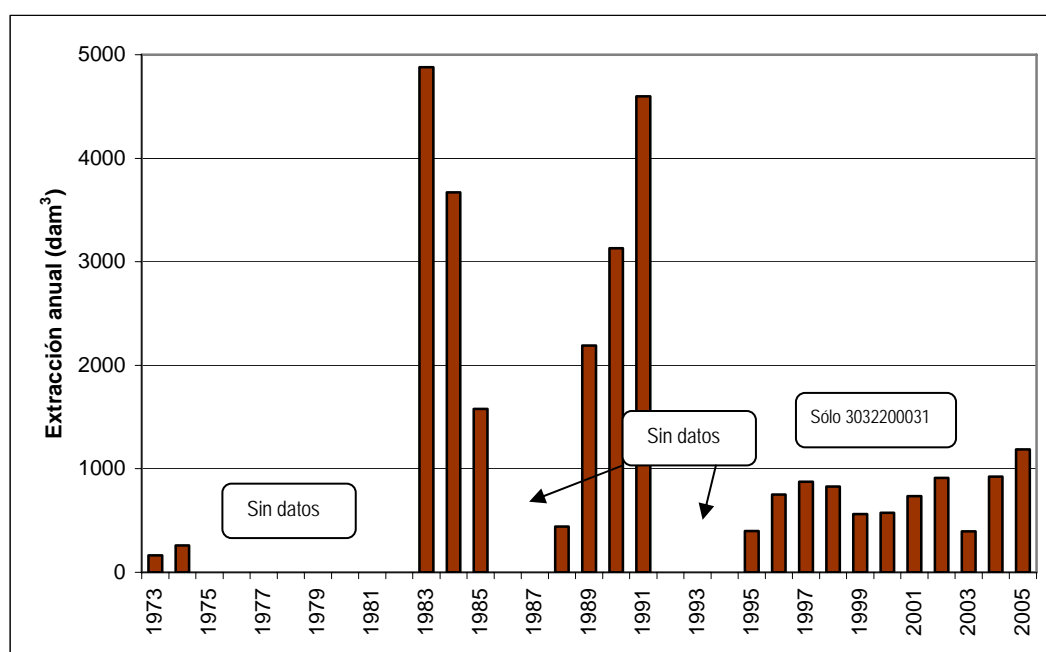


Figura 10.6.4 Extracciones anuales en el acuífero de Orba

10.6.5. Funcionamiento hidráulico y balance del acuífero de Orba

En el estudio IGME (1977) *Estudio sobre la contaminación potencial en los sondeos de abastecimiento de aguas potables a Orba. Alicante* se ha calculado una transmisividad de unos 1500 m²/día, y un coeficiente de almacenamiento de $9 \cdot 10^{-3}$.

Las entradas al acuífero proceden de infiltración directa del agua de lluvia, infiltración de agua directamente del cauce del río Girona en el tramo en el que atraviesa la formación permeable de Orba, y retorno de regadíos.

En 1994 la Diputación Provincial de Alicante ejecutó un proyecto de recarga artificial en el Barranco de Fontilles, arroyo tributario del río Girona, que consistió en realizar un dique en el barranco destinado tanto al control de la erosión como a la retención de agua para recargar el acuífero. La simulación de

la recarga artificial utilizando un modelo matemático del acuífero de Orba (ITGE, 1999), basada en los datos recogidos en una sonda automática instalada por la DPA en el dique, indica que, para el periodo simulado de diciembre de 1995 a marzo de 1998, la recarga artificial supone sólo un 0.11 % del total de la recarga natural de acuífero. Esta baja eficacia de la recarga se supone debida a que el dique puede retener poco agua (en parte debido a la acumulación de finos) y que además el aporte de escorrentía es muy irregular.

Otra alternativa de recarga artificial fue la construcción de dos diques en una zona del río Girona (en el paraja Mal-Pass) que permitiera utilizar los excedentes hídricos procedentes de la presa de Isbert, situada aguas arriba. Debajo de estos diques se inyectaría una lechada impermeabilizante que impidiera la pérdida de agua hacia los aluviales del río Girona. Utilizando nuevamente el modelo matemático (ITGE, 1999) se simuló el efecto de esta recarga, y los resultados fueron mejores que con el método anterior, al obtenerse que la recarga artificial tendría un valor medio de entre 3.5 y 4.9 % (dependiendo del tipo de datos utilizado para la simulación) de la recarga natural del acuífero en cada mes.

Según IGME (1985) la recarga no debe superar los 3.7 hm³/a (2.9 hm³/a por infiltración directa de agua de lluvia y 0.8 hm³/a por reinfiltración de excedentes de riego). Las salidas naturales debían ser al río Girona, aunque en la fecha del estudio las salidas eran debidas a extracciones en 4.3 hm³/a.

En el estudio del IGME (1992) la recarga al acuífero de Orba se valoró en 3.64 hm³/a, de los que 2.64 hm³/a corresponde a infiltración directa de agua de lluvia y 1 hm³/a a retorno de riegos. Las salidas, para el periodo 1977-1983, se producen exclusivamente a partir de bombeos, con un total de 4.12 hm³/a, de los que 2.31 hm³/a son bombeos urbanos y el resto agrícolas.

Según el modelo matemático desarrollado por el ITGE en 1997, la recarga media anual del acuífero de Orba para el periodo estudiado (1975-1996) se evaluó en 3.5 hm³/a, oscilando entre los 2 hm³/a en años secos (años con precipitación menor de 657 mm/a) y 5.3 hm³/a en años húmedos (años con precipitación mayor de 1008 mm/a). Estos valores son los que más tarde se han recogido en el estudio de la Marina Alta (IGME-DPA, 2001) y en el *Mapa del agua de la provincia de Alicante* de 2007.

ENTRADAS (hm ³ /a)	Infiltración directa de agua de lluvia	1.80
	Infiltración del río Girona	1.22
	Retorno de riegos	0.50
	TOTAL	3.52
SALIDAS (hm ³ /a)	Bombeos	2.22
	Salidas laterales al aluvial del río Girona	1.30
	TOTAL	3.52

Tabla 10.6.2 Balance hídrico en el acuífero de Orba

10.6.6. Hidroquímica del acuífero de Orba

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas del acuífero de Orba se ha llevado a cabo partiendo de los datos obtenidos en una campaña de muestreo realizada en enero de 2007 y de los datos procedentes de las redes de control del IGME y Diputación de Alicante.

10.6.6.1. Muestreo de agua subterránea

Para la caracterización del acuífero objeto de estudio se han seleccionado una serie de puntos para su muestreo y posterior análisis. Así, se han muestreado 2 sondeos, cuyos recursos se destinan al abastecimiento o a la agricultura.

En la Tabla 10.6.3 se incluyen los códigos y los resultados obtenidos para los parámetros analizados en campo (conductividad, pH y temperatura del agua):

Código	Nº orden	Nat.	Fecha de muestreo	Prof (m)	Uso	Cond (µS/cm)	pH	T (°C)
3032-2-0051	19	Sondeo	15/01/2007	401	Abto., agric.	580	7.8	14
3032-2-0031	20	Sondeo	12/01/2007	291	Abto.	660	8.2	12

Tabla 10.6.3 Relación de puntos de agua muestreados en enero de 2007 en Orba

En la Figura 10.6.2 se observa la distribución espacial de los puntos de control hidroquímico.

El estudio que aquí se presenta se basa en el análisis de los datos obtenidos durante el desarrollo del proyecto, con el muestreo y posterior análisis químico de las muestras de aguas procedentes de los puntos de control indicados.

10.6.6.2. Análisis de laboratorio

10.6.6.2.1. Análisis históricos de redes de control: información existente

Los puntos de control que cuentan con datos hidroquímicos históricos varía, tanto en el número de análisis, como en periodo de control, o parámetros analizados.

En la Tabla 10.6.4 se incluyen el número de análisis efectuados en cada punto de agua, así como el periodo en el que se realizaron para cada uno de los puntos de control existentes en el acuífero objeto de estudio.

Acuífero	Nº Registro	Nº Análisis	Periodo al que se refieren los datos
Orba	303220030	1	1977
	303220031	12	1990-2001
	303220051	2	1977-1989

Tabla 10.6.4 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Orba

Los parámetros analizados en cada uno de los análisis registrados comprende la determinación total o parcial de parámetros fisicoquímicos, iones mayoritarios, metales pesados, etc. En ocasiones sólo se dispone de valores de conductividad o cloruros.

En la Figura 10.6.5 se presenta la evolución de distintos parámetros (cloruros, sulfatos y bicarbonatos) del sondeo 303220031 que cuenta con un registro más amplio en el acuífero, cuya localización geográfica se puede ver en la figura de inventario de puntos de agua.

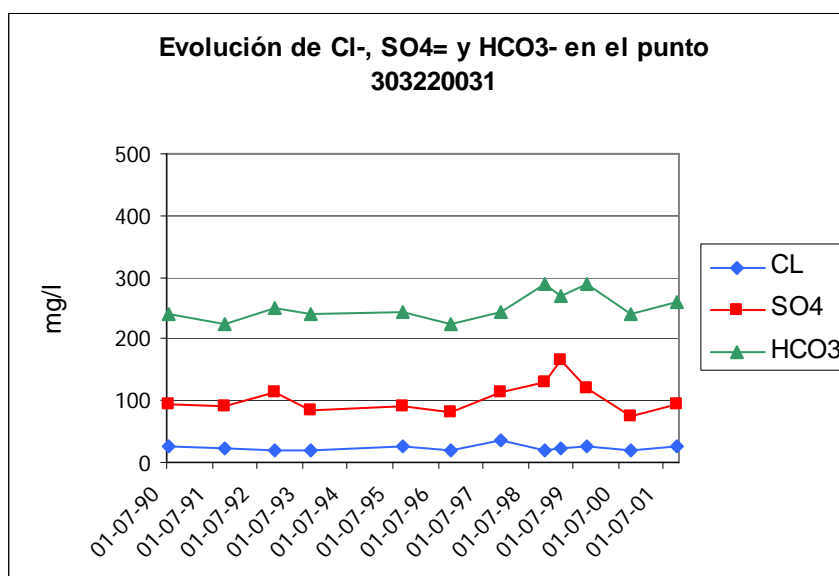


Figura 10.6.5 Evolución de aniones en el punto 303220031 (Orba)

Se observa que en el punto 303220031 los resultados analíticos disponibles muestran concentraciones relativamente bajas, inferiores a 50 mg/l de cloruros, a 200 mg/l de sulfatos, e inferiores a 300 mg/l de bicarbonatos.

10.6.6.2.2. Determinaciones analíticas

En las dos muestras obtenidas se ha llevado a cabo un análisis de parámetros físico-químicos (conductividad y pH) y constituyentes mayoritarios (sodio, potasio, calcio, magnesio, amonio, nitritos, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos), DQO, fosfatos, sílice, boro, bromuros, hierro y manganeso.

10.6.6.2.3. Control de calidad analítica: error analítico

En las muestras analizadas el error analítico es bajo (Tabla 10.6.5).

Nº orden	Código	CE ($\mu\text{S/cm}$)	Error analítico (%)
19	303220051	517	-4,60
20	303220031	548	-4,75

Tabla 10.6.5 Errores analíticos de las muestras de agua subterránea en el acuífero de Orba

10.6.6.3. Interpretación de resultados

Los datos de análisis químicos de aguas subterráneas se han sometido a un tratamiento tanto numérico, como gráfico.

10.6.6.3.1. Caracterización hidroquímica general

En la Tabla 10.6.6 se incluyen los resultados analíticos proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME en Tres Cantos (Madrid).

Las aguas analizadas presentan una mineralización media (con conductividades que oscilan entre 517 y 548 $\mu\text{S/cm}$). En el caso de los aniones, las concentraciones de bicarbonatos tienen un margen de variación que oscila entre 222 y 227 mg/l de HCO_3^- , los sulfatos varían entre 45 y 81 mg/l de SO_4^- y, los cloruros oscilan entre 21 y 22 mg/l de Cl^- .

En cuanto a los cationes, el calcio presenta un rango de variación que oscila entre 85 y 89 mg/l de Ca^{++} ; el sodio, por su parte, presenta una concentración de 13 mg/l de Na^+ , el potasio tiene un contenido de 0 mg/l de K^+ y el magnesio se encuentra en concentraciones comprendidas entre 11 y 22 mg/l de Mg^{++} .

Las especies nitrogenadas analizadas presentan valores de nitratos que oscilan entre 23 y 25 mg/l de NO_3^- . Por su parte, los nitritos y amonio no se detectan en las muestras analizadas.

Nº	Denominación	Fecha	Cond	pH	Cl-	SO4=	HCO3-	CO3=	NO3-	Na+	Mg++	Ca++	K+	NO2-	NH4+	B	P2O5	SiO2	Fe	Mn	Error
19	303220051	15/01/2007	517	6,9	21	45	227	0	25	13	11	89	0	0	0	0	0	10,9	0	0,05	-4,60
20	303220031	12/01/2007	548	7,1	22	81	222	0	23	13	22	85	0	0	0	0	0	12,3	0	0,05	-4,75

Tabla 10.6.6 Resultados analíticos de Orba proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH

En la Figura 10.6.6 se incluye el diagrama de Piper correspondiente a las aguas subterráneas analizadas, que permite clasificar a las muestras atendiendo a los aniones y cationes predominantes.

Atendiendo al anión predominante se observa que la composición de las aguas analizadas es de carácter bicarbonatado.

En cuanto a los cationes, las aguas subterráneas analizadas tienen una composición cálcica.

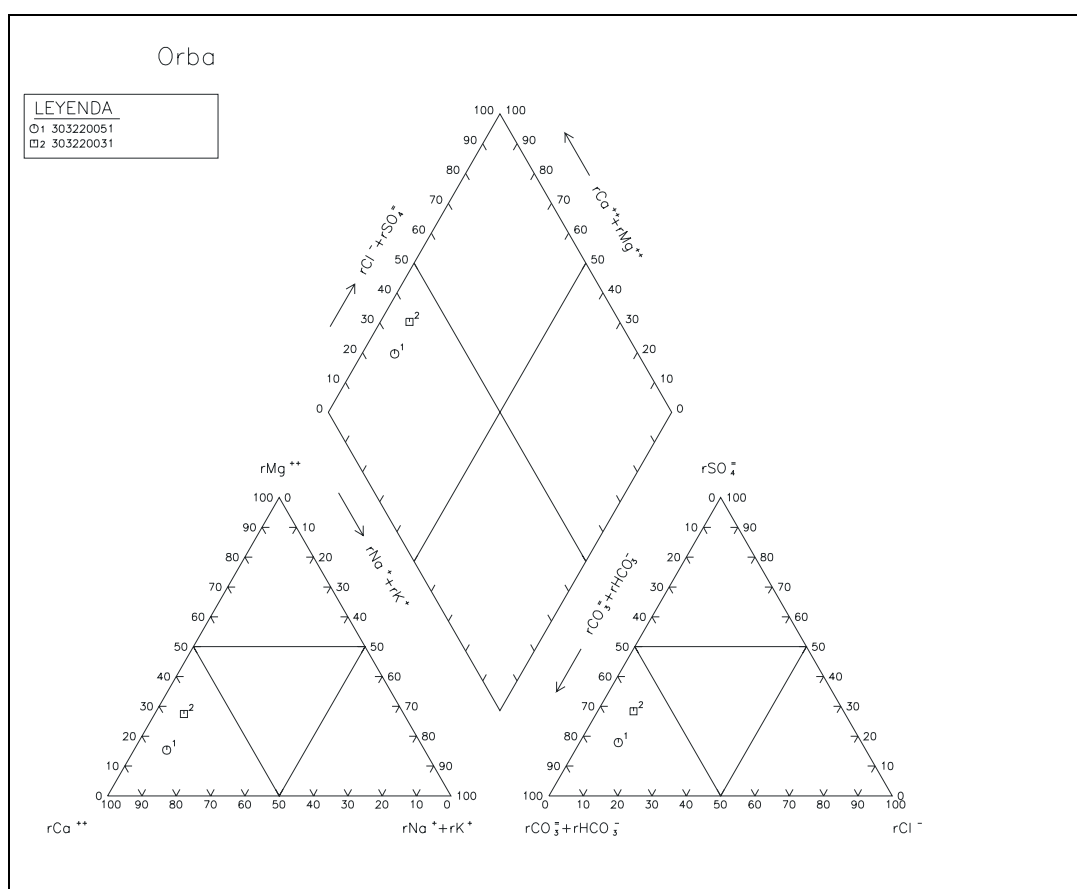


Figura 10.6.6 Diagrama de Piper en el acuífero de Orba

En la Figura 10.6.7 se incluye el diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras de agua analizadas.

Se observa, como cabía esperar, que las muestras reflejan las variaciones litológicas locales, presentando un distinto grado de mineralización con respecto a los contenidos de sulfatos y magnesio.

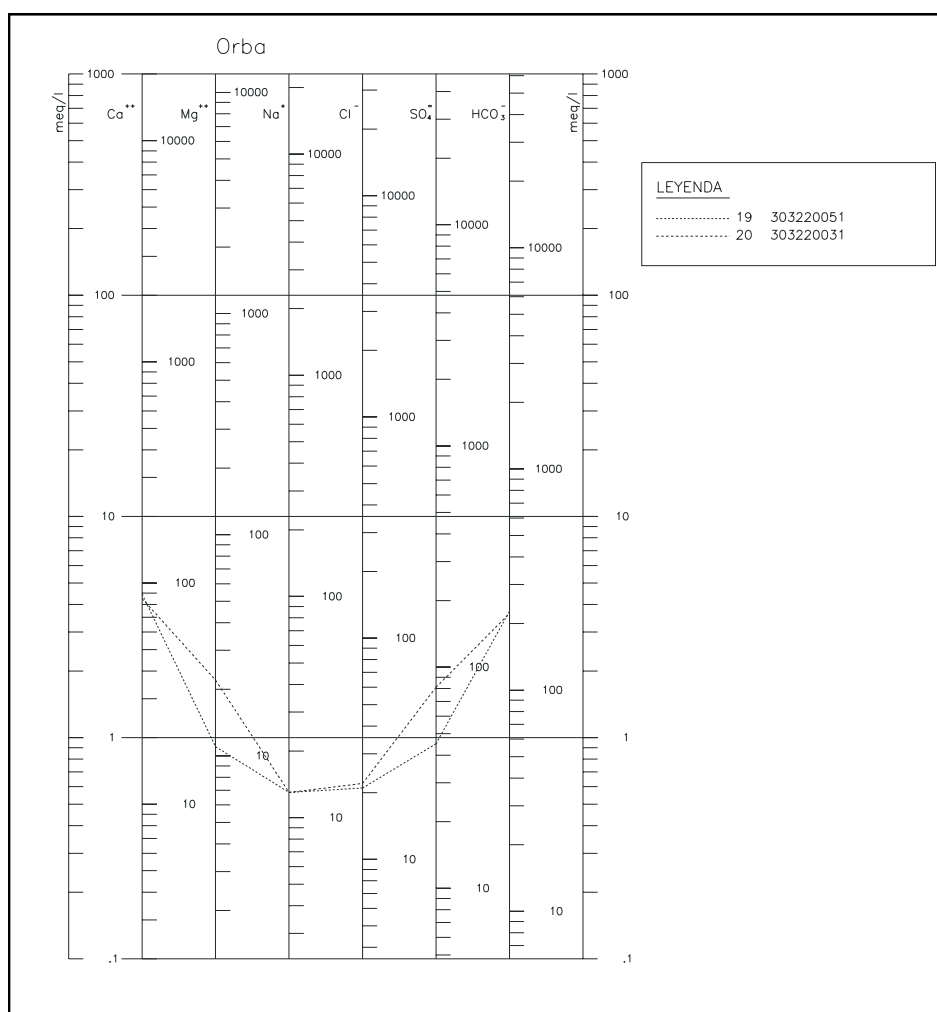


Figura 10.6.7 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras analizadas en el acuífero de Orba

10.6.6.4. Aptitud de las aguas para distintos usos

10.6.6.4.1. Abastecimiento

Para analizar la aptitud de las aguas analizadas para abastecimiento humano se ha llevado a cabo un estudio de la normativa vigente.

Con respecto a la calidad de las aguas analizadas, los resultados analíticos de los puntos de agua muestreados en Orba indican que en las aguas subterráneas analizadas los valores de manganeso se encuentran en el límite establecido de 0.05 mg/l de Mn (Tabla 10.6.7) aunque, como se comentó en el capítulo 9.4.1, estos valores no se consideran normales ya que no se han obtenido en estudios previos del acuífero ni en zonas próximas, y tendrán que ser objeto de un estudio específico.

En el resto de las muestras los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano.

Nº	Denominación	Cond	Cl-	SO4=	NO3-	Na+	NO2-	Mn
19	303220051	517	21	45	25	13	0	0,05
20	303220031	548	22	81	23	13	0	0,05
Concentración máxima admisible (*)		2500	250	250	50	200	0,1	0,05

(*) R.D. 140/2003 de 7 de febrero

Datos expresados en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.

Tabla 10.6.7 Aptitud de las aguas subterráneas analizadas en Orba para abastecimiento humano

10.6.6.4.2. Aptitud de las aguas para regadío

A continuación se analiza la aptitud de las aguas subterráneas para regadío, considerando los problemas que en ocasiones puede plantear su utilización.

En la Figura 10.6.8 se presenta la clasificación de las aguas analizadas para usos agrícolas, según la clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff (S.A.R.). Se trata de aguas con peligro de salinización medio (C2) y de alcalinización bajo (S1).

Las aguas de la clase C2 tienen una salinidad media, con conductividades comprendidas entre 250 y 750 μ S/cm, que corresponden aproximadamente a 160-480 mg/l de sólidos disueltos. Podrían usarse para cultivos moderadamente tolerantes a las sales (alfalfa, trigo, zanahoria, cebolla, coliflor, etc.) aunque, como se comentó en el capítulo 0, en la zona de estudio la tolerancia de los cultivos a la salinidad es mayor.

Con respecto al peligro de alcalinización del suelo, las aguas de la clase S1 son aguas con contenidos bajos en sodio. Pueden usarse en la mayor parte de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable. Los cultivos sensibles, como los frutales de pipa, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

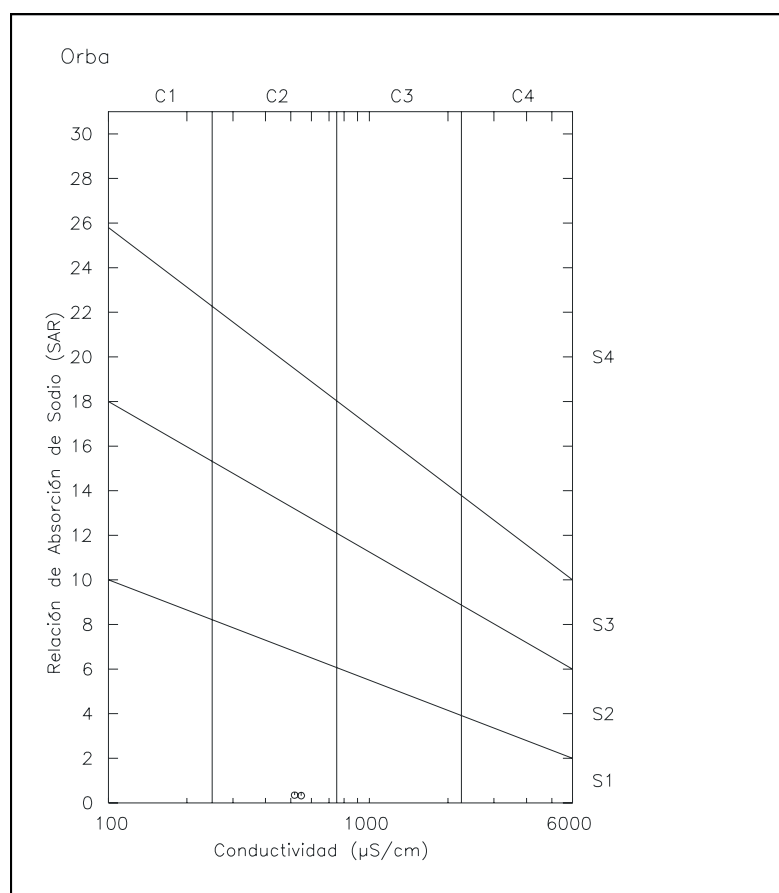


Figura 10.6.8 Clasificación de las aguas para riego para el acuífero de Orba

10.6.6.5. Distribución espacial de la calidad del agua subterránea

Para estudiar la distribución espacial que presentan las aguas subterráneas analizadas, se ha elaborado un mapa hidroquímico de distribución de facies.

En el Plano 3 se representa el diagrama de Stiff correspondiente a cada uno de los puntos muestreados.

La forma del diagrama de Stiff da idea del tipo de agua y su tamaño permite apreciar con rapidez el grado de salinidad que presentan las aguas en cada caso. Para facilitar la comparación entre los distintos tipos de agua se ha utilizado la misma escala para todos los puntos.

En el Plano 3 se observan aguas de composición homogénea, tanto en lo que se refiere a la salinidad que presentan, como a las facies hidroquímicas reflejadas, con pequeñas variaciones en el grado de salinidad dentro del acuífero.

10.6.7. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Orba

Acuífero cerrado por contacto con margas miocenos y materiales del Keuper en todos sus límites excepto en el noreste, en el valle del río Girona. En la Figura 10.6.9 se muestran estos límites y se resumen las principales características del acuífero. La leyenda de la figura se localiza a continuación de la Figura 10.1.5.

El acuífero de Orba tiene poca extensión, bajo almacenamiento y responde de forma rápida y brusca a las acciones externas ejercidas sobre él. En los años secos se producen descensos de nivel importantes, y durante los años medios y húmedos la recuperación es rápida.

La recarga se produce a partir de infiltración directa de agua de lluvia, por retorno de regadíos e infiltración del río Girona. La descarga tiene lugar a través de bombeos para regadío y abastecimiento urbano, y por transferencia lateral al aluvial del río Girona.

La dirección y sentido de flujo vienen definidos por la explotación del acuífero. En régimen natural o de escasa extracción el flujo es hacia el noreste, mientras que en periodos de alta extracción el flujo se dirige hacia los pozos en explotación.

Figura 10.6.9 Ficha resumen del acuífero de Orba

10.7. ACUÍFERO DE JALÓN

10.7.1. Introducción y antecedentes del acuífero de Jalón

El área de Jalón tiene una disposición alargada en sentido ONO-ESE, prácticamente este-oeste, con unas dimensiones de 9,5 km de longitud y 2-3 de anchura.

Constituye una zona topográficamente deprimida, rodeada por sierras orientadas este-oeste o noreste-suroeste, que conforma el valle del Jalón. Contiene varias poblaciones de relativa importancia en el contexto de la comarca: Murga, Parcent, Alcalalí, Jalón y Líber, nombradas de oeste a este.



Foto 10.7.1 Acuífero de Jalón (al fondo sinclinal de Gorgos)

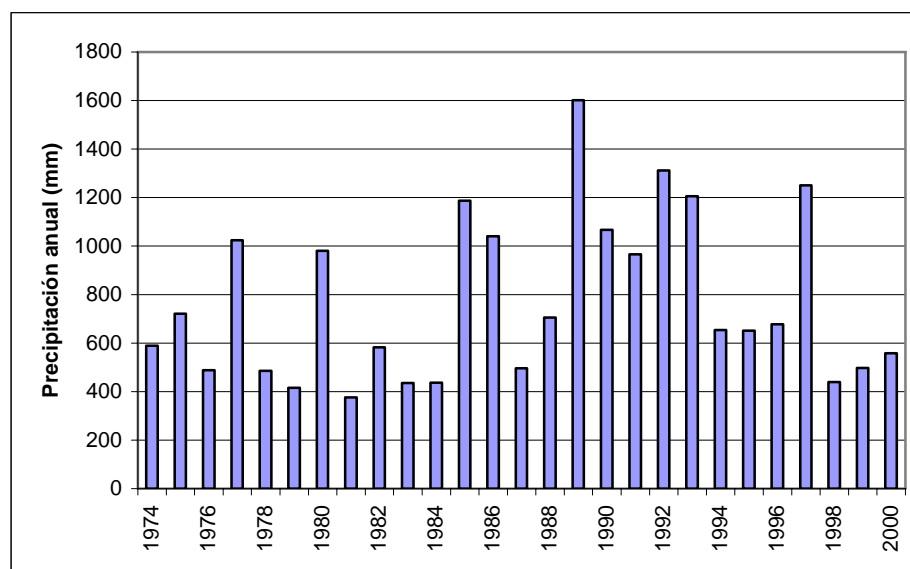


Figura 10.7.1 Precipitación total anual en la estación 8045U (Alcalalí)

Hay muy poca documentación específica sobre este acuífero, aunque sí que está englobado en algunos documentos más generales.

DPA (1991). *Informe sobre los bombeos de ensayo realizados en los sondeos nº 1 y 2 del paraje La Solana del término municipal de Jalón (Alicante)*.

ITGE-DPA (1998). *Ordenación de los recursos hídricos en el valle del Jalón. Alternativas y Directrices..*

10.7.2. Litología y geometría del acuífero de Jalón

10.7.2.1. Estratigrafía

El acuífero de Jalón corresponde, fundamentalmente al valle del mismo nombre, en el tramo medio de dicho río. Se trata de un área parcialmente recubierta por formaciones cuaternarias, ya sean asociadas a las sierras limítrofes (y procedentes de las mismas) o a la red hidrográfica, que le drena de oeste a este.

Donde no existe el recubrimiento cuaternario se presentan zonas de afloramientos mayoritarios de materiales triásicos en facies Keuper (T k : Lutitas y arcillas rojas a versicolores, con niveles de yesos, de areniscas y limolitas, con ocasionales niveles de calizas, carniolas y restos de materiales volcánicos).

Es necesario indicar que el Cuaternario tiende a orlar los afloramientos diapíricos, impidiendo ver el contacto entre éstos y los materiales constituyentes de las sierras y áreas limítrofes.

10.7.2.2. Tectónica

Los materiales triásicos de facies Keuper conforman una estructura diapírica que corta e interrumpe las sierras limítrofes. Posiblemente, se localiza en la zona de ligera inflexión ONO-ESE de una fractura de desgarre, quizá dextral y fundamentalmente de zócalo, de dirección este-oeste. Esta zona de inflexión supone un cambio de dirección de la falla, lo que sumado a su posible juego de desgarre, habría tendido a crear un "hueco", aprovechado para el ascenso del material plástico, diapírico. A este respecto, hay que indicar que los desgarres dextrales de dirección ENE-OSO o E-O son un rasgo típico de toda la parte externa de las Cordilleras Béticas.

Los materiales cuaternarios conforman una cobertera tabular poco potente y discontinua sobre todos los materiales anteriores. No se ha podido comprobar si se presentan deformados en zonas concretas, lo que indicaría la existencia de movimientos diapíricos recientes.

10.7.2.3. Sondeos

Los sondeos existentes en el área de Jalón pueden ser agrupados en función de su localización y contexto geológico en el que se enclavan.

1. Un primer grupo de sondeos (2 sondeos) está constituido por los implantados directamente sobre el aluvial del río Jalón, que atraviesa el diapiro, aproximadamente de oeste a este. Estos sondeos corresponden a los localizados al sur de Alcalalí, no disponiéndose de datos de profundidad ni de columna litológica atravesada para ninguno de ellos
2. Un segundo grupo de sondeos está constituido por los enclavados en la plana cuaternaria del noreste del diapiro, es decir la existente en los alrededores de Líber. Dos de estos sondeos (303260005 y 303260006) son de profundidad escasa (8,15 y 13,5 m, respectivamente), habiendo cortado gravas y arcillas cuaternarias y debajo (sólo el segundo), yesos, por lo que puede decirse que cortan materiales diapíricos bajo los cuaternarios.
3. Finalmente, hay un tercer grupo de sondeos (9 sondeos), emplazados aparentemente sobre los materiales diapíricos aflorantes pero de los cuales solo se dispone de datos de tres de ellos. Dos de ellos (303260004 y 303260002) son poco profundos (8,5 y 9,5 m, respectivamente) y parecen haber cortado sólo materiales cuaternarios (gravas y arcillas). El tercero (303260054) tiene 60 m de profundidad y ha cortado materiales margosos y, sobre todo calizos, con una intercalación de 2 m de gravas; puede corresponder a algún megabloque englobado por el diapiro, no representado cartográficamente.

Figura 10.7.2 Acuífero de Jalón

10.7.2.4. Geometría del acuífero

El acuífero de Jalón es un acuífero cuaternario de poco espesor, correspondiente a sedimentos aluviales y de ladera. Los niveles acuíferos están constituidos por niveles de arena y grava, entre limos y arcillas (Figura 10.7.2). El muro del acuífero y los límites laterales están formados por materiales del Keuper, fundamentalmente en el centro y el oeste, que tienen carácter cerrado, y materiales cretácicos al este, que conforman límites abiertos.

La superficie total del acuífero es de 11 km².

10.7.3. Piezometría del acuífero de Jalón

Dentro de los límites del acuífero de Jalón se encuentran inventariados un gran número de puntos de agua (ver Tabla 10.7.1 y Figura 10.7.4), aunque no todos captan el acuífero cuaternario.

Nº IGME	Toponimia	UTM x	UTM y	z (m)	Naturaleza	Año	Prof (m)	Periodo	Serie
303220027		753357	4295319	290	Pozo perforado		15		
303260001	FUENTE DEL PUEBLO	758687	4292081	210	Manantial				
303260002	BALSA SINEU	758789	4292281	205	Pozo excavado		9		
303260003		758990	4292330	196	Pozo excavado		85		
303260004		758943	4292680	194	Pozo excavado		9		
303260005	CAMINO CUEVA LAS MARAVILLAS	758698	4293333	216	Pozo excavado		8		
303260006	CAMINO CUEVA LAS MARAVILLAS	758848	4293282	210	Pozo excavado		13		
303260007		758394	4292934	200	Manantial-Galería				
303260008		758546	4293133	210	Pozo excavado		10		
303260009		757900	4292647	205	Pozo excavado		15		
303260010	FUENTE RIO JALON	758042	4292786	210	Manantial				
303260054	LA SISCA / SIERRA DE PARCENT-I	757238	4292753	215	Pozo con sondeo		80	1980-1994	Deficiente
303260055	ALCALALI	757318	4292863	210	Sondeo		80		
303260072		757040	4292742	214	Sondeo	1989	75		

Nº IGME	Toponimia	UTM x	UTM y	z (m)	Naturaleza	Año	Prof (m)	Periodo	Serie
303260089	LA SISCA	757241	4292759	215	Pozo con sondeo		78		
303260091	HORTETS DEL MOLÍ	756753	4293352	215	Sondeo				
303260092	LES CARRERES	757009	4293010	202	Pozo				
303260095	Les Carreres	756997	4292911	205	Pozo		25		

Tabla 10.7.1 Puntos de agua en el acuífero de Jalón

No se dispone de datos históricos de piezometría de los pozos perforados en el Cuaternario, contándose únicamente con los niveles del sondeo 303260054, de 80 m de profundidad, que capta agua de un nivel calizo intercalado (Figura 10.7.3). En esta figura se representan también los datos de piezometría del sondeo 303260077, de 250 m de profundidad, y que se construyó para abastecimiento a Parcent, que anteriormente se englobaba dentro del acuífero de Jalón, pero que comparando los niveles con los del sondeo 303260090, perteneciente al acuífero de Carrascal-Ferrer, parece estar relacionado con él. Los puntos 303260054 y 303260077 son independientes uno del otro, y del acuífero detrítico de Jalón. El nivel del agua en el punto 303260054 se ha mantenido prácticamente estable en los últimos quince años, con variaciones intranuales.

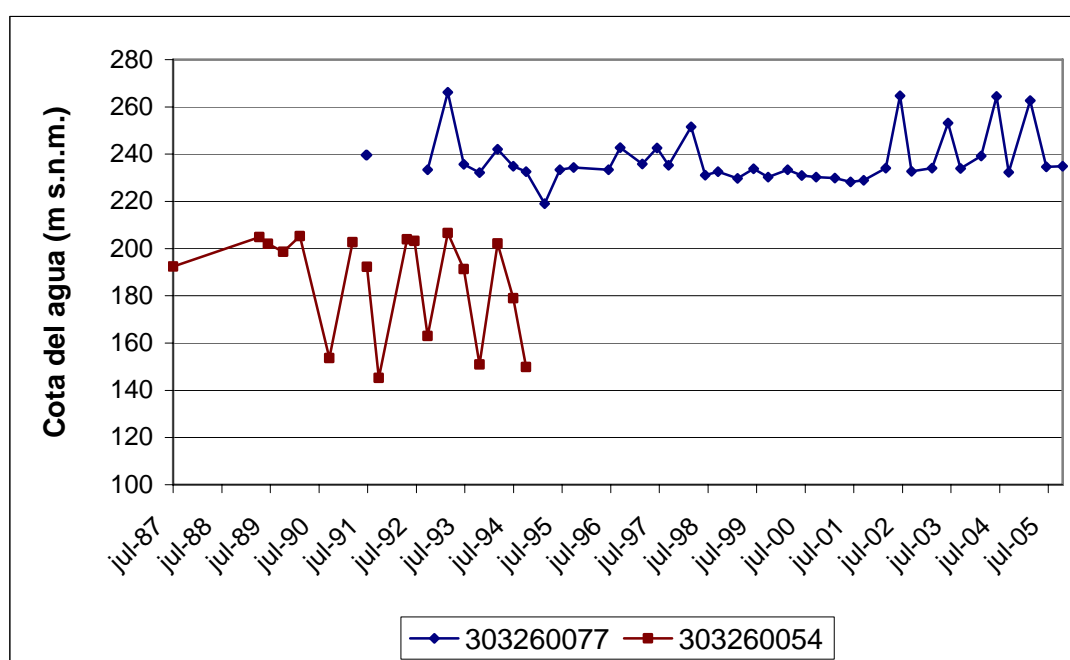


Figura 10.7.3 Evolución piezométrica en el área del acuífero de Jalón

Figura 10.7.4 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Jalón

En la Figura 10.7.9 se presenta el trazado del nivel piezométrico para febrero de 1974, que es el único periodo en el que se dispone de datos de varios puntos que captan el acuífero cuaternario. El sentido del flujo es O-E.

10.7.4. Uso del agua del acuífero de Jalón

Se dispone de muy pocos datos de extracciones, que proceden de la DPA. En el acuífero de Jalón las extracciones que se realizan de los sondeos que captan el Cuaternario, son de poca entidad, con rendimientos inferiores a 1 l/s, y que se utiliza para regadío. Los pozos que extraen en la actualidad son el 303260055 y el 303260089, con 15 dam³/a y 115 dam³/a para el año 2005, respectivamente, según el inventario realizado en 2006, y que se utilizan para abastecimiento a Alcalalí. Estos pozos no captan el Cuaternario, sino algún nivel de caliza dentro del Keuper.

10.7.5. Funcionamiento hidráulico y balance hídrico del acuífero de Jalón

Las entradas de agua al acuífero proceden fundamentalmente de infiltración directa de agua de lluvia, de escorrentía superficial y del río Gorgos durante sus avenidas. Además, también se produce recarga a partir de retorno de regadíos, y lateralmente del acuífero de Carrascal-Ferrer, cuando el nivel piezométrico en dicho acuífero está por encima del nivel del acuífero de Jalón.

Las salidas se producen mediante extracciones que son generalmente de poca entidad. También se produce descarga al río Gorgos, tanto directa como indirectamente a través de surgencias, muchas de ellas aprovechadas. Por último, hay transferencia lateral al acuífero de la Depresión de Benisa, con el que está en contacto directo y cuyos niveles piezométricos están más bajos.

En el *Mapa del Agua de la provincia de Alicante*, y referido a una superficie de 15 km², se han valorado las entradas y salidas en 3.10 hm³/a, distribuido de la forma que se especifica en la Tabla 10.7.2.

ENTRADAS (hm ³ /a)	Infiltración directa de agua de lluvia	1.00
	Escorrentía superficial, recarga del Gorgos, y retorno regadíos	1.90
	Laterales (Ac. Carrascal-Ferrer)	0.20
	TOTAL	3.10
SALIDAS (hm ³ /a)	Descarga al Gorgos y surgencias	1.30
	Bombeos	0.30
	Laterales (Ac. Depresión de Benisa)	1.50
	TOTAL	3.10

Tabla 10.7.2 Balance hídrico en el acuífero de Jalón

10.7.6. Hidroquímica del acuífero de Jalón

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas del acuífero de Jalón se ha llevado a cabo partiendo de los datos obtenidos en una campaña de muestreo realizada en enero de 2007 y de los datos procedentes de las redes de control del IGME y Diputación de Alicante.

10.7.6.1. Muestreo de agua subterránea

Para la caracterización del acuífero objeto de estudio se ha seleccionado para su muestreo y posterior análisis, un pozo cuyos recursos se destinan a la agricultura.

En la Tabla 10.7.3 se incluyen los códigos y los resultados obtenidos para los parámetros analizados en campo (conductividad, pH y temperatura del agua):

Código	Nº orden	Nat.	Fecha de muestreo	Prof (m)	Uso	Cond (µS/cm)	pH	T (°C)
3032-6-0089	11	Pozo	10/01/2007	80	Agric.	2880	7.9	15

Tabla 10.7.3 Relación de puntos de agua muestreados en enero de 2007 en Jalón

En la Figura 10.7.4 se observa la distribución espacial de los puntos de control hidroquímico.

El estudio que aquí se presenta se basa en el análisis de los datos obtenidos durante el desarrollo del proyecto, con el muestreo y posterior análisis químico de las muestras de agua procedentes de los puntos de control indicados.

10.7.6.2. Campaña de muestreo hidroquímico y realización de análisis *in situ*

La campaña de muestreo hidroquímico se ha llevado a cabo en enero de 2007. Durante esta campaña se analizaron *in situ* pH, temperatura y conductividad, y se tomaron muestras de agua para el análisis en laboratorio de parámetros fisicoquímicos (conductividad y pH), constituyentes mayoritarios (carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos, nitritos, amonio, sodio, potasio, calcio, magnesio), DQO, fosfatos, sílice, boro, bromuros, hierro y manganeso.

Los resultados analíticos obtenidos en los análisis "in situ" de los parámetros inestables: conductividad, temperatura y pH se recogen en la Tabla 10.7.3.

La conductividad de las muestras de agua analizadas es de 2880 microS/cm. En el caso de la temperatura, la muestra de agua analizada tiene un valor de 15 °C. Por su parte, el pH presenta un valor de 7.9.

10.7.6.3. Análisis de laboratorio

10.7.6.3.1. Análisis históricos de redes de control: información existente

Los puntos de control que cuentan con datos hidroquímicos históricos varía, tanto en el número de análisis, como en periodo de control, o parámetros analizados.

En la Tabla 10.7.4 se incluyen el número de análisis efectuados en cada punto de agua, así como el periodo en el que se realizaron para cada uno de los puntos de control existentes en el acuífero objeto de estudio.

Acuífero	Nº Registro	Nº Análisis	Periodo al que se refieren los datos
Jalón	303260054	5	1990-1994

Tabla 10.7.4 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Jalón

Los parámetros analizados en cada uno de los análisis registrados comprende la determinación total o parcial de parámetros fisicoquímicos, iones mayoritarios, metales pesados, etc. En ocasiones sólo se dispone de valores de conductividad o cloruros.

En la Figura 10.7.5 se presenta la evolución de distintos parámetros (cloruros, sulfatos y bicarbonatos) del sondeo 303260054, cuya localización geográfica se puede ver en la figura de inventario de puntos de agua.

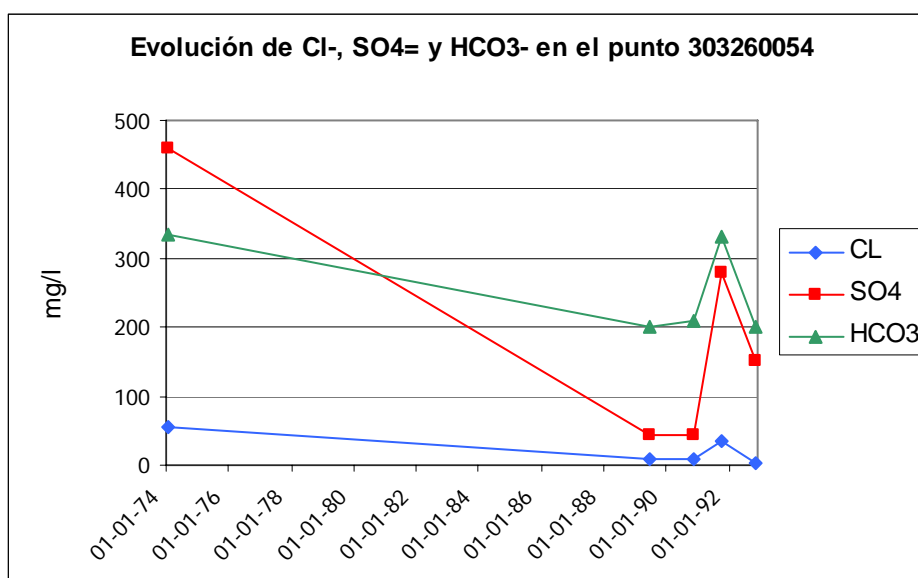


Figura 10.7.5 Evolución de aniones en el punto 303260054 (Jalón)

Se observa que en el punto 303260054 los resultados analíticos disponibles muestran concentraciones medias de los distintos parámetros representados, inferiores a 100 mg/l de cloruros, a 300 mg/l de sulfatos, e inferiores a 350 mg/l de bicarbonatos.

10.7.6.3.2. Determinaciones analíticas

En todos los puntos de la red de control hidroquímico del presente acuífero, se ha llevado a cabo un análisis de parámetros físico-químicos (conductividad y pH) y constituyentes mayoritarios (sodio, potasio, calcio, magnesio, amonio, nitritos, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos), DQO, fosfatos, sílice, boro, bromuros, hierro y manganeso.

10.7.6.3.3. Control de calidad analítica: error analítico

En la muestra analizada el error analítico es bajo (Tabla 10.7.5):

Nº orden	Código	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Error analítico (%)
11	303260089	3663	0,43

Tabla 10.7.5 Error analítico de la muestra de agua subterránea en el acuífero de Jalón

10.7.6.4. Interpretación de resultados

Los datos de análisis químicos de aguas subterráneas se han sometido a un tratamiento tanto numérico, como gráfico.

10.7.6.4.1. Caracterización hidroquímica general

En la Tabla 10.7.6. se incluyen los resultados analíticos proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME en Tres Cantos (Madrid).

Las aguas analizadas presentan una mineralización elevada (con una conductividad de 3663 microS/cm). En el caso de los aniones, la concentración de bicarbonatos es de 220 mg/l de HCO_3^- , la de sulfatos es de 1330 mg/l de $\text{SO}_4^{=}$ y, la de cloruros es de 198 mg/l de Cl^- .

En cuanto a los cationes, el calcio presenta un valor de 500 mg/l de Ca^{++} ; el sodio de 123 mg/l de Na^+ , el potasio de 4 mg/l de K^+ y el magnesio de 78 mg/l de Mg^{++} .

Las especies nitrogenadas analizadas presentan un valor de nitratos de 8 mg/l de NO_3^- . Por su parte, los nitritos y amonio no se detectan en la muestra analizada.

Nº	Denominación	Fecha	Cond	pH	Cl-	SO4=	HCO3-	CO3=	NO3-	Na+	Mg++	Ca++
11	303260089	10/01/2007	3663	6,8	198	1330	220	0	8	123	78	500
			K+	NO2-	NH4+	B	P2O5	SiO2	Fe	Mn	Error	
			4	0	0	0,112	0	9,5	0	0,08	0,43	

Tabla 10.7.6 Resultados analíticos de Jalón proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH

En la Figura 10.7.6 se incluye el diagrama de Piper correspondiente a las aguas subterráneas analizadas, que permite clasificar a las muestras atendiendo a los aniones y cationes predominantes.

Atendiendo al anion predominante se observa que la composición de las aguas analizadas es de carácter sulfatado.

En cuanto a los cationes, las aguas subterráneas tienen una composición cálcica.

En la Figura 10.7.7 se incluye el diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra de agua analizada.

Se observa, como cabía esperar, que la muestra analizada presenta una mineralización media-alta, con elevados contenidos de sulfatos y calcio.

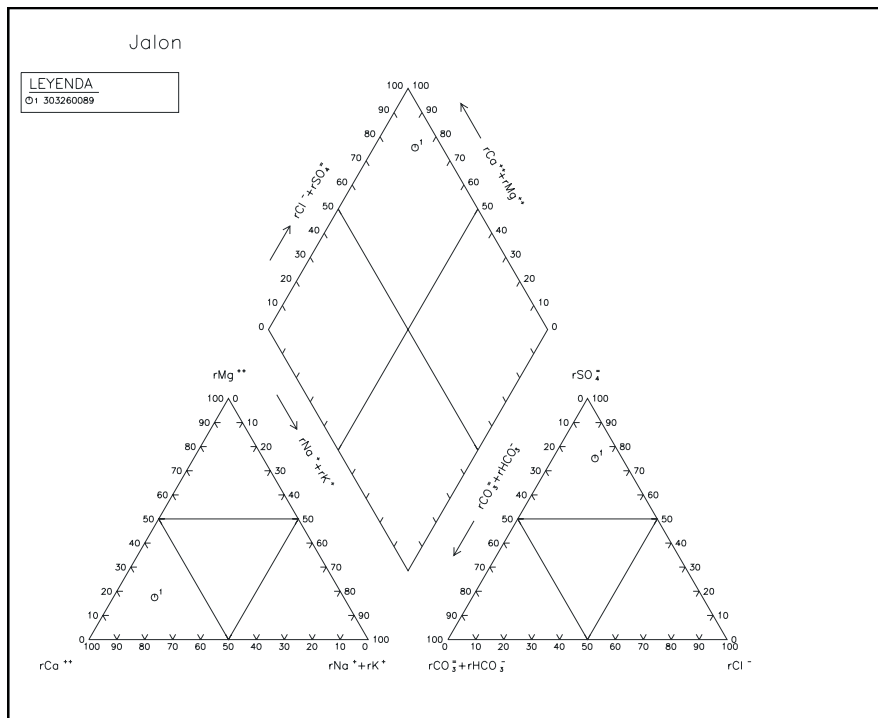


Figura 10.7.6 Diagrama de Piper en el acuífero de Jalón

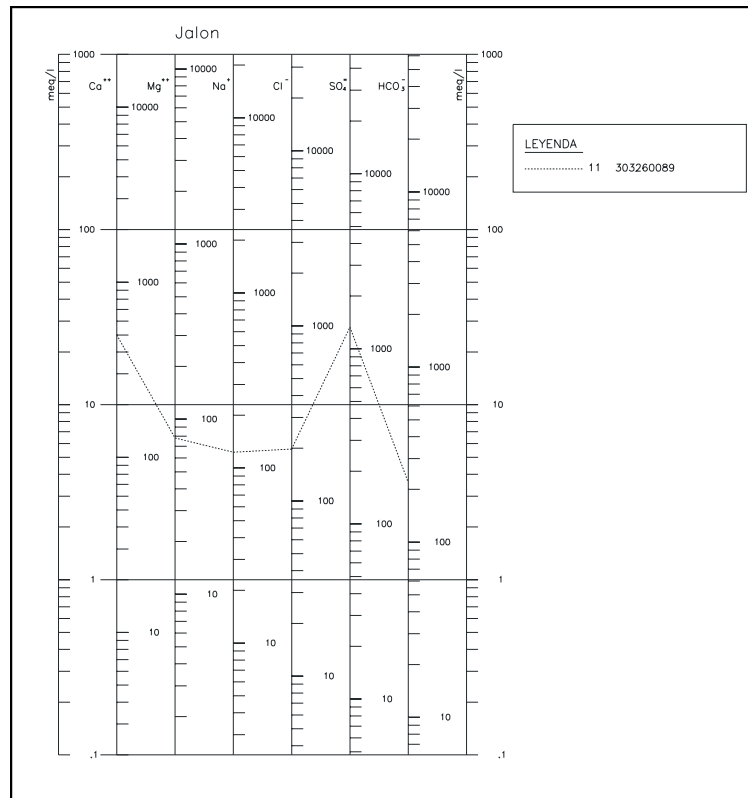


Figura 10.7.7 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras analizadas en el acuífero de Jalón

10.7.6.5. Aptitud de las aguas para distintos usos

10.7.6.5.1. Abastecimiento

Para analizar la aptitud de las aguas analizadas para abastecimiento humano se ha llevado a cabo un estudio de la normativa vigente.

Con respecto a la calidad de las aguas analizadas, los resultados analíticos del punto de agua muestreado en Jalón indican que el agua subterránea analizada supera los límites establecidos para conductividad, sulfatos y manganeso (Tabla 10.7.7). Los valores de manganeso, como se comentó en el capítulo 9.4.1, no se consideran normales ya que no se han obtenido en estudios previos del acuífero ni en zonas próximas, y tendrán que ser objeto de un estudio específico.

El resto de los valores obtenidos para los distintos parámetros se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano.

Nº	Denominación	Cond	Cl-	SO4=	NO3-	Na+	NO2-	Mn
11	303260089	3663	198	1330	8	123	0	0,08
Concentración máxima admisible (*)		2500	250	250	50	200	0,1	0,05

(*) R.D. 140/2003 de 7 de febrero

Datos expresados en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.

Tabla 10.7.7 Aptitud de las aguas subterráneas analizadas en Jalón para abastecimiento humano.

10.7.6.5.2. Aptitud de las aguas para regadío

A continuación se analiza la aptitud de las aguas subterráneas para regadío, considerando los problemas que en ocasiones puede plantear su utilización.

En la Figura 10.7.8. se presenta la clasificación de las aguas analizadas para usos agrícolas, según la clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff (S.A.R.). Se trata de aguas con peligro de salinización muy alto (C4) y de alcalinización bajo (S1).

Las aguas de la clase C4 son extremadamente salinas, con conductividades comprendidas entre 2250 y 6000 μ S/cm. No son apropiadas en condiciones normales para el riego, sin embargo pueden utilizarse en algunos cultivos, si se trata de suelos permeables y de buen drenaje. Sin embargo, como se comentó en el capítulo 0, estas restricciones en el uso deben tomarse con mesura en la zona de estudio ya que la tolerancia de los cultivos a la salinidad en la zona es mayor.

Con respecto al peligro de alcalinización del suelo, las aguas de la clase S1 son aguas con contenidos bajos en sodio. Pueden usarse en la mayor parte de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable. Los cultivos sensibles, como los frutales de pipa, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

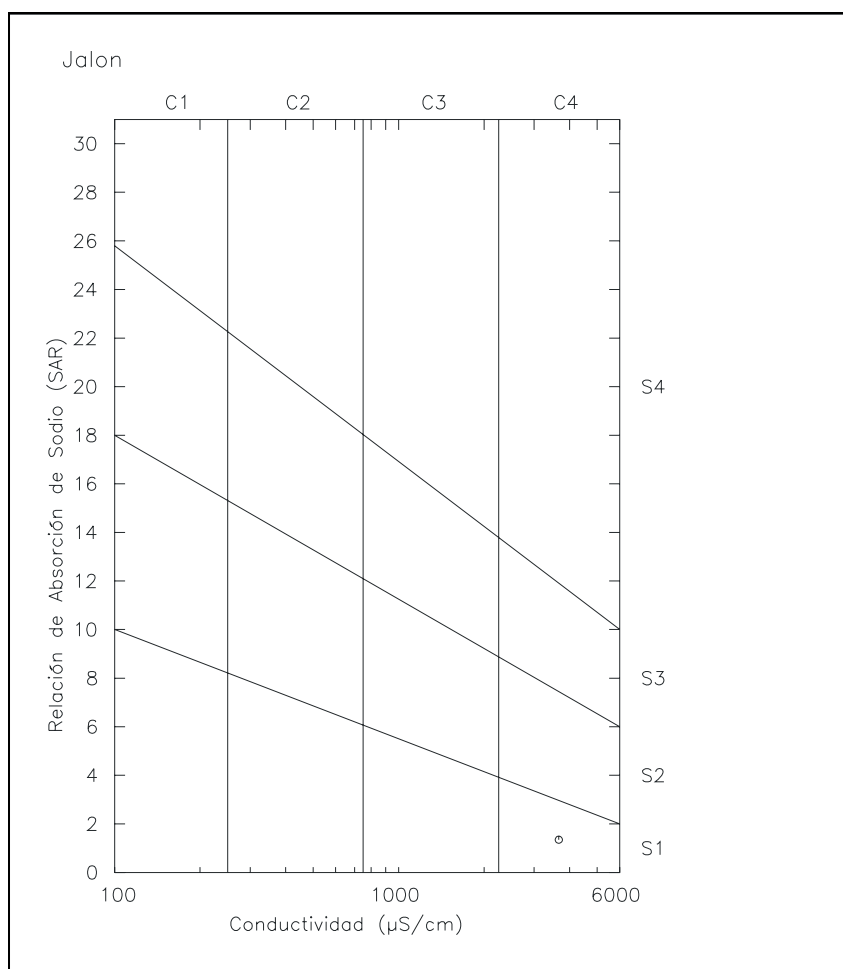


Figura 10.7.8 Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Jalón

10.7.6.6. Distribución espacial de la calidad del agua subterránea

Para estudiar la distribución espacial que presenta el agua subterránea analizada, se ha elaborado un mapa hidroquímico de distribución de facies.

En el Plano 3 se representa el diagrama de Stiff correspondiente a cada uno de los puntos muestreados.

La forma del diagrama de Stiff da idea del tipo de agua y su tamaño permite apreciar con rapidez el grado de salinidad que presentan las aguas en cada caso. Para facilitar la comparación entre los distintos tipos de agua se ha utilizado la misma escala para todos los puntos.

En el Plano 3 se observan aguas de elevada mineralización y facies sulfatadas cálcicas.

10.7.7. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Jalón

Acuífero cuaternario suprayacente a margas y yesos del Triásico y a materiales calcáreos cretácicos. Con los primeros el límite es cerrado, tanto vertical como lateralmente, mientras que con los segundos es abierto. En la Figura 10.7.9 se muestran estos límites y se resumen las principales características del acuífero. La leyenda de la figura se localiza a continuación de la Figura 10.1.5.

La recarga al acuífero se produce fundamentalmente por infiltración directa de agua de lluvia, escorrentía superficial y del río Gorgos durante sus avenidas. Además, también se produce recarga a partir de retorno de regadíos, y lateralmente del acuífero de Carrascal-Ferrer. La descarga se produce a partir de bombeos, por salidas al río Gorgos y por transferencia lateral al acuífero de la Depresión de Benisa.

El sentido de flujo es O-S. Los niveles varían entre cerca de 300 m s.n.m. en el oeste, a menos de 200 m al este.

Figura 10.7.9 Ficha resumen del acuífero de Jalón

10.8. ACUÍFERO DE SEGUILÍ

10.8.1. Introducción y antecedentes del acuífero de Seguilí

Esta área constituye una parte occidental de la sierra existente en la zona de Solana de la Llosa, que se diferenciaría de esta mediante la acción de fracturas.



Foto 10.8.1 Pozo Seguilí (303220112) en el acuífero homónimo

Existe muy poca documentación e información sobre este acuífero. Se dispone únicamente de dos informes técnicos sobre un pozo que no parece corresponder con ninguno de los inventariados. Aunque estaría cercano al 303220112, sus características no coinciden.

Sondeos de la Comunidad Valenciana (1990). *Informe técnico de la captación de aguas subterráneas realizada en la urbanización "Puerta del Valle", en el término municipal de Murla (Alicante).*

DPA (1990). *Informe sobre la posibilidad de explotación del pozo "Casitas Rústicas" sito en las proximidades de la Venta del Zurdo, en término de Murla.*

No se dispone de datos de piezometría ni de calidad para el acuífero, sólo hidrometría mensual para el 303220074 para 1989.

10.8.2. Litología y geometría del acuífero de Seguilí

10.8.2.1. Estratigrafía

El área se localiza en el extremo suroccidental de la sierra de Solana de la Llosa. En superficie afloran materiales de las siguientes unidades:

- C1: margas y margocalizas con intercalaciones de calizas bioclásticas y arenosas, del Neocomiense-Barremiense. Sólo se presentan en el pie noroeste del subrelieve occidental.
- C2: Calizas bioclásticas, coralinas y de rudistas a la base, y arenosas, con algún nivel margoso intercalado, a techo, del Aptiense.
- C3: Alternancia de margas beige arcillosas y niveles de calizas nodulosas y bioclásticas, del Aptiense-Albiense.
- C4: Margas con intercalaciones de calizas margosas a la base, con calizas oolíticas y arenosas en la mitad del tramo, y calizas limosas y margosas a techo. Albiense-Cenomaniense.
- C5: Calizas micríticas a arcillas en la base y calizas recristalizadas y dolomitizadas a techo. Del Cenomaniense-Turonense.

10.8.2.2. Tectónica

Desde el punto de vista estructural, la serie litológica aflorante se presenta débilmente buzante al este o al noreste, y afectada por fracturas subverticales de dirección NO-SE. Este sistema de fracturas es el mismo que, más al este, sigue afectando a la sierra de Solana de la Llosa.

10.8.2.3. Sondeos

Existen dos sondeos en el pie occidental de la sierra, emplazados en las unidades C1 y C2, de los que no se dispone de datos litológicos ni de profundidad.

10.8.2.4. Geometría del acuífero

El acuífero de Seguilí está constituido por gran parte de la serie carbonatada cretácica presente en la zona, abarcando desde el Neocomiense (C1) hasta el Turonense (C5). Se pueden distinguir dos tramos acuíferos, constituidos cada uno por las formaciones más permeables: un primero tramo representado por las calizas bioclásticas del Albiense (C2), separado por varios niveles margosos del segundo tramo de calizas, calizas margosas y dolomías (formaciones C4 y C5) del Cenomaniense-Turonense, aunque los sondeos existentes sólo captan el acuífero inferior.

Figura 10.8.1 Acuífero de Seguilí

El muro del acuífero lo constituye la unidad basal de la serie cretácica, que son las margas del Neocomiense-Barremiense (C1) y los materiales del Keuper (Tk).

El límite sur del acuífero es cerrado, en contacto con materiales del Keuper, que lo separa del acuífero de Jalón, mientras que con este mismo acuífero podría tener un límite abierto al suroeste. Los bordes este, norte y noroeste se consideran abiertos, en contacto con los acuíferos de Solana de la Llosa y Orba.

La superficie total del acuífero es de 2 km², de los que 1.4 km² corresponden a afloramientos permeables.

10.8.3. Piezometría del acuífero de Seguilí

Hay únicamente dos puntos inventariados dentro de los límites actuales del acuífero de Seguilí, cuyas principales características se detallan en la Tabla 10.8.1, y su situación se muestra en la Figura 10.8.2.

Nº IGME	Toponimia	UTM x	UTM y	z	Naturaleza	Año	Prof	Periodo	Serie
303220076	CARRETERA DE ORBA	755507	4294930	280	Sondeo		200	-	-
303220112	SEGUILÍ	755646	4294697	280	Sondeo		270	-	-

Tabla 10.8.1 Puntos de agua en el acuífero de Seguilí

No se dispone de datos de piezometría ni de calidad para el acuífero, sólo hidrometría mensual para el 303220076 para 1989. En el *Informe sobre la posibilidad de explotación del pozo "Casitas Rústicas" sito en las proximidades de la Venta del Zurdo, en término de Murla* (DPA, 1990) se describe que para un sondeo, que podría corresponder al 303220076 el nivel estático oscila entre 110 m s.n.m. en épocas secas, 120 m s.n.m. en periodos normales, y 160 m s.n.m. durante unos pocos días posteriores a grandes lluvias.

Figura 10.8.2 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Seguilí

10.8.4. Uso del agua del acuífero de Seguilí

De los dos sondeos que hay en el acuífero, únicamente se explota el 303220112, en el que, según el inventario de 2006, se extraen 30 dam³ para uso agrícola.

10.8.5. Funcionamiento hidráulico y balance hídrico del acuífero de Seguilí

La recarga al acuífero se produce a partir de infiltración directa de agua de lluvia. En el *Informe sobre la posibilidad de explotación del pozo "Casitas Rústicas" sito en las proximidades de la Venta del Zurdo, en término de Murla* (DPA, 1990) se ha estimado una lluvia útil de 400 mm, con una tasa de infiltración estimada en el 50% de esta lluvia útil. En este documento, considerando una superficie de 1 km², se estimó una recarga de 200 dam³. Este mismo valor es el que se recoge en el *Mapa del agua de la provincia de Alicante* (DPA, 2007). A partir de la nueva cartografía definida en el presente proyecto, la superficie de afloramientos permeables en el acuífero es de 1.4 km², y, por tanto, la recarga al acuífero sería 280 dam³/a.

Según el informe de 1990, la cota piezométrica en periodos normales en el acuífero de Seguilí es de 120 m s.n.m., que están por encima de los valores entre 0 y 60 m s.n.m. que presenta en los últimos años el acuífero de Solana de la Llosa y que eran incluso más bajos en los años 80. De esta manera, teniendo en cuenta el límite abierto entre ambos acuíferos, es muy probable que se establezca una conexión hidráulica entre ellos, transfiriéndose agua del acuífero de Seguilí al de Solana de la Llosa. La conexión que podría establecerse por el límite suroriental con el acuífero de Jalón es poco probable que ocurra, y de ser así tendría que ser aportando agua el acuífero de Jalón hacia el de Seguilí, ya que los niveles del primero están por encima de los de Seguilí, y con la cota del cauce del río Jalón al sur del acuífero de Seguilí está entre 220 y 230 m s.n.m.

La descarga del acuífero se produce también a partir de bombeos, como se especificó en el capítulo anterior.

ENTRADAS (hm ³ /a)	Infiltración directa de agua de lluvia	0.28
	TOTAL	0.28
SALIDAS (hm ³ /a)	Laterales (Solana de la Llosa)	0.25
	Bombeos	0.03
	TOTAL	0.28

Tabla 10.8.2 Balance hídrico en el acuífero de Seguilí

10.8.6. Hidroquímica del acuífero de Seguilí

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas del acuífero de Seguilí se ha llevado a cabo partiendo de los datos obtenidos en una campaña de muestreo realizada en enero de 2007 y de los datos procedentes de las redes de control del IGME y Diputación de Alicante.

10.8.6.1. Muestreo de agua subterránea

Para la caracterización del acuífero objeto de estudio se ha seleccionado un punto de agua para su muestreo y posterior análisis. Así, se ha muestreado un sondeo, cuyos recursos se destinan a la agricultura.

En la Tabla 10.8.3 se incluye el código del punto muestreado y los resultados obtenidos para los parámetros analizados en campo (conductividad, pH y temperatura del agua):

Código	Nº orden	Nat.	Acuífero	Fecha de muestreo	Prof (m)	Uso	Cond (µS/cm)	pH	T (°C)
3032-2-0112	21	Sondeo	Seguilí	11/01/2007	270	Agric.	990	7.7	14

Tabla 10.8.3 Punto de agua muestreado en enero de 2007 en Seguilí

En la Figura 10.8.2 se observa la distribución espacial de los puntos de control hidroquímico.

El estudio que aquí se presenta se basa en el análisis de los datos obtenidos durante el desarrollo del proyecto, con el muestreo y posterior análisis químico de la muestra de agua procedente del punto de control indicado.

10.8.6.2. Análisis de laboratorio

10.8.6.2.1. Determinaciones analíticas

En el punto muestreado se ha llevado a cabo un análisis de parámetros físico-químicos (conductividad y pH) y constituyentes mayoritarios (sodio, potasio, calcio, magnesio, amonio, nitritos, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos), DQO, fosfatos, sílice, boro, bromuros, hierro y manganeso.

En la muestra analizada el error analítico es bajo (Tabla 10.8.4):

Nº orden	Código	CE (µS/cm)	Error analítico (%)
21	303220112	801	0,41

Tabla 10.8.4 Error analítico de la muestra de agua subterránea del acuífero de Seguilí

10.8.6.3. Interpretación de resultados

Los datos de análisis químicos de aguas subterráneas se han sometido a un tratamiento tanto numérico, como gráfico.

10.8.6.3.1. Caracterización hidroquímica general

En la Tabla 10.8.5 se incluyen los resultados analíticos proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME en Tres Cantos (Madrid).

El agua analizada presenta una mineralización media (con una conductividad de 801 microS/cm). En el caso de los aniones, presenta una concentración de bicarbonatos de 166 mg/l de HCO_3^- , de sulfatos de 217 mg/l de $\text{SO}_4^{=}$ y de cloruros de 64 mg/l de Cl^- .

En cuanto a los cationes, el calcio presenta una concentración de 144 mg/l de Ca^{++} ; el sodio de 34 mg/l de Na^+ , el potasio de 1 mg/l de K^+ y el magnesio de 9 mg/l de Mg^{++} .

Las especies nitrogenadas analizadas presentan valores de nitratos de 27 mg/l de NO_3^- ; por su parte, los nitritos y amonio no se detectan en las muestras analizadas.

Nº	Denominación	Fecha	Cond	pH	Cl-	SO4=	HCO3-	CO3=	NO3-	Na+	Mg++	Ca++
21	303220112	11/01/2007	801	6.7	64	217	166	0	27	34	9	144
			K+	NO2-	NH4+	B	P2O5	SiO2	Fe	Mn	Error	
			1	0	0	0	0	7.6	0	0.096	0.41	

Tabla 10.8.5 Resultados analíticos de Seguili proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH

En la Figura 10.8.3. se incluye el diagrama de Piper correspondiente a la muestra de agua subterránea analizada, que permite clasificar a las muestras atendiendo a los aniones y cationes predominantes.

Atendiendo al anion predominante se observa que la composición del agua analizada presenta una composición mixta sulfatada-bicarbonatada.

En cuanto a los cationes, el agua subterránea tiene una composición cálcica.

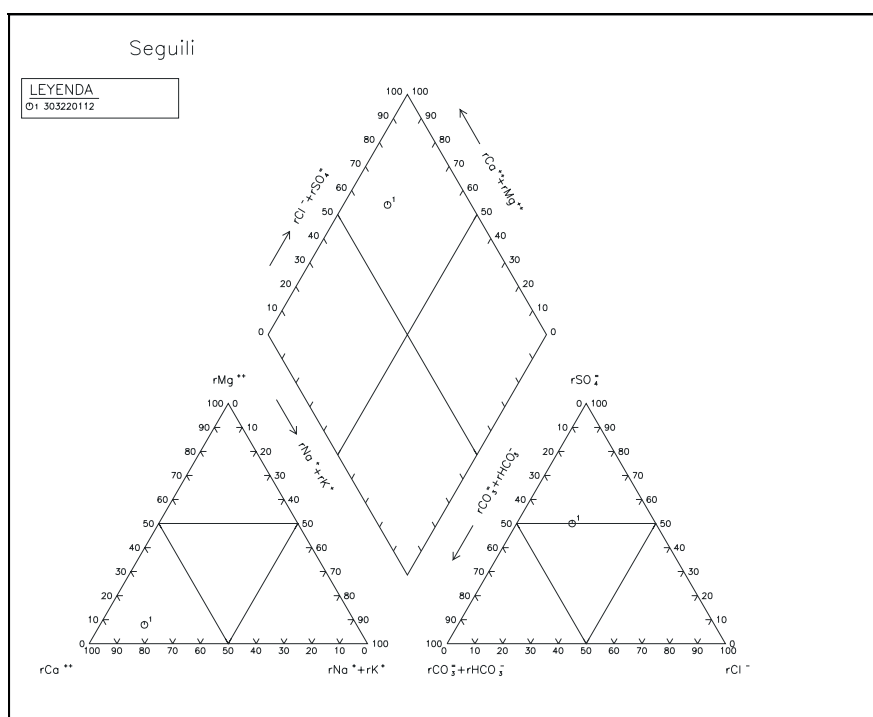


Figura 10.8.3 Diagrama de Piper en el acuífero de Seguilí

En la Figura 10.8.4 se incluye el diagrama de Schöeller-Berkaloff en el que se observa, como cabía esperar, que el agua muestreada presenta una composición sulfatada-bicarbonatada cálcica, con bajos contenidos en magnesio.

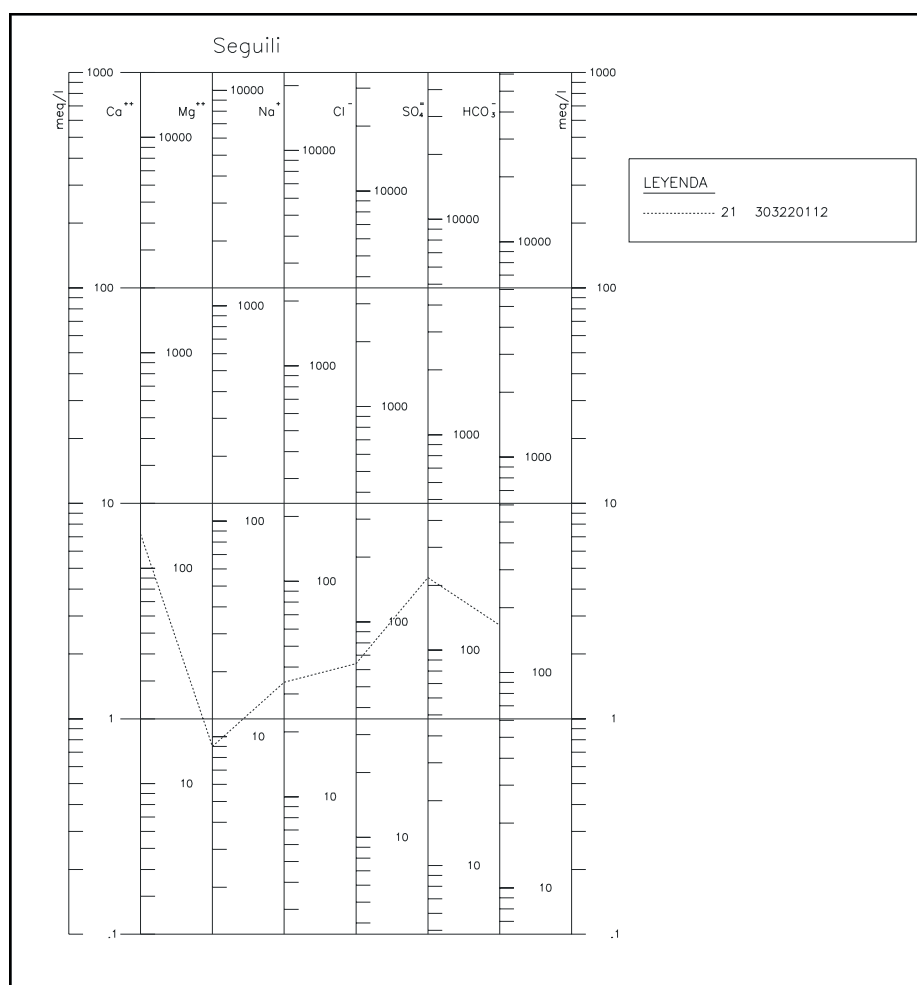


Figura 10.8.4 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra analizada en el acuífero de Seguilí

10.8.6.4. Aptitud de las aguas para distintos usos

10.8.6.4.1. Abastecimiento

Para analizar la aptitud de las aguas analizadas para abastecimiento humano se ha llevado a cabo un estudio de la normativa vigente.

Con respecto a la calidad de las aguas analizadas, los resultados analíticos indican que en el agua subterránea analizada el manganeso supera el límite establecido de 0.05 mg/l de Mn (Tabla 10.8.6) aunque, como se comentó en el capítulo 9.4.1, estos valores no se consideran normales ya que no se han obtenido en estudios de zonas próximas, y tendrán que ser objeto de un estudio específico.

En el resto de parámetros los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano.

Nº	Denominación	Cond	Cl-	SO4=	NO3-	Na+	NO2-	Mn
21	303220112	801	64	217	27	34	0	0,09
Concentración máxima admisible (*)		2500	250	250	50	200	0,1	0,05

(*) R.D. 140/2003 de 7 de febrero

Datos expresados en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.

Tabla 10.8.6 Aptitud del agua subterránea analizada en Seguilí para abastecimiento humano

10.8.6.4.2. Aptitud de las aguas para regadío

A continuación se analiza la aptitud de las aguas subterráneas para regadío, considerando los problemas que en ocasiones puede plantear su utilización.

En la Figura 10.8.5 se presenta la clasificación de las aguas analizadas para usos agrícolas, según la clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff (S.A.R.). Se trata de un agua con peligro de salinización alto (C3) y de alcalinización bajo (S1).

Las aguas de la clase C3 son altamente salinas, con conductividades que oscilan entre 750 y 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que corresponden a un total de sólidos disueltos comprendido entre 480 y 1440 mg/l aproximadamente. Estas aguas no pueden usarse en suelos de drenaje deficiente. Es preciso elegir plantas muy tolerantes a las sales (cebada, remolacha, espárragos, espinacas, etc) y con posibilidad de controlar la salinidad del suelo, aún con drenaje adecuado. Sin embargo, como se comentó en el capítulo 0, estas restricciones en el uso deben tomarse con mesura en la zona de estudio ya que la tolerancia de los cultivos a la salinidad en la zona es mayor.

Con respecto al peligro de alcalinización del suelo, las aguas de la clase S1 son aguas con contenidos bajos en sodio. Pueden usarse en la mayor parte de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable. Los cultivos sensibles, como los frutales de pipa, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

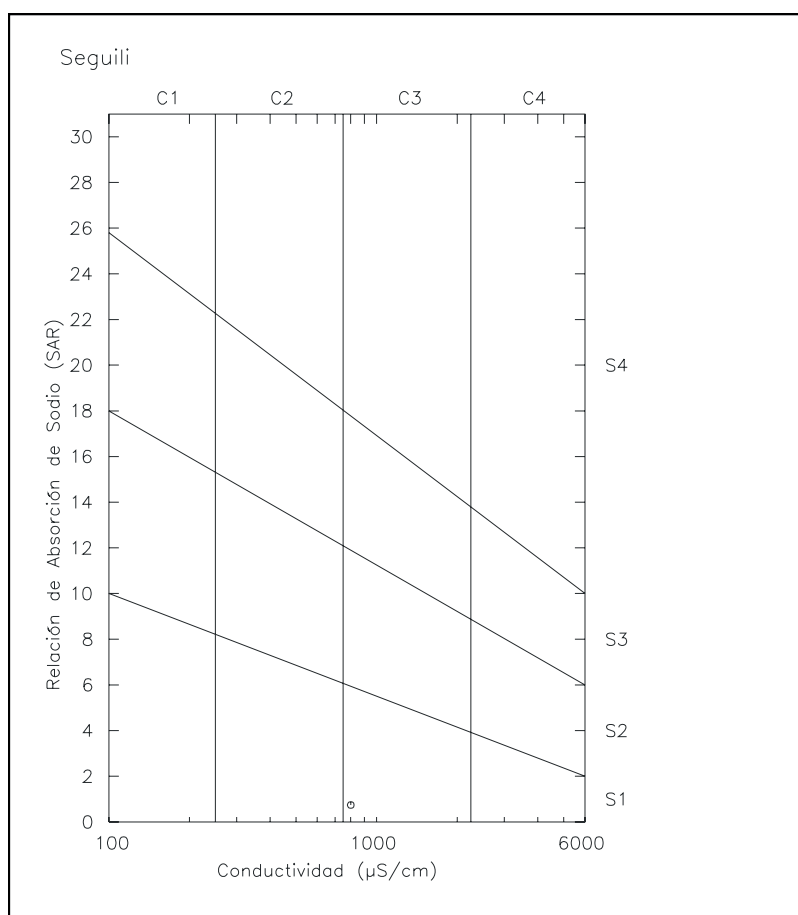


Figura 10.8.5 Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Seguilí

10.8.6.5. Distribución espacial de la calidad del agua subterránea

Para estudiar la distribución espacial que presenta el agua subterránea analizada, se ha elaborado un mapa hidroquímico de facies.

En el Plano 3 se representa el diagrama de Stiff correspondiente al punto de agua muestreado.

La forma del diagrama de Stiff da idea del tipo de agua y su tamaño permite apreciar con rapidez el grado de salinidad que presentan las aguas.

En el Plano 3 se observa que el agua analizada presenta una facies sulfatada-bicarbonatada cálcica, con un grado de salinidad alto.

10.8.7. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Seguilí

Acuífero cretácico limitado al este y sur por las margas y yesos del Keuper, y en el resto de su contorno por materiales cretácicos de los acuíferos de Solana de la Llosa y Orba. En la Figura 10.8.6 se muestran estos límites y se resumen las principales características del acuífero. La leyenda de la figura se localiza a continuación de la Figura 10.1.5.

La recarga se produce por infiltración directa de agua de lluvia, mientras que las salidas tienen lugar a partir de bombeos y por transferencias laterales al acuífero de Solana de la Llosa.

Figura 10.8.6 Ficha resumen del acuífero de Seguilí

10.9. ACUÍFERO DE SOLANA DE LA LLOSA

10.9.1. Introducción y antecedentes del acuífero de Solana de la Llosa

Se trata de un área orientada aproximadamente NE-SO, de unos 9 km de longitud y 3 de anchura, que cubre la Sierra de Seguilí, de unos 6 km de longitud y a cuyo pie norte se localiza la población de Benidoleig, aproximadamente centrada en el área. La sierra se localiza entre la planicie relacionada con el río Murta, al norte en la cuenca del Girona, y el barranco de Lloret, al sur en la cuenca del río Gorgos o Jalón.



Foto 10.9.1 Acuífero de Solana de la Llosa, visto desde el SE

Dentro del área del acuífero de Solana de la Llosa se encuentra la estación pluviométrica 80511 (Pedreguer). La precipitación media anual, para el periodo 1974-2004, es de 761 mm, con un máximo de 1587 mm en 1992, y un mínimo de 277 en 1983 (ver Figura 10.9.1).

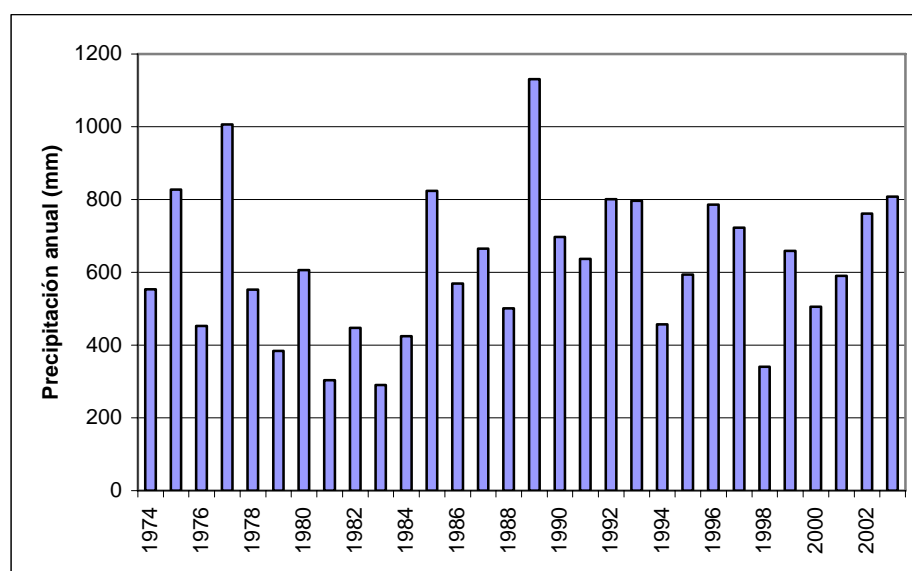


Figura 10.9.1 Precipitación total anual en la estación 80511 (Pedreguer)

Existen varios documentos referidos al acuífero de Solana de la Llosa, de los que se han consultado los siguientes:

DPA (1989). *Bombeo de ensayo en el sondeo 3032-20068 "Solana de la Llosa" en Alcalalí (Alicante)*

ITGE (1991). *Investigación hidrogeológica para la gestión de la unidad de Castell de la Solana – Solana de la Llosa (Alicante)*

ITGE (1996). *Investigación geofísica en el acuífero Solana de la Llosa (Alicante)*

DPA (2002). *Informe final y prueba de bombeo de ensayo del sondeo "Pozo Norte" de la Llosa de Camacho en Alcalalí (Alicante)*

IGME-DPA (2002). *Determinación de las reservas útiles en acuíferos de abastecimiento a Alicante. Capítulo 4.2 Acuífero Solana de la Llosa*

10.9.2. Litología y geometría del acuífero de Solana de la Llosa

10.9.2.1. Estratigrafía

La sierra, localizada al sur de Benidoleig, está constituida, fundamentalmente, por materiales de edad cretácica. Desde su borde noreste hasta el barranco de Lloret, una transversal de la sierra corta, sucesivamente, los siguientes materiales:

- C2: Calizas bioclásticas, coralinas y de rudistas a la base, y arenosas, con algún nivel margoso intercalado, a techo, del Aptiense. Se disponen concordantemente sobre la unidad C1,

constituída por margas y margocalizas con intercalaciones de calizas bioclásticas y arenosas, del Neocomiense-Barremiense, pertenecientes a otro acuífero y parcialmente aflorantes (pero siempre muy recubiertas por cuaternario) al norte de Benidoleig.

- C3: Alternancia de margas beige arcillosas y niveles de calizas nodulosas y bioclásticas, del Aptiense-Albiense.
- C4: Margas con intercalaciones de calizas margosas a la base, con calizas oolíticas y arenosas en la mitad del tramo, y calizas limosas y margosas a techo. Albiense-Cenomaniense.
- C5: Calizas micríticas a arcillas en la base y calizas recristalizadas y dolomitizadas a techo. Del Cenomaniense-Turonense. Esta unidad conforma los puntos culminantes de la sierra.
- Discordancia.
- O1: Calizas bioclásticas y arenosas a la base, y calizas limosas y margosas a techo. Oligoceno superior.
- O-M1: Alternancia de calizas limoso-margosas y margas. Ocasionalmente, y sobre todo a la base, con niveles de areniscas y calizas arenosas. Oligoceno superior – Mioceno inferior.
- Discordancia.
- M1: Alternancia de margas azules, areniscas y margas limo-arenosas (Facies Tap). Hacia la base, areniscas calcáreas o calizas limo-arenosas que incluyen niveles microconglomeráticos ocasionales. Mioceno inferior (Burdigaliense).

10.9.2.2. Tectónica

Desde el punto de vista tectónico, la Sierra conforma una estructura monoclinial, orientada N 60° E y débilmente buzante al sureste. Hacia el noreste esta dirección general se incurva (lo que se manifiesta sólo en los materiales cretácicos), hasta adoptar la NO-SE con buzamiento también débil al noreste. Ello supone, pues, una tendencia a cierre anticlinal periclinal en el extremo noreste de la sierra.

Desde Benidoleig hacia el noreste, los materiales que constituyen la sierra (es decir, las prolongaciones nororientales de la misma) quedan ocultos por depósitos cuaternarios. En el sureste, en el barranco de Lloret, los materiales miocenos (M1) que constituyen los niveles más altos de la sierra, quedan cabalgados por un anticlinal vergente al noreste, constituido por materiales cretácicos (C4 y C5), pertenecientes a otra unidad tectónica y a otro acuífero (Benisa).

El conjunto de la sierra se presenta atravesado por un sistema de fracturas NO-SE que tienden a desplazar en cartografía de forma sinistral a los contactos entre las unidades cretácicas.

10.9.2.3. Sondeos

La mayoría de los sondeos de esta zona se localizan en la parte noreste de la misma, en la llanura cuaternaria existente al noreste de la sierra y de Benidoleig.

Hay un grupo de sondeos, numeroso, localizado al noreste de Benidoleig (unos 20 sondeos), de los que 9 tienen datos de litología y profundidad (que oscila entre 129 y 340 m). Varios de ellos han cortado, arriba, gravas y/o conglomerados con espesores máximos de hasta 52 m (y excepcionalmente 142 m en uno de ellos), atribuibles al Cuaternario y/o algún Terciario oculto por éste. Debajo, han atravesado series calizas o calizo-dolomíticas, con algunas intercalaciones margosas, atribuibles a las unidades litológicas C2 a C5, que constituyen las prolongaciones ocultas de las mismas que se presentan en la sierra.

Hay también otro grupo de sondeos relacionado con el borde sur del área, enclavándose en la banda terciaria que limita la misma. Son 4 sondeos, de los cuales existen datos de litología y profundidad de tres de ellos. Han alcanzado profundidades variables entre 144 y 395 m, habiendo cortado series calizo-dolomíticas, a veces con areniscas (unidades O1, O-M1 y quizá C5), aunque en uno de ellos –el 303230098- encima hay hasta 200 m de margas atribuibles a la unidad M1.

10.9.2.4. Geometría del acuífero

El acuífero de Solana de la Llosa está constituido por la serie carbonatada cretácica desde el Aptiense al Albiense (C2 a C5, ambos incluidos), y las calizas bioclásticas del Oligoceno superior (O1). El muro del acuífero lo constituyen las margas del Neocomiense (C1).

Los límites del acuífero presentan las siguientes características:

- ◆ Límite occidental: Está cerrado por materiales arcillosos del Keuper en la mitad sur, mioceno margoso en facies "Tap" en la mitad norte, además de afloramientos del impermeable de base (Neocomiense).
- ◆ Límite septentrional: Cerrado hasta el este de Benidoleig (Cueva de las Calaveras) por afloramientos neocomienses. Desde este punto hasta Pedreguer existe conexión con el acuífero del Girona.
- ◆ Límite suroriental: Cerrado por afloramientos del mioceno margoso de facies "Tap" y también por subafloramientos del Keuper.

La superficie total del acuífero es de 23.9 km², de los que 16.8 km² corresponden a afloramientos permeables cretácicos y terciarios.

Figura 10.9.2 Acuífero de Solana de la Llosa

10.9.3. Piezometría del acuífero de Solana de la Llosa

En el acuífero de Solana de la Llosa se han inventariado un elevado número de puntos de agua (ver Figura 10.9.3 y Tabla 10.9.1), de los que únicamente cuatro son manantiales. La mayor parte de los puntos están localizados en dos zonas, a ambos lados de la sierra de Seguilí. Al norte del acuífero se sitúan el mayor número de sondeos, emboquillados en el Cuaternario del Girona que cubre los materiales cretácicos, y con una profundidad entre 200 y 300 m. Al sureste del acuífero, y ocupando una franja que va de lado a lado, se sitúa el otro grupo de puntos, fundamentalmente en la mitad oriental y que están perforados en el Terciario, aunque alcanzando el Cretácico.

Nº IGME	Toponimia	UTM x	UTM y	z (m)	Naturaleza	Año	Prof. (m)	Periodo	Serie
303220013	FONT LA LLOSA	758208	4294789	270	Manantial		150	1975-2000	Deficiente
303220054	SONDEO SOLANA	756951	4293944	260	Sondeo	1979	211		
303220055		757854	4294239	255	Sondeo	1980	107.1	1984-1998	Muy Deficiente
303220068	FONT DE LA FONT	758008	4294672	250	Sondeo	1989	451	1974-2001	Aceptable
303220090	SOLANA DE LA LLOSA	757908	4294640	258	Pozo perforado		230	1974-1998	Muy Deficiente
303230003		760605	4299242	45	Pozo		35		
303230004	POZO RAJA	760306	4299221	50.19	Sondeo		361	1974-2001	Aceptable
303230005		760755 5	4299242	45	Sondeo	1971	228		
303230006	JADESA	760676	4299338	51	Sondeo		160	1975-2000	Deficiente
303230007		759645	4298635	90	Pozo		40		
303230008	EL RAFALET	759795	4298684	90	Sondeo		305		
303230009		760196	4298731	60	Sondeo				
303230010	LA ALBERCA	760445	4299240	45	Manantial				
303230011	POZO Nº 1 AYUNTAMIENTO	763188	4298212	81.05	Sondeo	1970	317	1974-2001	Aceptable
303230013	OCAIVE 2 SANTO ANGEL DE LA GUARDA	761638	4297069	131.38	Sondeo		250	1974-1998	Muy Deficiente
303230014	OCAIVE 1 - POZO SANTO ANGEL DE LA GUARDA	7617988	4297290	123.85	Sondeo	1973	310	1974-2000	Deficiente
303230041	OCAIDE 3	762445	4297778	120	Sondeo	1962	140.5	1998-2005	Muy Deficiente
303230052	POZO Nº 2	763149	4298223	100	Sondeo	1980	228	1980-2005	Aceptable

Nº IGME	Toponimia	UTM x	UTM y	z (m)	Naturaleza	Año	Prof. (m)	Periodo	Serie
303230053	LOS PLANTAES O AZAGADOR	759317	4299271	62	Sondeo	1980	236	1980-2001	Aceptable
303230054	LA LLOSA DE CAMACHO /NORTE	760774	4296118	195	Sondeo		273	1985-1998	Muy Deficiente
303230065	BARRANCO PARRA	760983	4298422	85	Sondeo	1971	305	1985-1991	Muy Deficiente
303230066	POZO DE ALBERCAS	760629	4299228	52	Sondeo	1982	292	1995-2005	Buena
303230067	RAFALET	760690	4299102	58	Sondeo	1982	310	1978-1998	Aceptable
303230069	OCAIVE	769946	4297854	125	Sondeo	1984	300	1985-1998	Muy Deficiente
303230070	CAMPELL - 1	760829	4298920	67	Sondeo	1977	336	1978-1998	Aceptable
303230071	CAMPELL -2	760843	4299096	63	Sondeo	1984	340		
303230072	BARRANCO DE LA ALBERCA	760650	4299351	50	Sondeo	1978	280	1991-2005	Aceptable
303230073	OCAIVE 2 BIS Santo Angel de la Guarda	761648	4297044	130	Sondeo	1979	350	1985-1999	Aceptable
303230081		759419	4298561	60	Sondeo	1973	147		
303230082	RAFALETS - 2	759536	4299215	65	Sondeo	1979	210		
303230086	URBANIZACION VILLA ESPAÑA	761643	4297018	130	Pozo perforado	1989	350		
303230089	COVA DE LES CALAVERES	759140	4298187	160	Manantial		80		
303230098	SONDEO PARTIDA TROS	759183	4294978	350	Sondeo	1989	395		
303230100	OCAIVE ENLODADO	762442	4297812	131.38	Pozo perforado		140.5		
303230108	FERAT DE PEDREGUER	761947	4298514	70	Manantial			1998-2005	Aceptable
303230118		760900	4299060	65	Sondeo		250		
303230119		760331	4299064	62	Pozo				
303230120		760763	4299283	58	Sondeo		230		
303230121		760770	4299280	66	Sondeo		190		
303230124		760678	4299350	50	Pozo		50		
303230125		760657	4299358	50	Sondeo		250		
303230133	POZO "MICAIO"	760514	4299279	50	Sondeo		292		
303230134	POZO "AGUSTI"	760628	4298872	65	Sondeo	1971	228		

Tabla 10.9.1 Puntos de agua en el acuífero de Solana de la Llosa

Figura 10.9.3 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Solana de la Llosa

De acuerdo a las series de datos disponibles, se ha representado la evolución de los niveles en tres sectores: sector oriental al suroeste de Pedreguer (Figura 10.9.4), sector septentrional al noreste de Benidoleig (Figura 10.9.5) y sector meridional entre Benidoleig y Jalón (Figura 10.9.6). Las extracciones máximas se producen en los dos primeros sectores, con grandes fluctuaciones intranuales.

En el sector oriental (Figura 10.9.4), de acuerdo a los datos disponibles, se presentan dos mínimos: uno en la primera mitad de los años 80 y el segundo de 1999 a 2002, con niveles por debajo de los 80 m b.n.m. Estos dos periodos, sobre todo el primero, coinciden con años de pluviometría baja y, probablemente, altas extracciones. Las fluctuaciones intranuales son muy acentuadas, del orden de 50 m, con mínimos al final del verano y máximos a finales del invierno. A partir del análisis de la evolución piezométrica de los sondeos 303230011 y 303230052 se ha decidido incluirlos dentro del acuífero de Solana de la Llosa por presentar una evolución similar a los otros puntos de este sector, sobre todo el segundo, aunque tradicionalmente pertenecían al acuífero de la Depresión de Benisa. Estos dos puntos no están actualmente en explotación.

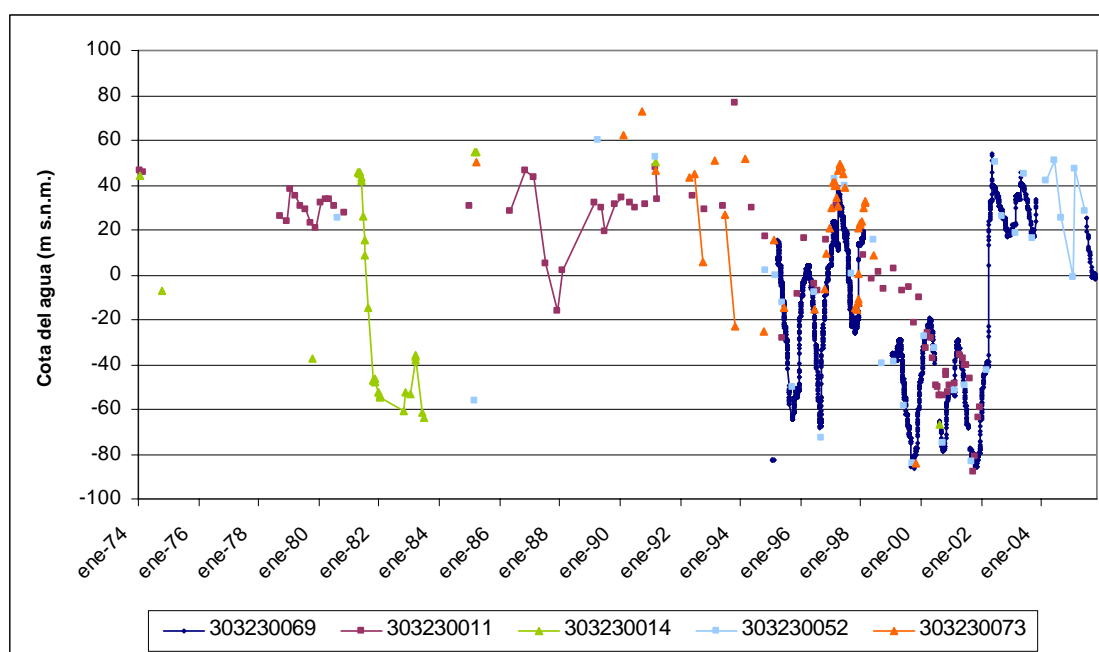


Figura 10.9.4 Evolución piezométrica en el sector oriental del acuífero de Solana de la Llosa

En el sector septentrional (Figura 10.9.5) se aprecia de forma más completa la evolución de los niveles, que durante los años setenta y primera mitad de los ochenta se mantienen estables, para a

partir de entonces, coincidiendo con un periodo seco y el comienzo de las extracciones, descender más de 120 m. Las fluctuaciones intranuales son más pronunciadas que en el otro sector, del orden de 60 m. Los pozos 30323004 y 303230070 siguen un patrón muy similar, mientras que el 303230053, situado más al oeste, tiene fluctuaciones menos pronunciadas, con los niveles por encima de los de los otros dos pozos.

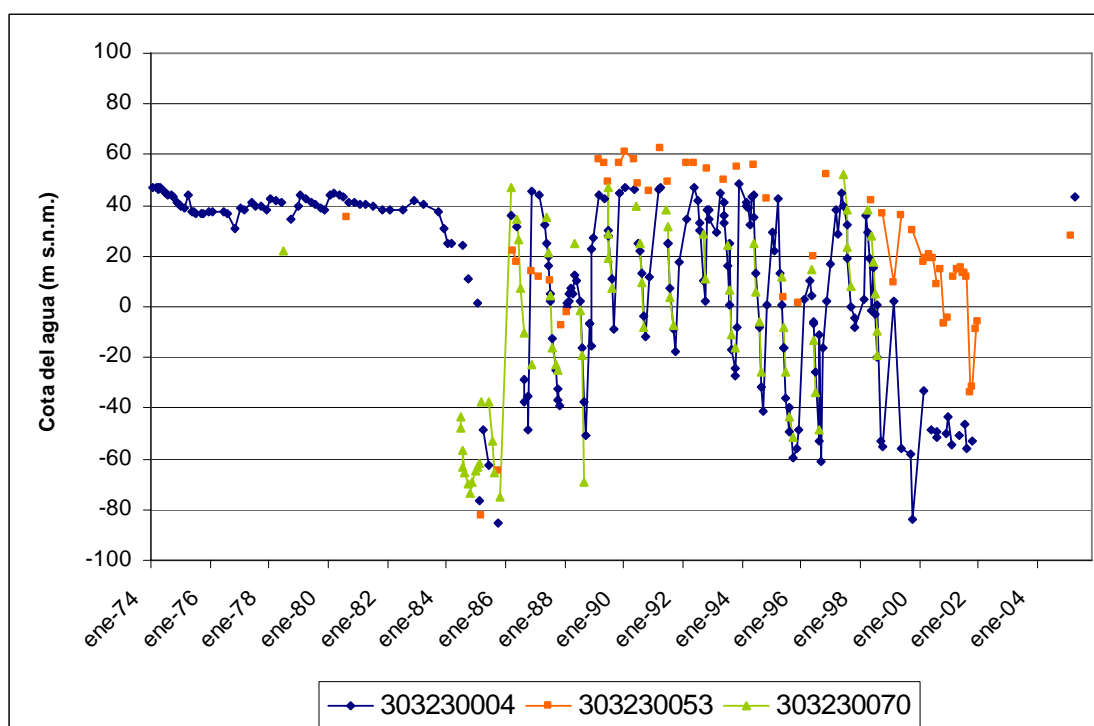


Figura 10.9.5 Evolución piezométrica en el sector norte del acuífero de Solana de la Llosa

Del sector meridional del acuífero hay muy pocos datos. En la Figura 10.9.6 se presenta la evolución del nivel piezométrico en el sondeo 303220068, que fue construido en 1989 y que está actualmente en uso. La tendencia al descenso entre 1999 y 2002, y la recuperación posterior, es similar a lo observado en los otros puntos del acuífero, pero los descensos intranuales no son tan pronunciados (del orden de 30 m), teniendo en cuenta que la explotación en este sector es muchísimo menor que en los otros dos.

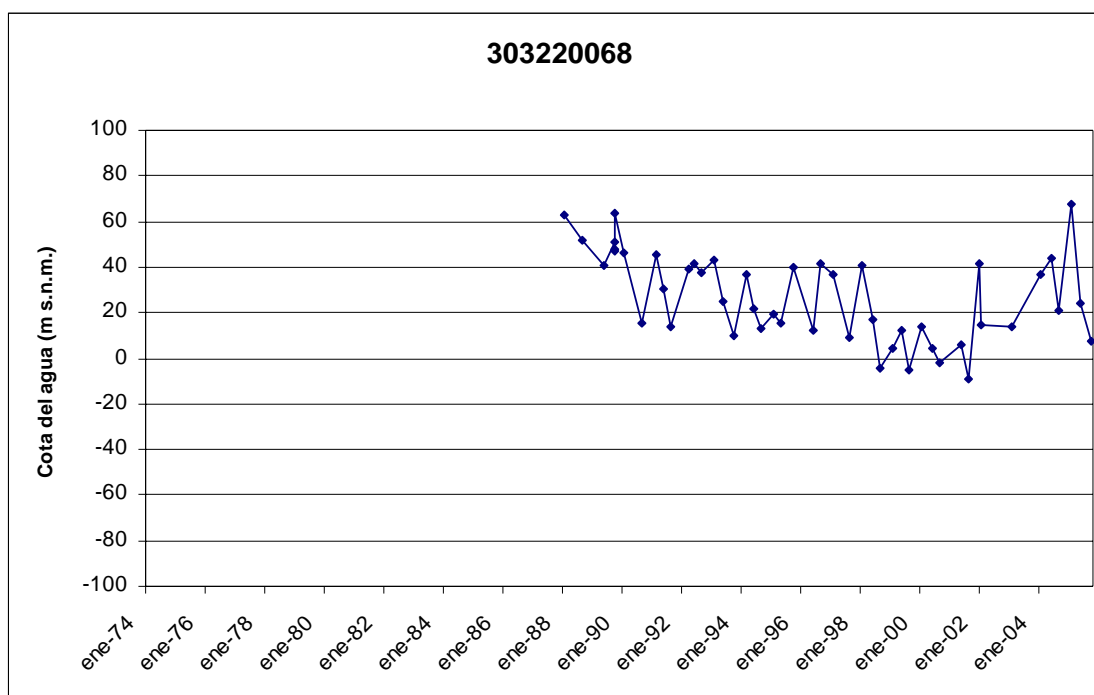


Figura 10.9.6 Evolución piezométrica en el sector sur del acuífero de Solana de la Llosa

La dirección y sentido de flujo viene condicionado por las zonas de extracciones. Partiendo del suroeste, el flujo va hacia los pozos del norte, y hacia los del este.

10.9.4. Uso del agua del acuífero de Solana de la Llosa

Los datos de extracciones proceden de la DPA y de información facilitada durante la realización del inventario de 2006 (para los años 2005 y 2006). Los datos están incompletos porque, como ya se cita en el documento IGME-DPA (2002), en esta zona existen dificultades para obtener los datos de explotación. Durante la realización de este proyecto ciertas comunidades de regantes se negaron a facilitar datos de extracciones, con lo que éstos tuvieron que obtenerse por vías indirectas. Los valores de las extracciones para el periodo 1993-1997 obtenidos en dicho proyecto (1993: 14340 dam³; 1994: 13222 dam³; 1995: 13313 dam³; 1996: 13986 dam³; 1997: 15985 dam³) son superiores a los datos disponibles en la DPA. Para el periodo 1999-2004 sólo se dispone de datos de un pozo, el 303230069, pero los valores totales deben ser muy superiores.

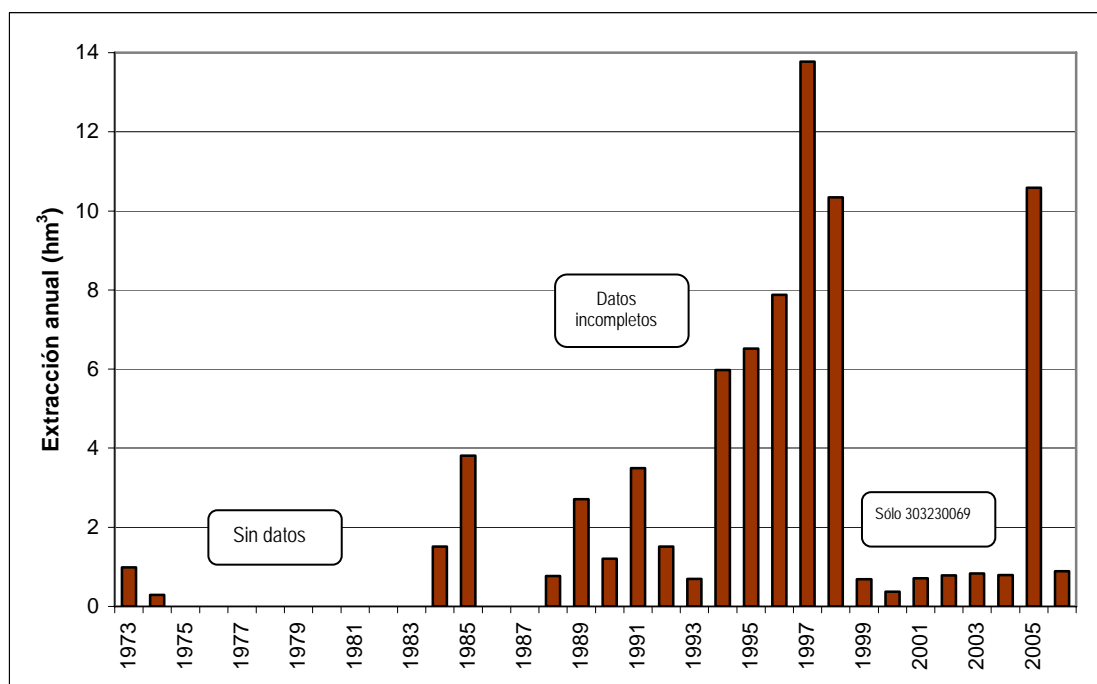


Figura 10.9.7 Extracciones anuales en el acuífero de Solana de la Llosa

Las principales zonas de explotación se localizan al oeste y suroeste de Pedreguer. Para el año 2005 las extracciones fueron de 10.3 hm³, de los que 5.1 hm³ se designaron a agricultura y 5.2 hm³ a abastecimiento. Los tres pozos Ocaive (303230013, 303230014 y 303230073), pertenecientes a Aguas Municipales de Jávea, S.A., abastecen a Jávea, Pedreguer, la urbanización Monte Pedreguer y Gata de Gorgos. Por otro lado, los pozos 303230006 y 303230007, pertenecientes a la Junta de Aguas de Denia, S.A., se utilizan para abastecimiento a dicha localidad. El pueblo de Alcalalí se abastece del pozo 303220068.

10.9.5. Funcionamiento hidráulico y balance hídrico del acuífero de Solana de la Llosa

Se tiene referencia de dos ensayos de bombeo realizados. En 1989 se realizó un ensayo en el sondeo 303220068 (IGME, 1989) en el que se obtuvieron valores entre 240 y 480 m²/d, aunque el resultado se consideró poco fiable debido a que la roca está muy fisurada en esta zona. En 2002 se llevó a cabo otro ensayo en el sondeo 303230054, en el que no se pudo obtener ningún resultado al producirse un brusco descenso inicial de los niveles, y además ser incompleta la recuperación. En el estudio IGME-DPA (2002) se calculó el caudal específico y la transmisividad en varios sondeos a partir de los datos de caudal de bombeo y de depresión media del nivel del agua, con un rango muy amplio de variación (entre 0.83 y 67.5 l/s/m de caudal específico y entre 2 y 168 m²/h de transmisividad), de acuerdo con

la naturaleza heterogénea y anisótropa del acuífero. En el estudio IGME-DPA (2001): *Análisis y ordenación de recursos hídricos de la Marina Alta (Alicante)*, se presentan los siguientes valores para los parámetros hidráulicos: coeficiente de almacenamiento de $5 \cdot 10^{-3}$, transmisividad de 1500 m²/d (pudiendo alcanzar 10000 m²/d) y reservas dinámicas de 18-20 hm³, hasta la cota -60 m s.n.m.

Las entradas al acuífero se producen a partir de la infiltración directa del agua de lluvia, de los retornos de riego y de la alimentación procedente del Cretácico del Girona. En régimen natural la descarga se producía a través del manantial de la Alberca (303230010) y la alimentación lateral al aluvial detrítico del río Girona, con una dirección de flujo SO a NE. Otro punto de descarga natural es el manantial de la cueva de las Calaveras (303230089), que se capta a través de una galería (303230097), que está a una cota de 90 m s.n.m. Este manantial, sin embargo, representa una zona saturada desconectada de la zona saturada regional, cuyo nivel piezométrico se encuentra unos 50 metros más bajo en condiciones climatológicas medias. En la actualidad la descarga se produce a través de bombeos.

En el estudio IGME-DPA (2001): *Análisis y ordenación de recursos hídricos de la Marina Alta (Alicante)* se revisaron varios balances hídricos de estudios previos y, actualizándolo con los datos disponibles, se calculó una recarga de 9.4 hm³/a, y una descarga de 12.4 hm³/a, de los que 7.9 hm³/a corresponden a bombeos para usos urbanos y 4.1 hm³/a para usos agrícolas, para el periodo 1992-2000.

En el *Mapa del Agua de la provincia de Alicante* de 2007 se han contabilizado unos bombeos de 10.3 hm³/a, que coinciden con los datos registrados durante el inventario realizado en 2006, con valores correspondientes a 2005. El balance hídrico se muestra en la Tabla 10.9.3.

ENTRADAS (hm ³ /a)	Infiltración directa de agua de lluvia	6.50
	Retornos de riego	0.50
	Transferencia lateral del acuífero de Cretácico del Girona	3.80
	TOTAL	10.80
SALIDAS (hm ³ /a)	Bombeos urbanos	5.20
	Bombeos agrícolas	5.10
	Emergencias	0.50
	TOTAL	10.80

Tabla 10.9.2 Balance hídrico en el acuífero de Solana de la Llosa

10.9.6. Hidroquímica del acuífero de Solana de la Llosa

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas del acuífero de Solana de la Llosa se ha llevado a cabo partiendo de los datos obtenidos en una campaña de muestreo realizada en enero de 2007 y de los datos procedentes de las redes de control del IGME y Diputación de Alicante.

10.9.6.1. Muestreo de agua subterránea

Para la caracterización del acuífero objeto de estudio se han seleccionado una serie de puntos para su muestreo y posterior análisis. Así, se han muestreado 4 sondeos cuyos recursos se destinan al abastecimiento o a la agricultura.

En la Tabla 10.9.3 se incluyen los códigos y los resultados obtenidos para los parámetros analizados en campo (conductividad, pH y temperatura del agua):

Código	Nº orden	Nat.	Fecha de muestreo	Prof (m)	Uso	Cond (µS/cm)	pH	T (°C)
303230072	2	Sondeo	11/01/2007	280	Abto., agric.	820	7.9	15
303230014	3	Sondeo	11/01/2007	310	Abto.	530	8.3	15
303220068	4	Sondeo	10/01/2007	451	Abto.	530	6.7	18
303230069	5	Sondeo	11/01/2007	300	Abto.	560	8.1	18

Tabla 10.9.3 Relación de puntos de agua muestreados en enero de 2007 en Solana de la Llosa.

En la Figura 10.9.3 se observa la distribución espacial de los puntos de control hidroquímico.

El estudio que aquí se presenta se basa en el análisis de los datos obtenidos durante el desarrollo del proyecto, con el muestreo y posterior análisis químico de las muestras de aguas procedentes de los puntos de control indicados.

10.9.6.2. Campaña de muestreo hidroquímico y realización de análisis *in situ*

La campaña de muestreo hidroquímico se ha llevado a cabo en enero de 2007. Durante esta campaña se analizaron *in situ* pH, temperatura y conductividad, y se tomaron muestras de agua para el análisis en laboratorio de parámetros fisicoquímicos (conductividad y pH), constituyentes mayoritarios (carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos, nitritos, amonio, sodio, potasio, calcio, magnesio), DCO, fosfatos, sílice, boro, bromuros, hierro y manganeso.

Los resultados analíticos obtenidos en los análisis "in situ" de los parámetros inestables: conductividad, temperatura y pH se recogen en la Tabla 10.9.3.

La conductividad de las muestras de agua analizadas está comprendida entre 530 y 820 microS/cm. El valor más alto corresponde a la muestra número 2 (3032-3-0072) procedente de un sondeo de 280 m de profundidad. El valor mínimo se registra en las muestras procedentes de los sondeos 3032-3-0014 y 3032-2-0068.

En el caso de la temperatura, las aguas de la zona de estudio tienen valores que oscilan entre 15 y 18 °C, con valores mínimos en las muestras tomadas en los sondeos 3032-3-0072 y 303230014 y máximo en las muestras procedentes de los sondeos 3032-2-0068 y 3032-3-0069.

Por último, los valores de pH oscilan entre 6.7 y 8.3. El valor mínimo se ha registrado en la muestra del sondeo 3032-2-0068. Por su parte, el valor máximo corresponde a la muestra tomada en el sondeo 3032-3-0014.

10.9.6.3. Análisis de laboratorio

10.9.6.3.1. Análisis históricos de redes de control: información existente

Los puntos de control que cuentan con datos hidroquímicos históricos varía, tanto en el número de análisis, como en periodo de control, o parámetros analizados.

En la Tabla 10.9.4 se incluyen el número de análisis efectuados en cada punto de agua, así como el periodo en el que se realizaron para cada uno de los puntos de control existentes en el acuífero objeto de estudio.

Acuífero	Nº Registro	Nº Análisis	Periodo al que se refieren los datos
Solana de la Llosa	303220013	1	1973
	303220068	13	1991-2001
	303230003	2	1973-1990
	303230004	1	1989
	303230006	10	1990-2001
	303230008	1	1974
	303230010	1	1974
	303230013	1	1998
	303230014	9	1990-2000
	303230053	1	1989
	303230069	7	1993-1999
	303230073	2	1989-1999

Tabla 10.9.4 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Solana de la Llosa

Los parámetros analizados en cada uno de los análisis registrados comprende la determinación total o parcial de parámetros fisicoquímicos, iones mayoritarios, metales pesados, etc. En ocasiones sólo se dispone de valores de conductividad o cloruros.

En la Figura 10.9.8 se incluyen gráficos de evolución de distintos parámetros (cloruros, sulfatos y bicarbonatos) de algunos de los puntos que cuentan con un registro más amplio en el acuífero, cuya localización geográfica se puede ver en la Figura 10.9.3.

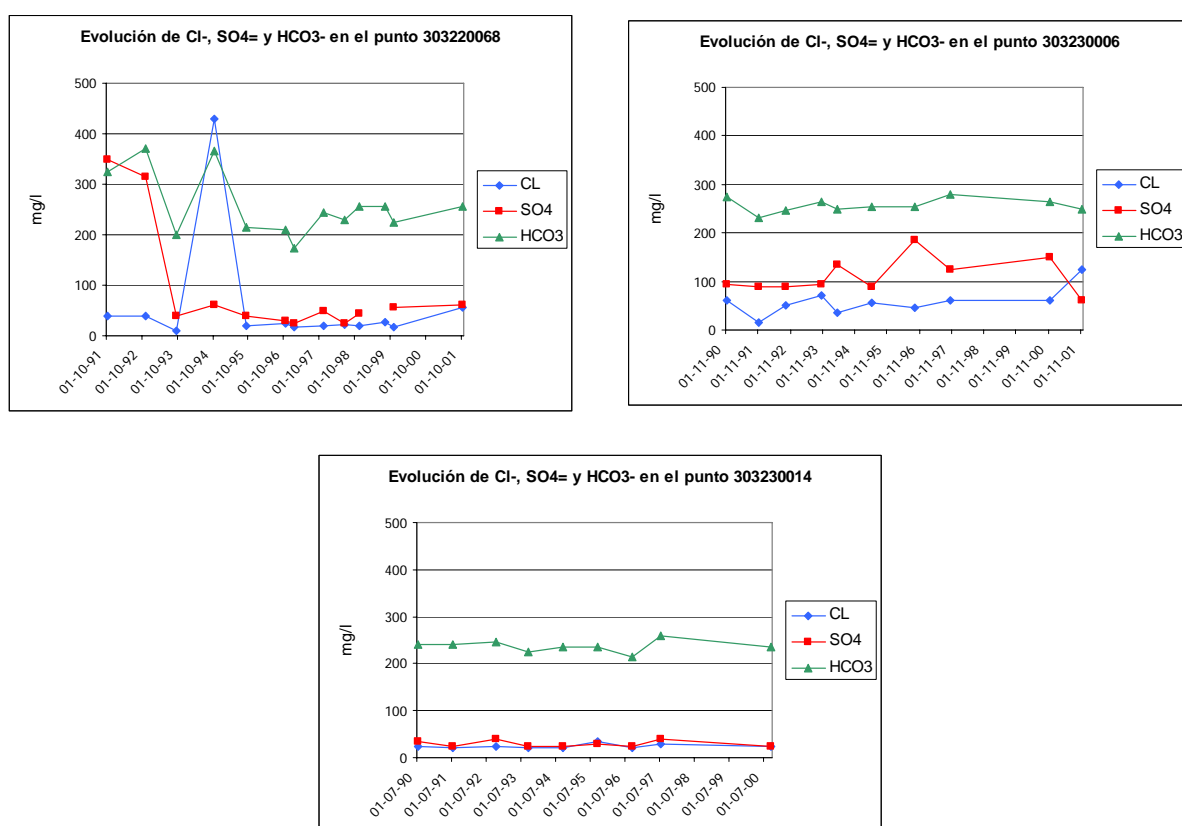


Figura 10.9.8 Evolución de aniones en varios puntos del acuífero de Solana de la Llosa

Se observa que en el punto 3032-2-0068 se superan los 300 mg/l de sulfatos y de bicarbonatos y los 400 mg/l de cloruros en alguno de los muestreos.

Por su parte, en los puntos 3032-3-0006 y 3032-3-0014 los resultados analíticos disponibles muestran concentraciones relativamente bajas, inferiores a 200 mg/l de sulfatos y de cloruros, e inferiores a 300 mg/l de bicarbonatos.

10.9.6.3.2. Determinaciones analíticas

En todos los puntos de la red de control hidroquímico del presente acuífero, se ha llevado a cabo un análisis de parámetros físico-químicos (conductividad y pH) y constituyentes mayoritarios (sodio, potasio, calcio, magnesio, amonio, nitritos, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos), DQO, fosfatos, sílice, boro, bromuros, hierro y manganeso.

Además, se han realizado análisis isotópicos de ^{18}O , ^2H y Tritio en los puntos muestreados.

10.9.6.4. Laboratorios

Las determinaciones analíticas de constituyentes mayoritarios y minoritarios se han realizado en el laboratorio de aguas del IGME en Tres Cantos (Madrid).

Por su parte, los análisis isotópicos se han llevado a cabo en el CEDEX.

Ambos laboratorios están dotados de la tecnología adecuada para la realización de los análisis indicados.

10.9.6.4.1. Control de calidad analítica: error analítico

En las muestras analizadas el error analítico es bajo (Tabla 10.9.5):

Nº orden	Código	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Error analítico (%)
2	303230072	677	-4,82
3	303230014	443	-4,70
4	303220068	425	-4,58
5	303230069	462	-4,53

Tabla 10.9.5 Errores analíticos de las muestras de agua subterránea en Solana de la Llosa

10.9.6.5. Interpretación de resultados

Los datos de análisis químicos de aguas subterráneas se han sometido a un tratamiento tanto numérico, como gráfico.

10.9.6.5.1. Caracterización hidroquímica general

En la Tabla 10.9.6 se incluyen los resultados analíticos proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME en Tres Cantos (Madrid).

Las aguas analizadas presentan una mineralización media (con conductividades que oscilan entre 425 y 677 $\mu\text{S}/\text{cm}$). En el caso de los aniones, las concentraciones de bicarbonatos tienen un margen de variación que oscila entre 192 y 218 mg/l de HCO_3^- , los sulfatos varían entre 26 y 68 mg/l de $\text{SO}_4^{=}$ y, los cloruros oscilan entre 19 y 56 mg/l de Cl^- .

En cuanto a los cationes, el calcio presenta un rango de variación que oscila entre 71 y 106 mg/l de Ca^{++} ; el sodio, por su parte, varía entre 12 y 31 mg/l de Na^+ , el potasio tiene un margen de variación comprendido entre 0 y 1 mg/l de K^+ y el magnesio se encuentra en concentraciones comprendidas entre 8 y 10 mg/l de Mg^{++} .

Las especies nitrogenadas analizadas presentan valores de nitratos que oscilan entre 9 y 62 mg/l de NO_3^- , con valores superiores a 50 mg/l en la muestra número 2 (3032-3-0072 situada en Solana de la Llosa, con 62 mg/l de nitratos).

Por su parte, los nitritos y amonio no se detectan en las muestras analizadas.

Nº	Denominación	Fecha	Cond	pH	Cl-	SO4=	HCO3-	CO3=	NO3-	Na+	Mg++	Ca++	K+	NO2-	NH4+	B	P2O5	SiO2	Fe	Mn	Error
2	303230072	11/01/2007	677	7,3	56	68	192	0	62	31	10	106	1	0	0	0	0	9,3	0	0	-4,82
3	303230014	11/01/2007	443	7,2	20	26	218	0	10	13	8	77	0	0	0	0	0	7,2	0	0	-4,70
4	303220068	10/01/2007	425	7,4	19	32	203	0	9	12	10	71	0	0	0	0	0	5,8	0	0	-4,58
5	303230069	11/01/2007	462	7,2	23	26	210	0	13	14	8	76	0	0	0	0	0	7,8	0	0	-4,53

Tabla 10.9.6 Resultados analíticos de Solana de la Llosa proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH

En la Figura 10.9.9 se incluye el diagrama de Piper correspondiente a las aguas subterráneas analizadas, que permite clasificar a las muestras atendiendo a los aniones y cationes predominantes.

Atendiendo al anión predominante se observa que la composición de las aguas analizadas es de carácter mixto bicarbonatado-clorurado en la muestra número 2 (303230072) y presentan una composición netamente bicarbonatada en las muestras restantes.

En cuanto a los cationes, las aguas subterráneas tienen una composición cálcica.

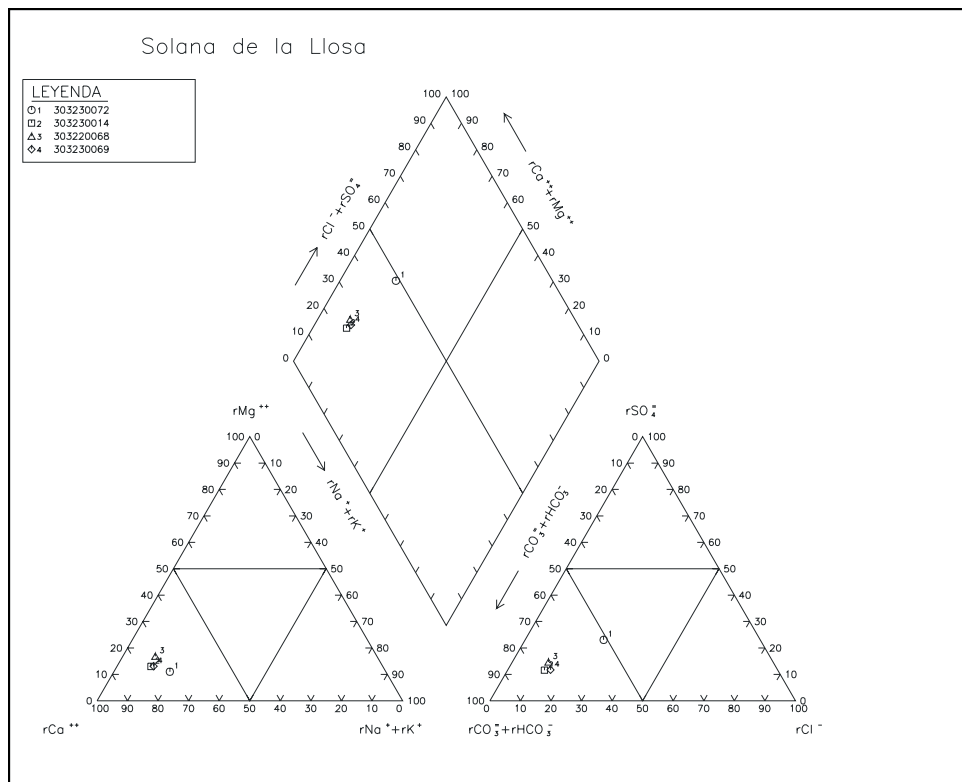


Figura 10.9.9 Diagrama de Piper en Solana de la Llosa

En la Figura 10.9.10 se incluye el diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras de agua analizadas.

Se observa, como cabía esperar, que las muestras reflejan las variaciones litológicas locales, presentando un distinto grado de mineralización, en especial con respecto a los contenidos de cloruros, sulfatos y sodio.

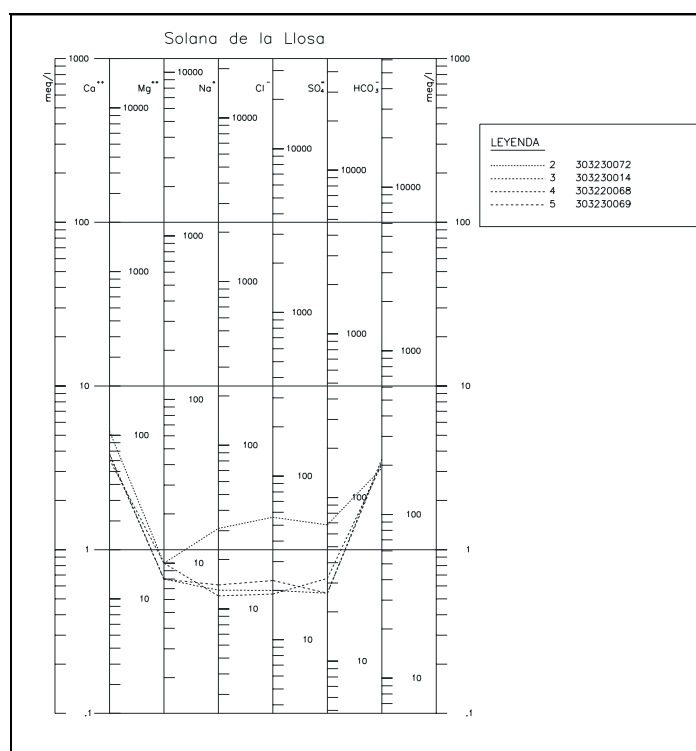


Figura 10.9.10 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras analizadas en Solana de la Llosa

10.9.6.6. Aptitud de las aguas para distintos usos

10.9.6.6.1. Abastecimiento

Para analizar la aptitud de las aguas analizadas para abastecimiento humano se ha llevado a cabo un estudio de la normativa vigente.

Con respecto a la calidad de las aguas analizadas, los resultados analíticos de los puntos de agua muestreados en Solana de la Llosa indican que las aguas subterráneas analizadas superan los límites establecidos en la muestra número 2 (3032-3-0072) para nitratos (Tabla 10.9.7).

En el resto de las muestras los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano.

Nº	Denominación	Cond	Cl-	SO4=	NO3-	Na+	NO2-	Mn
2	303230072	677	56	68	62	31	0	0
3	303230014	443	20	26	10	13	0	0
4	303220068	425	19	32	9	12	0	0

Nº	Denominación	Cond	Cl-	SO4=	NO3-	Na+	NO2-	Mn
5	303230069	462	23	26	13	14	0	0
Concentración máxima admisible (*)		2500	250	250	50	200	0,1	0,05

(*) R.D. 140/2003 de 7 de febrero

Datos expresados en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.

Tabla 10.9.7 Aptitud de las aguas subterráneas analizadas en Solana de la Llosa para abastecimiento humano

10.9.6.6.2. Aptitud de las aguas para regadío

A continuación se analiza la aptitud de las aguas subterráneas para regadío, considerando los problemas que en ocasiones puede plantear su utilización.

En la Figura 10.9.11 se presenta la clasificación de las aguas analizadas para usos agrícolas, según la clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff (S.A.R.). Se trata de aguas con peligro de salinización medio (C2) y de alcalinización bajo (S1).

Las aguas de la clase C2 tienen una salinidad media, con conductividades comprendidas entre 250 y 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que corresponden aproximadamente a 160-480 mg/l de sólidos disueltos. Pueden usarse para cultivos moderadamente tolerantes a las sales (alfalfa, trigo, zanahoria, cebolla, coliflor, etc.) aunque, como se comentó en el capítulo 0, en la zona de estudio la tolerancia de los cultivos a la salinidad es mayor.

Con respecto al peligro de alcalinización del suelo, las aguas de la clase S1 son aguas con contenidos bajos en sodio. Pueden usarse en la mayor parte de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable. Los cultivos sensibles, como los frutales de pipa, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

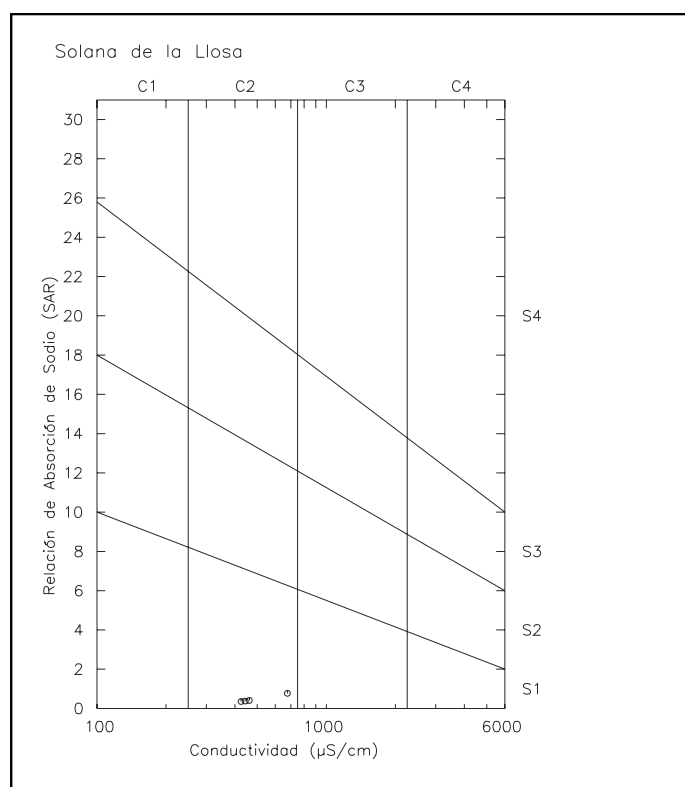


Figura 10.9.11 Clasificación de las aguas para riego en Solana de la Llosa

10.9.6.7. Distribución espacial de la calidad del agua subterránea

Para estudiar la distribución espacial que presentan las aguas subterráneas analizadas, se ha elaborado un mapa hidroquímico de distribución de facies.

En el Plano 3 se representa el diagrama de Stiff correspondiente a cada uno de los puntos muestreados.

La forma del diagrama de Stiff da idea del tipo de agua y su tamaño permite apreciar con rapidez el grado de salinidad que presentan las aguas en cada caso. Para facilitar la comparación entre los distintos tipos de agua se ha utilizado la misma escala para todos los puntos.

En el Plano 3 se observan aguas de composición homogénea, tanto en lo que se refiere a la salinidad que presentan, como a las facies hidroquímicas reflejadas, si bien existen pequeñas variaciones en la composición aniónica, pasando de aguas netamente bicarbonatadas a otras de facies mixtas bicarbonatadas-cloruradas o bicarbonatadas-sulfatadas, con pequeñas variaciones en el grado de salinidad dentro del acuífero.

10.9.7. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Solana de la Llosa

Acuífero carbonatado cerrado por contacto con margas miocenos, margas del Neocomiense y materiales del Keuper en todos sus límites excepto entre Benidoleig y Pedreguer, donde hay conexión con el acuífero del Cretácico del Girona. En la Figura 10.9.12 se muestran estos límites y se resumen las principales características del acuífero. La leyenda de la figura se localiza a continuación de la Figura 10.1.5.

El acuífero de Solana de la Llosa responde de forma rápida y brusca a las acciones externas ejercidas sobre él, observándose marcadas fluctuaciones intranuales de piezometría.

La recarga se produce a partir de infiltración directa de agua de lluvia, por retorno de regadíos y transferencia lateral del acuífero de Cretácico del Girona. La descarga tiene lugar a través de bombeos para regadío y abastecimiento urbano, y de manantiales.

La dirección y sentido de flujo vienen definidos por la explotación del acuífero. Partiendo del suroeste, el flujo va hacia los pozos del norte, y hacia los del este.

Figura 10.9.12 Ficha resumen del acuífero de Solana de la Llosa

10.10. ACUÍFERO DE CRETÁCICO DEL GIRONA

10.10.1. Introducción y antecedentes del acuífero de Cretácico del Girona

El área del Cretácico del Girona corresponde a una zona alargada este-oeste, localizada al norte de las sierras de Solana de la Llosa – Seguilí, al suroeste de la del Montgó y al oeste de Jesús Pobre. Es un área ocupada, en su mayor parte, por depósitos cuaternarios, en la que tan solo aflora el relieve de la Sella, localizado inmediatamente al oeste del de Jesús Pobre.

10.10.2. Litología y geometría del acuífero de Cretácico del Girona

10.10.2.1. Estratigrafía

En el relieve de la Sella se presenta, de abajo a arriba, la siguiente sucesión de litologías:

- C2: Calizas bioclásticas, coralinas y de rudistas a la base, y arenosas, con algún nivel margoso intercalado, a techo, del Aptiense.
- C3: Alternancia de margas beige arcillosas y niveles de calizas nodulosas y bioclásticas, del Aptiense-Albiense.
- C1: Margas y margocalizas con intercalaciones de calizas bioclásticas y arenosas (C0), del Neocomiense-Barremiense.

Los alrededores de dicho relieve están conformados por materiales terciarios de la unidad M2 (alternancia de niveles de margas y margocalizas con niveles de calizas limosas o arenosas que rápidamente pasan a niveles de margas grises de aspecto noduloso y arcillas limosas, de edad Mioceno medio), discordantes sobre los cretácicos de los relieves próximos. Sobre estos materiales terciarios se desarrollan aluviales (depósitos de material fino, limosos y de arcillas con cantos), de escasa importancia, asociados a la red hidrográfica. También hay que indicar que, a los pies del relieve se presentan depósitos coluvionares (bloques y cantos sueltos, subangulosos, en matriz arcillo-limosa) a modo de orla del mismo y que sirven de enlace morfológico entre él y las planicies que le circundan, ocultando el borde discordante de los materiales terciarios.

Salvo el relieve de la Sella, la litología cretácica dominante bajo el terciario y cuaternario debe corresponder, fundamentalmente, a la formación C1 y sus intercalaciones de C0. Esto se observa bien en la parte más suroccidental del área, en los alrededores de Benidoleig.

10.10.2.2. Tectónica

El relieve de la Sella presenta una estructura sinclinal con inversión de relieve, que en su extremo noroccidental está afectada por una fractura NE-SO de funcionamiento probablemente normal, con

labio abatido noroeste. Es una incertidumbre la relación del relieve de la Sella con el de Jesús Pobre, , actualmente oculta por los depósitos miocenos. Posiblemente, la distinta estructura que ambos presentan hace factible la existencia de una falla NNO-SSE que los separaría. Los materiales terciarios y cuaternarios comportan una estructura subhorizontal, ocultando dicha posibilidad.

Finalmente, hay que recordar la posible existencia de una falla de trazado E/ESE-O/ONO, quizá con inyecciones de Keuper a su favor, que limitaría el sur de la depresión de Jávea del area montañosa (sierras de Seguilí-Selguetes) al sur de la misma. La prolongación de esta posible fractura hacia el ONO podría cortar el área del Cretácico del Girona en dos partes.

10.10.2.3. Sondeos

En el extremo occidental del área, es decir, al norte y noreste de Benidoleig, hay un grupo de sondeos (unos 10 sondeos), sin datos de profundidad ni de litología, de los que, por su posición, pueden haber cortado el Neocomiense y las posibles barras calcáreas intercaladas en el mismo.

Por otro lado, hay tres sondeos emplazados en las proximidades del relieve de la Sella. Solo uno de ellos (303230064) tiene datos de profundidad (325 m) y litología (materiales calizos y margosos, alternantes grosso modo) correspondientes a las unidades C2 o, más probablemente, C1 y C0.

10.10.2.4. Geometría del acuífero

El acuífero de Cretácico del Girona está constituido por las margas del Neocomiense (C1) y las calizas intercaladas (C0), y en la parte oriental, en el relieve de la Sella, el acuífero lo conforma también la serie cretácica del Aptiense al Cenomaniense (C2, C3 y C4). Excepto en esta zona, el acuífero está recubierto de materiales cuaternarios. El muro del acuífero lo constituye las propias margas neocomienses que, en la zona oriental también conforman el techo.

Los límites del acuífero presentan las siguientes características:

- Límite norte: Es un límite cerrado, que está definido por un conjunto de fracturas, más o menos longitudinales al río Girona, que ponen en contacto al acuífero con formaciones impermeables miocenas. En la parte occidental del relieve de la Sella el acuífero podría tener un límite abierto que le pondría en contacto con el acuífero de Pego-Denia.
- Límite suroriental: Abierto con conexión al acuífero de la Depresión de Benisa.
- Límite sur y suroccidental: Cerrado por los materiales margosos del Neocomiense en contacto con el acuífero de Solana de la Llosa.
- Límite occidental: Cerrado por contacto mecánico con las margas miocenas M1, aunque podría existir conexión con el aluvial del río Girona y, a través de él, con el acuífero de Orba.

La superficie total del acuífero es de 17.4 km², de los que 1.5 km² corresponden a afloramientos permeables cretácicos (C2 y C4) y 0.9 km² a afloramientos del Neocomiense (C1).

10.10.3. Piezometría del acuífero de Cretácico del Girona

Dentro de los límites del acuífero hay inventariados numerosos puntos, que en su mayor parte son sondeos con profundidades que varían entre 100 y 460 m (ver Tabla 10.11.1). Se distinguen dos zonas en la distribución de los sondeos: por un lado la zona de la Sella donde se agrupan varios puntos, fundamentalmente en la parte occidental de ésta y, por otro, la zona occidental del acuífero, al noreste de Benidoleig donde se localizan numerosos puntos (Figura 10.10.2). Entre estas dos zonas probablemente se encuentre una zona de baja permeabilidad que podría estar relacionada con alguna inyección de Keuper a favor de la fractura E/ESE-O/ONO descrita en el apartado de Tectónica.

Nº IGME	Toponimia	UTM x	UTM y	z (m)	Naturaleza	Año	Prof. (m)	Periodo	Serie
303220012	CAMINO SANET	757400	4298450	79	Sondeo		113		
303220014	PEDREGALS O PERIS	758348	4299025	75	Sondeo		120		
303220060	POZO LA RACONA	758415	4297825	125	Sondeo	1978	460	1984-1989	Muy Deficiente
303220061	LA TEULERS nº 1	757004	4298011	105	Sondeo	1981	247	1988-2005	Deficiente
303220062	LA TEULERS nº 2	757089	4297853	120	Sondeo	1981	300	1989-1990	Muy Deficiente
303230002		763011	4299677	50	Galería		16		
303230017	POZO SAN BARTOLOME	763651	4299613	50	Sondeo	1972	181	1980-2001	Deficiente
303230018		763760	4299422	110	Sondeo	1972	109		
303230019	SONDEO MOLINET	763727	4299881	50	Sondeo		140		
303230020		763467	4300325	39.67	Pozo con sondeo		226		
303230022	ALBARDONERO	765675	4299885	95	Sondeo		130		
303230024		763913	4299721	60	Pozo con sondeo		97		
303230058	LES PLANS	759218	4299818	60	Sondeo		110		
303230061	LES PLANTAES nº2	759216	4299819	60	Sondeo		333	1985-1989	Muy Deficiente
303230062	LA ACTUAL	759503	4299837	60	Sondeo	1981	340	1985-1989	Muy Deficiente
303230064	S. DE RIEGOS POZO MULTER-2	764611	4299491	70	Sondeo	1984	325		
303230068	MURTAR nº 1	763748	4300067	60	Sondeo	1976	344		
303230090		763718	4300374	60	Sondeo				

Nº IGME	Toponimia	UTM x	UTM y	z (m)	Naturaleza	Año	Prof. (m)	Periodo	Serie
303230094		758945	4299981	48	Manantial				
303230096		758945	4299981	48	Manantial				
303230097	COVA CALAVERAS	759071	4298343	90	Galería		80		
303230102	PORVENIR	763362	4299624	50	Sondeo	1983	230		
303230103		765976	4299257	120	Sondeo		220		
303230122	PARTIDA RAFALET	759638	4299822	66	Sondeo	1983	320		
303230128	CARAGUSSOS	759694	4299793	22	Sondeo	2006	405		
303240032	BISEROT	766606	4299137	73	Sondeo	1972	218		
303240060	BISEROT	766701	4299011	75	Pozo	1984	290		
303240082	SELLA	766248	4299143	92	Sondeo		220		

Tabla 10.10.1 Puntos de agua en el acuífero de Cretácico del Girona

El análisis de la evolución piezométrica (Figura 10.10.3) no permite aclarar la relación entre las dos zonas del acuífero del Cretácico del Girona descritas anteriormente debido a la escasez de datos. De los puntos que se muestran en la Figura 10.10.3, únicamente el 303240068 corresponde al sector de la Sella, al este de ésta. El resto corresponden a los alrededores de Benidoleig, al oeste de la zona de máxima aglomeración de puntos. Los niveles iniciales en esta zona, correspondientes a los años 70, estaban entre 60 y 80 m s.n.m., y se observan niveles mínimos en la segunda mitad de los años 80 y de los 90. En el documento IGME-DPA (2001), se muestra la evolución piezométrica del punto 303230020, con unos niveles que varían entre 50 y -20 m s.n.m., y en el que los niveles presentan un descenso continuo desde principios de los noventa, coincidiendo con un periodo de máximas extracciones. En este mismo documento se menciona la similitud entre la evolución y valores de la piezometría en el acuífero de Cretácico del Girona y el de Solana de la Llosa (en la parte norte y oriental), asimilando esta similitud a un régimen pluviométrico y de explotación similares, no a una conexión hidráulica entre ambos.

Figura 10.10.1 Acuífero de Cretácico del Girona

Figura 10.10.2 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Cretácico del Girona

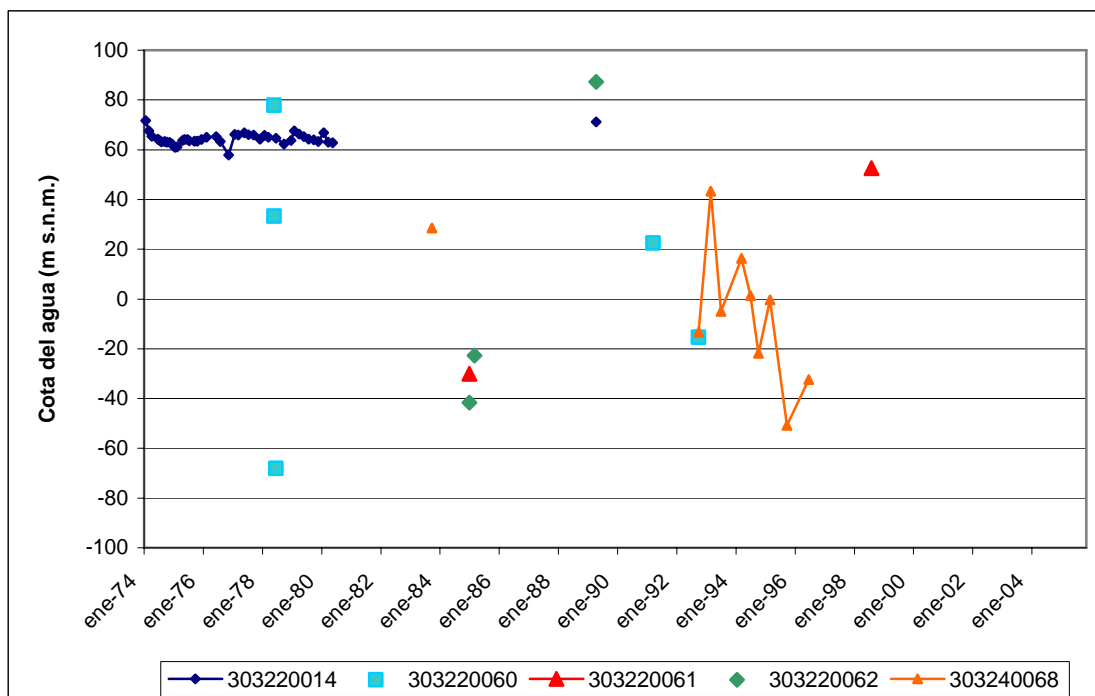


Figura 10.10.3 Evolución piezométrica en el acuífero de Cretácico de Girona

La dirección y sentido de flujo es hacia los pozos de extracción.

10.10.4. Uso del agua del acuífero de Cretácico del Girona

Los datos de extracciones anuales disponibles en el acuífero de Cretácico del Girona están representados en la Figura 10.10.4, aunque los datos son incompletos, no recogiéndose, entre otras, las máximas extracciones realizadas en la primera mitad de los años 80 y de los 90.

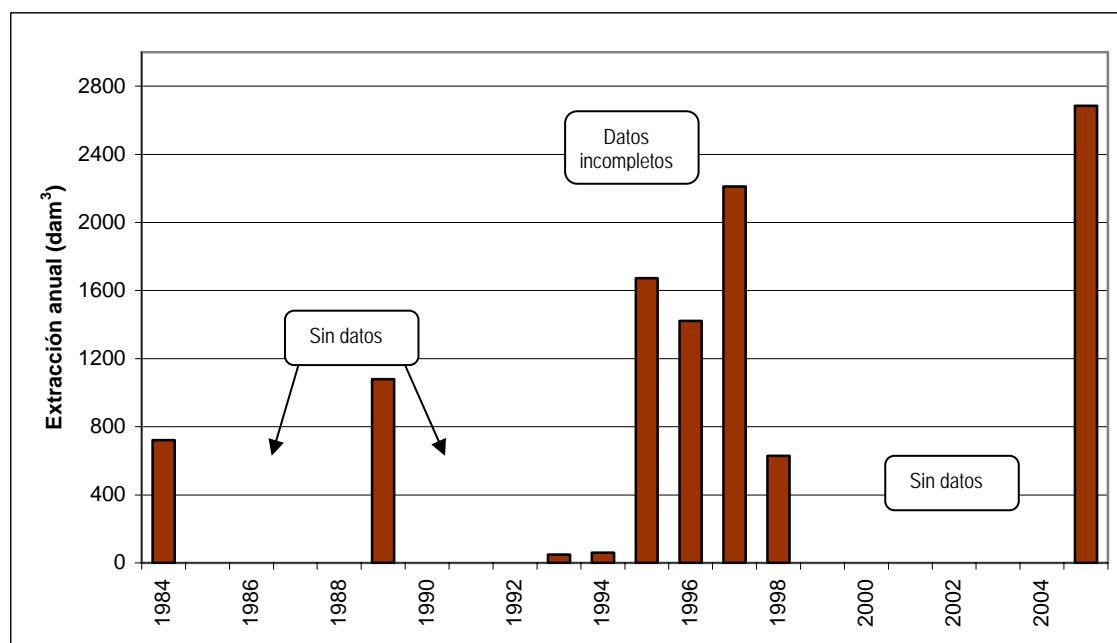


Figura 10.10.4 Extracciones anuales en el acuífero de Cretácico del Girona

El agua extraída se utiliza, en su mayor parte, para regadíos, fundamentalmente para cítricos. Las principales zonas de extracción se sitúan en los términos de Benidoleig y Gata de Gorgos, aunque también se riegan terrenos de Orba, Pedreguer y Jávea.

En la actualidad hay dos pozos que se utilizan para abastecimiento urbano: 303220012 y 303220061, pertenecientes ambos a la Comunidad de regantes de Benidoleig. El primero de ellos se usa para abastecimiento a Benisa (274 dam³ en 2005), mientras que el segundo se utiliza para abastecimiento a Benidoleig cuando la Cova de las Calaveras (303230097) no tiene suficiente caudal. Este último punto, como ya se ha indicado, abastece a Benidoleig, y pertenece al ayuntamiento de dicha localidad. En la zona de la Sella, el sondeo 303240032 se utilizaba para abastecimiento a Jesús Pobre, pero en la actualidad se usa para regadío.

En el estudio IGME-DPA (2001) se han asignado unos bombeos medios de 4.64 hm³/a, de los que 0.41 hm³/a corresponden a bombeos urbanos (para el año 2000) y 4.23 hm³/a son bombeos agrícolas.

10.10.5. Funcionamiento hidráulico y balance hídrico del acuífero de Cretácico del Girona

La recarga del acuífero por infiltración directa de agua de lluvia es escasa teniendo en cuenta que la superficie de acuífero aflorante es pequeña (1.5 km², frente a una superficie total de 17.4 km²). Las entradas principales proceden de los acuíferos de la Depresión de Benisa y, sobre todo, del acuífero detrítico de Pego-Denia, del que recibe alimentación vertical mediante un efecto de goteo, en aquellas zonas en las que las formaciones permeables del acuífero de Cretácico del Girona contactan directamente con los sedimentos del acuífero de Pego-Denia. Parece probable que exista una conexión con el acuífero de Orba a través de los sedimentos aluviales del río Girona.

Las salidas tienen lugar a través de bombeos, que se dedican fundamentalmente a la agricultura.

En el documento IGME-DPA (2001) se establece el balance hídrico para un año medio que se presenta en la Tabla 10.10.2, en el que se observa un déficit de agua.

ENTRADAS (hm ³ /a)	Infiltración directa de agua de lluvia	0.40
	Transferencia lateral de los acuíferos de Pego-Denia y Orba	2.20
	Transferencia lateral del acuífero de la Depresión de Benisa	1.30
	TOTAL	3.90
SALIDAS (hm ³ /a)	Bombeos urbanos (año 2000)	0.41
	Bombeos agrícolas	4.23
	TOTAL	4.64

Tabla 10.10.2 Balance hídrico en el acuífero de Cretácico del Girona

10.10.6. Hidroquímica del acuífero de Cretácico del Girona

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas del acuífero de Cretácico del Girona se ha llevado a cabo partiendo de los datos obtenidos en una campaña de muestreo realizada en enero de 2007 y de los datos procedentes de las redes de control del IGME y Diputación de Alicante.

10.10.6.1. Muestreo de agua subterránea

Para la caracterización del acuífero objeto de estudio se ha seleccionado un punto de agua para su muestreo y posterior análisis. Así, se ha muestreado un sondeo, cuyos recursos se destinan al abastecimiento.

En la Tabla 10.10.3 Punto de agua muestreado en enero de 2007 en Cretácico del Girona. se incluye el código del punto muestreado y los resultados obtenidos para los parámetros analizados en campo (conductividad, pH y temperatura del agua):

Código	Nº orden	Nat.	Fecha de muestreo	Prof (m)	Uso	Cond (µS/cm)	pH	T (°C)
303220061	1	Sondeo	12/01/2007	246	Abto.	750	8.5	14

Tabla 10.10.3 Punto de agua muestreado en enero de 2007 en Cretácico del Girona.

En la Figura 10.10.2 se observa la distribución espacial de los puntos de control hidroquímico.

El estudio que aquí se presenta se basa en el análisis de los datos obtenidos durante el desarrollo del proyecto, con el muestreo y posterior análisis químico de la muestra de agua procedente del punto de control indicado.

10.10.6.2. Análisis de laboratorio

10.10.6.2.1. Análisis históricos de redes de control: información existente

Los puntos de control que cuentan con datos hidroquímicos históricos varía, tanto en el número de análisis, como en periodo de control, o parámetros analizados.

En la Tabla 10.10.4 se incluyen el número de análisis efectuados en cada punto de agua, así como el periodo en el que se realizaron para cada uno de los puntos de control existentes en el acuífero objeto de estudio.

Acuífero	Nº Registro	Nº Análisis	Periodo al que se refieren los datos
Cretácico del Girona	303220012	1	1998
	303220060	1	1978
	303230018	1	1973
	303230058	1	2000
	303230097	15	1990-2001
	303230122	1	2000

Tabla 10.10.4 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Cretácico del Girona

Los parámetros analizados en cada uno de los análisis registrados comprende la determinación total o parcial de parámetros fisicoquímicos, iones mayoritarios, metales pesados, etc. En ocasiones sólo se dispone de valores de conductividad o cloruros.

En la Figura 10.10.5 se incluye un gráfico de evolución de distintos parámetros (cloruros, sulfatos y bicarbonatos) del punto que cuenta con un registro más amplio en el acuífero, cuya localización geográfica se puede ver en la Figura 10.10.2.

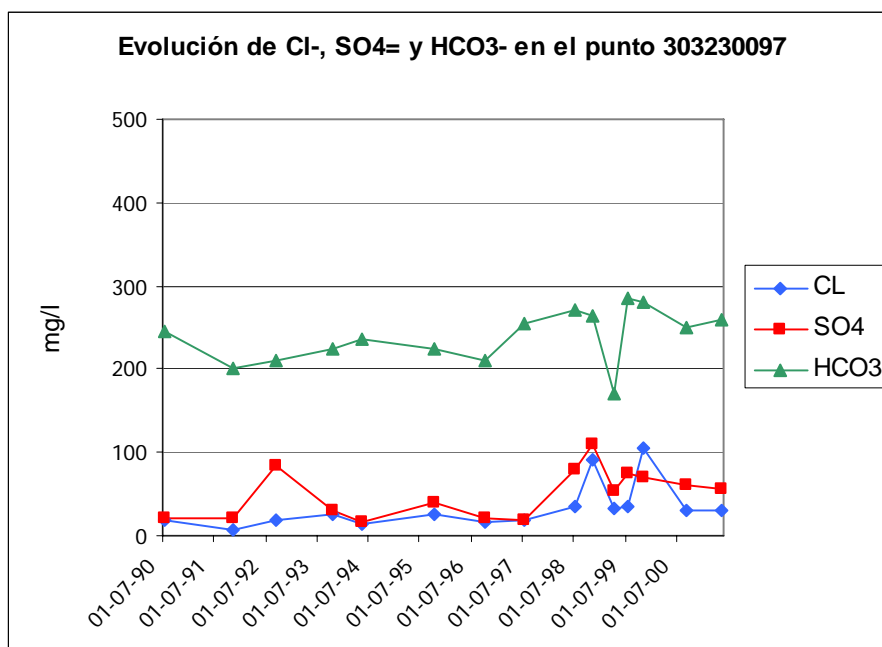


Figura 10.10.5 Evolución de aniones en el punto 303230097 del acuífero de Cretácico del Girona

Se observa que en el punto 3032-3-0097 los resultados analíticos disponibles muestran concentraciones relativamente bajas, inferiores a 200 mg/l de sulfatos y de cloruros, e inferiores a 300 mg/l de bicarbonatos.

10.10.6.2.2. Determinaciones analíticas

En el punto muestreado se ha llevado a cabo un análisis de parámetros fisico-químicos (conductividad y pH) y constituyentes mayoritarios (sodio, potasio, calcio, magnesio, amonio, nitritos, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos), DQO, fosfatos, sílice, boro, bromuros, hierro y manganeso.

En la muestra analizada el error analítico es bajo (Tabla 10.10.5):

Nº orden	Código	CE (µS/cm)	Error analítico (%)
1	303220061	631	-4,97

Tabla 10.10.5 Error analítico de la muestra de agua subterránea en el acuífero de Cretácico del Girona

10.10.6.3. Interpretación de resultados

10.10.6.3.1. Caracterización hidroquímica general

En la Tabla 10.10.6 se incluyen los resultados analíticos proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME en Tres Cantos (Madrid).

El agua analizada presenta una mineralización media (con una conductividad de 631 microS/cm). En el caso de los aniones, presenta una concentración de bicarbonatos de 144 mg/l de HCO_3^- , de sulfatos de 74 mg/l de $\text{SO}_4^{=}$ y de cloruros de 34 mg/l de Cl^- .

En cuanto a los cationes, el calcio presenta una concentración de 82 mg/l de Ca^{++} ; el sodio de 17 mg/l de Na^+ , el potasio de 3 mg/l de K^+ y el magnesio de 11 mg/l de Mg^{++} .

Las especies nitrogenadas analizadas presentan valores de nitratos de 42 mg/l de NO_3^- ; por su parte, los nitritos y amonio no se detectan en las muestras analizadas.

Nº	Denominación	Fecha	Cond	pH	Cl-	SO4=	HCO3-	CO3=	NO3-	Na+	Mg++	Ca++
1	303220061	12/01/2007	631	7,4	34	74	144	0	42	17	11	82
			K+	NO2-	NH4+	B	P2O5	SiO2	Fe	Mn	Error	
			3	0	0	0	0	8,8	0	0,06	-4,97	

Tabla 10.10.6 Resultados analíticos de Cretácico del Girona proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH

En la Figura 10.10.6 se incluye el diagrama de Piper correspondiente a la muestra de agua subterránea analizada, que permite clasificar a las muestras atendiendo a los aniones y cationes predominantes.

Atendiendo al anión predominante se observa que la composición del agua analizada presenta una composición mixta bicarbonatada-sulfatada.

En cuanto a los cationes, el agua subterránea tiene una composición cálcica.

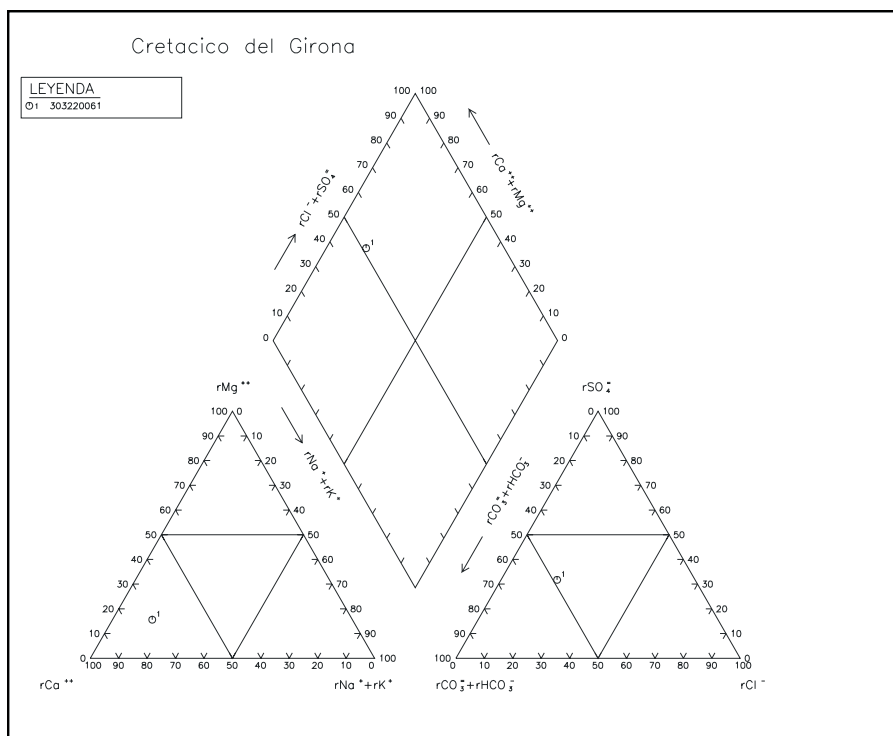


Figura 10.10.6 Diagrama de Piper para el acuífero de Cretácico del Girona

En la Figura 10.10.7 se incluye el diagrama de Schöeller-Berkaloff en el que se observa, como cabía esperar, que el agua muestreada presenta una composición bicarbonatada-sulfatada cálcica con bajos contenidos del resto de iones mayoritarios (cloruros, sulfatos, sodio y magnesio).

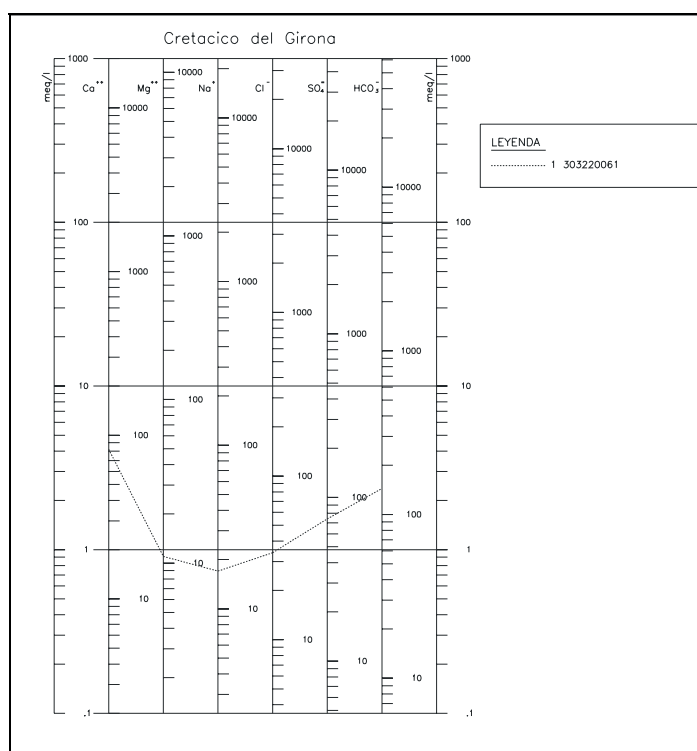


Figura 10.10.7 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra analizada en el acuífero de Cretácico del Girona

10.10.6.4. Aptitud de las aguas para distintos usos

10.10.6.4.1. Abastecimiento

Para analizar la aptitud de las aguas analizadas para abastecimiento humano se ha llevado a cabo un estudio de la normativa vigente.

Con respecto a la calidad de las aguas analizadas, los resultados analíticos indican que en el agua subterránea analizada los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano. (Tabla 10.10.7).

Nº	Denominación	Cond	Cl-	SO4=	NO3-	Na+	NO2-	Mn
1	303220061	631	34	74	42	17	0	0
Concentración máxima admisible (*)		2500	250	250	50	200	0,1	0,05

(*) R.D. 140/2003 de 7 de febrero

Datos expresados en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.

Tabla 10.10.7 Aptitud del agua subterránea analizada en Cretácico del Girona para abastecimiento humano.

10.10.6.4.2. Aptitud de las aguas para regadío

A continuación se analiza la aptitud de las aguas subterráneas para regadío, considerando los problemas que en ocasiones puede plantear su utilización.

En la Figura 10.10.8 se presenta la clasificación de las aguas analizadas para usos agrícolas, según la clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff (S.A.R.). Se trata de un agua con peligro de salinización medio (C2) y de alcalinización bajo (S1).

Las aguas de la clase C2 tienen una salinidad media, con conductividades comprendidas entre 250 y 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que corresponden aproximadamente a 160-480 mg/l de sólidos disueltos. Pueden usarse para cultivos moderadamente tolerantes a las sales (alfalfa, trigo, zanahoria, cebolla, coliflor, etc.) aunque, como se comentó en el capítulo 0, en la zona de estudio la tolerancia de los cultivos a la salinidad es mayor.

Con respecto al peligro de alcalinización del suelo, las aguas de la clase S1 son aguas con contenidos bajos en sodio. Pueden usarse en la mayor parte de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable. Los cultivos sensibles, como los frutales de pipa, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

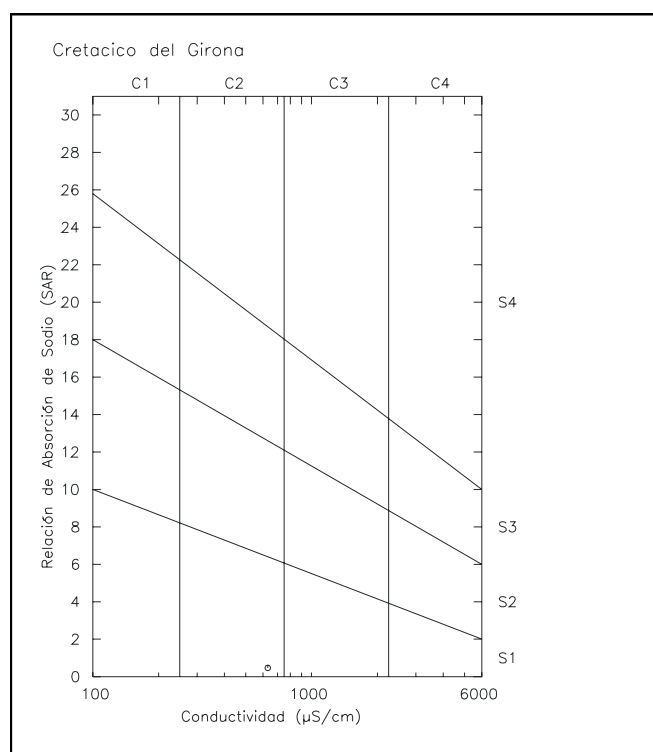


Figura 10.10.8 Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Cretácico del Girona

10.10.6.5. Distribución espacial de la calidad del agua subterránea

Para estudiar la distribución espacial que presenta el agua subterránea analizada, se ha elaborado un mapa hidroquímico de facies.

En el Plano 3 se representa el diagrama de Stiff correspondiente al punto de agua muestreado.

La forma del diagrama de Stiff da idea del tipo de agua y su tamaño permite apreciar con rapidez el grado de salinidad que presentan las aguas.

En el Plano 3 se observa que el agua analizada presenta una facies bicarbonatada-sulfatada cálcica, con un grado de salinidad medio.

10.10.7. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Cretácico del Girona

Acuífero carbonatado cretácico cerrado por contacto con margas neocomienses y miocenas, excepto el límite suroriental donde se pone en contacto con el acuífero de la Depresión de Benisa, y en el noroccidental donde puede haber conexión con los acuíferos de Pego-Denia y de Orba. En la figura Figura 10.10.9 se muestran estos límites y se resumen las principales características del acuífero. La leyenda de la figura se localiza a continuación de la Figura 10.1.5.

La recarga se produce fundamentalmente por transferencia lateral de los acuíferos enumerados anteriormente (Depresión de Benisa, Pego-Denia y Orba), y por infiltración directa de agua de lluvia. La descarga tiene lugar por bombeos, fundamentalmente para uso agrícola.

La dirección y sentido de flujo es hacia los pozos de bombeo. Los niveles han variado desde los años 70 entre 90 y -70 m s.n.m., presentando actualmente una evolución descendente.

Figura 10.10.9 Ficha resumen del acuífero de Cretácico del Girona

10.11. ACUÍFERO DE JESÚS POBRE

10.11.1. Introducción y antecedentes del acuífero de Jesús Pobre

Comprende el relieve o pequeña sierra localizada inmediatamente al norte y oeste de la población de Jesús Pobre, así como la pequeña planicie desarrollada inmediatamente al NO del mismo. Aunque, como se verá más adelante, los materiales constituyentes del pie oriental de dicho relieve pertenecen a otro acuífero.

Hay muy poca documentación específica sobre este acuífero, aunque sí que está englobado en algunos documentos más generales:

DPA (1988). *Informe sobre el bombeo de ensayo realizado en Jesús Pobre (Alicante)*

DPA-ITGE (1992). *Determinación y actualización de las explotaciones en el acuífero de Jesús Pobre (Alicante)*

10.11.2. Litología y geometría del acuífero de Jesús Pobre

10.11.2.1. Estratigrafía

En el mencionado relieve se presentan materiales C2, constituidos por calizas bioclásticas, coralinas y de rudistas a la base, y arenosas, con algún nivel margoso intercalado, a techo, del Aptiense. Estos materiales se disponen sobre materiales C1 (margas y margocalizas con intercalaciones de calizas bioclásticas y arenosas, del Neocomiense-Barremiense).

La planicie al oeste de este relieve está constituida por materiales terciarios de la unidad M2 (alternancia de niveles de margas y margocalizas con niveles de calizas limosas o arenosas que rápidamente pasan a niveles de margas grises de aspecto noduloso y arcillas limosas, de edad Mioceno medio), discordantes sobre los cretácicos del relieve. Sobre estos materiales terciarios se desarrollan aluviales (depósitos de material fino, limosos y de arcillas con cantos), de escasa importancia, asociados a la red hidrográfica.

10.11.2.2. Tectónica

El mencionado relieve presenta, básicamente, una estructura monoclinal orientada NNE-SSO, con tendencia a cierre periclinal anticlinal en su extremo norte. Se presenta afectado por fracturas NE-SO, sobre todo marcadas en la unidad C 2, la más competente desde el punto de vista geodinámico. La unidad C 2 del dorso occidental de este relieve presenta afloramiento continuo con la que conforma la parte baja (suroccidental) de la sierra de Montgó.

Es una incertidumbre la relación entre este relieve y el de la Sella, vecino por el oeste y perteneciente a otra unidad acuífera (Cretácico del Girona), actualmente oculta por los depósitos miocenos. Posiblemente, la distinta estructura que presentan ambos relieves hace factible la existencia de una falla NNO-SEE que los separaría. Los materiales terciarios y cuaternarios comportan una estructura subhorizontal, ocultando la posibilidad manifestada.

10.11.2.3. Sondeos

Los sondeos existentes en esta área pueden agruparse según sectores bien definidos por su contexto geológico. Primeramente, hay un grupo de sondeos integrado por los emplazados en el relieve. Dos de ellos (303240056 y 303240033) se localizan en el dorso occidental del mismo, sobre la unidad C2, disponiéndose de datos del primero (280 m de profundidad y litología caliza con alguna intercalación margosa y areniscosa preferentemente hacia abajo).

Otro grupo (5 sondeos) se refiere a los existentes sobre la unidad miocena, al oeste del relieve. Uno de ellos (303240060) tiene 340 m de profundidad y ha atravesado margas, calizas, calcarenitas (0-173 m probablemente terciarias), calizas (173 a 334 m, posiblemente cretácicas) y arcillas y margas rojas (Keuper?) en los 6 m más bajos. Otro (250 m de profundidad) ha atravesado calizas (probablemente de la unidad C2) con una intercalación de 5 m de arcillas rojas (probablemente una zona karstificada, más probable que Keuper). Si se confirma la presencia de Keuper en estos sondeos o en algunos de ellos, podría confirmarse la posibilidad de que este relieve esté separado del vecino de La Sella (acuífero del Cretácico del Girona) por un accidente tectónico NNO-SSE, según se ha apuntado en el apartado de Tectónica.

10.11.2.4. Geometría del acuífero

El acuífero de Jesús Pobre es un acuífero bicapa y está constituido por las calizas bioclásticas del Aptiense (C2) y por las margas con barras de calizas del Neocomiense (C1).

Casi todos los límites del acuífero se han considerado cerrados en superficie, aunque hay que tener en cuenta la continuidad lateral de las formaciones cretácicas en el acuífero de Montgó. El límite norte lo constituye las margas del Aptiense-Albiense (C3), mientras el límite este y sureste viene definido por las propias margas del Neocomiense (C1) que, a su vez, conforman el muro del acuífero. El límite oeste es poco conocido, y está posiblemente relacionado con una falla que separaría el acuífero de Jesús Pobre del de Cretácico del Girona. Los límites sur y suroeste podrían considerarse abiertos, en contacto con el acuífero de la Depresión de Benisa.

Teniendo en cuenta los límites del acuífero definidos, la superficie total es de 3.65 km².

Figura 10.11.1 Acuífero de Jesús Pobre

10.11.3. Piezometría del acuífero de Jesús Pobre

Se han inventariado nueve puntos de agua en el acuífero de Jesús Pobre, que se encuentran situados fundamentalmente en la parte central del acuífero, y también al norte (Tabla 10.11.1 y Figura 10.11.2). La profundidad de los puntos generalmente supera los 250 m.

Nº IGME	Toponimia	UTM x	UTM y	z (m)	Naturaleza	Año	Prof (m)	Periodo	Serie
303240009	JESÚS POBRE	767912	4299044	100	Pozo perforado				
303240030	SONDEO BISEROT	767320	4300049	80	Sondeo	1980	100		Muy Deficiente
303240033	BISEROT - I y II	767567	4299366	115	Sondeo		290	1979-2001	Aceptable
303240034		767970	4300020	95	Sondeo	1973	334		
303240037		767782	4298544	95	Sondeo	1980	110		
303240055	CAMINO BISEROT	767363	4299298	100	Sondeo	1984	250	1980-1993	Deficiente
303240056	BISEROT - III	767569	4299388	115	Sondeo	1981	280		Muy Deficiente
303240083	ABASTECIMIENTO - JESÚS POBRE	766842	4299150	30	Sondeo		300		
303240084	BISEROT - JESÚS POBRE	766848	4299200	68	Sondeo		293		

Tabla 10.11.1 Puntos de agua en el acuífero de Jesús Pobre

Se dispone de serie temporal del punto 303240033, que capta barras calizas del acuífero neocomiense, y que se representa en la Figura 10.11.3. También se ha representado el punto 303240075, del que se desconoce su situación y que podría pertenecer a este acuífero o al del Cretácico del Girona, y el 303240068, que pertenece a este último acuífero, situado al este de la Sella, y captando probablemente las calizas aptienses C2. En la serie representada del punto 303240033 se aprecia que los niveles están siempre bajo el nivel del mar, incluso un dato inicial de 1979, hasta alcanzar valores cercanos a 80 m b.n.m., con una tendencia descendente continuada hasta 2001. Por lo que se observa en la serie del sondeo 303240075, los niveles han sufrido un ascenso en los últimos cuatro años, pero se desconoce si esto se puede aplicar al acuífero de Jesús Pobre. En la Figura 10.11.3 se aprecia también como los niveles en el punto 303240068 están generalmente por encima de los del punto 303240033, por lo que esta diferencia en la piezometría podría confirmar la inclusión del relieve de la Sella en el acuífero de Cretácico del Girona en vez de en el de Jesús Pobre, aunque también podría estar relacionada con que los materiales que se captan en cada uno de los puntos no sean los mismos (C2 y barras del C1, respectivamente)

Figura 10.11.2 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Jesús Pobre

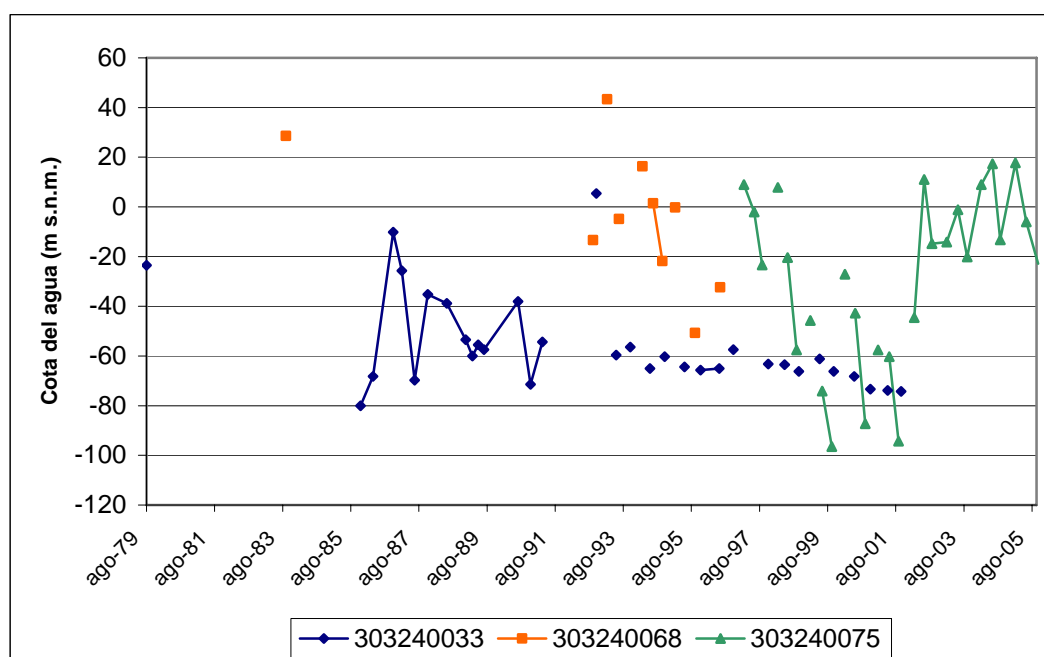


Figura 10.11.3 Evolución piezométrica en el acuífero de Jesús Pobre

La dirección de flujo es concéntrica, hacia los pozos de explotación.

10.11.4. Uso del agua del acuífero de Jesús Pobre

Se dispone de muy pocos datos de explotación del acuífero de Jesús Pobre. De los datos históricos de la DPA, se tienen únicamente datos anuales dispersos, mientras que en el inventario realizado en 2006 se recogió el dato de extracción para 2005 del único pozo en funcionamiento en esa fecha, que es el 303240083, que pertenece al Ayuntamiento de Jesús Pobre, y del que se extrajeron 50 dam³ para abastecimiento a dicha localidad. El pozo 303240084, muy cercano al anterior, y que no se ve afectado por él, también pertenece al Ayuntamiento de Jesús Pobre, pero se desconocen los volúmenes extraídos de él. Los pozos Biserot (I y II), que pertenecen a Aquagest Levante, S.A., y que se utilizan para abastecimiento a Jávea, se encontraban en la fecha del inventario equipados, pero sin uso. Asimismo, otros sondeos de la misma empresa (303240056) y de Aguas Municipales de Jávea, S.A. (303240039 y 303240069) están también sin utilizar.

En estudios previos se han recogido valores muy superiores de extracciones, aunque los límites no correspondían a los límites actuales, sino a una extensión mayor. Así en el *Mapa del Agua de la provincia de Alicante* de 1992, las extracciones se estiman en 0.5 hm³/a, mientras que en el documento DPA-IGME (1992) se establece el volumen extraído en 2.2 hm³/a (1.7 hm³/a para uso urbano y 0.6 hm³/a para agricultura) para el periodo 1989-91. Desde entonces las extracciones han

disminuido de forma significativa. Aunque en este último estudio se realiza una descripción detallada de la explotación de cada uno de los pozos, para el periodo de estudio, los códigos de los puntos de agua no corresponden a los que están actualmente en la base de datos del IGME, de manera que la información está confusa.

Tanto en el estudio IGME-DPA (2001), como en el *Mapa del Agua de la Provincia de Alicante* de 2007, se han establecido unas extracciones de 0.8 hm³/a (0.07 hm³/a para uso urbano y 0.73 hm³/a para uso agrícola), para aproximadamente los mismos límites que se presentan en el presente estudio.

10.11.5. Funcionamiento hidráulico y balance hídrico del acuífero de Jesús Pobre

En 1987 se realizó un ensayo de bombeo en el sondeo Biserot (probablemente el correspondiente al código 303240033). La transmisividad que se calculó para la recuperación es de 6.7 m²/día, y el coeficiente de almacenamiento de 1.12·10⁻³. Se recomienda no sobrepasar el caudal de explotación de unos 7 l/s, situando el grupo motobomba a unos 180 m.

Las entradas al acuífero se producen por infiltración directa de agua de lluvia. El tramo acuífero constituido por las barras de calizas neocomienses no puede recibir alimentación únicamente de infiltración directa de lluvia ya que la superficie aflorante es muy pequeña. Por tanto, también recibirán aportes de las formaciones permeables suprayacentes (C2), bien por goteo a través del acuitardo que las separa, o por contacto mecánico con ellas, así como por captaciones que ponen en contacto ambas formaciones acuíferas. Además, de acuerdo al estudio IGME-DPA (2001) también se producirían entradas laterales del acuífero de la Depresión de Benisa. Las salidas tienen lugar a partir de bombeos, que se contabilizan en dicho estudio en 0.8 hm³/a.

En el *Mapa del Agua de la provincia de Alicante* de 2007 se considera el mismo volumen bombeado, sin embargo, las entradas se asignan únicamente a infiltración directa de agua de lluvia. El balance hídrico considerado en el presente estudio, basado en este documento, se muestra en la Tabla 10.11.2.

ENTRADAS (hm ³ /a)	Infiltración directa de agua de lluvia	0.80
	TOTAL	0.80
SALIDAS (hm ³ /a)	Bombeos	0.80
	TOTAL	0.80

Tabla 10.11.2 Balance hídrico en el acuífero de Jesús Pobre

10.11.6. Hidroquímica del acuífero de Jesús Pobre

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas del acuífero de Jesús Pobre se ha llevado a cabo a partir de los datos de una campaña de muestreo realizada en enero de 2007 y de los datos procedentes de las redes de control del IGME y Diputación de Alicante.

10.11.6.1. Muestreo de agua subterránea

Para la caracterización del acuífero objeto de estudio se ha seleccionado un punto de agua para su muestreo y posterior análisis. Así, se ha muestreado un sondeo, cuyos recursos se destinan al abastecimiento.

En la Tabla 10.11.3 se incluye el código del punto muestreado y los resultados obtenidos para los parámetros analizados en campo (conductividad, pH y temperatura del agua):

Código	Nº orden	Nat.	Acuífero	Fecha de muestreo	Prof (m)	Uso	Cond (µS/cm)	pH	T (°C)
3032-4-0083	16	Sondeo	Jesús Pobre	12/01/2007	300	Abto.	1110	7.8	17

Tabla 10.11.3 Punto de agua muestreado en enero de 2007 en Jesús Pobre

En la Figura 10.11.2 se observa la distribución espacial de los puntos de control hidroquímico.

El estudio que aquí se presenta se basa en el análisis de los datos obtenidos durante el desarrollo del proyecto, con el muestreo y posterior análisis químico de la muestra de agua procedente del punto de control indicado.

10.11.6.2. Análisis de laboratorio

10.11.6.2.1. Análisis históricos de redes de control: información existente

Los puntos de control que cuentan con datos hidroquímicos históricos varía, tanto en el número de análisis, como en periodo de control, o parámetros analizados.

En la Tabla 10.11.4 se incluyen el número de análisis efectuados en cada punto de agua, así como el periodo en el que se realizaron para cada uno de los puntos de control existentes en el acuífero objeto de estudio.

Acuífero	Nº Registro	Nº Análisis	Periodo al que se refieren los datos
Jesús Pobre	303240056	1	1988

Tabla 10.11.4 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Jesús Pobre

Los parámetros analizados en cada uno de los análisis registrados comprende la determinación total o parcial de parámetros fisicoquímicos, iones mayoritarios, metales pesados, etc. En ocasiones sólo se dispone de valores de conductividad o cloruros.

10.11.6.2.2. Determinaciones analíticas

En el punto muestreado se ha llevado a cabo un análisis de parámetros fisico-químicos (conductividad y pH) y constituyentes mayoritarios (sodio, potasio, calcio, magnesio, amonio, nitritos, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos), DQO, fosfatos, sílice, boro, bromuros, hierro y manganeso.

Además, se han realizado análisis isotópicos de ^{18}O , ^2H y Tritio en el punto muestreado.

10.11.6.2.3. Laboratorios

Las determinaciones analíticas de constituyentes mayoritarios y minoritarios se han realizado en el laboratorio de aguas del IGME en Tres Cantos (Madrid).

Por su parte, los análisis isotópicos se han llevado a cabo en el CEDEX.

Ambos laboratorios están dotados de la tecnología adecuada para la realización de los análisis indicados.

10.11.6.2.4. Control de calidad analítica: error analítico

En la muestra analizada el error analítico es bajo:

Nº orden	Código	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Error analítico (%)
16	303240083	917	-4,80

Tabla 10.11.5 Error analítico de la muestra de agua subterránea en Jesús Pobre

10.11.6.3. Interpretación de resultados

Los datos de análisis químicos de aguas subterráneas se han sometido a un tratamiento tanto numérico, como gráfico.

10.11.6.3.1. Caracterización hidroquímica general

En la Tabla 10.11.6 se incluyen los resultados analíticos proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME en Tres Cantos (Madrid).

El agua analizada presenta una mineralización media (con una conductividad de 917 microS/cm). En el caso de los aniones, presenta una concentración de bicarbonatos de 252 mg/l de HCO_3^- , de sulfatos de 78 mg/l de SO_4^- y de cloruros de 104 mg/l de Cl^- .

En cuanto a los cationes, el calcio presenta una concentración de 126 mg/l de Ca^{++} ; el sodio de 44 mg/l de Na^+ , el potasio de 2 mg/l de K^+ y el magnesio de 19 mg/l de Mg^{++} .

Las especies nitrogenadas analizadas presentan valores de nitratos de 42 mg/l de NO_3^- ; por su parte, los nitritos y amonio no se detectan en las muestras analizadas.

Nº	Denominación	Fecha	Cond	pH	Cl-	SO4=	HCO3-	CO3=	NO3-	Na+	Mg++	Ca++
16	303240083	12/01/2007	917	6.7	104	78	252	0	42	44	19	126
			K+	NO2-	NH4+	B	P2O5	SiO2	Fe	Mn	Error	
			2	0	0	0.078	0	12.5	0	0.05	-4.80	

Tabla 10.11.6 Resultados analíticos de Jesús Pobre proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH

En la Figura 10.11.4 se incluye el diagrama de Piper correspondiente a la muestra de agua subterránea analizada, que permite clasificar a las muestras atendiendo a los aniones y cationes predominantes.

Atendiendo al anión predominante se observa que la composición del agua analizada presenta una composición mixta bicarbonatada-clorurada.

En cuanto a los cationes, el agua subterránea tiene una composición cálcica.

En la Figura 10.11.5 se incluye el diagrama de Schöeller-Berkaloff en el que se observa, como cabía esperar, que el agua muestreada presenta una composición bicarbonatada-clorurada cálcica.

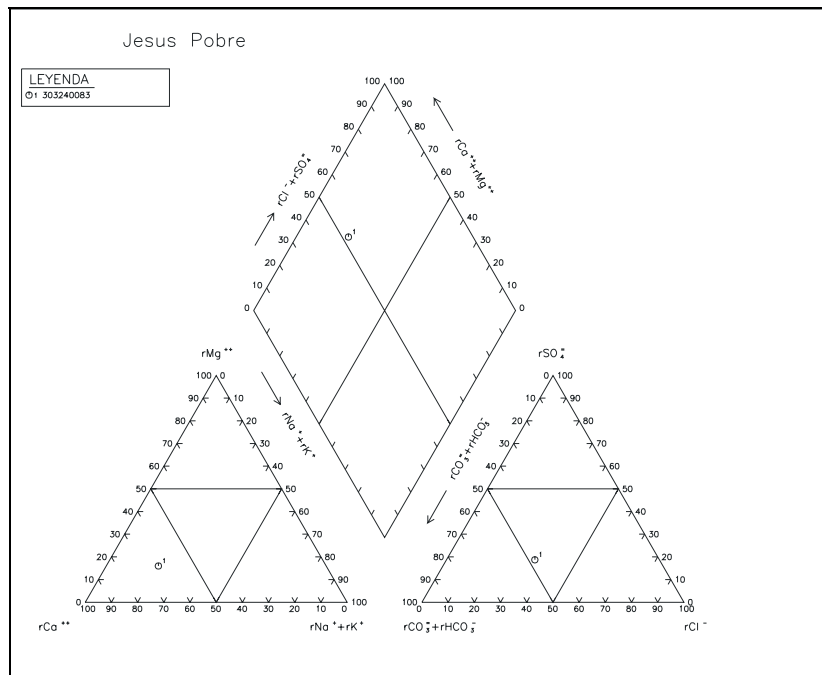


Figura 10.11.4 Diagrama de Piper en el acuífero de Jesús Pobre

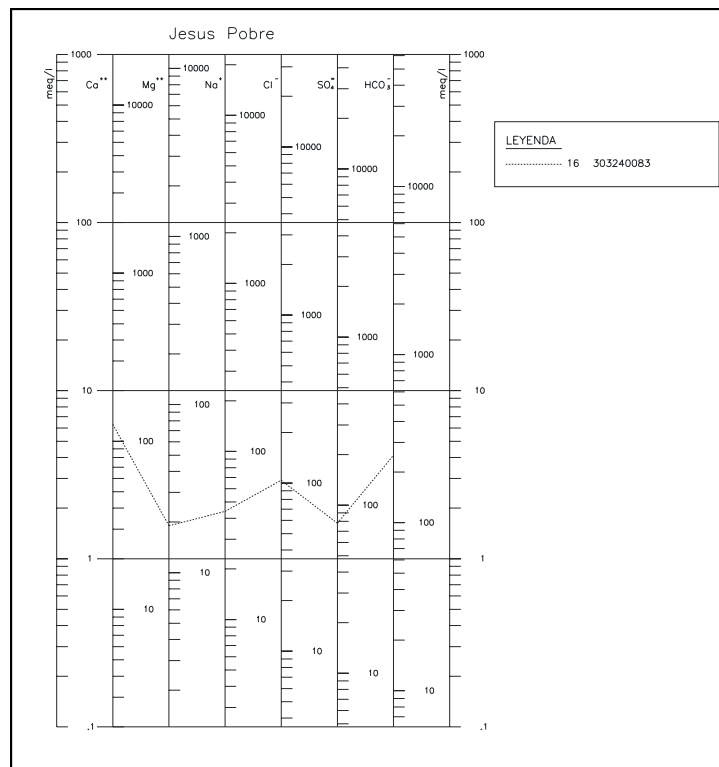


Figura 10.11.5 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra analizada en Jesús Pobre

10.11.6.4. Aptitud de las aguas para distintos usos

10.11.6.4.1. Abastecimiento

Para analizar la aptitud de las aguas analizadas para abastecimiento humano se ha llevado a cabo un estudio de la normativa vigente.

Con respecto a la calidad de las aguas analizadas, los resultados analíticos indican que en el agua subterránea analizada el manganeso se encuentra en el límite establecido de 0.05 mg/l de Mn (Tabla 10.11.7) aunque, como se comentó en el capítulo 9.4.1, estos valores no se consideran normales ya que no se han obtenido en estudios previos del acuífero ni en zonas próximas, y tendrán que ser objeto de un estudio específico.

En el resto de parámetros los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano.

Nº	Denominación	Cond	Cl-	SO4=	NO3-	Na+	NO2-	Mn
16	303240083	917	104	78	42	44	0	0,05
Concentración máxima admisible (*)		2500	250	250	50	200	0,1	0,05

(*) R.D. 140/2003 de 7 de febrero

Datos expresados en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.

Tabla 10.11.7 Aptitud del agua subterránea analizada en Jesús Pobre para abastecimiento humano

10.11.6.4.2. Aptitud de las aguas para regadío

A continuación se analiza la aptitud de las aguas subterráneas para regadío, considerando los problemas que en ocasiones puede plantear su utilización.

En la Figura 10.11.6 se presenta la clasificación de las aguas analizadas para usos agrícolas, según la clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff (S.A.R.). Se trata de un agua con peligro de salinización alto (C3) y de alcalinización bajo (S1).

Las aguas de la clase C3 son altamente salinas, con conductividades que oscilan entre 750 y 2250 μ S/cm, que corresponden a un total de sólidos disueltos comprendido entre 480 y 1440 mg/l aproximadamente. Estas aguas no pueden usarse en suelos de drenaje deficiente. Es preciso elegir plantas muy tolerantes a las sales (cebada, remolacha, espárragos, espinacas, etc) y con posibilidad de controlar la salinidad del suelo, aún con drenaje adecuado. Sin embargo, como se comentó en el

capítulo 0, estas restricciones en el uso deben tomarse con mesura en la zona de estudio ya que la tolerancia de los cultivos a la salinidad en la zona es mayor

Con respecto al peligro de alcalinización del suelo, las aguas de la clase S1 son aguas con contenidos bajos en sodio. Pueden usarse en la mayor parte de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable. Los cultivos sensibles, como los frutales de pipa, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

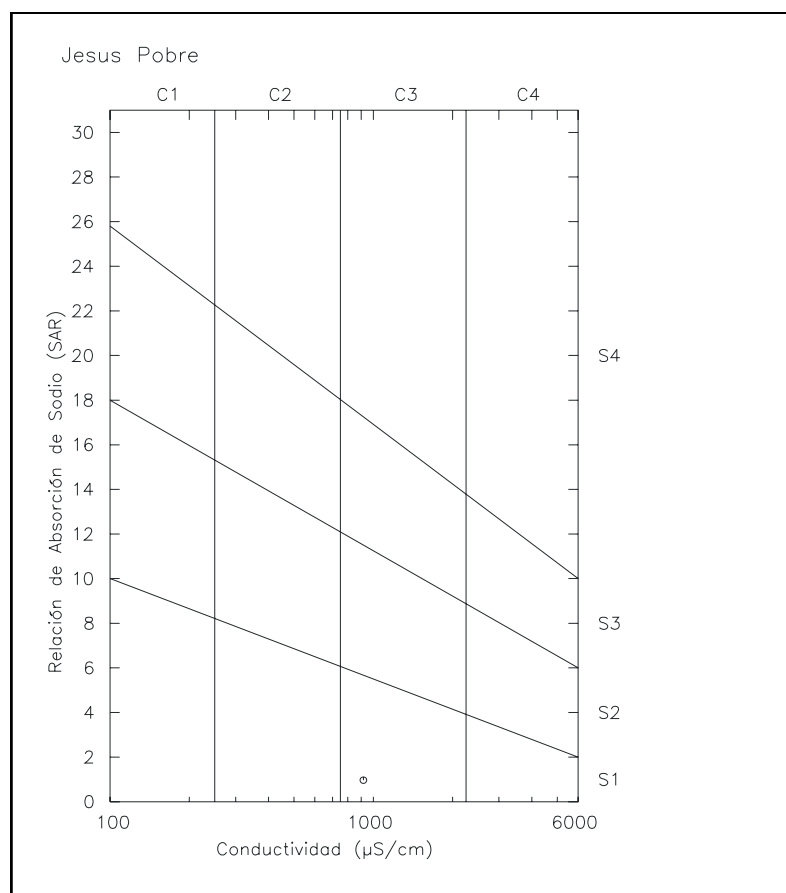


Figura 10.11.6 Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Jesús Pobre

10.11.6.5. Distribución espacial de la calidad del agua subterránea

Para estudiar la distribución espacial que presenta el agua subterránea analizada, se ha elaborado un mapa hidroquímico de facies.

En el Plano 3 se representa el diagrama de Stiff correspondiente al punto de agua muestreado.

La forma del diagrama de Stiff da idea del tipo de agua y su tamaño permite apreciar con rapidez el grado de salinidad que presentan las aguas.

En el Plano 3 se observa que el agua analizada presenta una facies bicarbonatada-clorurada cálcica, con un grado de salinidad alto.

10.11.7. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Jesús Pobre

Acuífero carbonatado cerrado por contacto con margas miocenas y margas del Neocomiense y materiales del Keuper en todos sus límites excepto en el sur, donde podría haber conexión con el acuífero de la Depresión de Benisa. En la Figura 10.11.7 se muestran estos límites y se resumen las principales características del acuífero. La leyenda de la figura se localiza a continuación de la Figura 10.1.5.

La recarga se produce a partir de infiltración directa de agua de lluvia y la descarga tiene lugar a través de bombeos para regadío y abastecimiento urbano.

La dirección y sentido de flujo vienen definidos por la explotación del acuífero.

Figura 10.11.7 Ficha resumen del acuífero de Jesús Pobre

10.12. ACUÍFERO DE MONTGÓ-DENIA

10.12.1. Introducción y antecedentes del acuífero de Montgó-Denia

Se trata de un área de 14 km de largo (en dirección este-oeste) y 4-6 km de anchura (en dirección norte-sur) que se dispone sobre dos zonas fisiográficamente (y, como se verá, también geológicamente) muy distintas: la sierra de Montgó al sur del área (con la ciudad de Jávea emplazada junto al borde sureste de dicha sierra) y sus prolongaciones occidentales, y la planicie costera de Denia, en el centro y norte de la misma.

Todo el borde norte y este del área es el litoral mediterráneo. El borde occidental es convencional, ya que la planicie costera sigue hacia el noroeste y norte, hacia la zona de Oliva. Finalmente, el borde sur es coincidente, aproximadamente, con el pie meridional de la sierra de Montgó.

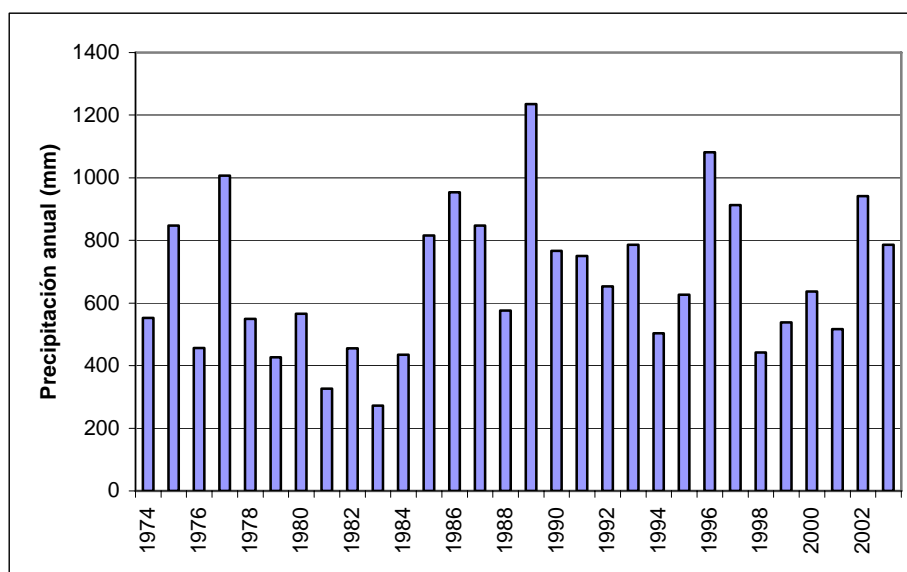


Figura 10.12.1 Precipitación total anual en la estación 8051U (Denia HS)



Foto 10.12.1 Vista del acuífero de Montgó desde el sur

10.12.2. Litología y geometría del acuífero de Montgó-Denia

10.12.2.1. Estratigrafía

La planicie costera de Denia

La planicie costera de Denia está constituida por depósitos cuaternarios, en su mayor parte, abanicos aluviales, glaciares y piedemontes, provenientes del pie norte de la sierra del Montgó. En el litoral, existen depósitos de playa y, a veces, de albufera.

En la planicie se presentan algunos asomos del sustrato bajo el cuaternario, concretamente materiales de la unidad C6 (Alternancias de calizas micríticas y niveles de margas, del Senoniense-Santoniense), constituyendo el cerro del castillo de Denia, y de la M2 (Alternancia de niveles de margas y margocalizas, con niveles calcáreos, del Mioceno medio), al ESE de dicha ciudad.

La sierra de Montgó

En la sierra de Montgó se presenta, de abajo a arriba de la misma, la siguiente sucesión de materiales:

- C2: Calizas bioclásticas, coralinas y de rudistas a la base, y arenosas, con algún nivel margoso intercalado, a techo, del Aptiense. Sólo se presenta en zonas concretas del borde suroeste y, sobre todo, norte de la sierra.

- C3: Alternancia de margas beige arcillosas y niveles de calizas nodulosas y bioclásticas, del Aptiense-Albiense.
- C4: Margas con intercalaciones de calizas margosas a la base, con calizas oolíticas y arenosas en la mitad del tramo, y calizas limosas y margosas a techo. Albiense-Cenomaniense. Es la unidad más extensamente representada, aflorando no sólo en ambas laderas de la sierra sino, sobre todo, en la gran superficie de erosión existente en la parte oriental de la misma.
- C5: Calizas micríticas a arcillas en la base y calizas reocrystalizadas y dolomitizadas a techo. Del Cenomaniense-Turonense. Esta unidad conforma los puntos culminantes de la sierra.
- C6: Alternancia de calizas micríticas de tonos claros, finamente tableadas y niveles de margas.
- Discordancia.
- O1: Calizas bioclásticas y arenosas a la base, y calizas limosas y margosas a techo. Se trata de un pequeño retazo discordante de extensión hectométrica.

Estos tres últimos términos conforman la parte más elevada de la sierra.

10.12.2.2. Tectónica

La planicie costera de Denia

Desde el punto de vista morfoestructural, corresponde a una estructura tabular, relacionada con la elaboración de una superficie de erosión, con depósito cuaternario, que enlaza el pie norte de la sierra de Montgó con el litoral. La estructura tabular probablemente persiste en una parte de los materiales que constituyen su sustrato, concretamente los correspondientes a la unidad M2 (Mioceno medio), aunque se desconoce la extensión de los mismos bajo el cuaternario.

Finalmente, hay que indicar que no se conoce la estructura del sustrato mesozoico existente bajo esta planicie.

La sierra de Montgó

La sierra de Montgó está constituida, fundamentalmente, por dos estructuras plegadas paralelas, un anticlinal al norte, y un sinclinal al sur, orientadas a grandes rasgos ONO-ESE, que dan lugar a un relieve invertido: deprimido en el caso del anticlinal y elevado en el del sinclinal. Hacia el este, la mencionada orientación se incurva ligeramente, hasta adoptar la ENE-OSO. En cualquier caso, toda la sierra es sensiblemente este-oeste, como dirección promedio predominante.

Más hacia el este de la terminación periclinal de la zona sinclinal mencionada existe una estructura monoclinal de orientación ONO-ESE y buzante hacia el NNE, es decir hacia el mar que, por contraste litológico, condiciona el trazado de la costa inmediatamente al norte del cabo de San Antonio

Toda la sierra está atravesada por un sistema de fracturas transversales respecto a su elongación general y que, por tanto, oscilan de NNE-SSO a NNO-SSE, según se vaya de oeste a este.

La estructura plegada de la sierra es clara en la parte central, más elevada de la misma, y algo más compleja en los extremos, sobre todo en el oriental. En el extremo oriental puede presentarse una estructura monoclin local, definida por la unidad C5, orientada NO-SE y buzante hacia el NE, es decir hacia el mar. Esta estructura explicaría el trazado costero entre Denia y el cabo de la Nao, cuyo modelado habría sido condicionado por la presencia de esta unidad, más resistente a la erosión que la C4, vecina.

Finalmente, hay que indicar que, en una zona concreta del pie meridional de la sierra, inmediatamente al noroeste de Jávea, existe una estructura arqueada de dimensión kilométrica. Ha sido interpretada como una falla normal pero, por sus características geomorfológicas, debe tratarse, más bien, de un gran deslizamiento de ladera. Los materiales afectados son los correspondientes a las unidades C4 (sobre todo) y C3, es decir materiales incompetentes desde el punto de vista geomecánico.

10.12.2.3. Sondeos

Al igual que para los apartados de Estratigrafía y Tectónica, también los sondeos pueden ser agrupados en, básicamente, esas dos grandes áreas.

Planicie costera de Denia

Se considerarán en este apartado todos los sondeos existentes al norte de la sierra de Montgó, enclavados en materiales cuaternarios, la mayor parte de los cuales conforman la planicie costera de Denia. Los sondeos se presentan según dos grandes agrupaciones: los existentes en la parte occidental de la planicie (y suroccidental del área), al sur de Torrecarrals, y los que se localizan a 0,5–1 km al sur de la ciudad de Denia.

La agrupación occidental (en las inmediaciones y alrededores de La Jara) está compuesta por unos 22 sondeos, de los cuales existen datos de los siguientes:

303230039: Con 233 m de profundidad, ha cortado una serie de arcillas, arenas, conglomerados, calizas y areniscas con caolín. La mayor parte o la totalidad de esta serie debe corresponder a la unidad M2, miocena, aflorante inmediatamente al este, aunque la parte baja puede ser cretácica.

303230112: De 110 m de profundidad, ha cortado una serie de tramos calizos y margosos, grosso modo alternantes decamétricamente, que debe corresponder, sobre todo (al menos desde los 25 m para abajo), a la unidad cretácica C5 que aflora en puntos cercanos y que constituiría prolongaciones de la sierra de Montgó.

303230048: Con 105 m de profundidad, ha cortado calizas, atribuibles a la unidad C5, también prolongaciones de las aflorantes en la sierra.

303230046: Con 135 m de profundidad, ha atravesado una serie calcárea (los 25 m superiores) y después de "tierra rojiza con bolos". Con esta descripción es difícil decidir la o las unidades litológicas atravesadas, miocenas o cretácicas. Por la localización del sondeo se considera más probable, no obstante, sean las segundas, correspondiendo entonces a una zona más karstificada.

303230114: Con 96 m de profundidad, ha cortado conglomerados y arcillas (probablemente Cuaternario) en los 10 m superiores, y debajo 75 m de calizas (probablemente la unidad C5, cretácica) y 11 m de margas.

Todos los sondeos anteriormente referidos podrían haber cortado materiales cretácicos que serían prolongación directa de los aflorantes en la sierra del Montgó.

Pero en esta misma agrupación occidental, hay algún otro sondeo más meridional. Es el siguiente:

303230047: 141 m de profundidad, con margas arcillas y cavidad kárstica abajo.

En cuanto a la agrupación de sondeos (6 sondeos) localizada a 0.5–1 km al sur de Denia, no se dispone de datos de los mismos.

Sierra de Montgó

En el Cretácico de la sierra, concretamente en la parte oriental de la misma, existe un único sondeo (313210038) que ha cortado 148,70 m de calizas, atribuibles a las unidades C5 y C4.

10.12.2.4. Geometría del acuífero

El acuífero de Montgó-Denia está constituido por casi toda la serie carbonatada cretácica, desde el Aptiense (C2) al Santiense (C6). El muro del acuífero lo forman las margas del Neocomiense (C1), que no afloran en ningún punto, excepto en algunos puntos que el impermeable de base pueden ser los materiales del Keuper.

Los límites meridional y occidental del acuífero se consideran impermeables, en contacto con las facies margosas del Mioceno (M2), y localmente por el Keuper en la parte occidental. El límite septentrional es abierto, en contacto con el acuífero detrítico de Pego-Denia. El límite oriental y nororiental es el mar Mediterráneo.

Según los límites establecidos, la superficie total del acuífero es de 41.3 km², de los que 24.8 km² corresponden a afloramientos permeables cretácicos.

Figura 10.12.2 Acuífero de Montgó-Denia

10.12.3. Piezometría del acuífero de Montgó-Denia

En el acuífero de Montgó-Denia se han inventariado un elevado número de puntos de agua (ver Tabla 10.12.1 y Figura 10.12.3), que en su totalidad son pozos o sondeos. La mayor parte de los puntos están localizados en dos zonas: en los alrededores de La Jara, fundamentalmente en su parte occidental, y al sur de Denia. En esta última localización, varios de los puntos de agua captan agua del Cuaternario suprayacente al Cretácico.

Nº IGME	Toponimia	UTM x	UTM y	z (m)	Naturaleza	Año	Prof. (m)	Periodo	Serie
303170053	TORRECARRALS			18	Sondeo	1983	45		
303170054	BENIADLA			20	Sondeo		100		
303230033		764780	4301898	40	Sondeo		29		
303230034		764833	4301969	44	Sondeo		39		
303230035		764835	4302219	40	Sondeo		37		
303230036		765637	4302364	40	Sondeo	1970	270		
303230038	BENIADLA - 1	765797	4302938	20	Pozo		37		
303230039	BENIADLA - 2	765792	4302919	20	Sondeo		233		
303230040		765240	4302818	30	Pozo		32		
303230045		764712	4301829	42	Sondeo		160		
303230046	PINELLA	764849	4301859	35	Sondeo		135		
303230047	SONDEO TOMASET	765775	4300961	50	Sondeo	1980	175		
303230048	POZO EL BENISERO	765610	4301987	41	Sondeo	1979	110		
303230050	LES PLANTADES Ó AZAGADOR	765526	4301502	43	Sondeo	1978	157		
303230051	La Plana	765137	4301877	45	Sondeo	1979	168		
303230063	PINELLA Nº3	764656	4302588	28	Sondeo	1983	100		
303230078	JUAN LLORENS	765260	4301746	45	Sondeo	1975	69		
303230079	MONTGO	765699	4301235	38	Sondeo	1982	80		
303230112	CASABLANCA	765785	4302153	58	Pozo con sondeo	1968	110		
303230113	PINELLA	764765	4302569	30	Pozo		57		
303230114	PINELLA Nº4	764863	4301740	29	Sondeo		96		
303230115	ALBARDANERAS - ROJAS	765479	4301167	38	Sondeo	1978	120		
303240006		766516	4300811	69.1	Sondeo		100	1974-2001	Aceptable
303240025	ERMITA DE SANTA LUCIA	771090	4301878	54.7	Sondeo		158		

Nº IGME	Toponimia	UTM x	UTM y	z (m)	Naturaleza	Año	Prof. (m)	Periodo	Serie
303240029	PUNTA DE BENIMARQUIA	766084	4301860	70	Sondeo		54		
303240040	ALQUERIA SERRA - 1	769792	4302236	20	Pozo perforado		30		Muy Deficiente
303240041	ALQUERIA SERRA - 2	769892	4302286	20	Pozo perforado		30		Muy Deficiente
303240042	ALQUERIA SERRA - 3	769992	4302286	20	Sondeo		30		Muy Deficiente
303240043	ALQUERIA SERRA - 4	770143	4302309	20	Sondeo		30		Muy Deficiente
303240044	ALQUERIA SERRA - 5	769945	4302561	10	Pozo excavado		4.5		Muy Deficiente
303240045	ALQUERIA SERRA - 6	769797	4302987	5	Galería		50		Muy Deficiente
303240054	POZO DEL MAS	768722	4300190	160	Sondeo		370		
313210038	PLANA JUSTA	773426	4299759	215	Pozo perforado		149		Muy Deficiente

Tabla 10.12.1 Puntos de agua en el acuífero de Montgó-Denia

Como puede apreciarse en la Tabla 10.12.1 se disponen de datos históricos de piezometría únicamente del sondeo 303240006, situado entre La Jara y Jesús Pobre, y que se representa en la Figura 10.12.4. Los niveles se han mantenido muy cercanos al nivel del mar, con fluctuaciones. Desde finales de los años 90 los niveles han descendido progresivamente, alcanzando valores inferiores a -15 m s.n.m., aunque el último dato de nivel disponible, correspondiente a enero de 2007, es un valor cercano al nivel del mar.

Figura 10.12.3 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Montgó-Denia



Figura 10.12.4 Evolución piezométrica en el punto 303240006 (acuífero de Montgó-Denia)

El descenso del nivel piezométrico ha variado la dirección y sentido de flujo natural del acuífero, que es hacia la plana de Gandía-Denia y hacia el mar. En los últimos años, se ha producido una inversión del flujo hacia el interior del acuífero, donde se sitúan los pozos de extracción.

10.12.4. Uso del agua del acuífero de Montgó-Denia

Los datos referentes a las extracciones históricas efectuadas en el acuífero de Montgó-Denia son muy escasos. En un balance realizado para el IGME para el periodo 1974-83, se cifraron las extracciones en 0.44 hm³/a. En 1992 se asignaron unas extracciones de 2.66 hm³/a, de las que 2.05 hm³/a correspondían a uso urbano. La Diputación Provincial de Alicante en 1992 cuantificó los bombeos en 5 hm³/a, que incluían 2 hm³/a para abastecimiento a Denia. En el estudio IGME-DPA (2001) se estimaron los bombeos en 2 hm³/a, de los que 0.94 hm³/a corresponden a uso agrícola y 1.06 hm³/a a uso urbano. Por último, en el *Mapa del agua de la provincia de Alicante* de 2007 se han cuantificado los bombeos en 2.7 hm³/a.

En el inventario realizado en 2006 se recogieron datos de extracciones, que se muestran en la Tabla 10.12.2, y que son menores de los valores anteriormente expuestos, concretamente 0.03 hm³/a para abastecimiento urbano y 1.1 hm³/a para agricultura.

Punto	Gestión	Año dato	Extracción anual (dam ³)	
			Abastecimiento	Agricultura
303230046	AQUALIA	1999	526	
303230048	AQUALIA	2005	32	
303230050	C.R. Pinella-Casablanca	2005		374
303230063	C.R. Pinella-Casablanca	2005		180
303230078	Particular	2005		30
303230113	C.R. Pinella-Casablanca	2005		374
303230115		2005		175
TOTAL 2005			32	1133

Tabla 10.12.2 Extracciones anuales en el acuífero de Montgó-Denia para el año 2005

10.12.5. Funcionamiento hidráulico y balance hídrico del acuífero de Montgó-Denia

Las entradas de agua al acuífero se producen por infiltración directa de agua de lluvia. Las salidas se producen a partir de bombeos, localizados en el sector occidental del acuífero, y lateralmente al acuífero de Pego-Denia, bajo el que entran las formaciones carbonatadas del acuífero de Montgó-Denia, y directamente al mar Mediterráneo, efectuándose esta descarga de modo muy disperso, excepto en algunos puntos concretos, como la cueva del Agua Dulce.

En el *Mapa del Agua de la provincia de Alicante* de 2007 se cuantifican unas entradas y salidas de 4.70 hm³/a, distribuyéndose tal y como se indica en la Tabla 10.12.3.

ENTRADAS (hm ³ /a)	Infiltración directa agua de lluvia	4.40
	Del mar (sector norte)	0.30
	TOTAL	4.70
SALIDAS (hm ³ /a)	Bombeos	2.70
	Acuífero Pego-Denia	0.70
	Al mar (sector oriental)	1.30
	TOTAL	4.70

Tabla 10.12.3 Balance hídrico en el acuífero de Montgó-Denia

La inversión del flujo hacia las zonas de bombeo, presentándose niveles por debajo del nivel del mar (Figura 10.12.4), ha originado que se produzca intrusión marina de agua del mar a través de la extensa red kárstica que conforma el acuífero.

Los bombeos no representan el total de las salidas de agua del acuífero, por lo que los problemas de intrusión salina no se deben a una sobreexplotación de recursos sino a la combinación de varios factores: el acuífero entra debajo del mar, con una amplia superficie de contacto entre el acuífero y el mar, se produce una concentración de captaciones en una superficie reducida en la zona occidental, descendiendo los niveles a cotas por debajo del nivel del mar, y la circulación del flujo subterráneo se produce a través de conductos preferenciales.

10.12.6. Hidroquímica del acuífero de Montgó-Denia

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas del acuífero de Montgó-Denia se ha llevado a cabo partiendo de los datos obtenidos en una campaña de muestreo realizada en enero de 2007 y de los datos procedentes de las redes de control del IGME y Diputación de Alicante.

10.12.6.1. Muestreo de agua subterránea

Para la caracterización del acuífero objeto de estudio se han seleccionado una serie de puntos para su muestreo y posterior análisis. Así, se han muestreado un pozo y un sondeo cuyos recursos se destinan al abastecimiento.

En la Tabla 10.12.4 se incluyen los códigos y los resultados obtenidos para los parámetros analizados en campo (conductividad, pH y temperatura del agua):

Código	Nº orden	Naturaleza	Fecha de muestreo	Prof (m)	Uso	Cond. (µS/cm)	pH	T (°C)
3032-3-0038	17	Pozo	12/01/2007	37	Abto.	6260	7.3	15
3032-4-0006	18	Sondeo	15/01/2007	100	-	1800	7.2	14

Tabla 10.12.4 Relación de puntos de agua muestreados en enero de 2007 en Montgó-Denia

En la Figura 10.12.3 se observa la distribución espacial de los puntos de control hidroquímico.

El estudio que aquí se presenta se basa en el análisis de los datos obtenidos durante el desarrollo del proyecto, con el muestreo y posterior análisis químico de las muestras de aguas procedentes de los puntos de control indicados.

10.12.6.2. Análisis de laboratorio

10.12.6.2.1. Análisis históricos de redes de control: información existente

Los puntos de control que cuentan con datos hidroquímicos históricos varía, tanto en el número de análisis, como en periodo de control, o parámetros analizados.

En la Tabla 10.12.5 se incluyen el número de análisis efectuados en cada punto de agua, así como el periodo en el que se realizaron para cada uno de los puntos de control existentes en el acuífero objeto de estudio.

Acuífero	Nº Registro	Nº Análisis	Periodo al que se refieren los datos
Montgó-Denia	303230034	35	1981-1998
	303230036	30	1974-1998
	303230038	25	1978-1989
	303230040	28	1981-1994
	303230051	23	1982-1998
	303240006	27	1978-1990
	303240025	7	1978-1980

Tabla 10.12.5 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Montgó-Denia

Los parámetros analizados en cada uno de los análisis registrados comprende la determinación total o parcial de parámetros fisicoquímicos, iones mayoritarios, metales pesados, etc. En ocasiones sólo se dispone de valores de conductividad o cloruros.

En la Figura 10.12.5 se incluyen gráficos de evolución de distintos parámetros (cloruros, sulfatos y bicarbonatos) de algunos de los puntos que cuentan con un registro más amplio en el acuífero, cuya localización geográfica se puede ver en la figura de inventario de puntos de agua.

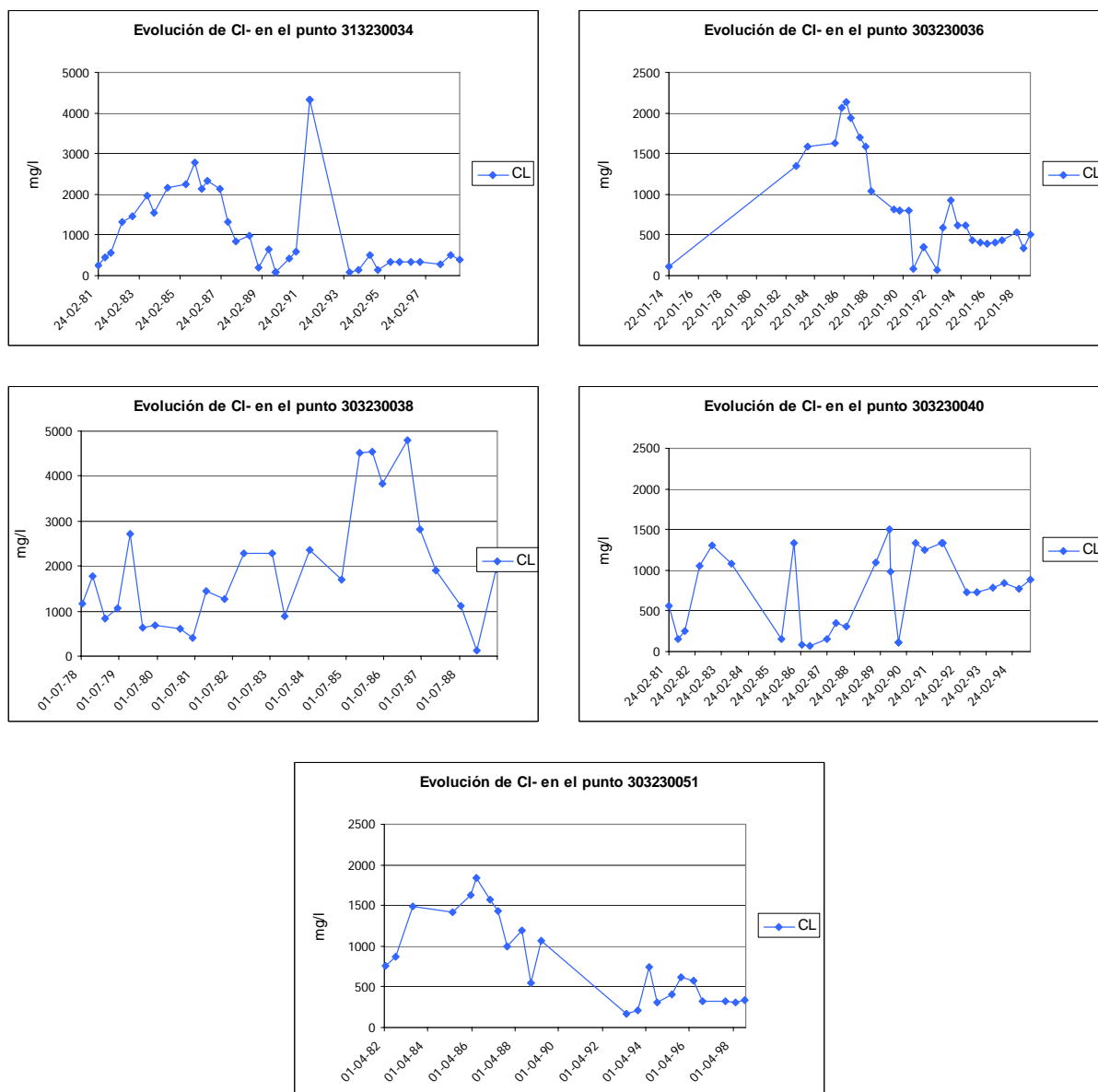


Figura 10.12.5 Evolución de cloruros en el acuífero de Montgó-Denia

Se observa, en la mayor parte de los puntos de agua representados, que los gráficos muestran unos valores elevados de cloruros, alcanzándose concentraciones superiores a 1000 mg/l en muchos casos.

10.12.6.2.2. Determinaciones analíticas

En los puntos muestreados se ha llevado a cabo un análisis de parámetros físico-químicos (conductividad y pH) y constituyentes mayoritarios (sodio, potasio, calcio, magnesio, amonio, nitritos,

nitratos, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos), DQO, fosfatos, sílice, boro, bromuros, hierro y manganeso.

10.12.6.2.3. Control de calidad analítica: error analítico

En las muestras analizadas el error analítico es bajo (Tabla 10.12.6):

Nº orden	Código	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Error analítico (%)
17	303230038	5973	-2,04
18	303240006	1440	-4,86

Tabla 10.12.6 Errores analíticos de las muestras de agua subterránea

10.12.6.3. Interpretación de resultados

Los datos de análisis químicos de aguas subterráneas se han sometido a un tratamiento tanto numérico, como gráfico.

10.12.6.3.1. Caracterización hidroquímica general

En la Tabla 10.12.7 se incluyen los resultados analíticos proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME en Tres Cantos (Madrid).

Las aguas analizadas presentan una mineralización media (con conductividades que oscilan entre 1440 y 5973 $\mu\text{S}/\text{cm}$). En el caso de los aniones, las concentraciones de bicarbonatos tienen un margen de variación que oscila entre 233 y 254 mg/l de HCO_3^- , los sulfatos varían entre 42 y 344 mg/l de SO_4^- y, los cloruros oscilan entre 352 y 1840 mg/l de Cl^- .

En cuanto a los cationes, el calcio presenta un rango de variación que oscila entre 178 y 332 mg/l de Ca^{++} ; el sodio, por su parte, varía entre 136 y 918 mg/l de Na^+ , el potasio tiene un margen de variación comprendido entre 2 y 22 mg/l de K^+ y el magnesio se encuentra en concentraciones comprendidas entre 20 y 112 mg/l de Mg^{++} .

Las especies nitrogenadas analizadas presentan valores de nitratos que oscilan entre 47 y 128 mg/l de NO_3^- , con valores superiores a 50 mg/l en la muestra número 17 (3032-3-0038, con 128 mg/l de nitratos).

Por su parte, los nitritos y amonio no se detectan en las muestras analizadas.

Nº	Denominación	Fecha	Cond	pH	Cl-	SO4=	HCO3-	CO3=	NO3-	Na+	Mg++	Ca++	K+	NO2-	NH4+	B	P2O5	SiO2	Fe	Mn	Error
17	303230038	12/01/2007	5973	6,8	1840	344	233	0	128	918	112	332	22	0	0	0,269	0,07	20,8	0	0,08	-2,04
18	303240006	15/01/2007	1440	6,6	352	42	254	0	47	136	20	178	2	0	0	0	0	10,7	0	0,05	-4,86

Tabla 10.12.7 Resultados analíticos de Montgó-Denia proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH

En la Figura 10.12.6 se incluye el diagrama de Piper correspondiente a las aguas subterráneas analizadas, que permite clasificar a las muestras atendiendo a los aniones y cationes predominantes.

Atendiendo al anión predominante se observa que la composición de las aguas analizadas es de carácter clorurado.

En cuanto a los cationes, las aguas subterráneas tienen una composición sódica o cálcica.

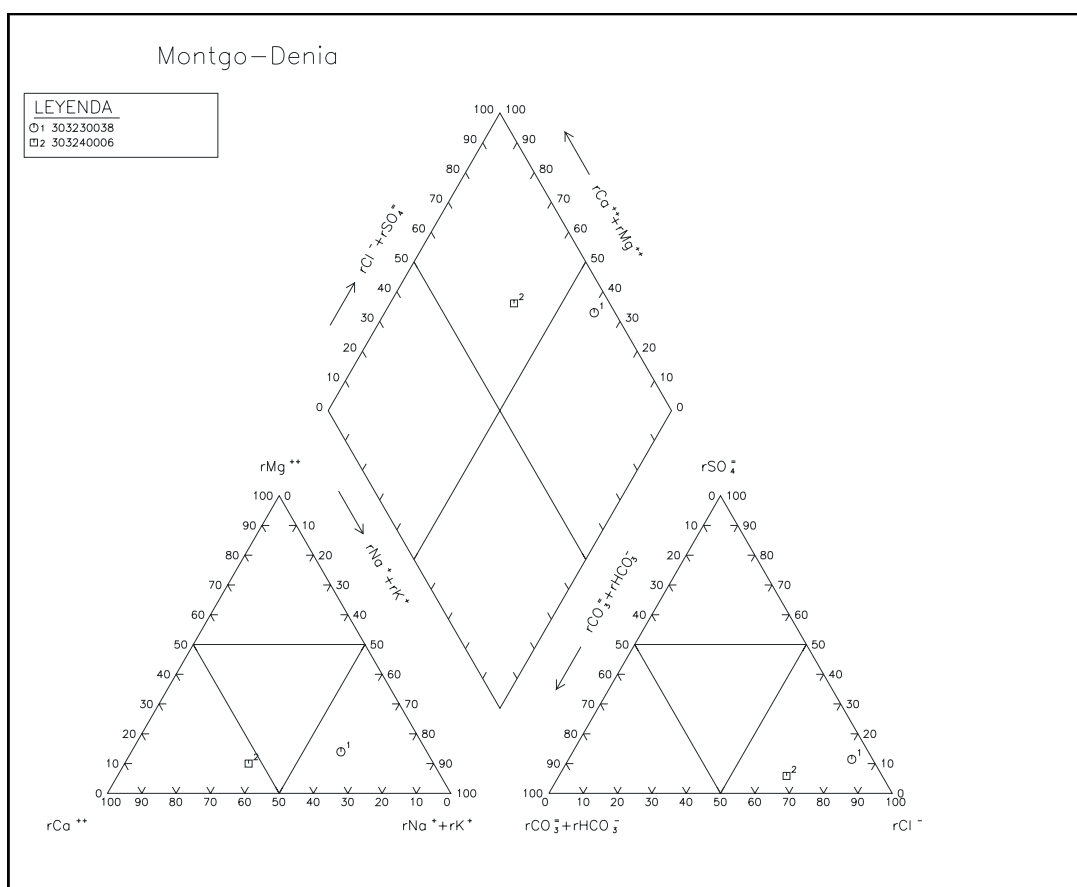


Figura 10.12.6 Diagrama de Piper en el acuífero de Montgó-Denia

En la Figura 10.12.7 se incluye el diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras de agua analizadas.

Se observa, como cabía esperar, que las muestras reflejan un distinto grado de mineralización, si bien, presentan unas relaciones iónicas similares a excepción de la relación $rSO_4/rHCO_3$, que indica la existencia de procesos de precipitación de bicarbonatos en la muestra procedente del pozo 303230038.

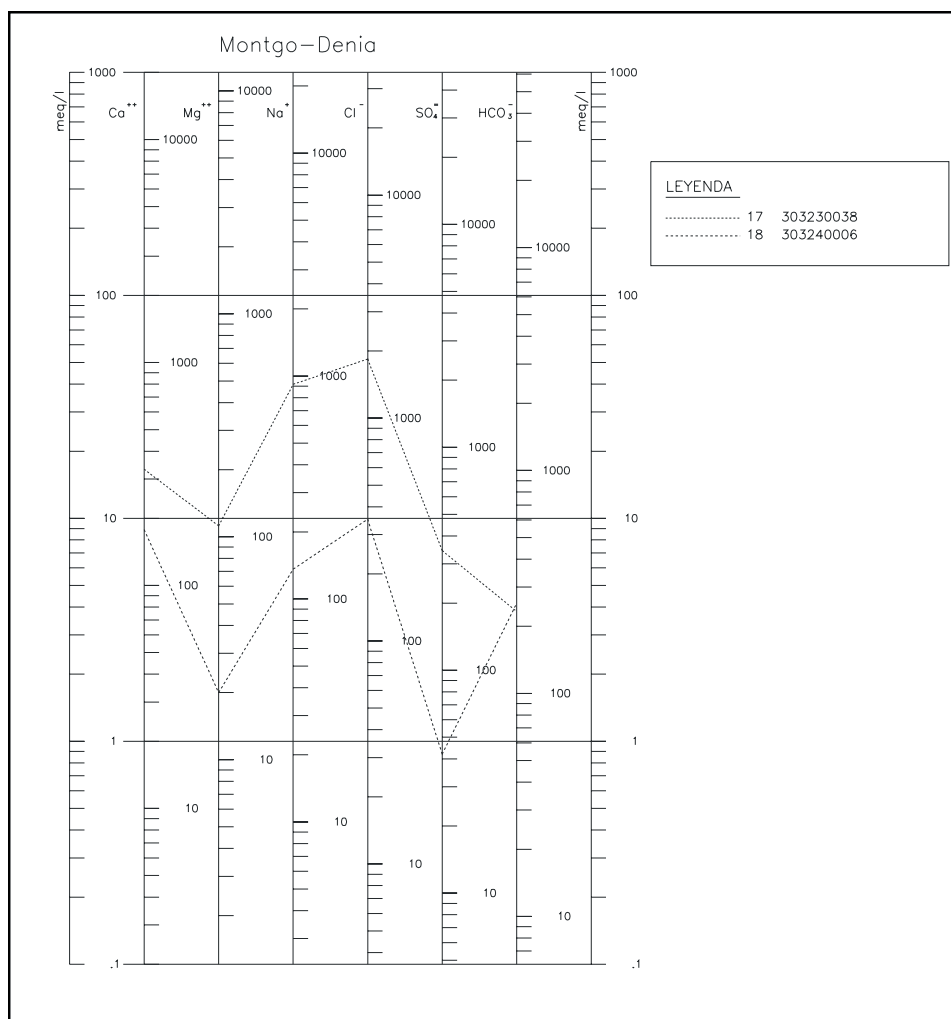


Figura 10.12.7 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras analizadas en el acuífero de Montgó-Denia

10.12.6.4. Aptitud de las aguas para distintos usos

10.12.6.4.1. Abastecimiento

Para analizar la aptitud de las aguas analizadas para abastecimiento humano se ha llevado a cabo un estudio de la normativa vigente.

Con respecto a la calidad de las aguas analizadas, los resultados analíticos de los puntos de agua muestreados en Montgó-Denia indican que las aguas subterráneas analizadas superan los límites

establecidos en la muestra número 17 (3032-3-0038) para conductividad, cloruros, sulfatos, nitratos, sodio y manganeso, y en la muestra número 18 (303240006) para cloruros y manganeso (Tabla 10.12.8). Con respecto al manganeso, como se comentó en el capítulo 9.4.1, estos valores no se consideran normales ya que no se han obtenido en estudios previos del acuífero ni en zonas próximas, y tendrán que ser objeto de un estudio específico

El resto de valores obtenidos en los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano.

Nº	Denominación	Cond	Cl-	SO4=	NO3-	Na+	NO2-	Mn
17	303230038	5973	1840	344	128	918	0	0,08
18	303240006	1440	352	42	47	136	0	0,05
Concentración máxima admisible (*)		2500	250	250	50	200	0,1	0,05

(*) R.D. 140/2003 de 7 de febrero

Datos expresados en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.

Tabla 10.12.8 Aptitud de las aguas subterráneas analizadas en Montgó-Denia para abastecimiento humano

10.12.6.4.2. Aptitud de las aguas para regadío

A continuación se analiza la aptitud de las aguas subterráneas para regadío, considerando los problemas que en ocasiones puede plantear su utilización.

En la Figura 10.12.8 se presenta la clasificación de las aguas analizadas para usos agrícolas, según la clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff (S.A.R.). Se trata de aguas con peligro de salinización alto (C3) o muy alto (C4) y de alcalinización bajo (S1) o muy alto (S4).

Las aguas de la clase C3 son altamente salinas, con conductividades que oscilan entre 750 y 2250 μ S/cm, que corresponden a un total de sólidos disueltos comprendido entre 480 y 1440 mg/l aproximadamente. Estas aguas no pueden usarse en suelos de drenaje deficiente. Es preciso elegir plantas muy tolerantes a las sales (cebada, remolacha, espárragos, espinacas, etc) y con posibilidad de controlar la salinidad del suelo, aún con drenaje adecuado.

Las aguas de la clase C4 son extremadamente salinas, con conductividades comprendidas entre 2250 y 6000 μ S/cm. No son apropiadas en condiciones normales para el riego, sin embargo pueden utilizarse en algunos cultivos, si se trata de suelos permeables y de buen drenaje.

Sin embargo, como se comentó en el capítulo 0, estas restricciones de uso deben tomarse con medida en la zona de estudio ya que la tolerancia de los cultivos a la salinidad en la zona es mayor.

Con respecto al peligro de alcalinización del suelo, las aguas de la clase S1 son aguas con contenidos bajos en sodio. Pueden usarse en la mayor parte de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable. Los cultivos sensibles, como los frutales de pipa, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

Las aguas de la clase S4 son aguas de concentraciones muy altas en sodio. En general no son adecuadas para riego.

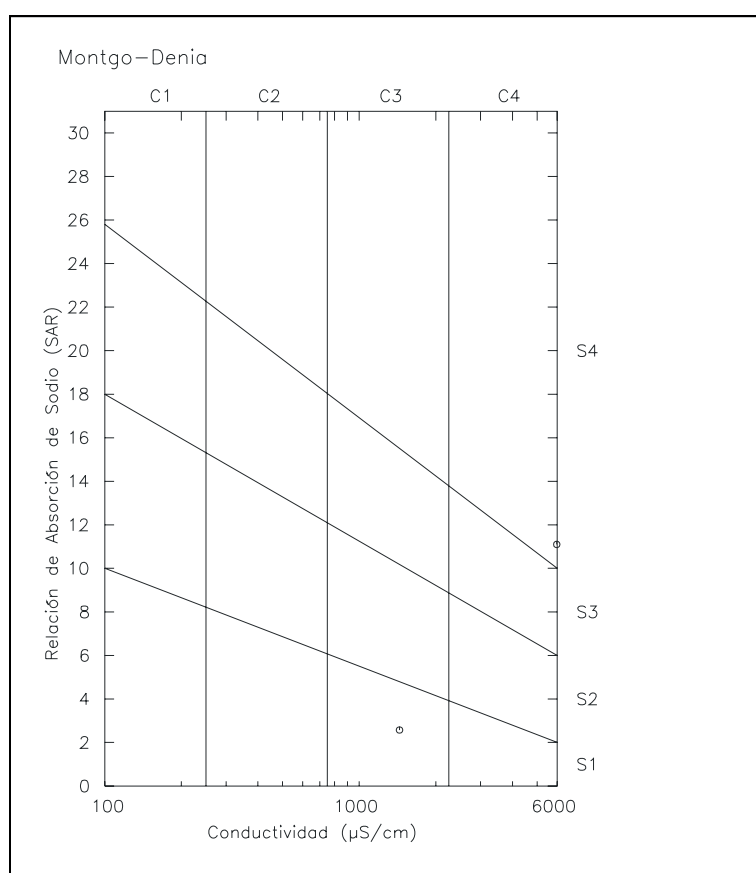


Figura 10.12.8 Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Montgó-Denia

10.12.6.5. Distribución espacial de la calidad del agua subterránea

Para estudiar la distribución espacial que presentan las aguas subterráneas analizadas, se ha elaborado un mapa hidroquímico de distribución de facies.

En el Plano 3 se representa el diagrama de Stiff correspondiente a cada uno de los puntos muestreados.

La forma del diagrama de Stiff da idea del tipo de agua y su tamaño permite apreciar con rapidez el grado de salinidad que presentan las aguas en cada caso. Para facilitar la comparación entre los distintos tipos de agua se ha utilizado la misma escala para todos los puntos.

En el Plano 3 se observan aguas de composición heterogénea, tanto en lo que se refiere a la salinidad que presentan, como a las facies hidroquímicas reflejadas, con variaciones en la composición catiónica, pasando de aguas netamente cálcicas a a otras de facies sódicas.

10.12.7. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Montgó-Denia

Acuífero cretácico carbonatado cerrado en su límite meridional y occidental por contacto con margas del Mioceno (M2), y localmente por el Keuper. El límite septentrional es abierto, en contacto con el acuífero detrítico de Pego-Denia, y el oriental y nororiental es el mar Mediterráneo. En la Figura 10.12.9 se muestran estos límites y se resumen las principales características del acuífero. La leyenda de la figura se localiza a continuación de la Figura 10.1.5.

La recarga se produce a partir de la infiltración directa de agua de lluvia, mientras que la salida tiene lugar a través de bombeos, tanto para uso agrícola como urbano, directamente hacia el mar, y al acuífero detrítico Pego-Denia.

La dirección de flujo, que de forma natural es hacia el norte y hacia el mar, presenta una inversión hacia el conjunto de pozos de extracción situados en la zona occidental del acuífero. Los niveles han descendido desde comienzo de los años noventa, lo que ha originado problemas graves de intrusión marina.

Figura 10.12.9 Ficha resumen del acuífero de Montgó-Denia

10.13. ACUÍFERO DE JÁVEA

10.13.1. Introducción y antecedentes del acuífero de Jávea

Tiene una forma cartográfica elongada, orientada este-oeste, de unos 9.5 km de longitud y 1-4 km de anchura.

Corresponde a un área deprimida topográficamente, situada entre la sierra de Montgó, al norte y los relieves de Absudia, Capsades y otros más occidentales, al sur. En el este, limita con el litoral mediterráneo, conformando una costa baja, entre los relieves del cabo de San Antonio y de la Nao, prolongaciones orientales respectivas, de las sierras y altos citados anteriormente.



Foto 10.13.1 Acuífero de Jávea visto desde el Cabo de San Antonio

Dentro del área que ocupa el acuífero de Jávea se localiza la estación pluviométrica 8050A Jávea "Viveros", en la que se destacan como máximos de pluviometría los años 1977 y 1989, y como mínimos 1981-83 y 1998.

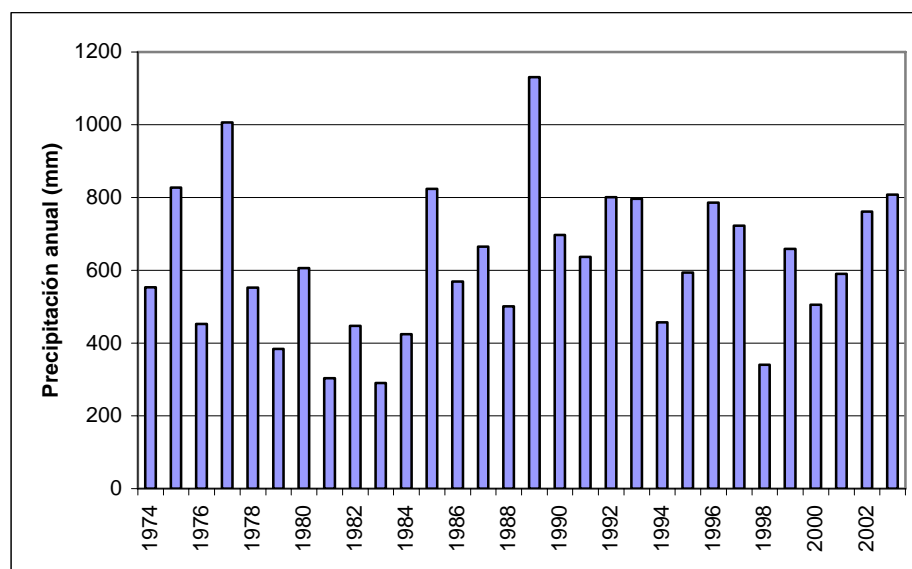


Figura 10.13.1 Precipitación total anual en la estación 8050A (Jávea "Viveros")

Hay muy poca documentación relativa en exclusiva al acuífero de Jávea, destacándose la siguiente: DPA-ITGE (1999). *Recarga artificial de acuíferos*. Capítulo V Recarga artificial en el acuífero de Jávea.

10.13.2. Litología y geometría del acuífero de Jávea

10.13.2.1. Estratigrafía

El área, localizada en las inmediaciones meridionales de la población de Jávea, está constituida por depósitos cuaternarios, sobreimpuestos o discordantes sobre el Terciario (unidades M1 y M2) de la depresión del mismo nombre.

Los afloramientos predominantes son, sobre todo, los correspondientes a los aluviales de la red hidrográfica y, cerca de la costa, los de playas antiguas, encostradas. El sustrato terciario (unidad M1: alternancia de margas azules, areniscas y margas limo-arenosas de facies tap, con areniscas calcáreas, calizas limo-arenosas y niveles microconglomeráticos hacia la base, de edad Mioceno inferior) aflora en el borde meridional de esta parte del área y también constituyendo la franja litoral, donde se presentan areniscas calcáreas, que han influido, por su mayor resistencia a la erosión, en el modelado de la bahía de Jávea.

10.13.2.2. Tectónica

Tanto los materiales terciarios como los cuaternarios, adoptan una disposición subhorizontal en este área.

Por lo demás, sólo indicar que no se conoce la estructura del sustrato mesozoico existente bajo esta área.

10.13.2.3. Sondeos

Los sondeos de esta área pueden ser agrupados según las siguientes zonas:

- Plana cuaternaria del sur y sureste de la población de Jávea: del orden de 50 sondeos, sin datos disponibles.
- Aluviales del río Gorgos y su afluente, al oeste del meridiano de la población de Jávea: 2 sondeos, sin datos disponibles.

10.13.2.4. Geometría del acuífero

El acuífero de Jávea está constituido por depósitos cuaternarios aluviales y costeros. El muro del acuífero lo constituyen las margas miocenas (M1 y M2).

Los límites del acuífero son cerrados en todo su perímetro, excepto el oriental que es un límite abierto al mar, y en algunas zonas del límite meridional, en contacto con el acuífero de la Depresión de Benisa.

La superficie total del acuífero es de 12.5 km².

Figura 10.13.2 Acuífero de Jávea

Figura 10.13.3 Inventario de puntos de agua del acuífero de Jávea

10.13.3. Piezometría del acuífero de Jávea

Existen un gran número de puntos de agua en el acuífero de Jávea (Tabla 10.13.1 y Figura 10.13.3). La mayor parte de ellos corresponden a pozos poco profundos (menores de 30 m), que explotan el Cuaternario, y algún punto más profundo que capta algún nivel de calizas en las margas miocenas M2, o el Cretácico subyacente (puntos 303240057 y 303240058). En la parte central del acuífero es donde se aglutinan la mayor parte de los puntos.

Nº IGME	Toponimia	UTM x	UTM y	z (m)	Naturaleza	Año	Prof. (m)	Periodo	Serie
303240015		772847	4296558	30	Pozo excavado		95	1974-2001	Buena
303240016	CMAINO CANTALLOT	772895	4296257	21.18	Pozo excavado		12.5		
303240017	CAMINO DE CANTALLOCH	772647	4296609	28.53	Pozo excavado		15		
303240018		772756	4297197	38	Pozo con galería		11.5		
303240019	CAMINO CANTALLOTS	772655	4297460	30	Pozo excavado		10.5		
303240020	CAMINO BARRANQUET	772554	4297461	28	Pozo excavado		6.5		
303240021	CAMINO BARRANQUET	772204	4297464	26	Pozo excavado		7.5		
303240022	CAMINO BARRANQUERA	771903	4297465	32.18	Pozo excavado		7.5		
303240023	CARRETERA BARRANQUET	771753	4297466	37.52	Pozo excavado		10	1974-2001	Buena
303240057	RAMBLARS 1	770552	4296152	48	Sondeo	1983	230		
303240058	RAMBLA nº 2	770763	4296109	58	Sondeo	1985	285	1985-2005	Buena
313210001	ROIG	775417	4298393	15.38	Pozo con galería		25		
313210002	PERITS Nº 1	775572	4297841	14	Galería		18		
313210003	AYUNTAMIENTO Nº 1	775612	4297791	14	Pozo excavado		18		
313210004	CAMINO DE LA FONTANA	775662	4297891	8.41	Pozo excavado		13.5		
313210005	CAMINO DE LA FONTANA	775711	4297690	16	Pozo excavado		12.5		
313210006	PIRITS	775710	4297640	14	Pozo con galería		16.5		
313210007	MEZQUIDA	776214	4297988	8	Pozo excavado		12		
313210008	CRA. CABO LA NAO	776213	4297837	5.51	Pozo excavado		13		
313210009	BENGUT	776454	4296735	3.48	Pozo excavado		13.5	1974-2001	Buena
313210010	CALA BLANCA	778349	4295532	5.11	Pozo con galería		8.5		
313210011	TOSALET	778231	4295246	10	Pozo		15.25		
313210012	CRA. DE CABO LA NAO	778198	4295333	8	Galería		9.5		
313210014	CRA. DE CABO LA NAO	777995	4295472	10	Pozo excavado		10.5		

Nº IGME	Toponimia	UTM x	UTM y	z (m)	Naturaleza	Año	Prof. (m)	Periodo	Serie
313210015	FRENTE COLONIA VALENCIANA	777696	4295624	8	Pozo excavado		6.5		
313210016	CAMINO CABANES	777294	4295477	16.41	Galería			1974-2001	Buena
313210019	CAMINO CABANES	775897	4295986	12	Pozo excavado		15.5		
313210020	ROIG	775818	4298441	8.88	Pozo perforado		25		
313210021	JOVA	775173	4297433	16	Pozo		22.5		
313210022	CAMINO POZO DEL MORO	775901	4296488	6.31	Pozo excavado		8.7		
313210023	SONDEO BOVER	775527	4297529	13	Pozo con sondeo		50		
313210024	CAMINO BERENGUT	776402	4296534	8	Pozo perforado		13		
313210025	CAMINO POZO DEL MORO	775371	4297793	15	Pozo excavado		20		
313210026	LA COMUNA	774604	4297047	18	Galería		18		
313210027	POZO RIALLA	774856	4297266	14.68	Pozo con sondeo		41	1974-2001	Buena
313210028	RETORS	775403	4296891	15	Pozo perforado		25		
313210029	VINYETA	775260	4297399	16	Pozo		30		
313210030	SORTS	775118	4296938	15	Pozo		14.5		
313210031	RETORS	775499	4296390	14	Pozo excavado		11		
313210032	POZO DEL MORO	775699	4296238	10	Pozo perforado		60		
313210034	CRA. BENITACHELL	773900	4296701	19.63	Galería		22.5		
313210035	CRA. DE BENITACHELL	773955	4297201	12	Pozo excavado		18.15		
313210036		773653	4297103	21.38	Galería		20	1973-2001	Buena
313210040	CHoba	775615	4299167	90	Pozo perforado		89.5		
313210048	LLUCA-IV	775255	4297452	12.25	Pozo perforado		20		
313210049		773643	4296814	19.96	Pozo		17		
313210050		774997	4296352	14	Pozo				
313210051		775503	4296426	11	Pozo				
313210052		774043	4296831	18	Pozo				
313210053		774252	4296694	17	Pozo				
313210054		774363	4296691	16	Pozo				
313210055		774562	4296714	16	Pozo				
313210056		774581	4296425	16	Pozo				
313210057		774673	4296702	15	Pozo				
313210058		774583	4296997	16	Pozo				
313210059		774572	4296865	16	Pozo				
313210060		774716	4297567	16	Pozo				
313210061		774737	4297408	15	Pozo				
313210062		774235	4296954	17	Pozo				
313210063		775028	4297407	14	Pozo				
313210064		775275	4296842	14	Pozo				
313210065		775828	4297279	11	Pozo				
313210066	PINETS	775568	4297875	12	Galería con		25		

Nº IGME	Toponimia	UTM x	UTM y	z (m)	Naturaleza	Año	Prof. (m)	Periodo	Serie
					pozo				
313210067	SONDEO MEZQUIDA	775912	4298198	8	Sondeo		30		
313210068	SONDEO PLÁ	776686	4296884	5	Sondeo		30		
313210070		775031	4297507	14	Pozo		20		
313210071		775172	4296584	13	Pozo		14		
313210072		775074	4296387	14	Pozo		14		

Tabla 10.13.1 Puntos de agua del acuífero de Jávea

En la Figura 10.13.4 se muestra la evolución de los niveles piezométricos en varios sondeos del acuífero de Jávea. Se distinguen claramente tres niveles, con una diferencia de 15 m entre ellos, que están relacionados con la topografía, de manera que los puntos situados en el interior, a mayor altitud, presentan niveles por encima de los puntos situados mas cerca del mar. Así, el sondeo más alejado del mar, el 303240023 presenta unos niveles medios superiores a 30 m s.n.m., mientras que en los sondeos 313210016 y 313210036, situados también en el interior, pero a menor altitud, los niveles se sitúan entre 15 y 20 m s.n.m. Finalmente, los puntos más cercanos a la costa (313210009, 313210016 y 313210027) presentan niveles entorno al nivel del mar. Los niveles han sufrido pocas variaciones desde principios de los años ochenta.

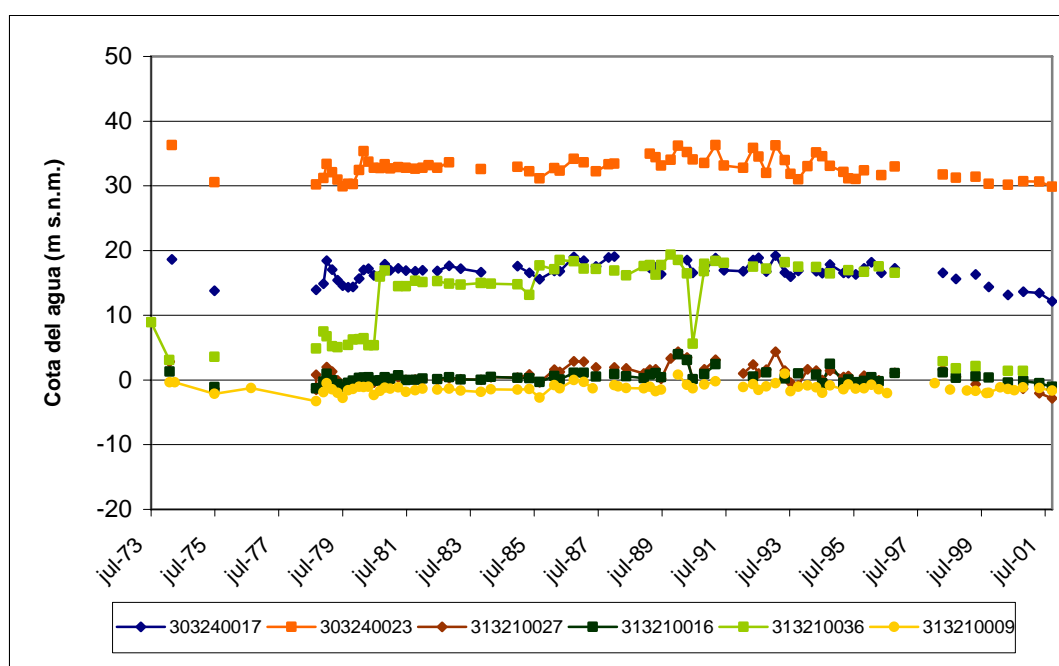


Figura 10.13.4 Evolución piezométrica en el acuífero de Jávea

10.13.4. Uso del agua del acuífero de Jávea

Se dispone de un reducido número de datos de explotación de la base de datos de la DPA, por lo que se han utilizado los datos procedentes del estudio IGME-DPA (2001) para el periodo 1976-2000 (ver Figura 10.13.5). Se diferencian varias etapas en la historia de las extracciones de agua del acuífero de Jávea. Desde el comienzo de los sesenta a mediados de los setenta las extracciones, fundamentalmente para uso agrícola, fueron muy intensas. Aunque existen pocos datos, se estima que se pudieron alcanzar valores de 9 hm³/a. A mediados de los años setenta numerosas captaciones se abandonaron, posiblemente debido a la salinización del agua. A partir de entonces y hasta 1982, coincidiendo con un periodo de sequía, los volúmenes bombeados descienden a volúmenes cercanos a 4.5 hm³/a. A partir de 1983 se incrementan de nuevo las extracciones, a causa del aumento de la demanda de agua para uso urbano, ya que la población de Jávea dejó de estar abastecida por recursos externos. El máximo se produce en 1986, con un bombeo anual de 10.4 hm³, de los que 7.4 hm³/a correspondían a uso urbano-industrial, y sólo 3 hm³/a a regadío. A partir de 1988, y hasta la actualidad, las extracciones disminuyen debido al aumento de la salinidad, a la recuperación de los otros acuíferos utilizados para el abastecimiento a Jávea y a la entrada en servicio de la planta desaladora, a unos valores medios de alrededor de 4 hm³/a (mitad para uso agrícola y mitad para uso urbano).

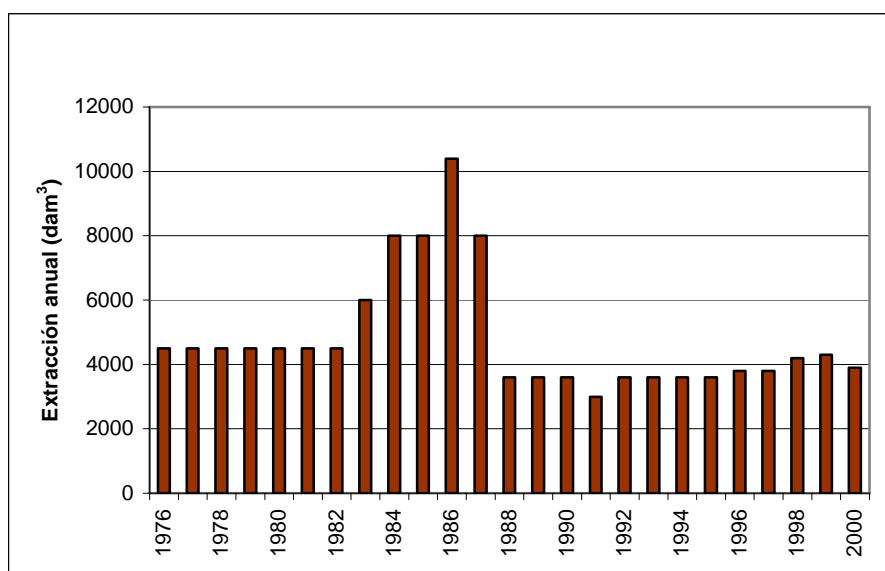


Figura 10.13.5 Extracciones anuales en el acuífero de Jávea

En el inventario de puntos de agua realizado en 2006 se recogieron datos de extracciones de los puntos actualmente en funcionamiento. Los volúmenes de extracción, referidos al año 2005, se

recogen en la Tabla 10.13.2, con un volumen total bombeado de 1.8 hm³, por debajo de los valores recogidos en estudios anteriores.

Punto	Gestión	Año dato	Extracción anual (dam ³)	
			Abastecimiento	Agricultura
313210021 (313210048)	AQUAGEST	2005	333	
313210027	Particular	2005		285
313210029	AQUAGEST	2005	360	
313210030 (313210071)	AQUAGEST	2005	790	
TOTAL			1483	285

Tabla 10.13.2 Extracciones anuales en el acuífero de Jávea para el año 2005

10.13.5. Funcionamiento hidráulico y balance hídrico del acuífero de Jávea

Las entradas de agua subterránea tienen lugar a partir de infiltración directa de agua de lluvia, transferencia lateral del acuífero de la Depresión de Benisa, recarga del río Gorgos y retorno de riegos. En total, en el *Mapa del Agua de la provincia de Alicante* de 2007, se cuantificaron las entradas en 4.8 hm³/a. Los valores asignados a la recarga en estudios previos varían entre 2.5 y 5 hm³/a, mientras que esta variación es mayor en el caso de la descarga, entre 2.5 y 10 hm³/a, dependiendo del periodo de estudio considerado.

Las salidas de agua tienen lugar fundamentalmente a partir de bombeos, con alguna descarga directa al mar. En el *Mapa del Agua de la provincia de Alicante* de 2007 se asigna un valor anual de extracciones de 4.3 hm³, muy por encima de los 1.8 hm³ registrados en el inventario realizado en 2006.

ENTRADAS (hm ³ /a)	Infiltración directa agua de lluvia	1.40
	Río Gorgos y retorno de regadíos	1.40
	Laterales del acuífero de la Depresión de Benisa	2.00
	TOTAL	4.80
SALIDAS (hm ³ /a)	Bombeos	4.30
	Al mar	0.50
	TOTAL	4.80

Tabla 10.13.3 Balance hídrico en el acuífero de Jávea

10.13.6. Hidroquímica del acuífero de Jávea

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas del acuífero de Jávea se ha llevado a cabo partiendo de los datos obtenidos en una campaña de muestreo realizada en enero de 2007 y de los datos procedentes de las redes de control del IGME y Diputación de Alicante.

10.13.6.1. Muestreo de agua subterránea

Para la caracterización del acuífero objeto de estudio se ha seleccionado un puntos para su muestreo y posterior análisis. Así, se ha muestreado un pozo cuyos recursos se destinan al abastecimiento.

En la Tabla 10.13.4 se incluyen el código y los resultados obtenidos para los parámetros analizados en campo (conductividad, pH y temperatura del agua):

Código	Nº orden	Nat.	Acuífero	Fecha de muestreo	Prof (m)	Uso	Cond (µS/cm)	pH	T (°C)
3132-1-0021	15	Pozo	Jávea	12/01/2007	22.5	Abto.	1500	8.1	16

Tabla 10.13.4 Relación de puntos de agua muestreados en enero de 2007 en Jávea

En la Figura 10.13.3 se observa la distribución espacial de los puntos de control hidroquímico.

El estudio que aquí se presenta se basa en el análisis de los datos obtenidos durante el desarrollo del proyecto, con el muestreo y posterior análisis químico de la muestra de agua procedente del punto de control indicado.

10.13.6.2. Análisis de laboratorio

10.13.6.2.1. Análisis históricos de redes de control: información existente

Los puntos de control que cuentan con datos hidroquímicos históricos varía, tanto en el número de análisis, como en periodo de control, o parámetros analizados.

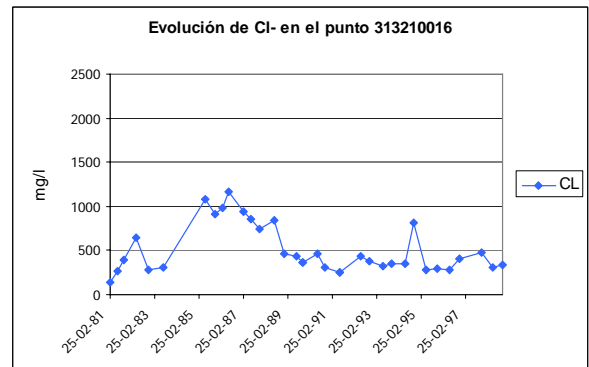
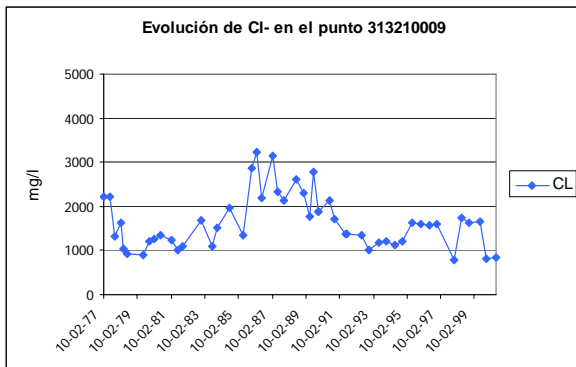
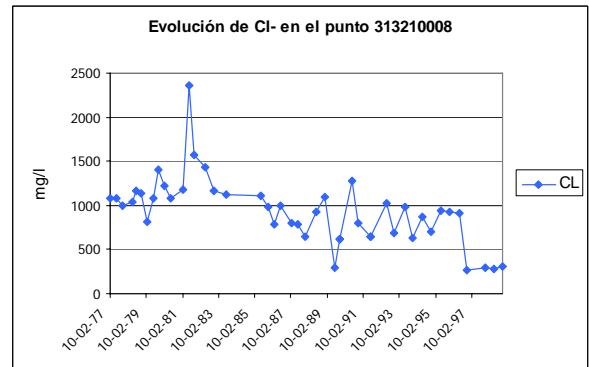
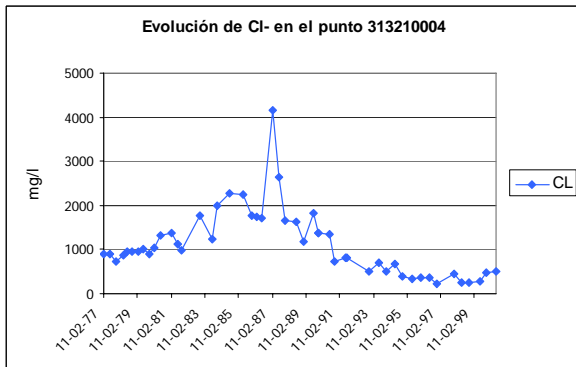
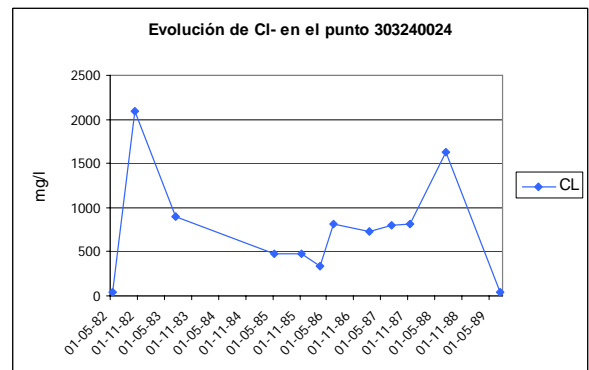
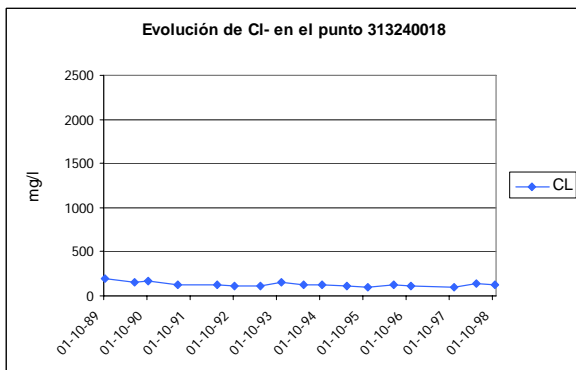
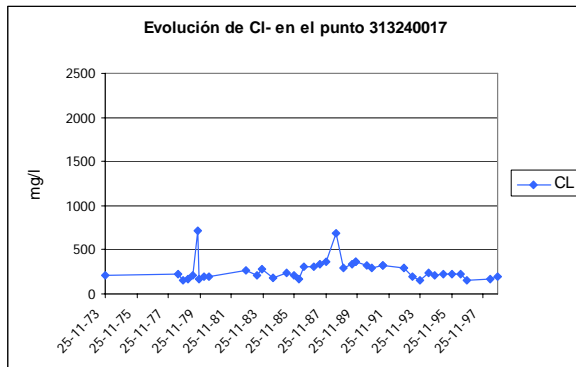
En la Tabla 10.13.5 se incluyen el número de análisis efectuados en cada punto de agua, así como el periodo en el que se realizaron para cada uno de los puntos de control existentes en el acuífero objeto de estudio.

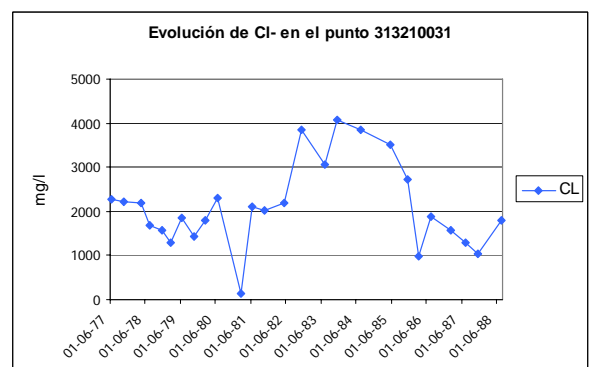
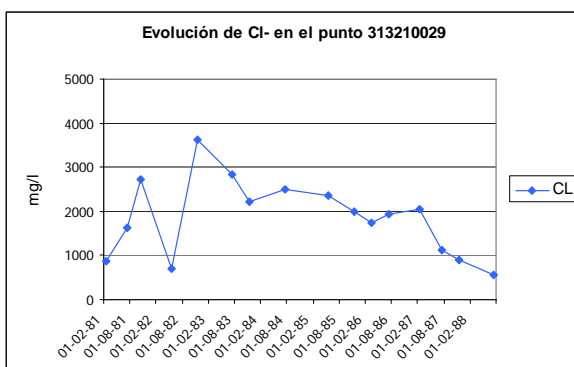
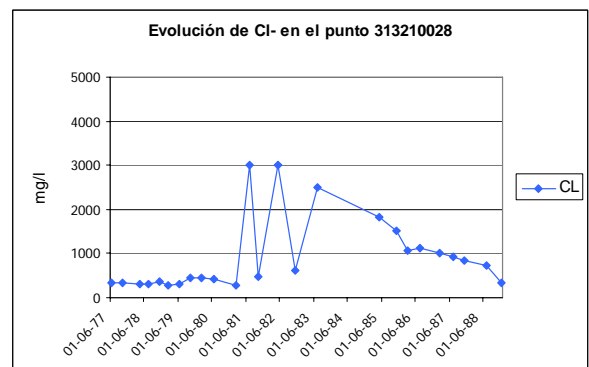
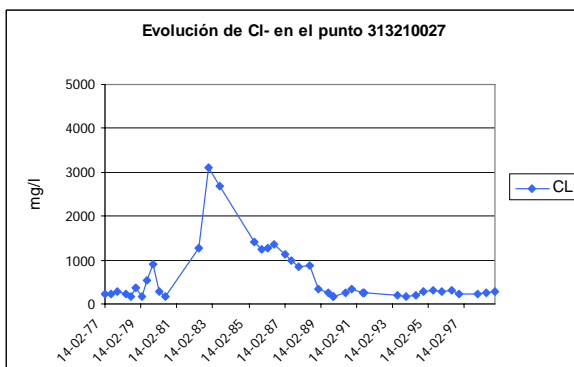
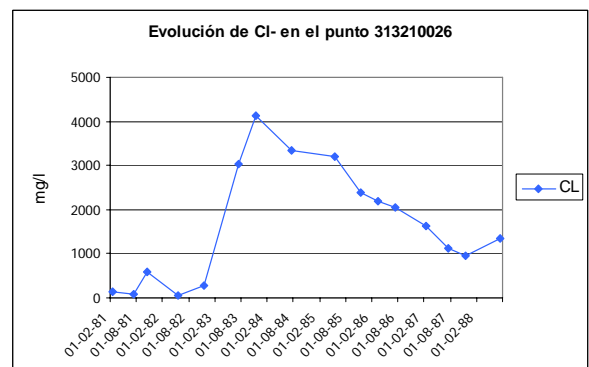
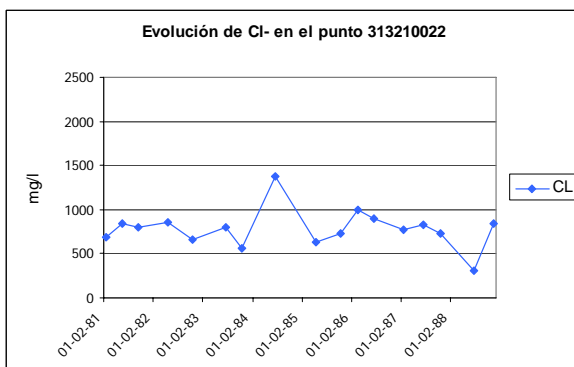
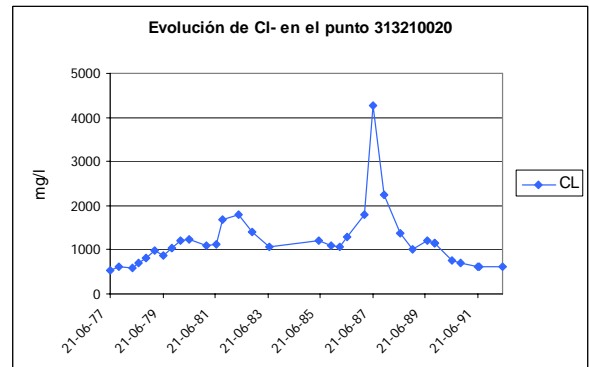
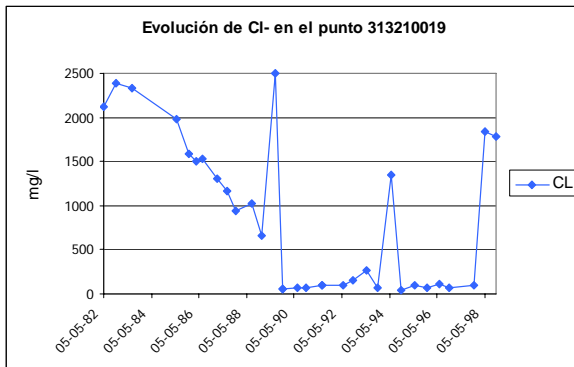
Acuífero	Nº Registro	Nº Análisis	Periodo al que se refieren los datos
Jávea	303240017	40	1973-1998
	303240018	17	1989-1998
	303240019	1	1973
	303240024	12	1982-1989
	313210001	11	1976-1980
	313210002	2	1977-1978
	313210003	3	1977-1978
	313210004	49	1977-2000
	313210005	10	1977-1980
	313210006	11	1977-1980
	313210007	11	1977-1980
	313210008	46	1977-1998
	313210009	50	1977-2000
	313210010	10	1977-1980
	313210015	10	1977-1980
	313210016	35	1981-1998
	313210019	32	1982-1998
	313210020	33	1977-1992
	313210021	5	1978-1980
	313210022	18	1981-1988
	313210026	16	1981-1988
	313210027	41	1977-1998
	313210028	25	1977-1988
	313210029	16	1981-1988
	313210031	26	1977-1988
	313210034	25	1978-1989
313210036	8	1978-1989	
313210040	30	1982-1998	

Tabla 10.13.5 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Jávea

Los parámetros analizados en cada uno de los análisis registrados comprende la determinación total o parcial de parámetros fisicoquímicos, iones mayoritarios, metales pesados, etc. En ocasiones sólo se dispone de valores de conductividad o cloruros.

En la Figura 10.13.6 se incluyen gráficos de evolución de cloruros de algunos de los puntos que cuentan con un registro más amplio en el acuífero, cuya localización geográfica se puede ver en la figura correspondiente al inventario de puntos de agua.





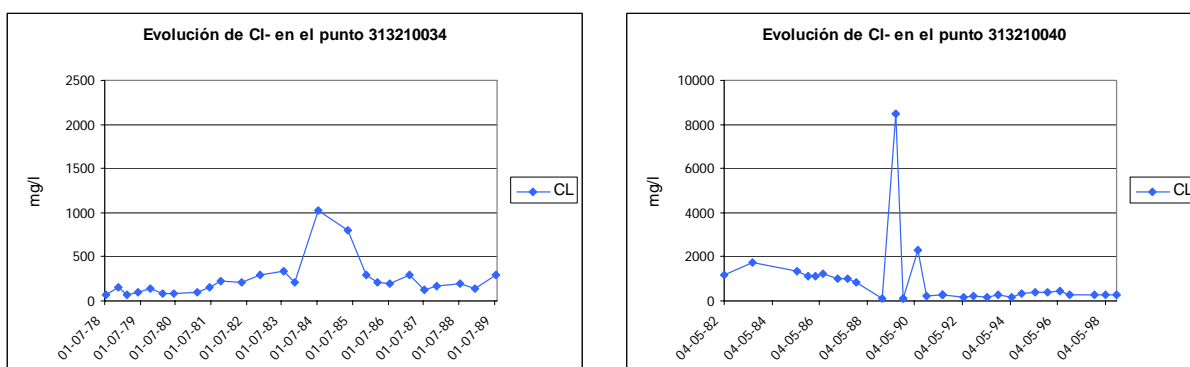


Figura 10.13.6 Evolución de cloruros en varios puntos del acuífero de Jávea

Se observa, en la mayor parte de los puntos de agua representados, que los gráficos muestran unos valores elevados de cloruros (a excepción del punto 313240018 en el que los valores se mantienen bajos a lo largo del periodo de registro), alcanzándose concentraciones superiores a 3000 mg/l en muchos casos.

10.13.6.2.2. Determinaciones analíticas

En el punto muestreado se ha llevado a cabo un análisis de parámetros físico-químicos (conductividad y pH) y constituyentes mayoritarios (sodio, potasio, calcio, magnesio, amonio, nitritos, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos), DQO, fosfatos, sílice, boro, bromuros, hierro y manganeso.

10.13.6.2.3. Control de calidad analítica: error analítico

En las muestra analizada el error analítico es bajo (Tabla 10.13.6):

Nº orden	Código	CE (µS/cm)	Error analítico (%)
15	313210021	1213	-0,92

Tabla 10.13.6 Errores analíticos de las muestras de agua subterránea en Jávea

10.13.6.3. Interpretación de resultados

Los datos de análisis químicos de aguas subterráneas se han sometido a un tratamiento tanto numérico, como gráfico.

10.13.6.3.1. Caracterización hidroquímica general

En la Tabla 10.13.7 se incluyen los resultados analíticos proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME en Tres Cantos (Madrid).

Las aguas analizadas presentan una mineralización media, con una conductividad de 1213 microS/cm. En el caso de los aniones, la concentración de bicarbonatos es de 227 mg/l de HCO_3^- , los sulfatos tienen un valor de 209 mg/l de $\text{SO}_4^{=}$ y, los cloruros de 197 mg/l de Cl^- .

En cuanto a los cationes, el calcio presenta un valor de 160 mg/l de Ca^{++} ; el sodio, por su parte, tiene una concentración de 115 mg/l de Na^+ , el potasio tiene un contenido de 8 mg/l de K^+ y el magnesio presenta un valor de 19 mg/l de Mg^{++} .

Las especies nitrogenadas analizadas presentan valores de nitratos de 62 mg/l de NO_3^- . Por su parte, los nitritos y amonio no se detectan en la muestra analizada.

Nº	Denominación	Fecha	Cond	pH	Cl-	SO4=	HCO3-	CO3=	NO3-	Na+	Mg++	Ca++
15	313210021	12/01/2007	1213	6.8	197	209	227	0	62	115	19	160
			K+	NO2-	NH4+	B	P2O5	SiO2	Fe	Mn	Error	
			8	0	0	0.207	0	22.9	0	0.07	-0.92	

Tabla 10.13.7 Resultados analíticos de Jávea proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH

En la Figura 10.13.7 se incluye el diagrama de Piper correspondiente a las aguas subterráneas analizadas, que permite clasificar a las muestras atendiendo a los aniones y cationes predominantes.

Atendiendo al anión predominante se observa que la composición de las aguas analizadas es de carácter clorurado-sulfatado.

En cuanto a los cationes, las aguas subterráneas tienen una composición cálcica.

En la Figura 10.13.8 se incluye el diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra de agua analizada.

Se observa, como cabía esperar, que la muestra refleja una composición clorurada-sulfatada cálcica, con bajos contenidos en magnesio.

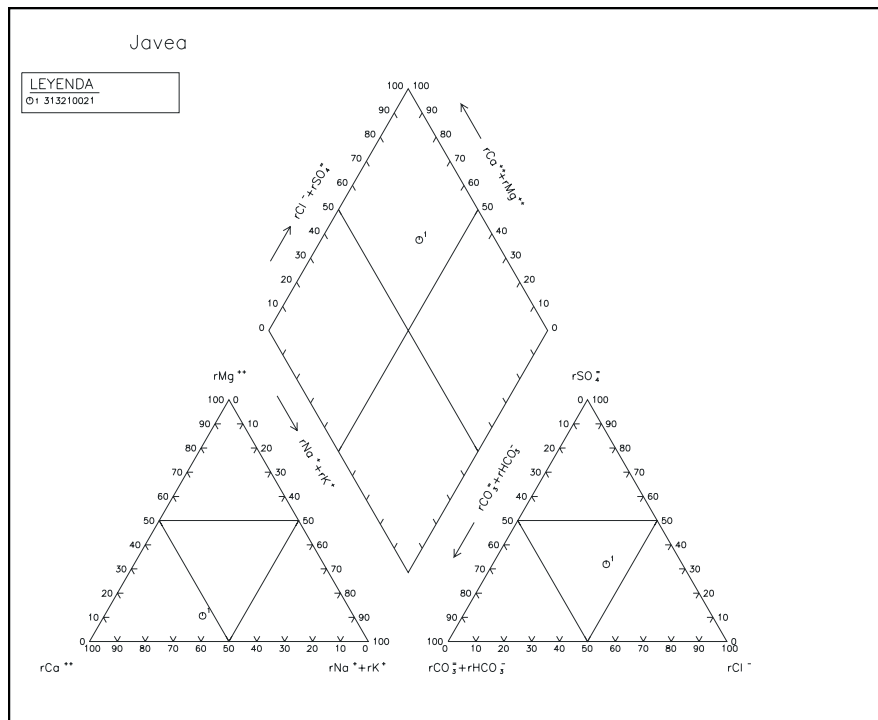


Figura 10.13.7 Diagrama de Piper en el acuífero de Jávea

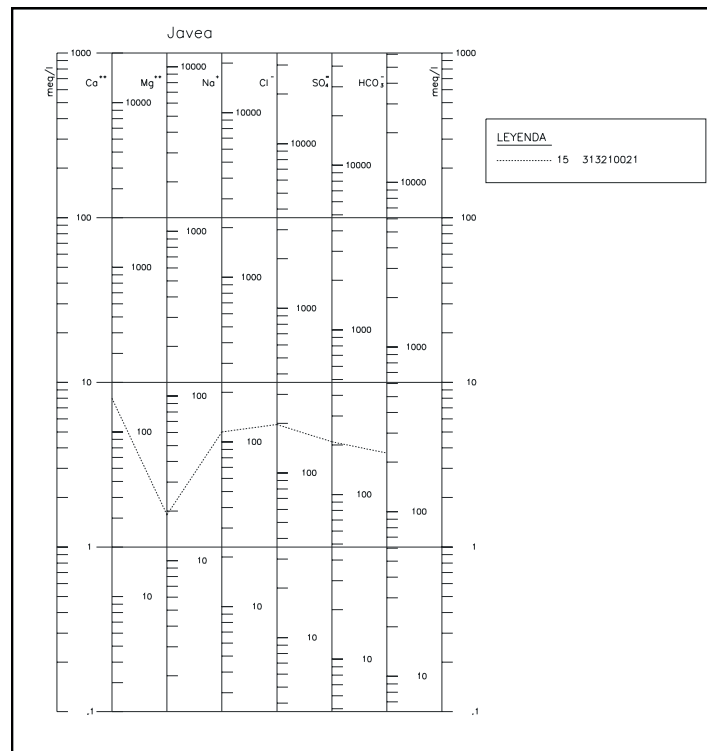


Figura 10.13.8 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra analizada en el acuífero de Jávea

10.13.6.4. Aptitud de las aguas para distintos usos

10.13.6.4.1. Abastecimiento

Para analizar la aptitud de las aguas analizadas para abastecimiento humano se ha llevado a cabo un estudio de la normativa vigente.

Con respecto a la calidad de las aguas analizadas, los resultados analíticos del punto de agua muestreado en Jávea indican que el agua subterránea analizada superan los límites establecidos para nitratos y manganeso (Tabla 10.13.8) aunque, como se comentó en el capítulo 9.4.1, estos valores no se consideran normales ya que no se han obtenido en estudios previos del acuífero ni en zonas próximas, y tendrán que ser objeto de un estudio específico.

El resto de valores de los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano.

Nº	Denominación	Cond	Cl-	SO4=	NO3-	Na+	NO2-	Mn
15	313210021	1213	197	209	62	115	0	0,07
Concentración máxima admisible (*)		2500	250	250	50	200	0,1	0,05

(*) R.D. 140/2003 de 7 de febrero

Datos expresados en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.

Tabla 10.13.8 Aptitud de las aguas subterráneas analizadas en Jávea para abastecimiento humano

10.13.6.4.2. Aptitud de las aguas para regadío

A continuación se analiza la aptitud de las aguas subterráneas para regadío, considerando los problemas que en ocasiones puede plantear su utilización.

En la Figura 10.13.9 se presenta la clasificación de las aguas analizadas para usos agrícolas, según la clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff (S.A.R.). Se trata de aguas con peligro de salinización alto (C3) y de alcalinización bajo (S1).

Las aguas de la clase C3 son altamente salinas, con conductividades que oscilan entre 750 y 2250 μ S/cm, que corresponden a un total de sólidos disueltos comprendido entre 480 y 1440 mg/l aproximadamente. Estas aguas no pueden usarse en suelos de drenaje deficiente. Es preciso elegir plantas muy tolerantes a las sales (cebada, remolacha, espárragos, espinacas, etc) y con posibilidad de controlar la salinidad del suelo, aún con drenaje adecuado. Sin embargo, como se comentó en el

capítulo 0, estas restricciones en el uso deben tomarse con mesura en la zona de estudio ya que la tolerancia de los cultivos a la salinidad en la zona es mayor.

Con respecto al peligro de alcalinización del suelo, las aguas de la clase S1 son aguas con contenidos bajos en sodio. Pueden usarse en la mayor parte de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable. Los cultivos sensibles, como los frutales de pipa, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

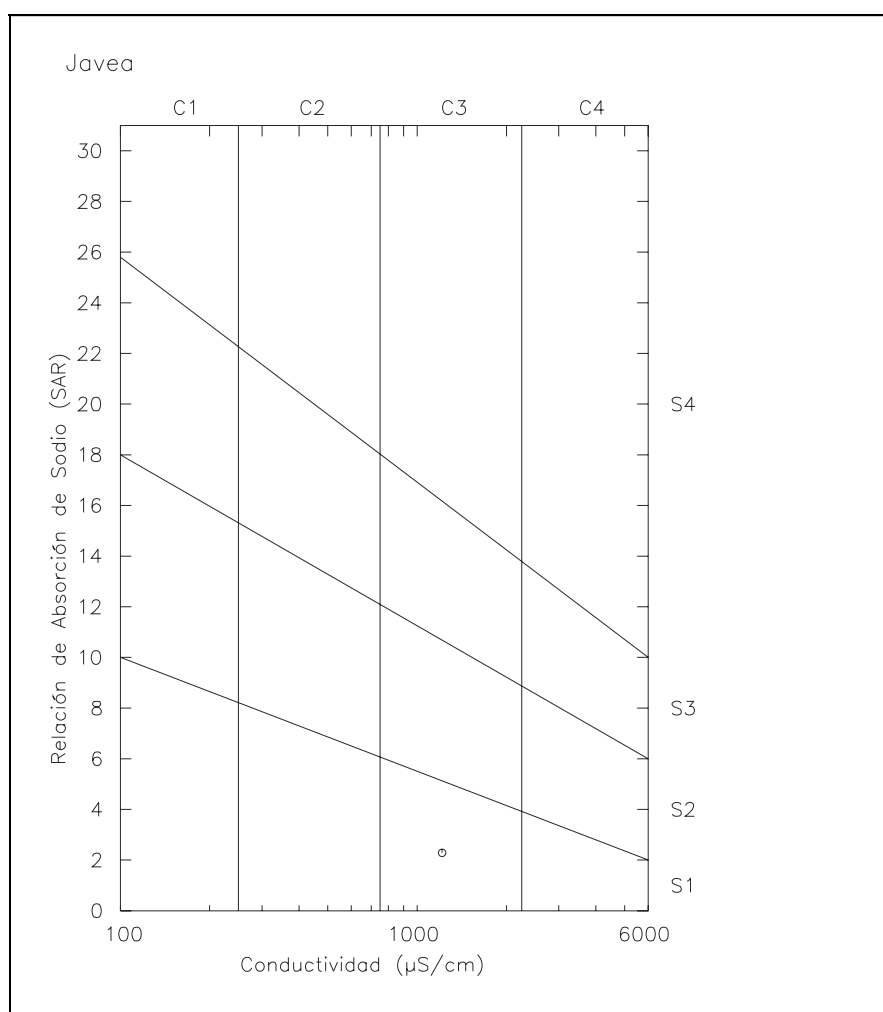


Figura 10.13.9 Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Jávea

10.13.6.5. Distribución espacial de la calidad del agua subterránea

Para estudiar la distribución espacial que presentan las aguas subterráneas analizadas, se ha elaborado un mapa hidroquímico de distribución de facies.

En el Plano 3 se representa el diagrama de Stiff correspondiente a cada uno de los puntos muestreados.

La forma del diagrama de Stiff da idea del tipo de agua y su tamaño permite apreciar con rapidez el grado de salinidad que presentan las aguas en cada caso.

En el Plano 3 se observan aguas de composición clorurada-sulfatada cálcica.

10.13.7. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Jávea

Acuífero cuaternario constituido por depósitos aluviales y costeros. El muro del acuífero lo constituyen las margas miocenas (M1 y M2). Los límites del acuífero son cerrados en todo su perímetro, excepto el oriental que es un límite abierto al mar, y en algunas zonas del límite meridional, en contacto con el acuífero de la Depresión de Benisa. En la Figura 10.13.10 se muestran estos límites y se resumen las principales características del acuífero. La leyenda de la figura se localiza a continuación de la Figura 10.1.5.

La recarga se produce a partir de infiltración directa de agua de lluvia, transferencia lateral del acuífero de la Depresión de Benisa, infiltración del cauce del río Gorgos y retorno de regadíos. La descarga tiene lugar a través de bombeos y salidas al mar.

La dirección de flujo es hacia el mar y hacia el grupo de pozos con mayor explotación, situados en la parte central del acuífero. Los niveles piezométricos se han mantenido prácticamente estables desde principios de los ochenta, y varían desde los 35 m s.n.m. de los puntos situados a mayor altitud y más alejados del mar, a los 0 m s.n.m. en los situados a cotas inferiores cercanas al mar.

Figura 10.13.10 Ficha resumen del acuífero de Jávea

10.14. ACUÍFERO DE LA DEPRESIÓN DE BENISA

10.14.1. Introducción y antecedentes del acuífero de la Depresión de Benisa

Esta área es, con diferencia, la más grande en extensión de todas las que integran la región de estudio, comprendiendo la parte centro-oriental de la misma.

Tiene un contorno cartográficamente cuadrangular, encuadrándose entre el Mediterráneo y un anfiteatro montañoso constituido por las siguientes unidades orográficas:

- Al norte, una sucesión de relieves orientados de oeste a este, y constituidos por las sierras de Llosa de Camacho, Gata y Les Cansades que, con importancia decreciente hacia el este, terminan en el cabo de la Nao. Todos estos relieves están contenidos en el área de Benisa 2.
- Al oeste, un conjunto de sierras orientadas NNE-SSO (sierra de la Venta y del Ferrer, ésta fuera del área), de unos 4 km de anchura y 7 de longitud.
- Al sur la sierra de Bernia, constituyente de un área distinta.

Dentro de ella, en la zona litoral entre el cabo de la Nao y Moraira, se destaca la sierra de Benitachell.



Foto 10.14.1 Sierra de Benitachell, desde La Granadella

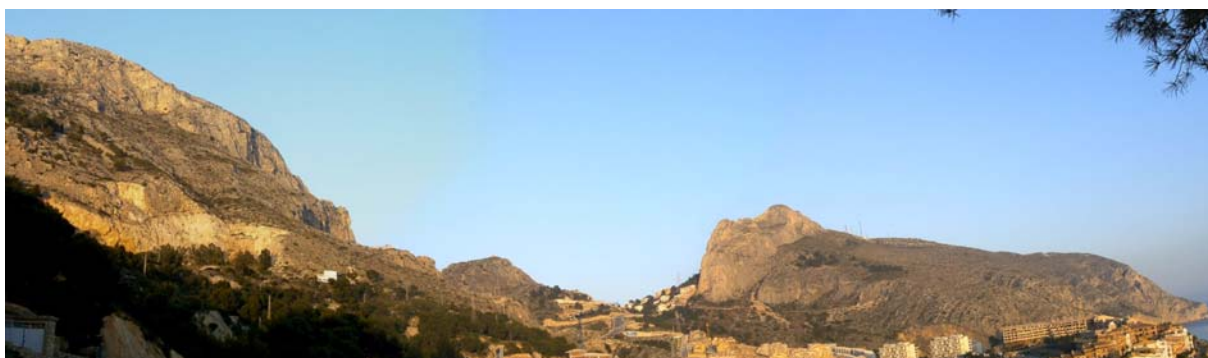


Foto 10.14.2 Estrecho entre Coll de Mascarat y Castell de Calp

La red hidrográfica es, aproximadamente, naciente en la parte central del área (en el entorno de la población de Benisa). Desde ahí, los cursos fluviales más importantes se dirigen al norte, seccionando los relieves septentrionales y los cursos fluviales secundarios lo hacen al sur, hacia el área de Calpe. Hacia el este, los cursos fluviales son cortos y pendientes, lo que es debido al fenómeno de retroceso costero imperante, notablemente rápido en términos de tiempo geológico, debido a la escasa resistencia a la erosión de los materiales terciarios de esta zona litoral.

En la parte oriental del área, el borde occidental de la sierra de Benitachell está subrayado por un curso fluvial que, dirigiéndose hacia el sur, nace muy al norte, de los relieves de Les Cansades, próximos al cabo de la Nao.

En la Figura 10.14.1 y la Figura 10.14.2 se representa la precipitación anual total para las estaciones 8048E "Gata de Gorgos" y 8043 "Benisa Convento", respectivamente, para el periodo 1974-2003. La evolución de la pluviometría es la misma en las dos estaciones, con un máximo absoluto en el año 1989 y otros relativos en los años 1985, 1992 y 2003. Los años más secos se sitúan a comienzos de los ochenta, con otro mínimo en 1998. Entre ambas estaciones pluviométricas hay una diferencia significativa en los valores de precipitación, siendo superiores los valores en la estación de Gata de Gorgos, con una máxima diferencia de unos 250 mm para el año 1989. Se puede apreciar que la diferencia de precipitación entre ambas estaciones es mayor en los años de mayor pluviometría, siendo los valores mínimos muy similares.

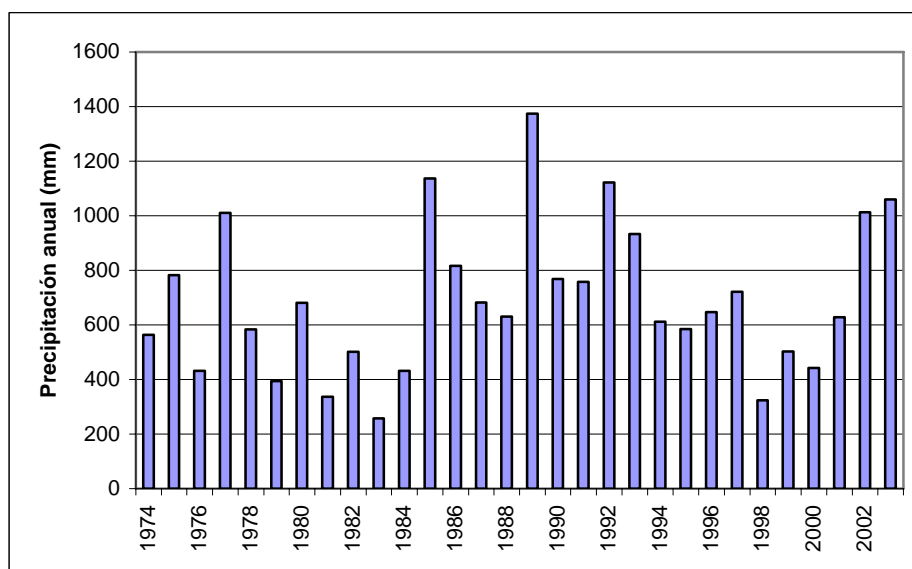


Figura 10.14.1 Precipitación total anual en la estación 8048E (Gata de Gorgos)

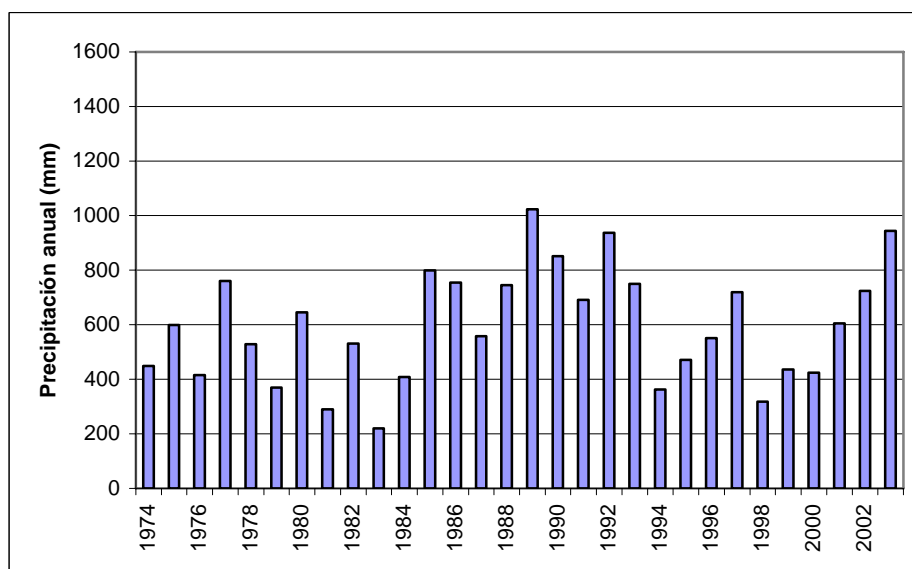


Figura 10.14.2 Precipitación total anual en la estación 8043 (Benisa Convento)

Existen numerosos informes relativos al acuífero de la Depresión de Benisa, dada su gran extensión y su elevado número de puntos de agua:

- IGME (1983). *Propuesta de un perímetro de protección para el acuífero que abastece de agua al municipio de Benisa (Alicante).*
- DPA-IGME (1984). *Proyecto para la reprofundización del sondeo "Benichembla 2" para abastecimiento de agua a Benisa (Alicante)*
- Geysler (1984). *Valoración de los ensayos de bombeo realizados en el pozo nuevo de la finca "Casa Nossols" de Benisa (Alicante).*
- IGME (1984). *Informe final del sondeo perforado en el núcleo urbano de Senija (Alicante) con fines de abastecimiento.*
- Geysler (1985). *Relación hidráulica entre las captaciones de "Casa Nosols" del termino municipal de Benisa (Alicante)*
- IGME (1985). *Ensayo de bombeo en el sondeo de "Casa Nossols" propuesto para el abastecimiento de Benisa.*
- IGME (1986). *Informe final del sondeo "La Cometa" para abastecimiento a la población de Calpe (Alicante).*
- IGME (1986). *Informe sobre el bombeo de ensayo realizado en el sondeo de Vall de Laguart-Alicante.*
- DPA (1987). *Testificación geofísica de dos sondeos en Benitachel (Alicante).*
- DPA (1987). *Bombeo de ensayo en el sondeo "Aullera" (822/7014) para abastecimiento público a Senija (Alicante).*
- DPA (1988). *Informe sobre el bombeo de ensayo realizado en Senija (Alicante).*
- IGME (1988). *Informe sobre las posibilidades de explotación del sondeo "La Estancia" (Benisa).*
- DPA (1988). *Prueba de bombeo en el sondeo para abastecimiento a Vall de Laguart, provincia de Alicante.*
- DPA-IGME (1988). *Informe final del sondeo "Isbert", realizado en el Vall de Laguart para abastecimiento público a Calpe (Alicante).*
- DPA (1988). *Prueba de bombeo en el sondeo para abastecimiento a Vall de Laguart, provincia de Alicante.*
- DPA (1988). *Informe del sondeo Lucifer construido en Vall de Laguart para el abastecimiento de aguas a Calpe, Fleix, Fontilles, Benimaurell y Campell.*
- DPA (1988). *Bombeo de ensayo en el sondeo "Lucifer" (822/2071).*

- IGME-CHJ (1989). *Perímetros de protección a las captaciones para abastecimiento urbano de las poblaciones de Benisa, orba, Sot de Ferrer, Calig, Almazora, Montichelvo, Genotes y Alacuas. Provincias de Castellón, Valencia y Alicante.*
- ITGE (1991). *Investigación hidrogeológica para la gestión de la unidad de Castell de la Solana – Solana de la Llosa (Alicante)*
- DPA (1992). *Determinación del origen de la salinidad en al depresión de Benisa (Alicante).*
- DPA (1994). *Informe sobre la prueba de bombeo de ensayo del sondeo de Senija (Alicante).*
- DPA (1994). *Ensayo de bombeo en el sondeo Canor (3032-70018).*
- DPA (1994). *Informe sobre la recuperación del pozo Canor para abastecimiento a Benisa.*
- DPA (1996). *Informe sobre la prueba de bombeo de ensayo del sondeo Canor en el T.M. de Benisa (Alicante)*
- DPA (1996). *Informe sobre la prueba de bombeo de ensayo del sondeo Aullera-Senija (Alicante)*
- DPA (1999). *Posibilidades de captación de aguas subterráneas en los términos municipales de Jalón y Llíber (Alicante).*
- (1999). *Informe sobre la segunda y tercera prueba de bombeo de ensayo del sondeo “Depósito-Calpe” del T.M. de Calpe (Alicante)*
- DPA (2001). *Informe de bombeo de ensayo del sondeo “monte-Bañuls” en el término municipal de Benisa (Alicante)*
- DPA (2002). *Informe final y prueba de bombeo de ensayo del sondeo “La Canterilla” en el término municipal de Teulada (Alicante).*
- DPA (2002). *Informe de reconocimiento y diagnóstico del sondeo de abastecimiento Canterilla-Teulada-Benitachel (Alicante).*
- DPA (2003). *Desarrollo químico mediante polifosfatos, y ácido clorhídrico; y ensayo de bombeo del sondeo “La Definitiva” en el término municipal de Jalón-Llíber (Alicante)*
- DPA (2003). *Propuesta de perímetro de protección del pozo La Definitiva.*
- DPA (2003). *Informe del desarrollo mediante acidificación y ensayo de bombeo realizado en el sondeo “La Carretilla”. Teulada (Alicante).*
- DPA (2004). *Informe final, desarrollo químico mediante ácido clorhídrico, y ensayo de bombeo del sondeo “María” en el término municipal de Calpe (Alicante).*

DPA (2005). *Informe de ensayo de bombeo, del sondeo "Marisa" en el término municipal de Benisa (Alicante)*

10.14.2. Litología y geometría del acuífero de la Depresión de Benisa

El acuífero de la Depresión de Benisa comprende la cuenca terciaria estructurada en torno a la población que le dá nombre y, también, los relieves vecinos, tanto por el norte (Sierras de Segullí y Senguetes), como por el oeste (alineaciones paralelas a la sierra del Ferrer) y este (sierra litoral de Benitachell). Asimismo, comprende también la depresión terciaria de Jávea, al oeste de la población, así como las partes bajas (meridionales y orientales, respectivamente) de las sierras de Montgó y Jesús Pobre.

10.14.2.1. Estratigrafía

Por su gran extensión y variabilidad, en esta gran área están representadas todas las unidades litológicas diferenciadas en el conjunto de la región de estudio.

Así, en el grupo septentrional de relieves, están representadas todas las unidades cretácicas (C0 a C7). En el occidental y meridional, la representación del Cretácico es menor, habiendo solo del C2 al C4 pero, en cambio, están muy bien representadas y aflorando ampliamente, las paleógenas (E2, O1 y O-M1), así como, en determinados lugares, las miocenas (M1).

En el área de topografía menos vigorosa, entre los mencionados relieves y el litoral, afloran profusamente formaciones terciarias (M1, M2, M3 y MEO), siendo M2 la de más amplia extensión, y estando M3 y MEO representadas en la parte más meridional del área.

La sierra de Benitachell está constituida por unidades cretácicas (C3, C4 y C5) y terciarias (O1, O-M1 y O-M2), estando localizadas las primeras en la parte principal y oriental de la sierra, y las segundas en el flanco occidental de la misma.

En la mitad occidental de la depresión de Jávea, los afloramientos predominantes son los correspondientes a la unidad M2 (alternancia de niveles de margas y margocalizas con niveles de calizas limosas o arenosas que rápidamente pasa a niveles de margas grises de aspecto noduloso y arcillas limosas, de edad Mioceno medio). Sobre ellos, se disponen depósitos aluviales y de terrazas fluviales, ambos poco importantes, asociados a la red hidrográfica del río Gorgos y del barranco del Valle. Bajo la unidad M2 cabe suponer existirá, sobre todo, la unidad C1, con intercalaciones de C0.

Finalmente, las partes bajas (meridional y oriental, respectivamente) de las sierras de Montgó y de Jesús Pobre están constituidas por la unidad C1 que, sin duda, comportará intercalaciones de C0, interesantes hidrogeológicamente.

10.14.2.2. Tectónica

El macizo montañoso del noroeste del área conforma un área cartográficamente romboidal de unos 10 X 6,5 km, con su máxima dimensión según este-oeste. Estructuralmente, está constituido por una sucesión de pliegues ENE-OSO, no muy apretados, y alguna falla inversa de la misma dirección, vergente al NO, todos construidos en materiales cretácicos. La disposición estructural determina que, en líneas generales, las litologías cretácicas más antiguas (C1) aparezcan hacia el oeste del macizo, y las más recientes (C6) hacia el este.

Las prolongaciones orientales del mencionado macizo (área de Les Cansades y hasta el cabo de la Nao) están constituidas por estructuras aparentemente monoclinales de materiales cretácicos (unidades C3, C6 y C7) buzantes al sur, afectadas por un sistema de fallas este-oeste que, sin duda, han debido contribuir a la estructuración de la depresión de Jávea, localizada inmediatamente al norte.

En los relieves occidentales (sierra de la Venta y otras paralelas), dominan las estructuras NNE-SSO que, por contraste litológico, configuran las sierras presentes. Son estructuras plegadas o, más comunes, falladas, con labio hundido este, es decir, hacia la parte central de la depresión de Benisa.

La articulación tectónica entre estos relieves occidentales y el macizo montañoso noroccidental es una zona de debilidad ONO-ESE, coincidente con la terminación oriental del diapiro del Jalón, sobre la que se ha detectado alguna fractura de dicha dirección. No obstante, en detalle no existe Keuper inyectado a favor de dicha fractura, al menos a nivel de afloramientos superficiales, aunque sí puede haberlo a niveles más profundos (a nivel de zócalo o de formaciones mesozoicas no aflorantes en el área de estudio).

La sierra costera de Benitachell, de unos 8 km de longitud y 3 de anchura máxima, muestra una disposición cartográficamente arqueada, con orientación que gradúa de este-oeste en su extremo oriental a casi norte-sur en el meridional. Estructuralmente, es un bloque monoclinal, con tendencias cabalgantes hacia noroeste, cuyos buzamientos –siempre dirigidos hacia el oeste y norte- son fuertes en las partes occidental y septentrional de la sierra y progresivamente menos en la oriental. Es interesante la presencia de una falla normal, también arqueada como la propia sierra, que con salto cifrable en más de un centenar de metros, abate un gran bloque de 3 km de longitud y 0,7 de anchura, en el mismo litoral.

La mayor (y más baja topográficamente) parte de la depresión de Benisa, está constituida fundamentalmente por la formación terciaria M2, que conforma un sinclinal laxo orientado NE-SO, con pliegues menores de la misma dirección. En su extremo meridional, este sinclinal contiene las formaciones terciarias más recientes – M3 y MEO – de la depresión.

Por último, la depresión terciaria de Jávea debe estar constituida por las formaciones terciarias dispuestas discordantemente sobre un área anticlinal de Neocomiense (C1 con intercalaciones de C0), Hay que resaltar que, muy probablemente, el sur de la depresión terciaria de Jávea está limitado de las sierras de Senguetes y sus prolongaciones este-oeste, por una probable fractura de dirección aproximadamente este-oeste y quizá con Keuper inyectado a su favor.

10.14.2.3. Sondeos

Dada la gran extensión cubierta por este área, hay un gran número de sondeos contenidos en la misma, que pueden agruparse según diversas zonas o temáticas de las mismas y que pasan a comentarse a continuación.

Macizo montañoso noroccidental

En el macizo montañoso noroccidental (Llosa de Camacho y sierra de Gata) hay un total de 20 sondeos, emplazados en las unidades cretácicas C4 o C2 o sobre algún aluvial cuaternario que surca las mismas. De ellos, hay datos de profundidad (140-325 m) y columna litológica en 9 de ellos. Todas las litologías atravesadas son de naturaleza caliza y margosa, siendo acorde, pues, con la naturaleza del Cretácico de la zona, con espesores métricos de cuaternario ocasionalmente. Es interesante destacar la presencia de 4 m de yesos (Keuper?) en la parte baja del sondeo 303230099.

En el extremo oriental del mencionado macizo, y en los relieves mesozoico-terciarios orientales (Les Cansades, etc.), generalmente sobre materiales de las unidades C4, C5, M1 o M2, hay un total de 20 sondeos. Los emplazados sobre unidades cretácicas tienen profundidades de hasta 225 m y cortan materiales calizo-margoso-areniscosos, acordes con la naturaleza de dichas unidades. De los emplazados sobre terciario, se dispone de datos de 6 de ellos, que han podido cortar en su parte baja el Cretácico, y ello por el gran espesor de calizas atravesado, que oscila entre 210 y 280 m.

Área cuaternaria entre el macizo montañoso noroccidental y el diapiro del Jalón

En el cuaternario al noreste del diapiro del Jalón, inmediatamente al ONO de Líber, hay dos sondeos que cortan materiales cretácicos, correspondientes a las prolongaciones ocultas de las sierras localizadas inmediatamente al noreste. Aunque no se dispone de datos detallados sobre ambos, hay que indicar que el 303230091 probablemente corta materiales neocomienses (C1) y el 303230109, probablemente de la unidad C2.

Relieves occidentales NNE-SSO

En los relieves occidentales NNE-SSO (sierra de la Venta y paralelas) existen 6 sondeos, siempre emplazados en Cretácico o en Cuaternario suprayacente al mismo, de los que solo de uno

(303270041) se dispone de datos de profundidad (400m) y litología (calizas y margas, atribuibles al Cretácico).

Área cuaternaria entre los relieves occidentales y el diapiro del Jalón

En la plana cuaternaria oriental del diapiro, es decir en la zona localizada al sur y sureste de la población de Jalón, se emplazan los sondeos 303270008 (sin datos), 303270002 (350 m de profundidad, habiendo cortado unos 15 m de materiales probablemente cuaternarios y, debajo, calizas probablemente cretácicas) y 303270007 (185 m de profundidad, con materiales calizo-arcillo-margosos que deben corresponder al Cretácico). Estos dos últimos sondeos deben emplazarse, pues, sobre unidades mesozoicas de las áreas vecinas meridionales, limítrofes al diapiro y recubiertas por formaciones cuaternarias.

Área terciaria de Benisa

En la parte meridional del área se presentan del orden de 9 sondeos, pero sin datos disponibles de ninguno de ellos.

En los aluviales cuaternarios de los cursos que desembocan en Calpe, o en el Mioceno (M1) inmediatamente adyacente, se localizan unos 15 sondeos. Se dispone de datos de dos de ellos (303270025 y 303270017) con profundidades de 200 m y litologías cortadas de naturaleza margo-arenisco-calcarenítica, con margas, o calizo-margosa, atribuibles al Terciario.

Inmediatamente al sur y sureste de la población de Benisa, hay 6 sondeos. Sólo se dispone de datos del 303270016, con 180 m de profundidad y litología de arcillas, areniscas, margas y calizas, atribuible al Terciario.

Entre Benisa y Teulada, en los aluviales sobre Terciario (M2), o sobre éste en la vecindad de los mismos, existen del orden de 14 sondeos. Hay datos de 4 de ellos, con 50-110 m de profundidad y litologías margosas y calcáreas, con calcarenitas, arcillas y, a veces, arenas y gravas, correspondientes al Terciario.

En el aluvial cuaternario que contornea la sierra de Benitachell por el oeste, o en el Terciario inmediatamente adyacente (M1 y/o M2) hay del orden de 12 sondeos. Solo se dispone de datos del 303280052, con 155 m de profundidad y litología margo-calcárea, terciaria.

Sierra de Benitachell

En la parte oeste de la sierra de Benitachell hay unos 9 sondeos, sobre las unidades C5 o E2. Hay datos de dos de ellos: el 313250010 tiene 353 m de profundidad y ha cortado margas y margocalizas, probablemente de la unidad E2; el 313250033, emplazado sobre la unidad C5 o sobre su contacto

superior, ha cortado 70 m de gravas (*¿*) y arenas (*¿*), lo cual no se corresponde con la naturaleza de la unidad en que se emplaza.

En la parte central de la misma sierra, dispuestos sobre la unidad C4, hay del orden de 9 sondeos, sin datos disponibles de los mismos.

Finalmente, en la parte oriental de dicha sierra, y sobre la unidad C5 del bloque abatido por la gran falla arqueada, hay cuatro sondeos, sin datos disponibles.

Parte baja oriental del relieve de Jesús Pobre (extremo occidental de la depresión de Jávea)

Cuatro sondeos se sitúan en la parte oriental del relieve de Jesús Pobre, disponiéndose sobre las unidades C1 o C2; de ellos, el sondeo 303240031 ha cortado 200 m de calizas y areniscas atribuibles al Aptiense-Barremiense, mientras que el 303240008 ha atravesado 291 m de areniscas, "pórfidos" (*¿*) y "ródenos" azules y rojos, entre otras "curiosas" litologías.

Parte baja meridional de la Sierra de Montgó (borde norte de la depresión de Jávea)

Existen otros sondeos (del orden de 9 sondeos) emplazados en el Mioceno (unidad M2) del borde sur de la sierra de Montgó. Los datos disponibles de dos de ellos parecen indicar que, en su base han podido cortar materiales cretácicos, concretamente los correspondientes a las unidades C1 ó C0:

303240049: Con 237 m de profundidad, ha atravesado una serie margo-arcillosa arriba hasta los 28 m (probablemente M2) y después calizas, margas y areniscas (probablemente C1).

303240035: De 270 m de profundidad, habiendo cortado 130 m de margas arriba (M2?, C1?) y 140 m de calizas (posiblemente C0) abajo.

Depresión terciaria de Jávea

En el Mioceno (unidad M1) del sureste de la plana de Jávea, hay 4 sondeos, sin datos disponibles.

En el Mioceno (M2), al oeste del meridiano de la población de Jávea, hay 13 sondeos que, sorprendentemente, han cortado materiales mayoritariamente calcáreos. Así, el sondeo 303230069 ha cortado 300 m de calizas; el 303240024, 25 m de calizas y margas (arriba), y 176 m de calizas (abajo); y el 303240050, 190 m de calizas y dolomías con intercalaciones margosas. Es difícil decidir qué unidades han cortado estos sondeos (aunque parecen indudablemente cretácicas) y cómo se relacionan con las sierras y estructuras vecinas. Lo más probable es que correspondan a las unidades C1 y C0, según se deduciría de la estructura supuesta para el sustrato de la depresión de Jávea, descrita anteriormente.

Figura 10.14.3 Acuífero de la Depresión de Benisa

10.14.2.4. Geometría del acuífero de la Depresión de Benisa

El acuífero de la Depresión de Benisa está constituido fundamentalmente por los materiales permeables cretácicos y terciarios permeables: C2, C4, C5, C6, E1, O1, y MEO, y algunos depósitos cuaternarios. La disposición de estos materiales acuíferos se encuentra compartimentada, debido a numerosas fracturas, y se dispone de poca información sobre la relación que hay entre los diferentes niveles acuíferos.

Los límites del acuífero presentan las siguientes características:

- ◆ Límite septentrional: En su parte oriental es un límite cerrado por el impermeable de base (C1), que lo separa de los acuíferos de Montgó-Denia y de Jesús Pobre. En la parte central el límite es abierto, con el acuífero de Cretácico del Girona.
- ◆ Límite noroccidental: Cerrado por afloramientos del mioceno margoso de facies "Tap", que lo separa del acuífero de Solana de la Llosa.
- ◆ Límite occidental: Cerrado por el neocomiense (C1) que, aunque no aflora, constituye el límite en profundidad. En la parte sur el límite es abierto a través de los materiales terciarios.
- ◆ Límite meridional: Cerrado por los materiales del Keuper del diapiro de Altea en la parte occidental y abierto al mar en la oriental.
- ◆ Límite oriental: Abierto al mar.

La superficie total del acuífero es de 285 km², de los que 103 km² corresponden a afloramientos permeables cretácicos y terciarios.

10.14.3. Piezometría del acuífero de la Depresión de Benisa

Existe un gran número de puntos de agua distribuidos por todo el acuífero de la Depresión de Benisa (ver listado en el Anejo 3), aunque en ciertas zonas hay mayor acumulación (ver la Figura 10.14.4): al norte de la franja que forman las poblaciones de Benitachell, Teulada y Benisa; la franja cercana a la costa entre el Cabo de la Nao y la Punta de Moraira; al sur de Jalón; y al norte de Calpe.

Figura 10.14.4 Inventario de puntos de agua del acuífero de la Depresión de Benisa

Para el análisis de la piezometría se han agrupado los pozos de acuerdo a su situación y a los materiales que captan. En prácticamente todos los puntos se observa que los niveles se han mantenido estables durante el periodo registrado, con algunas variaciones intranuales. En la Figura 10.14.5 se representan los puntos que captan niveles cretácicos en la parte norte del acuífero. Los puntos 303240072 (470 m de profundidad), situado al sur de Gata de Gorgos, y 313210033 (130 m de profundidad), situado más al este, al sur del acuífero de Jávea presentan una evolución similar, con los niveles alrededor de los 10 m s.n.m. El primero de estos dos puntos, que a partir del año 2000 es medido con más frecuencia, registra variaciones intranuales del nivel de entre 30 y 70 m. El punto 303240001, situado inmediatamente al sur del acuífero de Cretácico de Girona, y con una profundidad de 76 m, presenta unos niveles más altos, de alrededor de 50 m s.n.m. De los piezómetros situados en la parte más meridional de los materiales cretácicos, al norte de Benisa, se dispone de datos de dos de ellos: el 303270018 (325 m de profundidad) y el 303270021 (324 m de profundidad), situados muy próximos. El primero muestra variaciones intranuales del orden de 60-90 m, con un importante descenso al final de los años 80, mientras que en el pozo 303270021 los niveles están en unos 70 m s.n.m., manteniéndose estables, y con variaciones intranuales de unos 60 m. Por último, el pozo 303270046, de 400 m de profundidad, situado al sur de los dos anteriores, presenta unos niveles entre 30 y 5 m s.n.m.

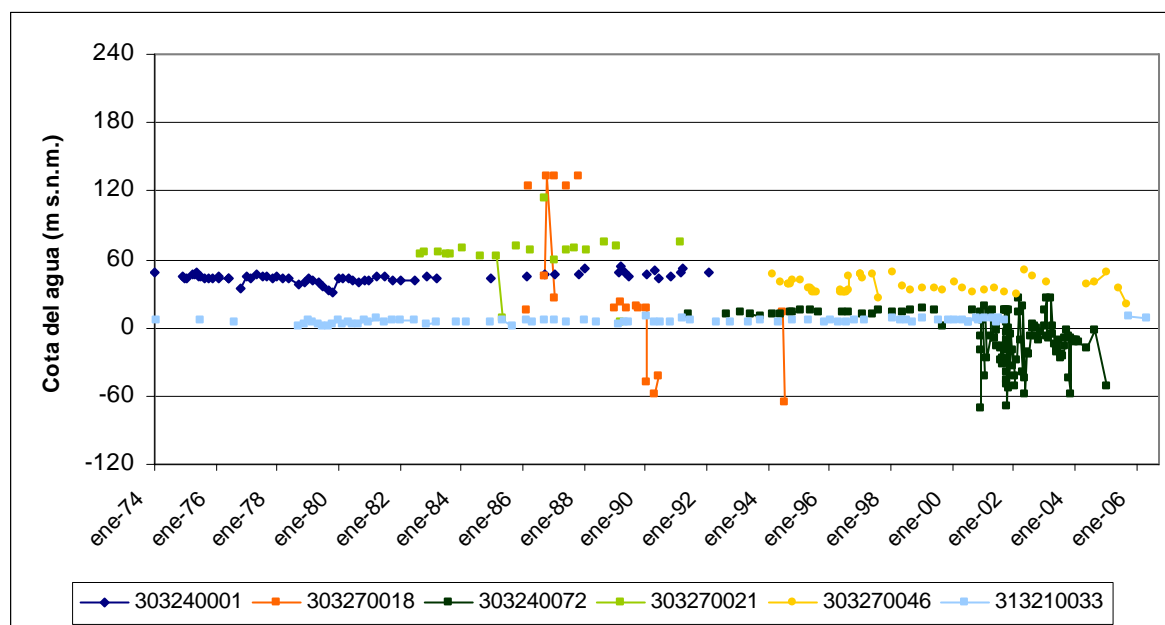


Figura 10.14.5 Evolución piezométrica de los puntos del Cretácico al norte del acuífero de la Depresión de Benisa

En la Figura 10.14.6 se muestran varios puntos de agua emboquillados en el Terciario de la mitad sur del acuífero de la Depresión de Benisa. El punto 303270014, localizado al noreste de Senija, presenta unos niveles que varían entre 105 y 35 m s.n.m. a lo largo de todo el periodo considerado. El punto con los niveles más altos, alrededor de 200 m s.n.m., es el 303270016 (180 m de profundidad), situado inmediatamente al suroeste del pueblo de Benisa. El punto 303270017 (202 m de profundidad), localizado unos 2 km al sur del anterior, presenta un nivel de unos 30 m s.n.m., muy similar al del punto 303330006, situado unos 3.3 km al sur del anterior. En este último punto, los niveles han descendido algo, situándose en unos 20 m s.n.m. El punto 303270051, localizado al este, en la Lloma dels Violins, presenta unos niveles de alrededor de 15 m s.n.m. Los puntos 303330011 y 303330019, situados al sur, cercanos al acuífero de Bernia, presentan valores de cotas de 11 y -13 m s.n.m., respectivamente.

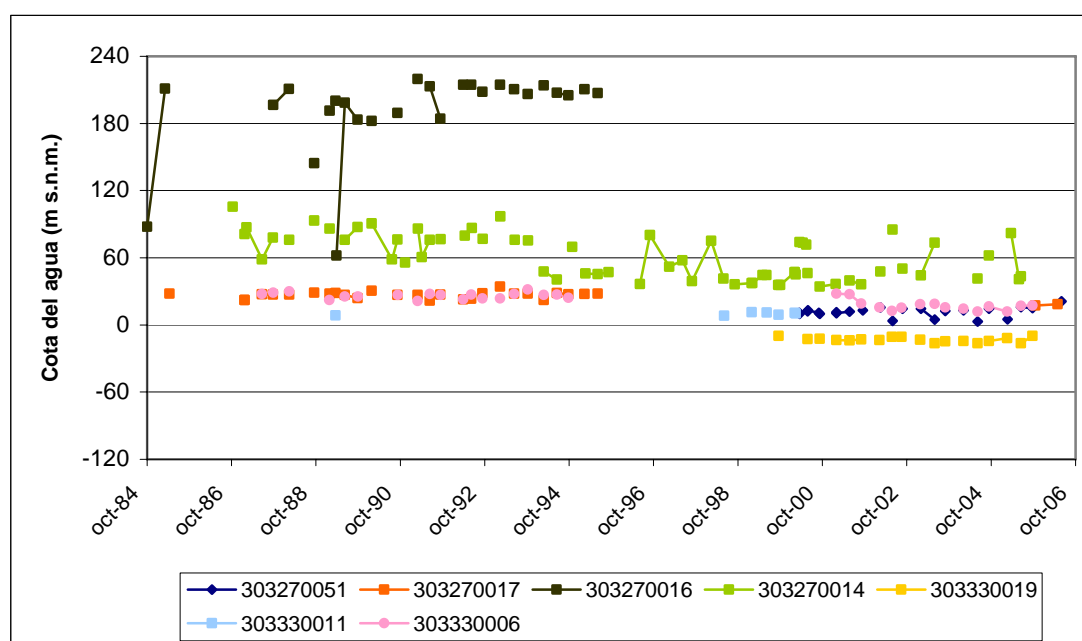


Figura 10.14.6 Evolución piezométrica de los puntos del Terciario central del acuífero de la Depresión de Benisa

En la Figura 10.14.7 se presenta la evolución de cinco puntos localizados al sur del pueblo de Jalón, en el Cretácico. El punto con niveles más altos, de unos 210 m s.n.m. es el punto más occidental. El punto 303270045 presenta grandes fluctuaciones, con niveles que varían entre 160 y 40 m s.n.m., y con cierta tendencia descendente. El punto 303270013 (350 m de profundidad), presenta también fluctuaciones del mismo orden del anterior (sin contabilizar el valor máximo y el mínimo que podrían ser un error), y una tendencia descendente, con niveles entre 140 y -90 m s.n.m. Por último, los

puntos 303270041 (400 m de profundidad) y 303270052 (430 m de profundidad) presentan series muy cortas, con niveles en el caso del primero de entre 160 y 35 m s.n.m., y de 70 y 35 m s.n.m. en el segundo.

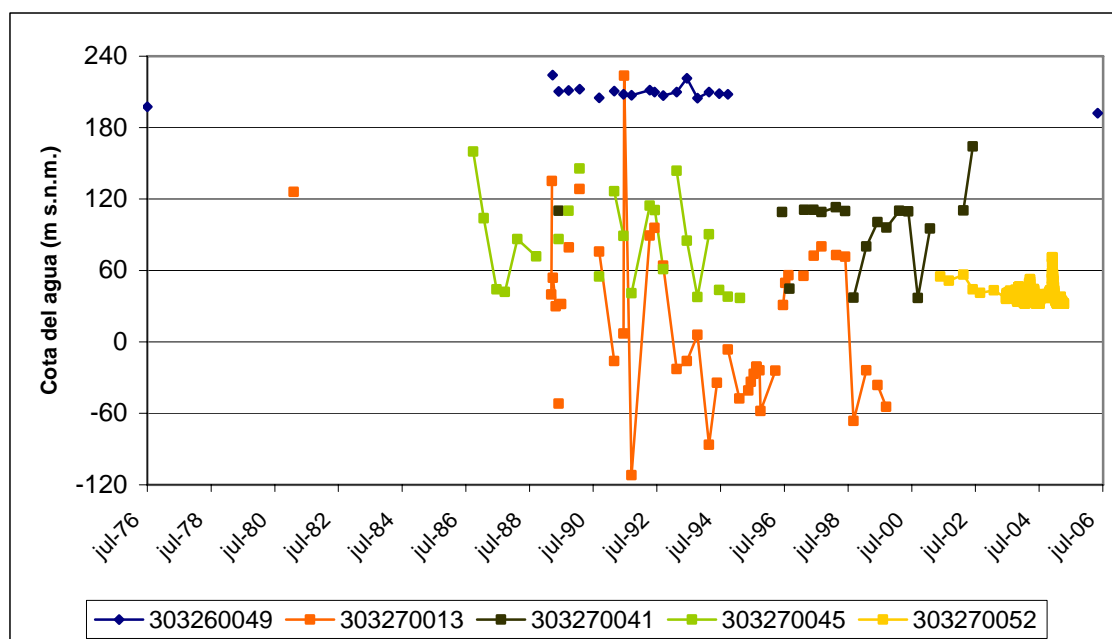


Figura 10.14.7 Evolución piezométrica de los puntos del Cretácico al oeste del acuífero de la Depresión de Benisa

En la Figura 10.14.8 se representan los puntos de agua localizados en el Terciario, al norte de Teulada y Benitachell. Los puntos 303280015 (300 m de profundidad), 303280020 (300 m) y 303280026 (400 m) se sitúan al noroeste de Teulada; el punto 303280026 (400 m de profundidad) se localiza al norte de Teulada; y los puntos 313210046 (150 m de profundidad) y 313250002 (180 m) se sitúan al norte de Benitachell. El nivel es muy similar en los seis puntos, entre 0 y 20 m s.n.m., manteniéndose prácticamente estable.

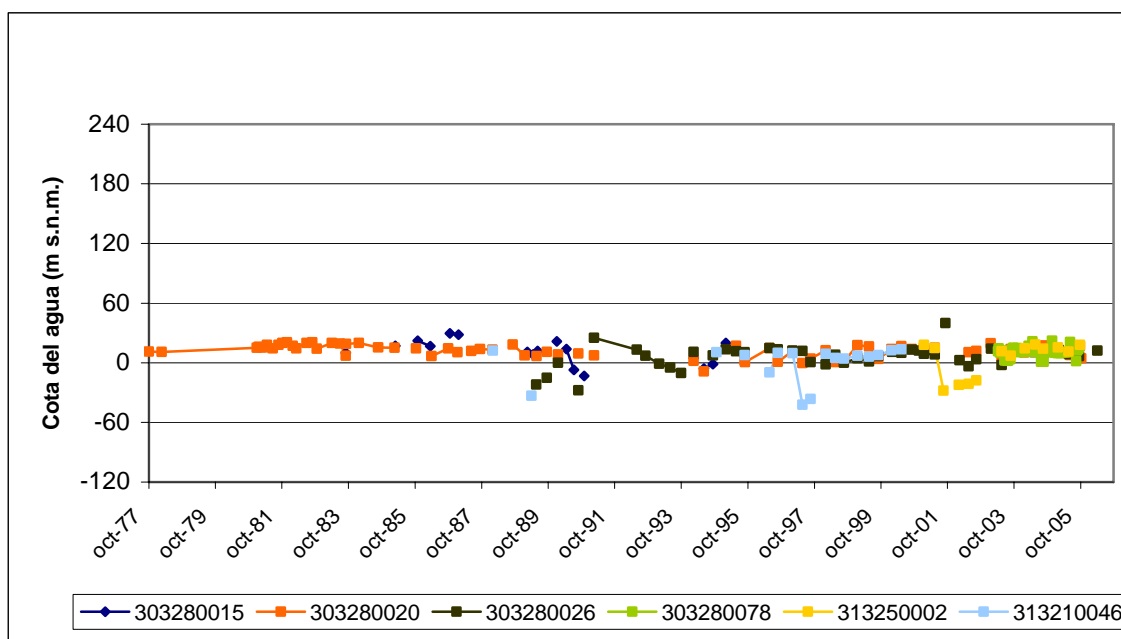


Figura 10.14.8 Evolución piezométrica de los puntos del Terciario entre Teulada y Benitachell del acuífero de la Depresión de Benisa

Por último, en la Figura 10.14.9 se muestran los niveles de dos puntos acuíferos situados en los materiales terciarios entre los acuíferos de Montgó-Denia, Jesús Pobre y Jávea. El punto 303240007, de 300 m de profundidad, presenta un nivel entre 10 y 30 m s.n.m. hasta 1988 y, a partir de entonces, se produce una brusca subida del nivel de unos 35 m, situándose entre 65 y 80 m s.n.m. El punto 303240048, de 250 m de profundidad, y localizado en la parte central, presenta unos niveles entorno a -20 m s.n.m., con fluctuaciones intranuales de unos 30 m.

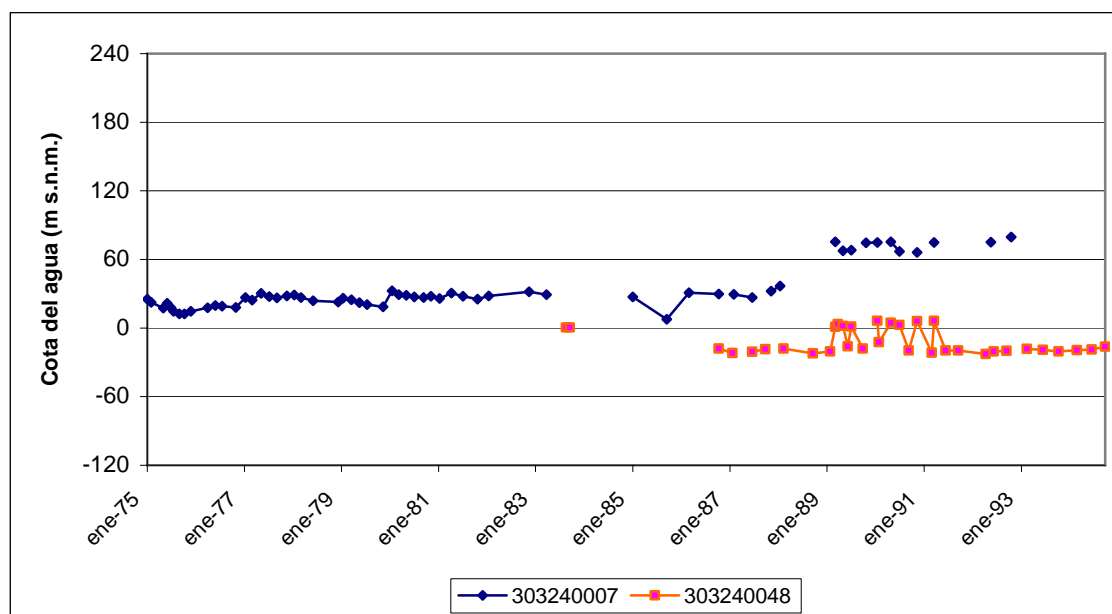


Figura 10.14.9 Evolución piezométrica de los puntos del Terciario de la depresión de Jávea del acuífero de la Depresión de Benisa

En general puede decirse que los niveles piezométricos son más elevados en la parte occidental del acuífero, tanto entre los materiales cretácicos como los terciarios. Además, dentro de estas zonas las diferencias de nivel entre unos puntos y otros son muy acusadas, pudiendo llegar a 200 m, que puede deberse a una mayor compartimentación del acuífero de la Depresión de Benisa en esta zona. En la parte norte y oriental del acuífero, los niveles son más bajos, entre 60 y -60 m s.n.m., con una menor diferencia entre los puntos acuíferos, fundamentalmente en el Terciario central, entre Teulada y Benitachell. A grandes rasgos se puede establecer una dirección de flujo oeste-este, hacia el mar.

10.14.4. Uso del agua del acuífero de la Depresión de Benisa

El acuífero de la Depresión de Benisa se utiliza fundamentalmente para abastecimiento urbano. En la Figura 10.14.10 se representa los datos disponibles de extracciones procedentes de la DPA, excepto los años 2005 y 2006, incompleto este último, que proceden del inventario realizado en 2006, con algunas actualizaciones posteriores.

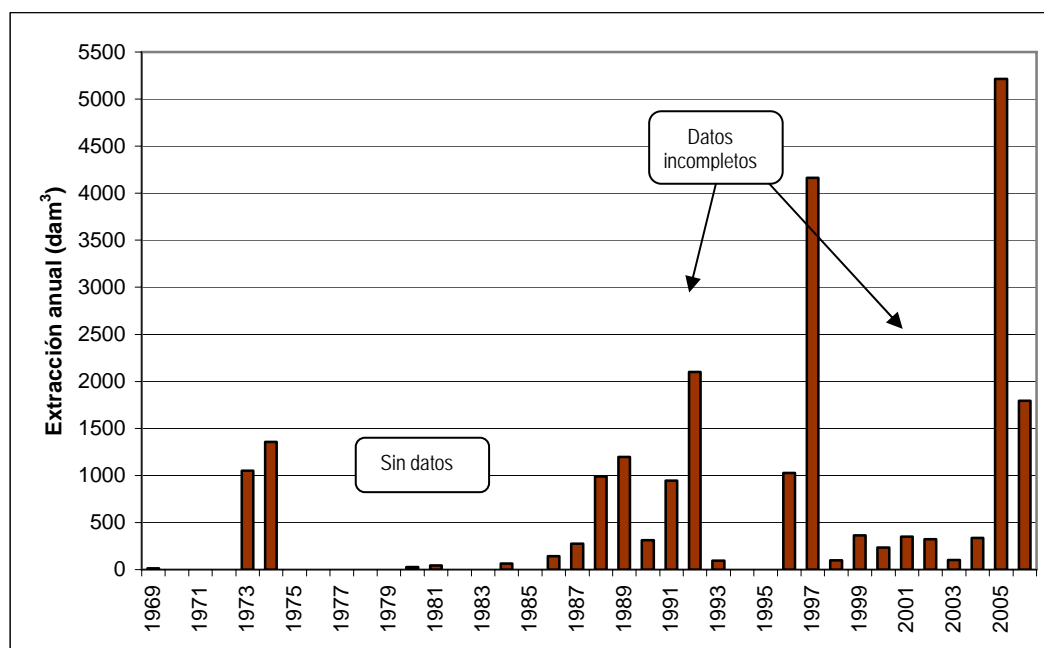


Figura 10.14.10 Extracciones anuales en el acuífero de la Depresión de Benisa

Según el estudio IGME-DPA (2001): *Análisis y ordenación de recursos hídricos de la Marina Alta (Alicante)*, para la fecha del estudio se utilizaban 3.05 hm³/a para abastecimiento urbano y 1.95 hm³/a para agricultura. En el *Mapa del agua de la provincia de Alicante* de 2007, los bombeos totales se estimaron en 7 hm³/a. Según el inventario realizado en 2006 las extracciones durante el año 2005 para uso urbano fueron 4.4 hm³, 0.76 para uso agrícola y 0.05 para industria. En la Tabla 10.14.1 se muestran los puntos de agua de los que se extrae agua para abastecimiento, así como los municipios abastecidos. Los municipios localizados en la Depresión de Benisa que se abastecen de agua del acuífero son: Teulada, Benitachell, Benisa, Gata de Gorgos, Senija, Líber y Calpe. Además, también abastece a los municipios de Jalón y Jávea. La mayor parte de estas poblaciones no satisfacen su demanda únicamente con estos pozos, sino que también reciben agua de otros acuíferos.

Nº IGME	Nombre	Extracción (hm ³)		Gestión	Municipio abastecido
		2005	2006		
303230016	Moret	814	814	Aguas Municipales de Jávea, SA	Jávea
303230088	Juanelo	565	565	Aguas Municipales de Jávea, SA	Jávea
303240072	Les Comes	306		AQUAGEST-Levante, S.A.	Jávea
303240076	Urb. Mongó-Toscamar			Aguas Municipales de Jávea, SA	Jávea
303270013	Salado			Consorcio de Aguas Teulada-Benitachell	Teulada y Benitachell
303270018	Pon de Canor	28		Ayto. de Benisa	Benisa

Nº IGME	Nombre	Extracción (hm ³)		Gestión	Municipio abastecido
		2005	2006		
303270024	Senija-I			Benitachell-Teulada / AQUAGEST	Teulada y Benitachell
303270031	Tosal del Moro	288		AQUAGEST-Levante, S.A.	Gata de Gorgos
303270052	La Definitiva			Ayuntamiento Llíber-Jalón	Jalón y Llíber
303270053	Llíber II	21		Consorcio de Aguas Teulada-Benitachell	Teulada y Benitachell
303270054	Senija II	1195		Benitachell-Teulada / AQUAGEST	Teulada y Benitachell
303280026	Castellons	131		Consorcio de Aguas Teulada-Benitachell	Teulada y Benitachell
303280028	Sondeo del Pla	360		Consorcio de Aguas Teulada-Benitachell	Teulada y Benitachell
303280051	Fanadix	112		Consorcio de Aguas Teulada-Benitachell	Teulada y Benitachell
303280096	Canor II			Consorcio de Aguas Teulada-Benitachell	Teulada y Benitachell
303320065	Alhama	20		Urbanización Alhama	Urbanización
303330011	Barranco Salado 1	174		Ayto. Calpe / Aguas de Calpe	Calpe
303330020	Barranco Salado 2	174		Ayto. Calpe / Aguas de Calpe	Calpe
303330021	Barranco Salado 3	174		Ayto. Calpe / Aguas de Calpe	Calpe
313210046	Lluca II	40		Consorcio de Aguas Teulada-Benitachell	Teulada y Benitachell

Tabla 10.14.1 Puntos de agua utilizada para abastecimiento en el acuífero de la Depresión de Benisa

El agua subterránea que se utiliza para agricultura se dedica fundamentalmente al regadío de cítricos y, en menor medida, cultivos hortícolas.

10.14.5. Funcionamiento hidráulico y balance hídrico del acuífero de la Depresión de Benisa

El funcionamiento del acuífero de la Depresión de Benisa es complejo debido a su carácter heterogéneo, que deriva de su naturaleza kárstica, con numerosas fracturas. Esto da lugar a una compartimentación del acuífero que se manifiesta en la piezometría, como se comentó en el capítulo 10.14.3.

La recarga al acuífero se produce fundamentalmente por infiltración directa de agua de lluvia, seguido de transferencia lateral del acuífero de Carrascal-Ferrer, en el límite suroccidental, y por goteo vertical del acuífero de Jalón. También se produce alimentación al acuífero por infiltración del río Gorgos.

Las salidas de agua del acuífero se producen por salidas al mar, bombeos y transferencia lateral a los acuíferos de Cretácico del Girona y Jávea. Las salidas al mar constituyen el principal punto de descarga del acuífero y ocurren por la entrada del propio acuífero bajo el nivel del mar y por surgencias submarinas, que generalmente son de agua dulce, aunque también las hay de agua salobre, como la cueva del Moraig. La entrada de las formaciones acuíferas en el mar, unido al carácter kárstico de éstas y al importante desarrollo en profundidad, da lugar a que la interfase agua dulce-salada penetre en el interior, alcanzando la zona de mezcla un gran desarrollo, y dando lugar a

elevados contenidos en sales de sondeos profundos, alejados hasta 6 km de la costa, y con cotas piezométricas positivas respecto al nivel del mar.

En el estudio IGME-DPA (2001): *Análisis y ordenación de recursos hídricos de la Marina Alta (Alicante)* se revisaron varios balances hídricos de estudios previos y, actualizándolo con los datos disponibles, y no incluyendo el Sinclinal del Gorgos, se calculó una recarga de 17.5 hm³/a, de los que 13.1 hm³/a corresponden a infiltración directa de agua de lluvia y el resto a entradas laterales. La descarga se estimó en 17.5 hm³/a, de los que 3.05 hm³/a corresponden a bombeos para usos urbanos y 1.95 hm³/a para usos agrícolas. Además se contabilizaron 6.6 hm³/a de salidas al mar, 1.9 hm³/a de salidas laterales a la Plana de Jávea, y 4 hm³/a de emergencias submarinas.

En el *Mapa del Agua de la provincia de Alicante* de 2007 se estimó un volumen mayor de recursos al incorporar en el acuífero de la Depresión de Benisa el Sinclinal del Gorgos. Se consideró una entrada por infiltración directa de agua de lluvia de 17 hm³/a, 1.5 hm³/a procedente de cauces superficiales y 1.5 hm³/a por transferencia lateral de otros acuíferos. Las salidas se contabilizaron en 7 hm³/a debido a bombeos, 2 hm³/a por transferencias laterales y 11 hm³/a por salidas al mar. Tomando como referencia este balance, y ajustándolo a los datos de bombeos obtenidos en el presente estudio, se han distribuido los términos del balance de la forma que se muestra en la Tabla 10.14.2.

ENTRADAS (hm ³ /a)	Infiltración directa agua de lluvia	16.0
	Cauces	1.5
	Transferencias laterales	1.5
	TOTAL	19.0
SALIDAS (hm ³ /a)	Bombeos (2005)	5.2
	Laterales	3.3
	Al mar	10.5
	TOTAL	19.0

Tabla 10.14.2 Balance hídrico en el acuífero de la Depresión de Benisa

10.14.6. Hidroquímica del acuífero de la Depresión de Benisa

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas del acuífero de la Depresión de Benisa se ha llevado a cabo partiendo de los datos obtenidos en una campaña de muestreo realizada en enero de 2007 y de los datos procedentes de las redes de control del IGME y Diputación de Alicante.

10.14.6.1. Muestreo de agua subterránea

Para la caracterización del acuífero objeto de estudio se ha seleccionado un punto de agua para su muestreo y posterior análisis. Así, se ha muestreado un sondeo, cuyos recursos se destinan al abastecimiento, y que capta materiales carbonatados cretácicos.

En la Tabla 10.14.3 se incluye el código del punto muestreado y los resultados obtenidos para los parámetros analizados en campo (conductividad, pH y temperatura del agua):

Código	Nº orden	Nat.	Acuífero	Fecha de muestreo	Prof (m)	Uso	Cond (µS/cm)	pH	T (°C)
3032-7-0031	7	Sondeo	Depresión de Benisa	12/01/2007	230	Abto.	760	8.5	15

Tabla 10.14.3 Punto de agua muestreado en enero de 2007 en la Depresión de Benisa

En la figura de inventario de puntos de agua se observa la distribución espacial de los puntos de control hidroquímico.

El estudio que aquí se presenta se basa en el análisis de los datos obtenidos durante el desarrollo del proyecto, con el muestreo y posterior análisis químico de la muestra de agua procedente del punto de control indicado.

10.14.6.2. Análisis de laboratorio

10.14.6.2.1. Análisis históricos de redes de control: información existente

Los puntos de control que cuentan con datos hidroquímicos históricos varían, tanto en el número de análisis, como en periodo de control, o parámetros analizados.

En la Tabla 10.14.4 se incluyen el número de análisis efectuados en cada punto de agua, así como el periodo en el que se realizaron para cada uno de los puntos de control existentes en el acuífero objeto de estudio.

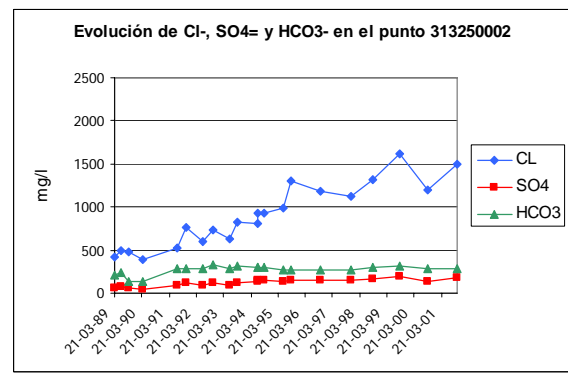
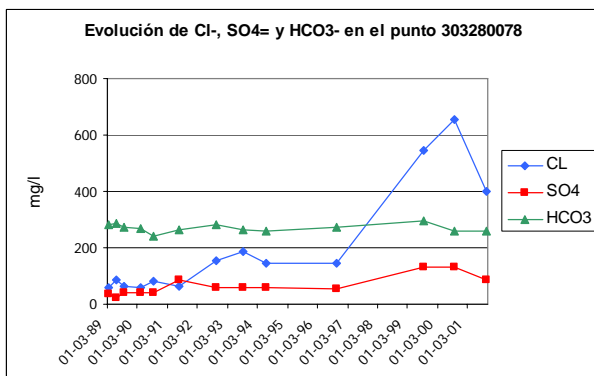
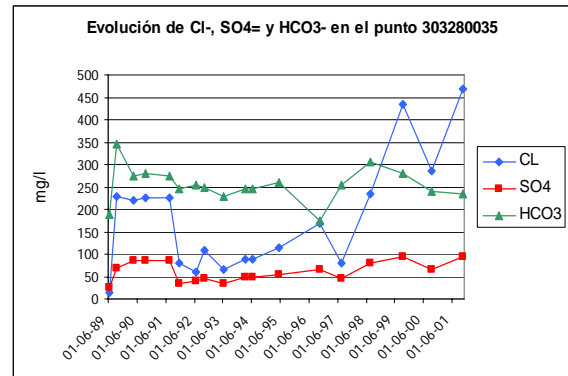
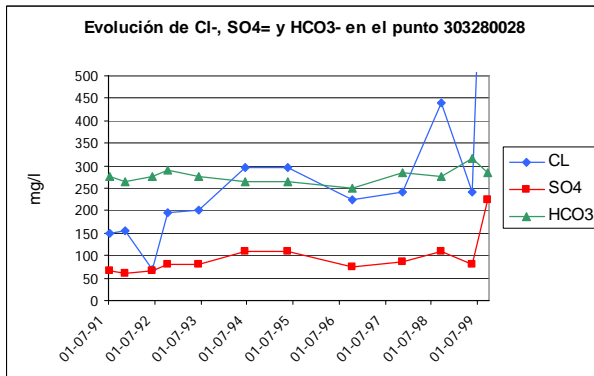
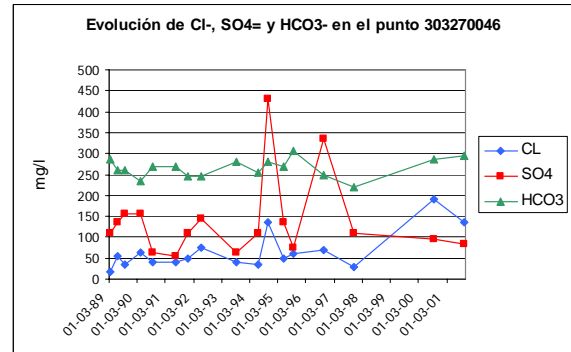
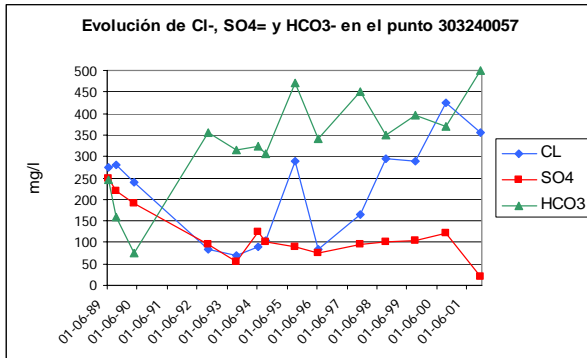
Acuífero	Nº Registro	Nº Análisis	Periodo al que se refieren los datos
Depresión de Benisa	303230107	2	1984
	303240057	14	1989-2001
	303240064	1	1986
	303240065	1	1986
	303240072	6	1990-2001-2004

Acuífero	Nº Registro	Nº Análisis	Periodo al que se refieren los datos
	303240073	2	1984
	303240074	3	1982-1983
	303270003	3	1982-1983
	303270013	15	1989-1998
	303270014	2	1994-1996-2004
	303270016	2	1988-1990
	303270018	3	1986-1998
	303270021	5	1989-1997
	303270031	2	1993-1995
	303270036	1	1980
	303270039	2	1999
	303270040	1	1998
	303270041	1	1995
	303270046	17	1989-2001
	303270049	1	1980
	303270050	1	1998
	303270052	1	2001
	303280003	32	1982-1998
	303280005	1	1994
	303280011	34	1982-1998
	303280014	1	1977
	303280020	1	1989
	303280024	7	1989-1992
	303280026	1	1999
	303280028	12	1991-1999
	303280033	5	1989-1990
	303280035	18	1989-2001
	303280051	1	1999
	303280078	13	1989-2001
	303330001	1	1973
	313210017	36	1981-1998-2005
	313210018	9	1977-1980
	313210033	43	1977-1998-2005
	313250002	21	1989-2001

Tabla 10.14.4 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de la Depresión de Benisa

Los parámetros analizados en cada uno de los análisis registrados comprende la determinación total o parcial de parámetros fisicoquímicos, iones mayoritarios, metales pesados, etc. En ocasiones sólo se dispone de valores de conductividad o cloruros.

A continuación se incluyen gráficos de evolución de distintos parámetros (cloruros, sulfatos y bicarbonatos) de algunos de los puntos que cuentan con un registro más amplio en el acuífero, cuya localización geográfica se puede ver en la figura correspondiente al inventario de puntos de agua.



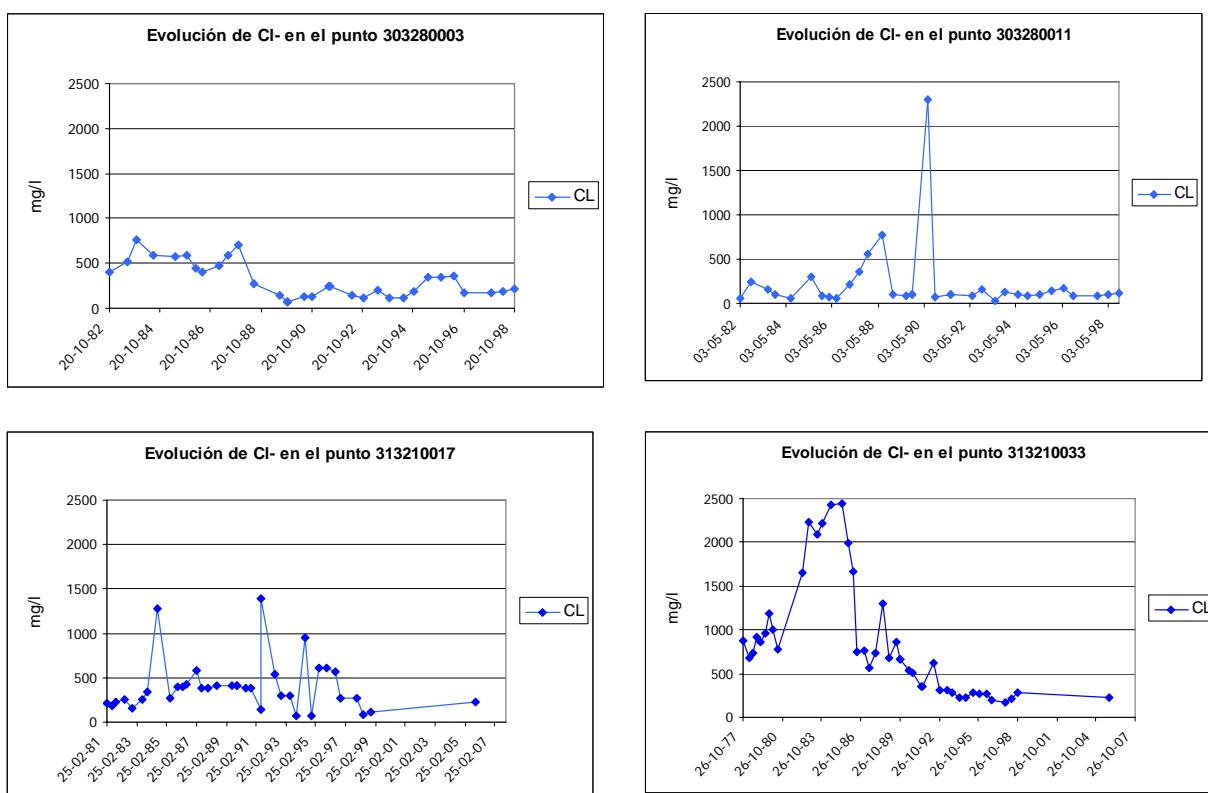


Figura 10.14.11 Evolución de cloruros en varios puntos del acuífero de la Depresión de Benisa

Se observa que hay una serie de puntos (303240057, 303270046, 303280028, 303280035, 303280078 y 313250002) en los que se dispone de resultados analíticos de cloruros, sulfatos y bicarbonatos. En ellos se registran valores significativos de cloruros, con valores que alcanzan o superan los 300-400 mg/l en algunos muestreos, si bien presentan oscilaciones importantes en las concentraciones medidas en los distintos registros disponibles.

Por su parte los sulfatos se encuentran por lo general en concentraciones inferiores a 200 mg/l, y los bicarbonatos alcanzan valores del orden de 300-400 mg/l.

En otros puntos solo se dispone de resultados de conductividad o cloruros. En los puntos 303280003, 303280011, 313210033 y 303210017 se han realizado gráficos de evolución de cloruros, que superan en varios muestreos los 500 mg/l, y llegan a alcanzar valores próximos a 2500 mg/l en el punto 3132210033 en 1985.

10.14.6.2.2. Determinaciones analíticas

En el punto muestreado se ha llevado a cabo un análisis de parámetros físico-químicos (conductividad y pH) y constituyentes mayoritarios (sodio, potasio, calcio, magnesio, amonio, nitritos, nitratos,

carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos), DQO, fosfatos, sílice, boro, bromuros, hierro y manganeso.

Además, se han realizado análisis isotópicos de ^{18}O , ^2H y Tritio en el punto muestreado.

10.14.6.2.3. Laboratorios

Las determinaciones analíticas de constituyentes mayoritarios y minoritarios se han realizado en el laboratorio de aguas del IGME en Tres Cantos (Madrid).

Por su parte, los análisis isotópicos se han llevado a cabo en el CEDEX.

Ambos laboratorios están dotados de la tecnología adecuada para la realización de los análisis indicados.

10.14.6.2.4. Control de calidad analítica: error analítico

En la muestra analizada el error analítico es bajo (Tabla 10.14.5):

Nº orden	Código	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Error analítico (%)
7	303270031	640	-4,15

Tabla 10.14.5 Error analítico de la muestra de agua subterránea de la Depresión de Benisa

10.14.6.3. Interpretación de resultados

Los datos de análisis químicos de aguas subterráneas se han sometido a un tratamiento tanto numérico, como gráfico.

10.14.6.3.1. Caracterización hidroquímica general

En la Tabla 10.14.6 se incluyen los resultados analíticos proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME en Tres Cantos (Madrid).

El agua analizada presenta una mineralización media (con una conductividad de 640 $\mu\text{S}/\text{cm}$). En el caso de los aniones, presenta una concentración de bicarbonatos de 208 mg/l de HCO_3^- , de sulfatos de 128 mg/l de SO_4^- y de cloruros de 35 mg/l de Cl^- .

En cuanto a los cationes, el calcio presenta una concentración de 112 mg/l de Ca^{++} ; el sodio de 23 mg/l de Na^+ , el potasio de 1 mg/l de K^+ y el magnesio de 11 mg/l de Mg^{++} .

Las especies nitrogenadas analizadas presentan valores de nitratos de 10 mg/l de NO_3^- ; por su parte, los nitritos y amonio no se detectan en las muestras analizadas.

Nº	Denominación	Fecha	Cond	pH	Cl-	SO4=	HCO3-	CO3=	NO3-	Na+	Mg++	Ca++
7	303270031	12/01/2007	6403	6.9	35	128	208	0	10	23	11	112
			K+	NO2-	NH4+	B	P2O5	SiO2	Fe	Mn	Error	
			1	0	0	0	0	7.1	0	0	-4.15	

Tabla 10.14.6 Resultados analíticos de la Depresión de Benisa proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH

En la Figura 10.14.12 se incluye el diagrama de Piper correspondiente a la muestra de agua subterránea analizada, que permite clasificar a las muestras atendiendo a los aniones y cationes predominantes.

Atendiendo al anion predominante se observa que la composición del agua analizada presenta una composición mixta bicarbonatada-clorurada.

En cuanto a los cationes, el agua subterránea tiene una composición cálcica.

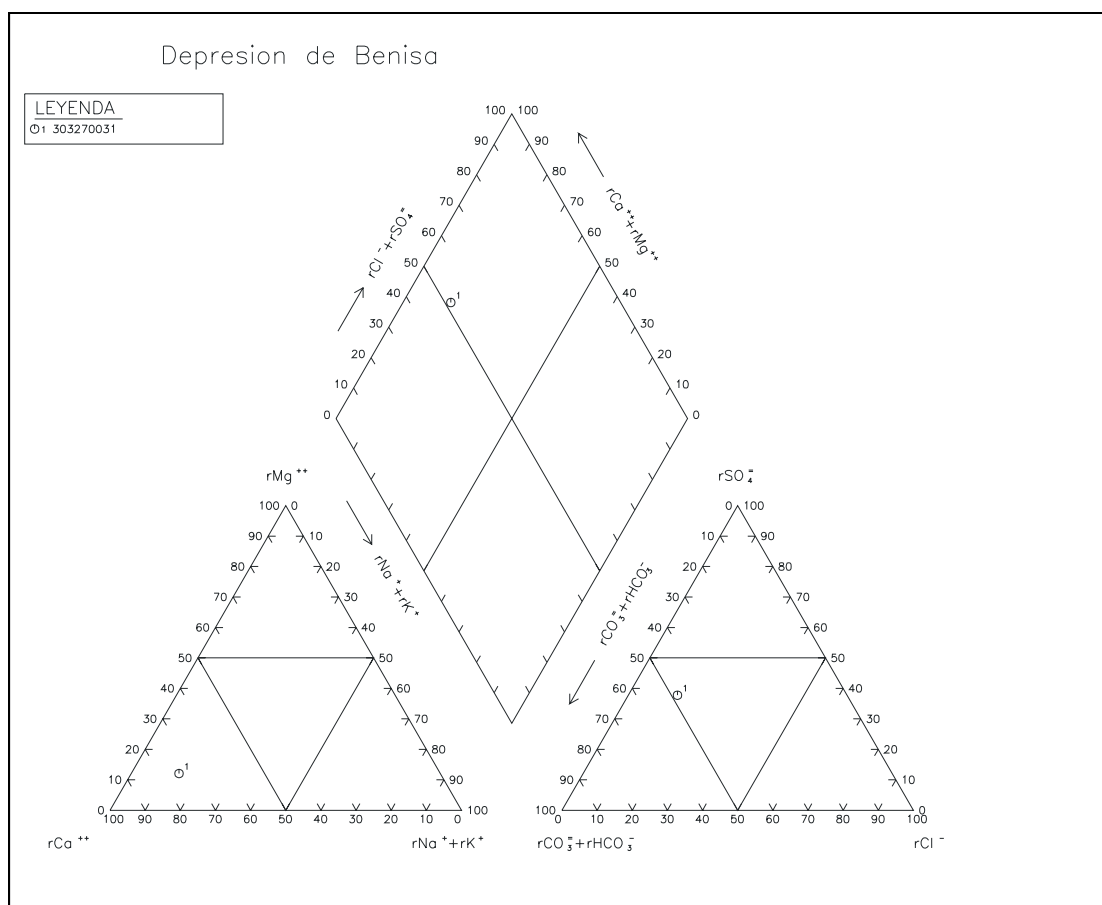


Figura 10.14.12 Diagrama de Piper en el acuífero de Benisa

En la Figura 10.14.13 se incluye el diagrama de Schöeller-Berkaloff en el que se observa, como cabía esperar, que el agua muestreada presenta una composición bicarbonatada-clorurada cálcica.



Figura 10.14.13 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra analizada en el acuífero de Benisa

10.14.6.4. Aptitud de las aguas para distintos usos

10.14.6.4.1. Abastecimiento

Para analizar la aptitud de las aguas analizadas para abastecimiento humano se ha llevado a cabo un estudio de la normativa vigente.

Con respecto a la calidad de las aguas analizadas, los resultados analíticos indican que en el agua subterránea analizada, los valores obtenidos en los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano (Tabla 10.14.7).

Nº	Denominación	Cond	Cl-	SO4=	NO3-	Na+	NO2-	Mn
7	303270031	640	35	128	10	23	0	0
Concentración máxima admisible (*)		2500	250	250	50	200	0,1	0,05

(*) R.D. 140/2003 de 7 de febrero

Datos expresados en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.

Tabla 10.14.7 Aptitud del agua subterránea analizada en La Depresión de Benisa para abastecimiento humano.

10.14.6.4.2. Aptitud de las aguas para regadío

A continuación se analiza la aptitud de las aguas subterráneas para regadío, considerando los problemas que en ocasiones puede plantear su utilización.

En la Figura 10.14.14 se presenta la clasificación de las aguas analizadas para usos agrícolas, según la clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff (S.A.R.). Se trata de un agua con peligro de salinización alto (C2) y de alcalinización bajo (S1).

Las aguas de la clase C2 tienen una salinidad media, con conductividades comprendidas entre 250 y 750 μ S/cm, que corresponden aproximadamente a 160-480 mg/l de sólidos disueltos. Pueden usarse para cultivos moderadamente tolerantes a las sales (alfalfa, trigo, zanahoria, cebolla, coliflor, etc.) aunque, como se comentó en el capítulo 0, en la zona de estudio la tolerancia de los cultivos a la salinidad es mayor.

Con respecto al peligro de alcalinización del suelo, las aguas de la clase S1 son aguas con contenidos bajos en sodio. Pueden usarse en la mayor parte de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable. Los cultivos sensibles, como los frutales de pipa, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

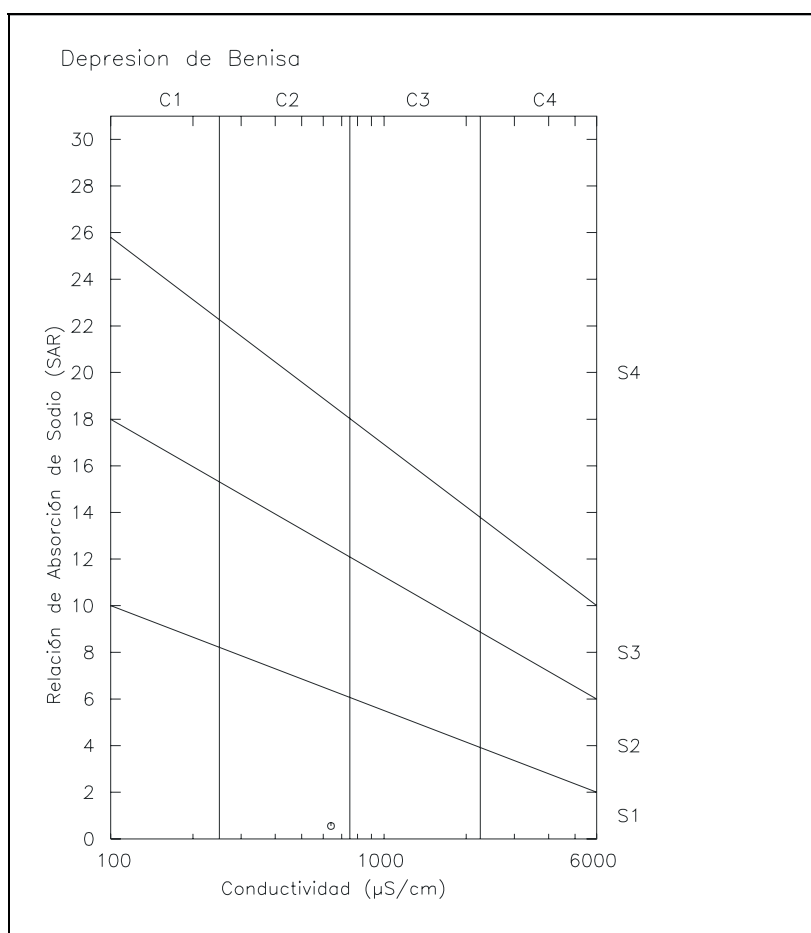


Figura 10.14.14. Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Benisa

10.14.6.5. Distribución espacial de la calidad del agua subterránea

Para estudiar la distribución espacial que presenta el agua subterránea analizada, se ha elaborado un mapa hidroquímico de facies.

En el Plano 3 se representa el diagrama de Stiff correspondiente al punto de agua muestreado.

La forma del diagrama de Stiff da idea del tipo de agua y su tamaño permite apreciar con rapidez el grado de salinidad que presentan las aguas.

En el Plano 3 se observa que el agua analizada presenta una facies bicarbonatada-clorurada cálcica, con un grado de salinidad alto.

10.14.7. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de la Depresión de Benisa

Acuífero carbonatado constituido por varios niveles de materiales terciarios y cretácicos, compartimentado a partir de numerosas fracturas. El muro del acuífero lo constituyen las margas neocomienses (C1) y el techo, en gran parte del acuífero, está formado por las margas terciarias M1 y M2. Los límites septentrional y occidental son cerrados por el impermeable de base (C1), el noroccidental lo constituyen las margas miocenas M1, y el meridional también es cerrado a partir de los materiales del Keuper. La parte central del límite septentrional es abierto, así como la parte sur del límite occidental. Por último, el límite oriental es abierto al mar. En la Figura 10.14.15 se muestran estos límites y se resumen las principales características del acuífero. La leyenda de la figura se localiza a continuación de la Figura 10.1.5.

La recarga se produce a partir de infiltración directa de agua de lluvia, transferencia lateral del acuífero de Carrascal-Ferrer y del Detrítico de Jalón, y por infiltración a través del río, fundamentalmente del Gorgos. La descarga tiene lugar a través de salidas al mar, bombeos y transferencia lateral a los acuíferos de Cretácico del Girona y de Jávea.

La dirección de flujo es hacia el mar y hacia el grupo de pozos con mayor explotación, situados en la parte central del acuífero. Los niveles piezométricos se han mantenido prácticamente estables, con algunas variaciones intranuales, y están entre 0 y 70 m s.n.m. en muchas zonas, pudiendo llegar a cotas de 210 y -90 m s.n.m.

Figura 10.14.15 Ficha resumen del acuífero de la Depresión de Benisa

10.15. ACUÍFERO DE BERNIA

10.15.1. Introducción y antecedentes del acuífero de Bernia

Es la más meridional de todos los acuíferos considerados en este estudio. Está conformado por la abrupta ladera meridional de una sierra (sierra de Bernia), orientada ONO-ESE, de unos 5 km de longitud y 2 de anchura. Al pie meridional de dicha ladera, han florecido numerosas urbanizaciones, lo que ha sido influido por la cercanía de la población de Altea. Este acuífero se incluye con frecuencia dentro del acuífero de Carrascal-Ferrer, de la unidad hidrogeológica 08.46 Serrela-Aixorta-Algar.



Foto 10.15.1 Acuífero de Bernia (en primer término) visto desde el sur

10.15.2. Litología y geometría del acuífero de Bernia

10.15.2.1. Estratigrafía

El área de Bernia se encuentra en la parte más meridional del área de estudio, comprendiendo una parte de la sierra (su vertiente meridional) del mismo nombre. En la parte central y meridional de dicha ladera meridional, muy abrupta, afloran las unidades cretácicas siguientes (citadas de muro a techo, estratigráficamente hablando):

- C4: Margas con intercalaciones de calizas margosas a la base, con calizas oolíticas y arenosas en la mitad del tramo, y calizas limosas y margosas a techo. Albiense-Cenomaniense.
- C5: Calizas micríticas a arcillas en la base y calizas recristalizadas y dolomitizadas a techo. Del Cenomaniense-Turonense.
- C6: Alternancia de calizas micríticas de tonos claros, finamente tableadas y niveles de margas. De edad Senoniense-Santoniense.

En la parte alta de la ladera y, pues, constituyendo la sierra de Bernia propiamente dicha, se encuentran las siguientes unidades:

- E1: Margas, margas y margocalizas, calizas, calizas limosas y arenosas. De edad Ypresiense-Priaboniense (Eoceno inferior).
- E2: Calizas de color crema a blanco que pasan lateralmente a calizas de tabulares a nodulosas, ligeramente arenosas. Con calcarenitas bioclásticas a techo. Edad: Eoceno superior–Oligoceno inferior.
- O1: Calizas bioclásticas y arenosas a la base. Calizas limosas y margosas a techo. Edad: Oligoceno superior.
- O-M1: Alternancia de calizas limosas y margosas, y margas. Con, ocasionalmente, niveles de areniscas y calizas arenosas, sobre todo a la base. Edad: Oligoceno superior–Mioceno inferior.

Finalmente, al pie meridional de la sierra se encuentra:

- M1: Alternancia de margas azules, areniscas y margas limo-arenosas (Facies Tap). Hacia la base, areniscas calcáreas o calizas limo-arenosas, que incluyen en ocasiones niveles de microconglomerados. Edad: Burdigaliense (Mioceno inferior).

La variabilidad litológica del área se completa con formaciones cuaternarias, no muy importantes en términos de extensión:

- QC: Depósitos de coluviones, localizados en alguna zona concreta de la parte media-baja de la abrupta ladera, así como, sobre todo, en la parte superior de la misma, bajo la cresta de la sierra.
- QA: Depósitos aluviales. Poco representados, salvo en un barranco que procede del extremo oriental de la sierra, desemboca entre Altea y Campomanes.

Finalmente, hay que indicar la presencia de un pequeño afloramiento de materiales triásicos, de facies Keuper (TK) en la parte meridional de la ladera, en la esquina sureste del área. Probablemente es un

asomo de la gran zona diapírica NO-SE o ONO-ESE, existente entre Callosa de Ensarriá y Altea, y que en gran parte está recubierta por unidades más recientes (M1 y cuaternarias).

10.15.2.2. Tectónica

Estructuralmente, el área está conformada por una gran zona anticlinal ONO-ESE, cuyo núcleo se presenta en la parte media de la ladera meridional de la sierra. La estructura anticlinal es muy patente ya que está dibujada, fundamentalmente, por las unidades cretácicas C5 (que constituye el núcleo de la estructura, con solo muy pequeños y localizados afloramientos de C4) y C6.

La terminación oriental de esta estructura anticlinal es relativamente aguda, estando afectada por un sistema de fallas NNO-SSE, subverticales.

El flanco oeste es, por el contrario, más cilíndrico y está bien conformado cartográficamente por la unidad C6, buzante aquí al oeste. Por encima (y hacia el oeste y ya fuera del área), la unidad E2 se dispone encima de la C6.

El flanco norte de la estructura anticlinal continúa con la sucesión de unidades terciarias (E1, E2, O1 y O-M1, de las que la segunda constituye la crestería de la sierra).

El flanco sur está fallado a la altura de la unidad C6, poniéndola en contacto (mediante una falla ONO-ESE, probablemente normal) con la formación O-M1 que parece definir una banda adosada al pie meridional de la sierra. Más al sur aún, otra falla, subparalela a la anterior pone en contacto la unidad O-M1 con la M1. Estas fallas deben tener relación con el ascenso y posterior erosión (y consiguientes reajustes) de la zona diapírica de Callosa-Altea, existente al sur del área y recubierta por cuaternario y la unidad M1.

10.15.2.3. Sondeos

En el área existen del orden de 10 sondeos, en su totalidad localizados (por razones de facilidad topográfica y de acceso) en la parte media y, sobre todo, baja de la ladera.

Sobre el contacto entre las unidades C5 y C6 del flanco sur, existen 5 sondeos, de los cuales sólo uno (el 303320051) tiene datos de profundidad (303 m) y columna (271 m de margas, arriba y 22 de calizas, abajo). Además, dentro del área de afloramiento de la unidad C5 se emplazan 2 sondeos, de los que sólo uno (el 303320052) tiene datos de profundidad (306 m) y columna litológica atravesada (270 m de margas y, debajo, 36 m de calizas).

Hay, por último, 3 sondeos localizados sobre las formaciones terciarias del pie meridional de la sierra, sin datos disponibles sobre los mismos.

10.15.2.4. Geometría del acuífero

El acuífero lo constituyen las margas y calizas del Albiense-Cenomaniense (C4), las calizas del Cenomaniense-Turonense (C5) y las calizas y margas del Senoniense-Santoniense (C6). El muro del acuífero no aflora, pero probablemente esté constituido por las margas del Aptiense-Albiense (C3). Todos los límites son cerrados por contacto con los materiales terciarios, siendo este contacto al sur y este de carácter mecánico. En el límite sur, bajo los depósitos terciarios, es probable que haya materiales del Keuper.

La superficie total del acuífero es de 4.4 km², que en su totalidad se considera de permeabilidad alta o media.

10.15.3. Piezometría del acuífero de Bernia

Se han inventariado trece puntos de agua en el acuífero de Bernia, todos ellos sondeos, y localizados en la mitad sur del acuífero. La profundidad varía mucho, entre 145 y 760 m (Tabla 10.15.1 y Figura 10.15.2). De todos ellos, el único con una serie de datos piezométricos amplia y densa es el 303320023, que se ha representado en la Figura 10.15.3

Nº IGME	Toponimia	UTM x	UTM y	z	Naturaleza	Año	Prof (m)	Periodo	Serie
303320023	RIQUET-I	756311	4281769	180	Sondeo		210	1977-2005	Buena
303320024	RIQUET-II	756317	4281754	180	Sondeo		201	1984-1995	Aceptable
303320050	Peña Roja Pozo nº5	758805	4281609	230	Sondeo	1978	201	1988	Muy Deficiente
303320051	SERAMIS - I	758819	4281502	249	Sondeo	1976	303		
303320052	SERAMIS - II	758816	4281729	255	Sondeo	1969	306		
303320061	BERNIA-I	756684	4281766	180	Sondeo		145		
303320063	Sondeo Parcela nº31	757994	4280811	140	Sondeo		100		
303320064	Bunnik	758339	4281768	230	Sondeo	2004	300		
303320065	Pozo Alhama	757795	4281391	138	Pozo		60		
303320066	BERNIA	755880	4281947	216	Sondeo		760		
303330007	POZO Nº1	759478	4281400	260	Sondeo	1974	400		
303330008	LA MALLA	760450	4280825	175	Sondeo				
303330010	LA PILARICA	760150	4280500	80	Sondeo	1987	85		

Tabla 10.15.1 Puntos de agua en el acuífero de Bernia

Figura 10.15.1 Acuífero de Bernia

Figura 10.15.2 Inventario de puntos de agua en el acuífero de Bernia

El nivel base del agua se mantiene estable desde los años 70, entre 130 y 140 m s.n.m. con periodos de niveles más bajos entre 1995 y 1997, y entre 1999 y 2002. Se producen fluctuaciones intranuales, con los niveles mínimos al final de verano, recuperando los niveles a los valores iniciales en el invierno.

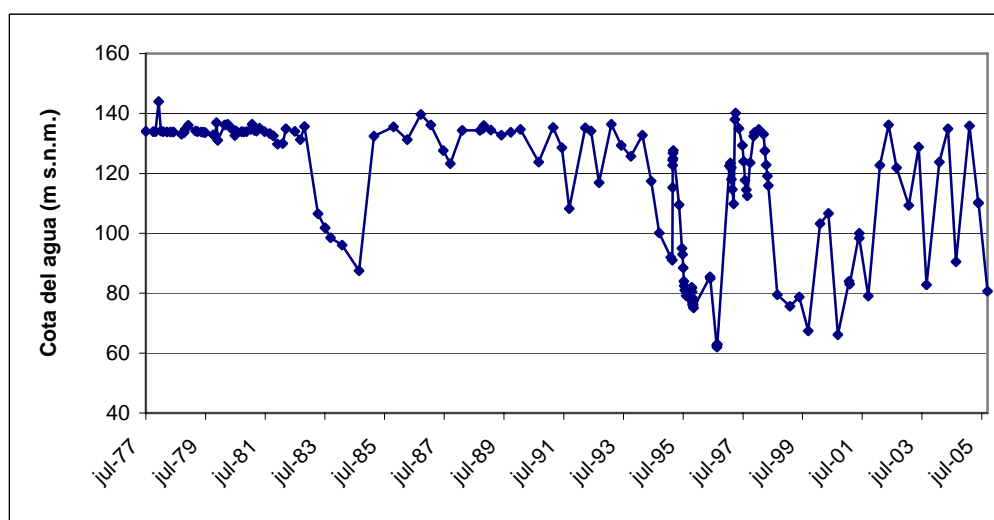


Figura 10.15.3 Evolución piezométrica en el punto 303320023 (acuifero de Bernia)

El sentido de flujo es probablemente norte-sur, desde la parte superior de la ladera que conforma el acuífero, hacia los puntos de extracción.

10.15.4. Uso del agua del acuífero de Bernia

No se dispone de datos para elaborar un gráfico de evolución de las extracciones, ya que son datos puntuales. Los datos disponibles de extracciones totales anuales son de 1.17 hm³, en 1988, y 1.88 hm³, en 2005, presumiblemente para todo el acuífero. Todos los pozos, excepto el 303320050, están en funcionamiento en la actualidad (ver Anejo 2), y se utilizan para abastecimiento a núcleos urbanos. Según datos de Aguagest Levante, S.A. en 2005 se extrajeron 1.39 hm³ para abastecimiento a Altea. La media de extracción para el periodo 2000-2005, según dicha fuente, fue de 1.27 hm³/a.

10.15.5. Funcionamiento hidráulico y balance hídrico del acuífero de Bernia

La entrada de agua al acuífero de Bernia se produce exclusivamente a partir de infiltración directa de agua de lluvia. La descarga tiene lugar a partir de bombeos. En el *Mapa del agua de la provincia de Alicante* de 2007 se han valorado estas entradas y salidas en 1.25 hm³/a, como valor medio.

ENTRADAS (hm ³ /a)	Infiltración directa de agua de lluvia	1.25
	TOTAL	1.25
SALIDAS (hm ³ /a)	Bombeos	1.25
	TOTAL	1.25

Tabla 10.15.2 Balance hídrico en el acuífero de Bernia

10.15.6. Hidroquímica del acuífero de Bernia

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas del acuífero de Bernia se ha llevado a cabo partiendo de los datos obtenidos en una campaña de muestreo realizada en enero de 2007 y de los datos procedentes de las redes de control del IGME y Diputación de Alicante.

10.15.6.1. Muestreo de agua subterránea

Para la caracterización del acuífero objeto de estudio se ha seleccionado un punto de agua para su muestreo y posterior análisis. Así, se ha muestreado un sondeo, cuyos recursos se destinan al abastecimiento.

En la Tabla 10.15.3 se incluye el código del punto muestreado y los resultados obtenidos para los parámetros analizados en campo (conductividad, pH y temperatura del agua):

Código	Nº orden	Nat.	Fecha de muestreo	Prof (m)	Uso	Cond (µS/cm)	pH	T (°C)
3033-3-0007	6	Sondeo	15/01/2007	400	Abto.	610	8.2	20

Tabla 10.15.3 Punto de agua muestreado en enero de 2007 en Bernia

En la figura de inventario de puntos de agua se observa la distribución espacial de los puntos de control hidroquímico.

El estudio que aquí se presenta se basa en el análisis de los datos obtenidos durante el desarrollo del proyecto, con el muestreo y posterior análisis químico de la muestra de agua procedente del punto de control indicado.

10.15.6.2. Análisis de laboratorio

10.15.6.2.1. Análisis históricos de redes de control: información existente

Los puntos de control que cuentan con datos hidroquímicos históricos varía, tanto en el número de análisis, como en periodo de control, o parámetros analizados.

En la Tabla 10.15.4 se incluyen el número de análisis efectuados en cada punto de agua, así como el periodo en el que se realizaron para cada uno de los puntos de control existentes en el acuífero objeto de estudio.

Acuífero	Nº Registro	Nº Análisis	Periodo al que se refieren los datos
Bernia	303320023	14	1974-2001

Tabla 10.15.4 Puntos de control de la red de calidad del acuífero de Bernia

Los parámetros analizados en cada uno de los análisis registrados comprende la determinación total o parcial de parámetros fisicoquímicos, iones mayoritarios, metales pesados, etc. En ocasiones sólo se dispone de valores de conductividad o cloruros.

En la Figura 10.15.4 se representa la evolución de distintos parámetros (cloruros, sulfatos y bicarbonatos) del punto 303320023 que cuenta un registro amplio en el acuífero, cuya localización geográfica se puede ver en la figura correspondiente al inventario de puntos de agua.

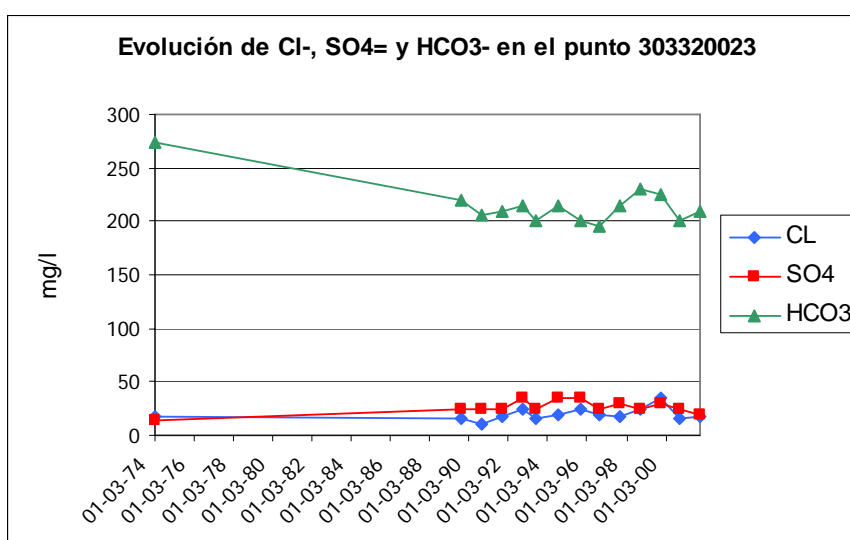


Figura 10.15.4 Evolución de aniones en el punto 303320023 (Bernia)

Se observa que en el punto 303320023 los resultados analíticos disponibles muestran concentraciones bajas, inferiores a 50 mg/l de sulfatos y de cloruros, e inferiores a 250 mg/l de bicarbonatos.

10.15.6.2.2. Determinaciones analíticas

En el punto muestreado se ha llevado a cabo un análisis de parámetros físico-químicos (conductividad y pH) y constituyentes mayoritarios (sodio, potasio, calcio, magnesio, amonio, nitritos, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos), DQO, fosfatos, sílice, boro, bromuros, hierro y manganeso.

10.15.6.2.3. Control de calidad analítica: error analítico

En la muestra analizada el error analítico es bajo (Tabla 10.15.5):

Nº orden	Código	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Error analítico (%)
6	303330007	635	-4,73

Tabla 10.15.5 Error analítico de la muestra de agua subterránea del acuífero de Bernia

10.15.6.3. Interpretación de resultados

Los datos de análisis químicos de aguas subterráneas se han sometido a un tratamiento tanto numérico, como gráfico.

10.15.6.3.1. Caracterización hidroquímica general

En la Tabla 10.15.6 se incluyen los resultados analíticos proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME en Tres Cantos (Madrid).

El agua analizada presenta una mineralización media (con una conductividad de 635 $\mu\text{S}/\text{cm}$). En el caso de los aniones, presenta una concentración de bicarbonatos de 206 mg/l de HCO_3^- , de sulfatos de 28 mg/l de SO_4^- y de cloruros de 51 mg/l de Cl^- .

En cuanto a los cationes, el calcio presenta una concentración de 64 mg/l de Ca^{++} ; el sodio de 33 mg/l de Na^+ , el potasio de 2 mg/l de K^+ y el magnesio de 13 mg/l de Mg^{++} .

Las especies nitrogenadas analizadas presentan valores de nitratos de 5 mg/l de NO_3^- , de nitritos de 0.46 mg/l de NO_2^- ; por su parte, el amonio no se detecta en la muestra analizada.

Nº	Denominación	Fecha	Cond	pH	Cl-	SO4=	HCO3-	CO3=	NO3-	Na+	Mg++	Ca++
6	303330007	15/01/2007	635	78	51	28	206	0	5	33	13	64
			K+	NO2-	NH4+	B	P2O5	SiO2	Fe	Mn	Error	
			2	0.46	0	0	0	9.2	0	0	-4.73	

Tabla 10.15.6 Resultados analíticos de Bernia proporcionados por el Laboratorio de Análisis de Aguas del IGME (junio, 2006). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH

En la Figura 10.15.5 se incluye el diagrama de Piper correspondiente a la muestra de agua subterránea analizada, que permite clasificar a las muestras atendiendo a los aniones y cationes predominantes.

Atendiendo al anion predominante se observa que la composición del agua analizada presenta una composición bicarbonatada.

En cuanto a los cationes, el agua subterránea tiene una composición cálcica.

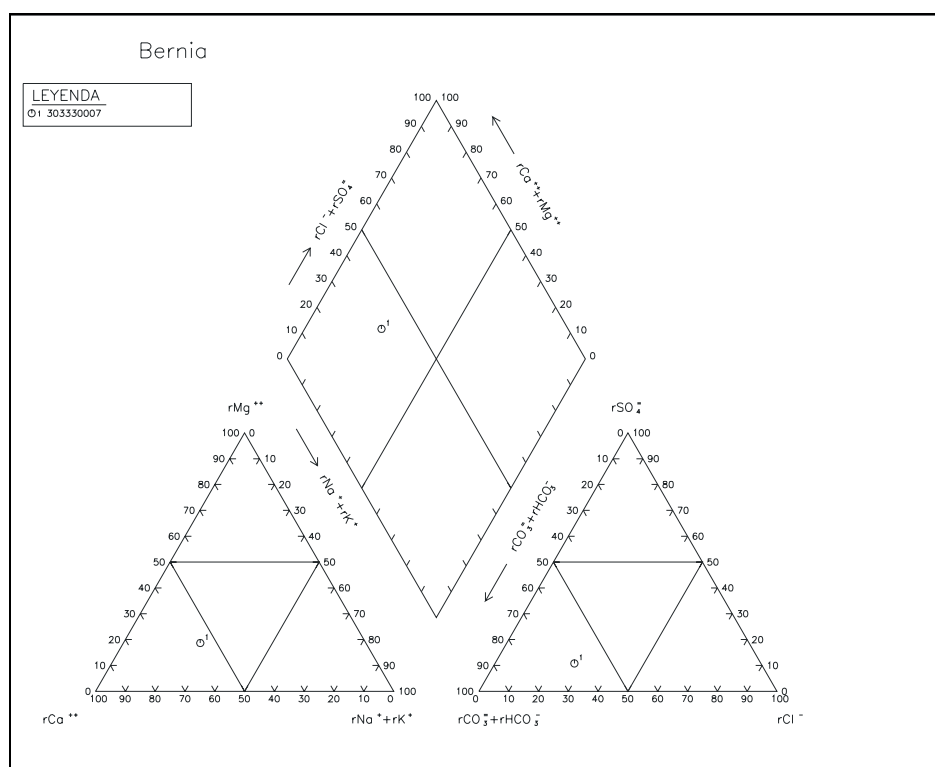


Figura 10.15.5 Diagrama de Piper en el acuífero de Bernia

En la Figura 10.15.6 se incluye el diagrama de Schöeller-Berkaloff en el que se observa, como cabía esperar, que el agua muestreada presenta una composición bicarbonatada cálcica.



Figura 10.15.6 Diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra analizada en el acuífero de Bernia

10.15.6.4. Aptitud de las aguas para distintos usos

10.15.6.4.1. Abastecimiento

Para analizar la aptitud de las aguas analizadas para abastecimiento humano se ha llevado a cabo un estudio de la normativa vigente.

Con respecto a la calidad de las aguas analizadas, los resultados analíticos indican que en el agua subterránea analizada los nitritos superan los límites establecidos en la legislación (Tabla 10.15.7).

En el resto de parámetros los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano.

Nº	Denominación	Cond	Cl-	SO4=	NO3-	Na+	NO2-	Mn
6	303330007	635	51	28	5	33	0,46	0
Concentración máxima admisible (*)		2500	250	250	50	200	0,1	0,05

(*) R.D. 140/2003 de 7 de febrero

Datos expresados en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.

Tabla 10.15.7 Aptitud del agua subterránea analizada en Bernia para abastecimiento humano

10.15.6.4.2. Aptitud de las aguas para regadío

A continuación se analiza la aptitud de las aguas subterráneas para regadío, considerando los problemas que en ocasiones puede plantear su utilización.

En la Figura 10.15.7 se presenta la clasificación de las aguas analizadas para usos agrícolas, según la clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff (S.A.R.). Se trata de un agua con peligro de salinización alto (C2) y de alcalinización bajo (S1).

Las aguas de la clase C2 tienen una salinidad media, con conductividades comprendidas entre 250 y 750 μ S/cm, que corresponden aproximadamente a 160-480 mg/l de sólidos disueltos. Pueden usarse para cultivos moderadamente tolerantes a las sales (alfalfa, trigo, zanahoria, cebolla, coliflor, etc.) aunque, como se comentó en el capítulo 0, en la zona de estudio la tolerancia de los cultivos a la salinidad es mayor.

Con respecto al peligro de alcalinización del suelo, las aguas de la clase S1 son aguas con contenidos bajos en sodio. Pueden usarse en la mayor parte de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable. Los cultivos sensibles, como los frutales de pipa, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

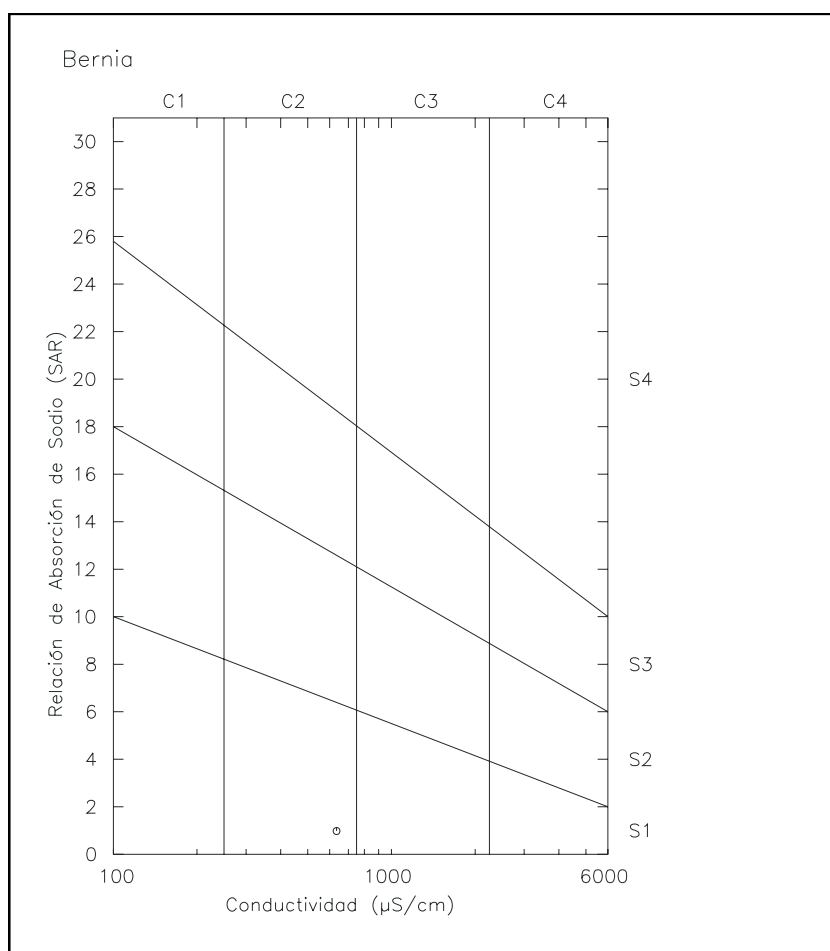


Figura 10.15.7 Clasificación de las aguas para riego en el acuífero de Bernia

10.15.6.5. Distribución espacial de la calidad del agua subterránea

Para estudiar la distribución espacial que presenta el agua subterránea analizada, se ha elaborado un mapa hidroquímico de facies.

En el Plano 3 se representa el diagrama de Stiff correspondiente al punto de agua muestreado.

La forma del diagrama de Stiff da idea del tipo de agua y su tamaño permite apreciar con rapidez el grado de salinidad que presentan las aguas.

En el Plano 3 se observa que el agua analizada presenta una facies bicarbonatada cálcica, con un grado de salinidad medio.

10.15.7. Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero de Bernia

Acuífero cretácico, con límites cerrados en contacto con materiales margosos terciarios. En la Figura 10.15.8 se muestran estos límites y se resumen las principales características del acuífero. La leyenda de la figura se localiza a continuación de la Figura 10.1.5.

Los niveles piezométricos del acuífero de Bernia presentan fluctuaciones muy marcadas intranuales, con recuperaciones totales. La dirección y sentido de flujo es norte-sur.

La recarga se produce exclusivamente a partir de infiltración directa de agua de lluvia y la descarga tiene lugar a través de bombeos abastecimiento urbano.

Figura 10.15.8 Ficha resumen del acuífero de Bernia

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

Las principales aportaciones del presente estudio, que ha contribuido a aumentar el conocimiento de la U.H. 08.47, son:

- Mejora de la cartografía geológica e hidrogeológica a escala 1:25:000, incluyendo cortes geológicos e hidrogeológicos.
- Incorporación de los datos de puntos de agua del IGME y de la Diputación Provincial de Alicante, así como del inventario realizado en la primera fase del presente proyecto a una base de datos, en la que se incluyen todos los campos de las fichas de puntos de agua del IGME.
- Definición de nuevos límites de los acuíferos, basados en la nueva cartografía, y en el estudio de la piezometría. En algunas zonas, el trazado de estos límites se sale de la poligonal de la unidad hidrogeológica y también del límite de las masas de agua. Los nuevos límites definidos son de utilidad para la revisión de la delimitación de las masas de agua en la cuenca del Júcar, que pudiera incorporar el nuevo plan hidrológico de cuenca actualmente en realización.
- Mediciones de piezometría y toma de muestras de hidroquímica.
- Análisis detallado de los datos disponible de piezometría, calidad y extracciones.
- Cálculo de la recarga en el acuífero de Peñón mediante la utilización del código BALAN de la Universidad de A Coruña.
- Actualización de los balances hídricos de cada uno de los acuíferos, teniendo en cuenta los nuevos datos de piezometría y extracciones.

11.2. RECOMENDACIONES PARA LA ORDENACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN

De forma general, los acuíferos en la U.H. Peñón-Montgó-Bernia presentan en la actualidad niveles estables o en recuperación. En gran parte de los acuíferos se observan dos periodos con niveles piezométricos bajos: primera mitad de los años ochenta, y finales de los noventa y principios del 2000. A partir de este último periodo, los niveles han ascendido en una clara recuperación. En la Tabla 11.2.1 se resumen los valores de recarga, extracciones y evolución piezométrica en cada uno de los acuíferos.

Acuífero	Recarga (hm ³ /a)	Bombeo reciente (hm ³ /a)	Fecha dato bombeo	Evolución piezométrica reciente
Cocoll	3.00	0.03	1995	Niveles en ligero ascenso
Parcent	2.40	2.60	2005	Niveles en recuperación
Peñón	2.12	No hay	-	Niveles estables
Fontilles	0.15	No hay	-	Desconocido-
Olivereta	0.05	0.05	2005	Niveles en ascenso
Orba	3.52	2.22		Niveles estables
Jalón	3.10	0.30		Niveles estables
Seguilí	0.28	0.03	2005	Desconocido
Solana de la Llosa	10.80	10.30	2005	Niveles en ascenso
Cretácico del Girona	3.90	4.64		-
Jesús Pobre	0.80	0.80		¿Niveles en recuperación?
Montgó-Denia	4.70	2.70		Niveles en recuperación
Jávea	4.80	4.30		Niveles estables
Depresión de Benisa	19.00	5.20	2005	Niveles estables
Bernia	1.25	1.25		Niveles estables

Tabla 11.2.1 Resumen del comportamiento hidrodinámico de la unidad hidrogeológica 08.47

De forma general, a la vista de los datos presentados en la tabla anterior, el régimen de explotación que se tiene en la actualidad es el apropiado en la mayor parte de los acuíferos. Sin embargo, en los acuíferos de Montgó-Denia, Jávea y Depresión de Benisa, la concentración de puntos de extracción en un área reducida origina importantes descensos de niveles que, asociado a las características propias de los acuíferos, da lugar a fenómenos de intrusión marina, que son especialmente graves en algunos puntos. En estas zonas es preciso dispersar los puntos de extracción, por lo que se deben realizar estudios de detalle, en los que se consideren todos los factores relacionados con los fenómenos de intrusión salina, que permitan determinar la distribución espacial de los sondeos así como el régimen de explotación óptimo.

El único acuífero en el que podría estarse produciendo sobreexplotación es el Cretácico del Girona, en el que se produce una gran concentración de pozos al noreste de Benidoleig y al norte de Pedreguer. Sin embargo, las extracciones han disminuido en los últimos años, de acuerdo a los datos disponibles de 2005, aunque la recuperación de la piezometría no puede confirmarse al disponer de escasa información. Para poder elaborar un plan de explotación en el acuífero sería necesario mejorar las redes de control, así como estudiar la geometría del acuífero que es poco conocida.

El acuífero de Solana de la Llosa ha sufrido sobreexplotación reciente, aunque en los últimos cinco años los niveles han sufrido un ascenso asociado a un descenso de las extracciones.

En el resto de los acuíferos el régimen de explotación es el correcto, incluso en algunos de ellos, como el Peñón, podría incrementarse la extracción.

ANEJOS

ANEJO 1
PUNTOS INVENTARIADOS EN 2006

ANEJO 2

USOS DEL AGUA Y VOLÚMENES EXTRAÍDOS

ANEJO 3

PUNTOS DE AGUA DEL ACUÍFERO DE BENISA

MAPAS