

## ADENDA

Trabajos necesarios para la mejora del conocimiento y protección contra la contaminación y el deterioro del estado de las masas de agua subterránea de las demarcaciones hidrográficas andaluzas de carácter intracomunitario, conforme a lo establecido en las Directivas 2000/60/CE y 2006/118/CE

### Demarcación Hidrográfica Cuencas Mediterráneas Andaluzas



# ADENDA.

TRABAJOS NECESARIOS PARA LA MEJORA DEL CONOCIMIENTO Y PROTECCIÓN CONTRA LA CONTAMINACIÓN Y EL DETERIORO DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LAS DEMARCACIONES HIDROGRÁFICAS ANDALUZAS DE CARÁCTER INTRACOMUNITARIO, CONFORME A LO ESTABLECIDO EN LAS DIRECTIVAS 2000/60/CE Y 2006/118/CE



<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. ANTECEDENTES .....	3
1.2. OBJETO Y ALCANCE.....	4
1.3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN. ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO .....	5
<b>2. DELIMITACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN Y ZONAS DE SALVAGUARDA .....</b>	<b>7</b>
2.1. DELIMITACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN .....	7
2.1.1. INTRODUCCIÓN .....	7
2.1.2. TRABAJOS REALIZADOS .....	8
2.1.2.1. Documentación consultada .....	8
2.1.2.2. Aspectos metodológicos.....	10
2.1.2.3. Parámetros hidrogeológicos.....	12
2.1.2.4. Génesis de los perímetros de protección .....	15
2.1.2.4.1. Envoltentes de Wyssling.....	15
2.1.2.4.2. Envoltentes de Jacob.....	17
2.1.2.4.3. Perímetros en captaciones con drenaje por gravedad .....	17
2.1.2.4.4. Delimitación hidrogeológica .....	18
2.1.2.4.5. Revisión final mediante criterio de experto .....	20
2.1.3. RESULTADOS OBTENIDOS.....	21
2.1.3.1. Perímetros de protección de la calidad del agua.....	21
2.1.3.2. Perímetros de protección de la cantidad.....	24
2.1.3.3. Zonación de Lugares de Interés Hidrogeológico (LIH's).....	26
2.1.3.3.1. Protección de la calidad del agua .....	28
2.1.3.3.2. Protección de la cantidad del agua.....	29
2.2. DELIMITACIÓN DE ZONAS DE SALVAGUARDA.....	31
2.2.1. INTRODUCCIÓN .....	31
2.2.2. TRABAJOS REALIZADOS .....	31
2.2.2.1. Documentación consultada .....	31
2.2.2.2. Aspectos metodológicos.....	33
2.2.3. RESULTADOS OBTENIDOS.....	36
<b>3. REVISIÓN Y ADECUACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO DE LAS AGUAS A LOS MODELOS CONCEPTUALES DEDUCIDOS PARA LOS ACUÍFEROS QUE CONSTITUYEN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA .....</b>	<b>43</b>
3.1. INTRODUCCIÓN .....	43
3.2. BASE NORMATIVA .....	43
3.2.1. DIRECTIVA 2000/60/CE. DIRECTIVA MARCO DEL AGUA (DMA) .....	43
3.2.2. DIRECTIVA 2006/118/CE. DIRECTIVA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS (DAS).....	44
3.2.3. LEY DE AGUAS.....	44
3.2.4. REGLAMENTO DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA.....	45
3.2.5. INSTRUCCIÓN DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA.....	45
3.2.6. REAL DECRETO 1514/2009 .....	45
3.2.7. LEY DE AGUAS PARA ANDALUCÍA .....	45
3.3. RED DE CONTROL ACTUAL EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LAS CUENCAS MEDITERRÁNEAS ANDALUZAS .....	46



3.3.1. ESTADO QUÍMICO.....	46
3.3.2. ESTADO CUANTITATIVO.....	53
3.4. ASPECTOS METODOLÓGICOS .....	66
3.4.1. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO CUANTITATIVO .....	67
3.4.2. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO QUÍMICO .....	67
3.4.2.1. Recomendaciones recogidas en el documento Guía nº 15 .....	67
3.4.2.2. Criterios utilizados durante los trabajos de revisión de la red de seguimiento del estado químico .....	69
3.5. PROPUESTA DE ADECUACIÓN Y MEJORA DE LAS REDES DE CONTROL DEL ESTADO QUÍMICO Y ESTADO CUANTITATIVO DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA.....	71
3.5.1. CUBETA DE EL SALTADOR (060.001).....	71
3.5.1.1. Estado químico .....	71
3.5.1.2. Estado cuantitativo .....	72
3.5.2. SIERRA DE LAS ESTANCIAS (060.002).....	72
3.5.2.1. Estado químico .....	72
3.5.2.2. Estado cuantitativo .....	73
3.5.3. ALTO-MEDIO ALMANZORA (060.003) .....	74
3.5.3.1. Estado químico .....	74
3.5.3.2. Estado cuantitativo .....	75
3.5.4. CUBETA DE OVERA (060.004) .....	76
3.5.4.1. Estado químico .....	76
3.5.4.2. Estado cuantitativo .....	76
3.5.5. CUBETA DE BALLABONA-SIERRA LISBONA-RÍO ANTAS (060.005) .....	76
3.5.5.1. Estado químico .....	76
3.5.5.2. Estado cuantitativo .....	77
3.5.6. BAJO ALMANZORA (060.006) .....	78
3.5.6.1. Estado químico .....	78
3.5.6.2. Estado cuantitativo .....	78
3.5.7. BÉDAR-ALCORNIA (060.007).....	79
3.5.7.1. Estado químico .....	79
3.5.7.2. Estado cuantitativo .....	79
3.5.8. AGUAS (060.008) .....	80
3.5.8.1. Estado químico .....	80
3.5.8.2. Estado cuantitativo .....	80
3.5.9. CAMPO DE TABERNAS (060.009).....	81
3.5.9.1. Estado químico .....	81
3.5.9.2. Estado cuantitativo .....	82
3.5.10. CUENCA DEL RÍO NACIMIENTO (060.010) .....	82
3.5.10.1. Estado químico .....	82
3.5.10.2. Estado cuantitativo .....	83
3.5.11. CAMPO DE NÍJAR (060.011).....	83
3.5.11.1. Estado químico .....	83
3.5.11.2. Estado cuantitativo .....	84
3.5.12. MEDIO-BAJO ANDARAX (060.012).....	84
3.5.12.1. Estado químico .....	84
3.5.12.2. Estado cuantitativo .....	85



**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



3.5.13. CAMPO DE DALÍAS-SIERRA DE GÁDOR (060.013).....	85
3.5.13.1. Estado químico .....	85
3.5.13.2. Estado cuantitativo .....	86
3.5.14. OESTE DE SIERRA DE GÁDOR (060.014).....	86
3.5.14.1. Estado químico .....	86
3.5.14.2. Estado cuantitativo .....	87
3.5.15. DELTA DEL ADRA (060.015) .....	87
3.5.15.1. Estado químico .....	87
3.5.15.2. Estado cuantitativo .....	88
3.5.16. ALBUÑOL (060.016) .....	88
3.5.16.1. Estado químico .....	88
3.5.16.2. Estado cuantitativo .....	89
3.5.17. SIERRA DE PADUL SUR (060.017).....	90
3.5.17.1. Estado químico .....	90
3.5.17.2. Estado cuantitativo .....	90
3.5.18. LANJARÓN-SIERRA DE LÚJAR-MEDIO GUADALFEO (060.018) .....	91
3.5.18.1. Estado químico .....	91
3.5.18.2. Estado cuantitativo .....	92
3.5.19. SIERRA DE ESCALATE (060.019) .....	92
3.5.19.1. Estado químico .....	92
3.5.19.2. Estado cuantitativo .....	93
3.5.20. CARCHUNA-CASTELL DE FERRO (060.020).....	94
3.5.20.1. Estado químico .....	94
3.5.20.2. Estado cuantitativo .....	95
3.5.21. MOTRIL-SALOBREÑA (060.021) .....	95
3.5.21.1. Estado químico .....	95
3.5.21.2. Estado cuantitativo .....	96
3.5.22. RÍO VERDE (060.022) .....	97
3.5.22.1. Estado químico .....	97
3.5.22.2. Estado cuantitativo .....	97
3.5.23. DEPRESIÓN DE PADUL (060.023) .....	97
3.5.23.1. Estado químico .....	97
3.5.23.2. Estado cuantitativo .....	98
3.5.24. SIERRA ALMIJARA (060.024) .....	99
3.5.24.1. Estado químico .....	99
3.5.24.2. Estado cuantitativo .....	99
3.5.25. SIERRA GORDA-ZAFARRAYA (060.025) .....	99
3.5.25.1. Estado químico .....	99
3.5.25.2. Estado cuantitativo .....	101
3.5.26. RÍO TORROX (060.026) .....	101
3.5.26.1. Estado químico .....	101
3.5.26.2. Estado cuantitativo .....	101
3.5.27. RÍO VÉLEZ (060.027) .....	102
3.5.27.1. Estado químico .....	102
3.5.27.2. Estado cuantitativo .....	102
3.5.28. SIERRA DE GIBALTO-ARROYO MARÍN (060.028).....	102
3.5.28.1. Estado químico .....	102



**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



3.5.28.2. Estado cuantitativo .....	103
3.5.29. SIERRA DE ENMEDIO-LOS TAJOS (060.029) .....	103
3.5.29.1. Estado químico .....	103
3.5.29.2. Estado cuantitativo .....	104
3.5.30. SIERRA DE ARCHIDONA (060.030) .....	104
3.5.30.1. Estado químico .....	104
3.5.30.2. Estado cuantitativo .....	104
3.5.31. SIERRA DE LAS CABRAS-CAMAROS-SAN JORGE (060.031) .....	104
3.5.31.1. Estado químico .....	104
3.5.31.2. Estado cuantitativo .....	105
3.5.32. TORCAL DE ANTEQUERA (060.032) .....	106
3.5.32.1. Estado químico .....	106
3.5.32.2. Estado cuantitativo .....	106
3.5.33. LLANOS DE ANTEQUERA-VEGA DE ARCHIDONA (060.033) .....	107
3.5.33.1. Estado químico .....	107
3.5.33.2. Estado cuantitativo .....	108
3.5.34. FUENTE DE PIEDRA (060.034) .....	109
3.5.34.1. Estado químico .....	109
3.5.34.2. Estado cuantitativo .....	110
3.5.35. SIERRA DE TEBA-ALMARGEN-CAMPILLOS (060.035) .....	110
3.5.35.1. Estado químico .....	110
3.5.35.2. Estado cuantitativo .....	111
3.5.36. SIERRA DEL VALLE DE ABDALAJÍS (060.036) .....	112
3.5.36.1. Estado químico .....	112
3.5.36.2. Estado cuantitativo .....	113
3.5.37. BAJO GUADALHORCE (060.037) .....	113
3.5.37.1. Estado químico .....	113
3.5.37.2. Estado cuantitativo .....	115
3.5.38. SIERRA DE MIJAS (060.038) .....	115
3.5.38.1. Estado químico .....	115
3.5.38.2. Estado cuantitativo .....	115
3.5.39. RÍO FUENGIROLA (060.039) .....	116
3.5.39.1. Estado químico .....	116
3.5.39.2. Estado cuantitativo .....	116
3.5.40. MARBELLA-ESTEPONA (060.040) .....	116
3.5.40.1. Estado químico .....	116
3.5.40.2. Estado cuantitativo .....	117
3.5.41. SIERRA DE CAÑETE SUR (060.041) .....	117
3.5.41.1. Estado químico .....	117
3.5.41.2. Estado cuantitativo .....	118
3.5.42. DEPRESIÓN DE RONDA (060.042) .....	119
3.5.42.1. Estado químico .....	119
3.5.42.2. Estado cuantitativo .....	120
3.5.43. SIERRA HIDALGA-MERINOS-BLANQUILLA (060.043) .....	120
3.5.43.1. Estado químico .....	120
3.5.43.2. Estado cuantitativo .....	121



**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



3.5.44. SIERRA DE LÍBAR (060.044) .....	121
3.5.44.1. Estado químico .....	121
3.5.44.2. Estado cuantitativo .....	122
3.5.45. SIERRA DE JARASTEPAR (060.045) .....	122
3.5.45.1. Estado químico .....	122
3.5.45.2. Estado cuantitativo .....	123
3.5.46. SIERRA DE LAS NIEVES-PRIETA (060.046) .....	123
3.5.46.1. Estado químico .....	123
3.5.46.2. Estado cuantitativo .....	124
3.5.47. GUADIARO-GENAL-HOZGARGANTA (060.047) .....	124
3.5.47.1. Estado químico .....	124
3.5.47.2. Estado cuantitativo .....	125
3.5.48. DOLOMÍAS DE RONDA (060.048) .....	125
3.5.48.1. Estado químico .....	125
3.5.48.2. Estado cuantitativo .....	125
3.5.49. GUADARRANQUE-PALMONES (060.049) .....	126
3.5.49.1. Estado químico .....	126
3.5.49.2. Estado cuantitativo .....	127
3.5.50. SIERRA DE LOS FILABRES (060.050) .....	127
3.5.50.1. Estado químico .....	127
3.5.50.2. Estado cuantitativo .....	128
3.5.51. MACAEL (060.051) .....	128
3.5.51.1. Estado químico .....	128
3.5.51.2. Estado cuantitativo .....	129
3.5.52. SIERRA DE ALMAGRO (060.052) .....	129
3.5.52.1. Estado químico .....	129
3.5.52.2. Estado cuantitativo .....	130
3.5.53. PUERTO DE LA VIRGEN (060.053) .....	130
3.5.53.1. Estado químico .....	130
3.5.53.2. Estado cuantitativo .....	131
3.5.54. LUBRÍN-EL MARCHAL (060.054) .....	131
3.5.54.1. Estado químico .....	131
3.5.54.2. Estado cuantitativo .....	132
3.5.55. SIERRA ALHAMILLA (060.055) .....	132
3.5.55.1. Estado químico .....	132
3.5.55.2. Estado cuantitativo .....	133
3.5.56. SIERRA DEL CABO DE GATA (060.056) .....	133
3.5.56.1. Estado químico .....	133
3.5.56.2. Estado cuantitativo .....	134
3.5.57. LADERAS MERIDIONALES DE SIERRA NEVADA (060.057) .....	134
3.5.57.1. Estado químico .....	134
3.5.57.2. Estado cuantitativo .....	135
3.5.58. DEPRESIÓN DE UGÍJAR (060.058) .....	135
3.5.58.1. Estado químico .....	135
3.5.58.2. Estado cuantitativo .....	136
3.5.59. LA CONTRAVIESA ORIENTAL (060.059) .....	136
3.5.59.1. Estado químico .....	136



**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



3.5.59.2. Estado cuantitativo .....	136
3.5.60. LA CONTRAVIESA OCCIDENTAL (060.060) .....	137
3.5.60.1. Estado químico .....	137
3.5.60.2. Estado cuantitativo .....	137
3.5.61. SIERRA DE ALBUÑUELAS (060.061).....	137
3.5.61.1. Estado químico .....	137
3.5.61.2. Estado cuantitativo .....	138
3.5.62. SIERRA DE LAS GUÁJARAS (060.062) .....	138
3.5.62.1. Estado químico .....	138
3.5.62.2. Estado cuantitativo .....	139
3.5.63. SIERRA ALBERQUILLAS (060.063) .....	139
3.5.63.1. Estado químico .....	139
3.5.63.2. Estado cuantitativo .....	140
3.5.64. SIERRA TEJEDA (060.064).....	140
3.5.64.1. Estado químico .....	140
3.5.64.2. Estado cuantitativo .....	140
3.5.65. METAPELITAS DE SIERRAS TEJEDA-ALMIJARA (060.065).....	141
3.5.65.1. Estado químico .....	141
3.5.65.2. Estado cuantitativo .....	142
3.5.66. CORREDOR VILLANUEVA DE LA CONCEPCIÓN-PERIANA (060.066).....	143
3.5.66.1. Estado químico .....	143
3.5.66.2. Estado cuantitativo .....	144
3.5.67. SIERRA BLANCA (060.067) .....	144
3.5.67.1. Estado químico .....	144
3.5.67.2. Estado cuantitativo .....	144
3.6. SÍNTESIS DE LOS TRABAJOS DE REVISIÓN Y ADECUACIÓN DE LAS REDES DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	145
3.6.1. ESTADO QUÍMICO.....	145
3.6.2. ESTADO CUANTITATIVO.....	148
<b>4. ESTIMACIÓN DE BALANCES HIDROLÓGICOS EN MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA DE NATURALEZA DETRÍTICA, MIXTA Y CARBONATADA.....</b>	<b>151</b>
4.1. INTRODUCCIÓN .....	151
4.2. TRABAJOS REALIZADOS .....	151
4.2.1. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA.....	151
4.2.2. ASPECTOS METODOLÓGICOS .....	152
4.2.2.1. Recarga por infiltración del agua de lluvia.....	155
4.2.2.1.1. Masas de agua subterránea de naturaleza detrítica .....	155
4.2.2.1.2. Masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada.....	157
4.2.2.2. Recarga por retornos de regadío .....	161
4.2.2.3. Resto de componentes del balance.....	163
4.3. RESULTADOS OBTENIDOS.....	164
<b>5. ELABORACIÓN DE UNA CARTOGRAFÍA DE VULNERABILIDAD NATURAL A LA CONTAMINACIÓN EN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA IDENTIFICADAS EN LA DEMARCACIÓN .....</b>	<b>174</b>
5.1. INTRODUCCIÓN .....	174
5.2. TRABAJOS REALIZADOS .....	175
5.2.1. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA.....	175
5.2.2. ASPECTOS METODOLÓGICOS .....	175



**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



5.2.2.1. Cartografía de vulnerabilidad natural a la contaminación en masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada (método COP) .....	178
- Método COP .....	179
- Fuentes de información, recopilación, análisis y tratamiento de los datos y capas de información.....	186
- Elaboración de mapas temáticos.....	194
5.2.2.2. Cartografía de vulnerabilidad natural a la contaminación en masas de agua subterránea de naturaleza detrítica (método DRASTIC reducido) .....	195
- Método DRASTIC .....	195
- Fuentes de información, recopilación, análisis y tratamiento de los datos y capas de información.....	199
- Elaboración de mapas temáticos.....	200
5.3. RESULTADOS OBTENIDOS.....	201
- Masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada (método COP): .....	205
- Masas de agua subterránea de naturaleza detrítica (método DRASTIC reducido): .....	206
<b>6. CUMPLIMENTACIÓN DE LOS CAMPOS PENDIENTES DE LAS FICHAS DE CARACTERIZACIÓN ADICIONAL DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA IDENTIFICADAS EN LA DEMARCACIÓN .....</b>	<b>209</b>
6.1. INTRODUCCIÓN .....	209
6.2. TRABAJOS REALIZADOS .....	210
6.2.1. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA.....	210
6.2.2. ASPECTOS METODOLÓGICOS .....	210
6.3. RESULTADOS OBTENIDOS.....	211
<b>7. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA COMPARTIDAS ENTRE DEMARCACIONES HIDROGRÁFICAS LIMÍTROFES .....</b>	<b>215</b>
7.1. INTRODUCCIÓN .....	215
7.2. BASE NORMATIVA .....	216
7.2.1. DIRECTIVA MARCO DEL AGUA (DIRECTIVA 2000/60/CE) .....	216
7.2.2. LEY DE AGUAS.....	217
7.2.3. REGLAMENTO DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA.....	217
7.2.4. INSTRUCCIÓN DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA.....	217
7.2.5. LEY DE AGUAS PARA ANDALUCÍA .....	218
7.3. TRABAJOS REALIZADOS .....	218
7.3.1. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA.....	218
7.3.2. ASPECTOS METODOLÓGICOS .....	218
7.3.3. MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA LIMÍTROFES.....	219
7.4. RESULTADOS OBTENIDOS.....	221
7.4.1. CUBETA DE EL SALTADOR (060.001)-LAS NORIAS (070.060) .....	221
7.4.2. Sª DE LAS ESTANCIAS (060.002)-Sª DE LAS ESTANCIAS (05.08)-Sª DE LAS ESTANCIAS (070.056) .....	223
7.4.3. ALTO-MEDIO ALMANZORA (060.003)-BAZA-CANILES (05.09).....	224
7.4.4. CUENCA DEL RÍO NACIMIENTO (060.010)-GUADIX-MARQUESADO (05.12).....	225
7.4.5. SIERRA DE PADUL SUR (060.017)-SIERRA DE PADUL (05.65).....	226
7.4.6. DEPRESIÓN DE PADUL (060.023)-DEPRESIÓN DE GRANADA (05.32) .....	228
7.4.7. SIERRA ALMIJARA (060.024)-TEJEDA-ALMIJARA-LAS GUÁJARAS (05.42) .....	229
7.4.8. SIERRA GORDA-ZAFARRAYA (060.025)-SIERRA GORDA-ZAFARRAYA (05.40)-TEJEDA-ALMIJARA-LAS GUÁJARAS (05.42) .....	230
7.4.9. Sª DE GIBALTO-ARROYO MARÍN (060.028)-SIERRA GORDA-ZAFARRAYA (05.40)....	232



**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



7.4.10. FUENTE DE PIEDRA (060.034)–SIERRA Y MIOCENO DE ESTEPA (05.43) .....	233
7.4.11. SIERRA DE CAÑETE SUR (060.041)-SIERRA DE CAÑETE (05.72) .....	234
7.4.12. DEPRESIÓN DE RONDA (060.042)-SETENIL (062.001) .....	237
7.4.13. SIERRA HIDALGA-MERINOS-BLANQUILLA (060.043)-SETENIL (062.001).....	239
7.4.14. SIERRA DE LÍBAR (060.044)-SIERRA DE LÍBAR (062.002) .....	241
7.4.15. SIERRA DE ALMAGRO (060.052)-SIERRA DE ALMAGRO (070.062) .....	242
7.4.16. SIERRA DE ALBUÑUELAS (060.061)–TEJEDA-ALMIJARA-LAS GUÁJARAS (05.42) .....	243
7.4.17. SIERRA DE LAS GUÁJARAS (060.062)–TEJEDA-ALMIJARA-LAS GUÁJARAS (05.42) ...	245
7.4.18. SIERRA TEJEDA (060.064)–TEJEDA-ALMIJARA-LAS GUÁJARAS (05.42).....	246
<b>8. DOCUMENTO DE SÍNTESIS.....</b>	<b>248</b>
8.1. TRABAJOS REALIZADOS .....	248
8.2. RESULTADOS OBTENIDOS.....	259
8.2.1. DELIMITACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN Y ZONAS DE SALVAGUARDA .....	259
8.2.1.1. Delimitación de perímetros de protección .....	259
8.2.1.2. Delimitación de zonas de salvaguarda.....	267
8.2.2. REVISIÓN Y ADECUACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO DE LAS AGUAS A LOS MODELOS CONCEPTUALES DEDUCIDOS PARA LOS ACUÍFEROS QUE CONSTITUYEN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA .....	274
8.2.3. ESTIMACIÓN DE BALANCES HIDROLÓGICOS EN MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA DE NATURALEZA DETRÍTICA, MIXTA Y CARBONATADA .....	280
8.2.4. CARTOGRAFÍA DE VULNERABILIDAD NATURAL A LA CONTAMINACIÓN EN MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA DE NATURALEZA DETRÍTICA, MIXTA Y CARBONATADA.....	289
8.2.5. CUMPLIMENTACIÓN DE LOS CAMPOS PENDIENTES DE LAS FICHAS DE CARACTERIZACIÓN ADICIONAL DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA.....	295
8.2.6. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA COMPARTIDAS ENTRE DEMARCACIONES HIDROGRÁFICAS LIMÍTROFES .....	298
8.3. CONSIDERACIONES FINALES .....	306
8.3.1. CONCLUSIONES.....	306
8.3.2. RECOMENDACIONES .....	310



**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



## ANEXOS

### **ANEXO 1.**

BIBLIOGRAFÍA

### **ANEXO 2.**

PERÍMETROS DE PROTECCIÓN. FICHAS DESCRIPTIVAS

### **ANEXO 3.**

ADECUACIÓN Y MEJORA DE LAS REDES DE CONTROL. FIGURAS DESCRIPTIVAS

### **ANEXO 4.**

VULNERABILIDAD. PARÁMETROS Ly, OS y SV

### **ANEXO 5.**

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA A LAS FICHAS DE CARACTERIZACIÓN ADICIONAL



**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



# MEMORIA.

TRABAJOS NECESARIOS PARA LA MEJORA DEL CONOCIMIENTO Y PROTECCIÓN CONTRA LA CONTAMINACIÓN Y EL DETERIORO DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LAS DEMARCACIONES HIDROGRÁFICAS ANDALUZAS DE CARÁCTER INTRACOMUNITARIO, CONFORME A LO ESTABLECIDO EN LAS DIRECTIVAS 2000/60/CE Y 2006/118/CE



## 1. INTRODUCCIÓN

En octubre del año 2000 el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea aprobaron la Directiva 2000/60/CE (Diario Oficial de las Comunidades Europeas, nº L 327 de 22/12/2000, páginas 1-72) por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Esta directiva, a la que se conoce habitualmente como Directiva Marco del Agua (DMA), constituye una disposición europea de rango superior que debe ser cumplida por todos los Estados miembros y cuyo fin último es proteger y mejorar la calidad de todas las aguas europeas.

La entrada en vigor de la DMA ha establecido en Europa un nuevo modelo de gestión y de protección de las aguas superficiales y subterráneas, innovador en muchos aspectos, al que los distintos países aún se están adaptando a través de un proceso largo y complejo que comenzó en el año 2000 y que se extenderá durante los próximos años. Su objetivo principal es la consecución o, en su caso, el mantenimiento del buen estado de las aguas superficiales continentales, las aguas subterráneas, las aguas de transición y las aguas costeras para el año 2015.

Para la consecución de estos objetivos la Directiva establece en su articulado una serie de requerimientos de obligado cumplimiento por parte de los Estados miembros, los plazos dentro de los cuales se deben acometer y la periodicidad con la que deben revisarse y actualizarse. En la tabla 1.1 se han resumido los plazos correspondientes a los aspectos más relevantes de la Directiva, la periodicidad con la que deben revisarse y los artículos donde vienen recogidos.

PLAZO	REQUISITO	ARTÍCULO
22/12/2000	Entrada en vigor de la DMA	Art. 25
22/12/2003	Transposición de la DMA al ordenamiento jurídico de cada Estado miembro	Art. 24
	Identificación de las demarcaciones hidrográficas y de las autoridades competentes	Art. 3
22/12/2004	Análisis de las características de cada demarcación hidrográfica, evaluación de las presiones y los impactos sobre las masas de agua y análisis económico del uso del agua. Revisión cada 6 años a partir de 2013	Art. 5
	Elaboración de un registro de las zonas protegidas existentes en cada demarcación hidrográfica	Art. 6
22/12/2006	Establecimiento de un programa de seguimiento del estado de las aguas superficiales y subterráneas	Art. 8
	Información y consulta públicas de los planes hidrológicos de cuenca	Art. 14
22/12/2008	Presentación de los borradores de los planes hidrológicos de cuenca	Art. 13 y 14
22/12/2009	Publicación de los planes hidrológicos de cuenca. Revisión cada 6 años	Art. 13
	Establecimiento de un programa de medidas para cada demarcación hidrográfica. Revisión cada 6 años	Art. 11
2010	Recuperación de los costes relacionados con el agua e incentivos a su uso eficiente	Art. 9
22/12/2012	Todas las disposiciones del programa de medidas deben estar operativas	Art. 11
	Informe de la Comisión Europea sobre el grado de aplicación de la DMA. Revisión cada 6 años	Art. 18
22/12/2015	Se deben cumplir los objetivos medioambientales de la DMA	Art. 4
22/12/2019	Revisión de la DMA por parte de la Comisión Europea	Art. 19

Tabla 1.1. Principales plazos establecidos en la Directiva Marco del Agua

Por lo que respecta a las aguas subterráneas, el principal objetivo que establece la Directiva es alcanzar un buen estado, tanto cuantitativo como químico, a más tardar quince años después de su entrada en vigor (año 2015). La unidad geográfica de referencia en la que se debe evaluar el estado de estas aguas es la masa de agua subterránea, que en el artículo 2 de la Directiva viene definida como *un volumen claramente diferenciado de aguas subterráneas de un acuífero o acuíferos*.

La Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro y en vigor desde el 16 de enero de 2007, complementa la DMA con definiciones, criterios, procedimientos de evaluación y medidas de prevención, las estrategias para la prevención y el control de la contaminación de las aguas subterráneas dispuestas en el artículo 17 de la Directiva 2000/60/CE.

La incorporación al ordenamiento jurídico español de la DMA se materializó, de modo general, mediante el artículo 129 de la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y de orden social, que modifica, añade y suprime artículos y disposiciones del Texto Refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio. La Directiva 2006/118/CE, por su parte, se incorporó al ordenamiento interno mediante el Real Decreto 1514/2009, de 2 de octubre, por el que se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.

El Texto Refundido de la Ley de Aguas, aprobado en 2001 mediante el Real Decreto Legislativo 1/2001, refunda y adapta la normativa legal existente en nuestro país en materia de aguas. Tiene por objeto regular el dominio público hidráulico, el uso del agua y las competencias del Estado en estas materias, establece que las aguas superficiales y subterráneas continentales son un recurso unitario, de interés general, que constituye el dominio público hidráulico, y asigna al Estado las competencias relativas a la planificación hidrológica.

El Reglamento de Planificación Hidrológica, aprobado por el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, modifica el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica, aprobado mediante el Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, con objeto de adaptarlo a los cambios introducidos en el Texto Refundido de la Ley de Aguas con motivo de la transposición de la DMA. La finalidad del Reglamento de Planificación Hidrológica es definir las estrategias para alcanzar los objetivos de la planificación hidrológica y desarrollar reglamentariamente el contenido de los planes y su proceso de elaboración.

La Instrucción de Planificación Hidrológica, por su parte, establece una serie de instrucciones y recomendaciones técnicas complementarias para la elaboración de los planes hidrológicos de cuenca, que tienen como objetivo la obtención de resultados homogéneos y sistemáticos en el conjunto de la planificación hidrológica, a pesar de la heterogeneidad intrínseca y las diferentes características básicas de cada plan hidrológico. Con la aprobación del nuevo Reglamento de Planificación Hidrológica en 2007, fue necesario proceder a la adaptación de la Instrucción de Planificación Hidrológica que se materializó en 2008 mediante la aprobación de la Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre.

Mediante el Decreto 357/2009, de 20 de octubre, el gobierno autonómico andaluz estableció el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas de las cuencas internas andaluzas cuyas funciones y servicios fueron traspasados de acuerdo con el artículo 50.1 del Estatuto de Autonomía para Andalucía, por medio del cual se atribuye a la Comunidad Autónoma competencia exclusiva en materia de aguas que transcurran íntegramente por Andalucía, así como sobre aguas subterráneas cuando su aprovechamiento no afecte a otro territorio. Los ámbitos territoriales definidos en este Decreto son los

correspondientes a las demarcaciones hidrográficas de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, del Guadalete y Barbate y del Tinto, Odiel y Piedras.

La Ley de Aguas para Andalucía, recientemente aprobada por medio de la Ley 9/2010, de 30 de julio, tiene por objeto regular el ejercicio de las competencias de la Comunidad Autónoma y de las entidades locales andaluzas en materia de agua, con el fin de lograr su protección y uso sostenible, así como garantizar las necesidades básicas de uso de agua de la población y hacer compatible el desarrollo económico y social de Andalucía con el buen estado de los ecosistemas acuáticos y terrestres.

## 1.1. ANTECEDENTES

La primera fase del extenso y progresivo proceso de implementación de la DMA fue la transposición de ésta al ordenamiento jurídico de cada Estado miembro (efectuada en el caso de España mediante la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, mencionada en el apartado anterior), y la identificación de las demarcaciones hidrográficas existentes en su territorio así como de las autoridades competentes (organismos de cuenca) asignadas a cada una de ellas. El plazo establecido por la Directiva para llevar a cabo estos trabajos fue diciembre de 2003.

El primer análisis exigido por la DMA a los Estados miembros fue el derivado del cumplimiento de sus artículos 5 y 6, relativos a las características de la demarcación hidrográfica, el estudio del impacto ambiental de la actividad humana en el estado de las aguas, el análisis económico del uso del agua y el registro de las zonas protegidas existentes en cada demarcación. Estos informes, elaborados de manera individual para cada demarcación hidrográfica y remitidos a la Comisión Europea en 2005, incluyeron, entre otros aspectos, una descripción general de la demarcación hidrográfica, la identificación y delimitación de las masas de agua subterránea y superficial y una caracterización inicial de estas masas de agua basada en un análisis de presiones e impactos, que dio como resultado la identificación de aquellas que se encontraban en aquel momento en riesgo de incumplir los objetivos medioambientales fijados por la Directiva en su artículo 4.

De acuerdo con los plazos establecidos en la Directiva, para diciembre de 2006 tuvieron que estar operativos los programas de seguimiento del estado de las aguas superficiales y subterráneas, en tanto que para diciembre de 2008 los Estados miembros debían haber establecido por primera vez los valores umbral para los contaminantes responsables de que alguna masa de agua hubiera sido definida en riesgo.

A lo largo del año 2009 se elaboraron y fueron sometidos a debate los Esquemas de Temas Importantes, documentos previos a la redacción de los planes hidrológicos de cuenca que contienen la descripción y valoración de los principales problemas actuales y previsibles de la demarcación, así como las posibles alternativas de actuación. En concreto, los Esquemas de Temas Importantes incluyeron las principales presiones e impactos que debían tratarse en el plan hidrológico, los sectores y actividades que podían suponer un riesgo para alcanzar los objetivos medioambientales, las posibles alternativas para conseguir dichos objetivos, incluyendo su caracterización económica y ambiental, y los sectores y grupos de usuarios afectados por los programas de medidas. En cumplimiento del artículo 79 del Reglamento de Planificación Hidrológica, los Esquemas de Temas Importantes tuvieron que ser puestos a disposición del público durante un plazo no inferior a seis meses para la formulación de observaciones y sugerencias, de modo que ello permitiera alcanzar los consensos necesarios de cara a la elaboración del plan hidrológico de cuenca.

El último paso dado hasta la fecha en lo que respecta al proceso de implementación de la DMA ha sido la elaboración de los proyectos de planes hidrológicos de cuenca en cada demarcación hidrográfica, en los términos que exige el artículo 13 de la Directiva. En ellos se incluyen, entre otros elementos, un resumen de las presiones a que están sometidas las masas de agua, la descripción de las redes de control, los objetivos medioambientales exigibles a cada masa de agua y un resumen de los programas de medidas propuestos para alcanzar dichos objetivos. El 21 de mayo de 2010 se publicó la resolución por la que se sometían a información pública durante un periodo de seis meses los borradores de los planes hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas andaluzas de carácter intracomunitario, entre ellas la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (en adelante DHMA), tras su presentación a las respectivas Comisiones del Agua. El plazo para la presentación de alegaciones finalizó el 22 de noviembre de 2010.

Las siguientes etapas en el proceso de implementación de la DMA corresponden a la publicación de los planes hidrológicos de cuenca para cada demarcación hidrográfica (una vez finalizado el periodo de consulta pública), la revisión y seguimiento de estos planes, la puesta en marcha de los programas de medidas necesarios para alcanzar los objetivos medioambientales en las masas de agua superficial y subterránea en riesgo, y la garantía, por parte de los Estados miembros, de que se aplican los principios de recuperación de los costes de los servicios relacionados con el agua y de que quien contamina paga.

## 1.2. OBJETO Y ALCANCE

La Directiva 2000/60/CE confiere especial importancia a las aguas subterráneas destinadas al consumo humano, hecho puesto de manifiesto, entre otros aspectos, por su inclusión en el registro de zonas protegidas (art. 6) y la exigencia en ellas de unos objetivos de calidad más rigurosos (puntos 2 y 3 del art. 7). Por otro lado, algunas de las captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano se localizan fuera de las regiones catalogadas como masas de agua subterránea, motivo por el cual no se aplican las medidas previstas en la DMA para evitar el deterioro de la calidad y cantidad de estas aguas. Por este motivo, se hace necesario establecer una figura de protección en torno a estas captaciones (perímetros de protección) que permita asegurar el cumplimiento de los objetivos de calidad y cantidad en todas las aguas destinadas al consumo humano, independientemente de que se localicen dentro o fuera de masa. Estos perímetros serán incluidos, en virtud del artículo 7 de la Directiva 2000/60/CE y con arreglo al apartado 2 del artículo 6, en el Registro de Zonas Protegidas.

Por lo que respecta a las captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano localizadas en el interior de las masas de agua, se requiere la delimitación de zonas de salvaguarda en las que se puedan focalizar restricciones y medidas de control necesarias para salvaguardar la calidad de las aguas subterráneas. La delimitación de estas zonas está orientada a la protección de las áreas de alimentación y recarga relacionadas con las captaciones de agua destinada a consumo humano identificadas en aquellas masas de agua subterránea que proporcionen un promedio diario de más de 100 m<sup>3</sup>.

El objetivo que se persigue con el establecimiento de los programas de seguimiento del estado de las aguas es, tal y como se recoge en la Directiva Marco del Agua, *obtener una visión general, coherente y completa del estado de las aguas en cada demarcación hidrográfica*. Por ello, los programas de seguimiento del estado químico y cuantitativo de las aguas subterráneas deberán revisarse periódicamente con objeto de: a) evaluar el grado de representatividad de las estaciones de seguimiento, b) comprobar que su diseño se adapta, por un lado, al funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos que constituyen la masa de agua subterránea en el estado de conocimiento de cada momento, y por otro, y sobre todo, a los resultados de la evaluación de presiones e impactos realizados

en virtud del artículo 5 de la Directiva y a la evaluación del estado químico y cuantitativo de las masas de agua subterránea efectuados de acuerdo con el anexo V de dicha norma.

La evaluación del estado cuantitativo de las aguas subterráneas así como la regulación de los usos y la satisfacción de las demandas de agua requieren de un conocimiento adecuado de los recursos hídricos disponibles. Para conseguirlo deben realizarse estimaciones del balance hídrico en cada masa de agua subterránea definida, de tal forma que ello permita identificar y cuantificar en cada una de ellas las diferentes componentes de entrada y salida de agua subterránea.

Una de las herramientas más útiles para preservar el buen estado químico de las aguas subterráneas e impedir su deterioro es la elaboración de cartografías de vulnerabilidad a la contaminación de las aguas, puesto que permiten identificar las áreas de mayor vulnerabilidad y potenciar en ellas las medidas de protección que se estimen oportunas, especialmente en lo que se refiere a la instalación y control de actividades humanas potencialmente contaminantes en dichas zonas.

En cumplimiento del artículo 5 de la DMA, los Estados miembros tuvieron que llevar a cabo en 2005 una caracterización inicial de todas las masas de agua subterránea definidas en su territorio, con objeto de identificar aquellas en riesgo de incumplir los objetivos medioambientales recogidos en la Directiva. En estas masas, a su vez, es necesario realizar una caracterización adicional que permita conocer con mayor precisión las causas de dicho riesgo y sentar las bases para el establecimiento de un programa de medidas adecuado. Estos trabajos de caracterización adicional deben incluir información, entre otras aspectos, sobre los límites hidrogeológicos de la masa de agua subterránea, sus características hidráulicas y piezométricas, así como una estimación de las principales componentes de recarga.

Al igual que en el resto de demarcaciones hidrográficas españolas, la delimitación de las masas de agua subterránea identificadas en la DHCMA se concibió de modo que ninguna de ellas sobrepasara los límites (administrativos) de la propia demarcación. Esto supuso que se definieran varias masas de agua subterránea en acuíferos cuya superficie se extiende por el territorio de alguna de las demarcaciones hidrográficas adyacentes (Guadalete y Barbate, Guadalquivir y Segura). Estas masas de agua subterránea limítrofes, por tanto, representan sectores de un mismo acuífero entre los cuales existen o podrían existir transferencias laterales de agua. Es necesario, por tanto, identificar las masas de agua subterránea de la demarcación que comparten recursos hídricos con masas de agua limítrofes identificadas en otra demarcación, realizar una primera estimación de los recursos propios con los que cuenta cada una de ellas y avanzar en el grado de conocimiento hidrogeológico (conexiones hidráulicas, dirección principal de flujo, etc.) de estos sectores.

### 1.3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN. ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO

Con anterioridad al inicio de los trabajos descritos en el apartado 1.2 se ha realizado un estudio bibliográfico de todos aquellos documentos que puedan incluir información de interés para el análisis, diseño y ejecución de estas actividades.

Paralelamente y con el propósito de acometer esta tarea con las máximas garantías, se han establecido los contactos pertinentes con aquellos organismos o entidades públicas que pudieran facilitar información al respecto (Agencia Andaluza del Agua, Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Universidad de Málaga, etc.). La recopilación de información y el estudio bibliográfico se han realizado de forma sistemática, en función de las distintas actividades a desarrollar.

El listado de la información bibliográfica consultada, así como gran parte de la documentación recopilada (informes técnicos, comunicaciones y artículos científicos, guías metodológicas, libros, textos jurídicos, etc.), se adjunta, sobre soporte digital, en el anexo 1.

Del mismo modo, en aquellos capítulos en los que se han recopilado y/o generado coberturas digitales, éstas se muestran en tablas temáticas en las que se ha incluido el tipo de cobertura de que se trata (*shapefile* o *ráster*), su geometría (puntual, lineal o poligonal), el nombre de la capa, una breve descripción de su contenido y el origen de la información. Asimismo, en soporte digital se adjunta copia de todas y cada una de las coberturas generadas en el marco de estos trabajos, en los sistemas geodésicos de referencia oficiales en España: ED50 (*European Datum 1950*) y ETRS89 (*European Terrestrial Reference System 1989*).



**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



## 2. DELIMITACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN Y ZONAS DE SALVAGUARDA

La Directiva 2000/60/CE confiere especial importancia a las aguas subterráneas destinadas al consumo humano, hecho puesto de manifiesto, entre otros aspectos, por su inclusión en el registro de zonas protegidas (art. 6) y la exigencia en ellas de unos objetivos de calidad más rigurosos (puntos 2 y 3 del art. 7).

Con el propósito de continuar acometiendo con las máximas garantías los requerimientos estipulados en las Directivas 2000/60/CE, 2006/118/CE y demás disposiciones legales que establecen como marco geográfico de referencia la *masa de agua subterránea*, en este capítulo se han llevado a cabo las siguientes tareas:

- Delimitación de perímetros que protejan las aguas subterráneas utilizadas para la captación de agua destinada al consumo humano, que proporcionen un promedio de más de 10 m<sup>3</sup> diarios o que abastezcan a más de cincuenta personas, y cuya explotación se localiza en terrenos no catalogados como masa de agua subterránea.
- Delimitación de zonas de salvaguarda en aquellas masas de agua subterránea que proporcionen un promedio de más de 100 m<sup>3</sup> diarios utilizados para la captación de agua potable, que permitan focalizar en ellas las medidas de protección de aguas subterráneas utilizadas para tal fin.

### 2.1. DELIMITACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN

#### 2.1.1. INTRODUCCIÓN

La Directiva 2000/60/CE establece, en su artículo 7, que los Estados miembros especificarán dentro de cada demarcación hidrográfica todas las masas de agua utilizadas para la captación de agua destinada al consumo humano que proporcionen un promedio de más de 10 m<sup>3</sup> diarios o que abastezcan a más de cincuenta personas, así como todas las masas de agua destinadas a tal uso en el futuro. Del mismo modo, se indica que los Estados miembros velarán por la necesaria protección de las masas de agua especificadas con objeto de evitar el deterioro de su calidad y cantidad, contribuyendo así a reducir el nivel de tratamiento de purificación necesario para la producción de agua potable. Los Estados miembros podrán por tanto, establecer perímetros de protección (*Safeguard zones*) para esas masas de agua.

En la práctica, un elevado porcentaje de las formaciones geológicas identificadas en la demarcación permiten una extracción de 10 m<sup>3</sup>/día por lo que, si se aplicara de forma extensiva este artículo, habría que calificar como masa de agua subterránea prácticamente la totalidad del ámbito circunscrito por el límite de la demarcación hidrográfica.

Por otro lado, existen numerosas captaciones de agua subterránea destinadas al consumo humano que abastecen a más de cincuenta personas y que se encuentran emplazadas en formaciones geológicas que debido a su extensión, permeabilidad, influencia antrópica y demás aspectos, no se ajustan a la definición de masa de agua subterránea dispuesta en el artículo 2 de la Directiva 2000/60/CE y que de identificarse como tal, se incumpliría con las instrucciones de planificación marcadas en la Orden ARM/2656/2008. También resulta de difícil aplicación, en la práctica, la especificación de masas de agua subterránea en base a los usos futuros a los que se destine este recurso.

La solución adoptada para que aquellas captaciones de agua subterránea destinada al abastecimiento humano que proporcionen un promedio de más de 10 m<sup>3</sup>/día o que abastezcan a más de cincuenta personas, cuya explotación se localiza fuera de las regiones catalogadas como masas de agua subterránea, no queden sin figura de protección, ha consistido en delimitar un *perímetro de protección* al efecto. Estos perímetros serán incluidos, en virtud del artículo 7 de la Directiva 2000/60/CE y con arreglo al apartado 2 del artículo 6, en el Registro de Zonas Protegidas.

El *perímetro de protección* de captaciones de agua subterránea destinada a consumo humano es una figura ampliamente reflejada en la legislación de aguas española, tanto en el Texto Refundido de la Ley de Aguas (RDL 1/2001, de 20 de julio), como en el Reglamento de Dominio Público Hidráulico (Real Decreto 849/1986 de 11 de abril), o en la Ley 6/1998, de 13 de abril, sobre régimen del suelo y valoraciones. Incluso, a la hora de elaborar una matriz de restricciones para cada actividad contaminante localizada en el ámbito comprendido por el perímetro de protección, se admite, en la práctica, la división del mismo en diferentes zonas. No obstante, esta zonificación debe proponerse en base a estudios hidrogeológicos de detalle de cada uno de los emplazamientos, con objeto de permitir un equilibrio entre la protección adecuada y suficiente del recurso y las actividades socioeconómicas desarrolladas en la región.

De este modo, la delimitación de perímetros de protección se ha orientado a la protección de las zonas de alimentación y recarga relacionadas con la captación, ajustándose así a la figura de perímetro de protección clásico recogida en el ordenamiento español, tal y como se define en el Texto Refundido de la Ley de Aguas (RDL 1/2001, de 20 de julio) y en el Reglamento de Dominio Público Hidráulico (Real Decreto 849/1986 de 11 de abril).

Así, y en conformidad con los objetivos perseguidos en el marco de estos trabajos, se propone mejorar las medidas de protección en aquellas captaciones de agua subterránea destinada al abastecimiento humano que proporcionen un promedio de más de 10 m<sup>3</sup>/día o que abastezcan a más de cincuenta personas, cuya explotación se localiza fuera de las regiones catalogadas como masas de agua subterránea, mediante la inclusión, en el Registro de Zonas Protegidas, de los perímetros de protección de la calidad y la cantidad delimitados al efecto en el ámbito de la DHCMA.

---

## 2.1.2. TRABAJOS REALIZADOS

### 2.1.2.1. Documentación consultada

Con anterioridad al inicio de los trabajos se ha realizado un estudio bibliográfico de todos aquellos documentos que pudiesen incluir información de interés en el análisis, diseño y ejecución de la actividad, en relación con las características y funcionamiento hidrogeológico de las masas de agua subterránea, unidades hidrogeológicas y sistemas acuíferos identificados. Además, se han recopilado las coberturas geográficas de base y usos del suelo, red hidrográfica principal y secundaria, así como mapas temáticos de hidrogeología.

Asimismo, para la delimitación de perímetros que protejan las aguas subterráneas utilizadas para la captación de agua destinada al consumo humano, que proporcionen un promedio de más de 10 m<sup>3</sup> diarios o que abastezcan a más de cincuenta personas, y cuya explotación se localiza en terrenos no catalogados como masa de agua subterránea en el ámbito de la DHCMA, se han recopilado y/o generado las coberturas digitales enunciadas en la tabla sintética 2.1.2.1.1.

Esta información ha servido como punto de partida para la caracterización hidrogeológica del entorno de las captaciones de agua subterránea objeto de estudio.

En la DHCMA el inventario de captaciones facilitado inicialmente por los responsables del Servicio de Planificación de la Dirección General de Planificación y Participación de la Agencia Andaluza del Agua asciende a un total de 120 puntos. No obstante, en este listado se incluyen 23 captaciones de abastecimiento mediante toma directa -ríos- las cuales, dada la naturaleza de los recursos hídricos captados (aguas superficiales), no se han considerado objeto de estudio.

Posteriormente, tras realizar una visita de reconocimiento in situ de las captaciones recogidas en el inventario, se han identificado un total de 144 captaciones operativas si bien, 32 se localizan en terrenos catalogados como masa de agua subterránea y 112 fuera de masa. Asimismo, en base a la naturaleza de las captaciones, éstas se han catalogado como: dique (6), galería (10), manantial (61), pozo (14) y sondeo (53).

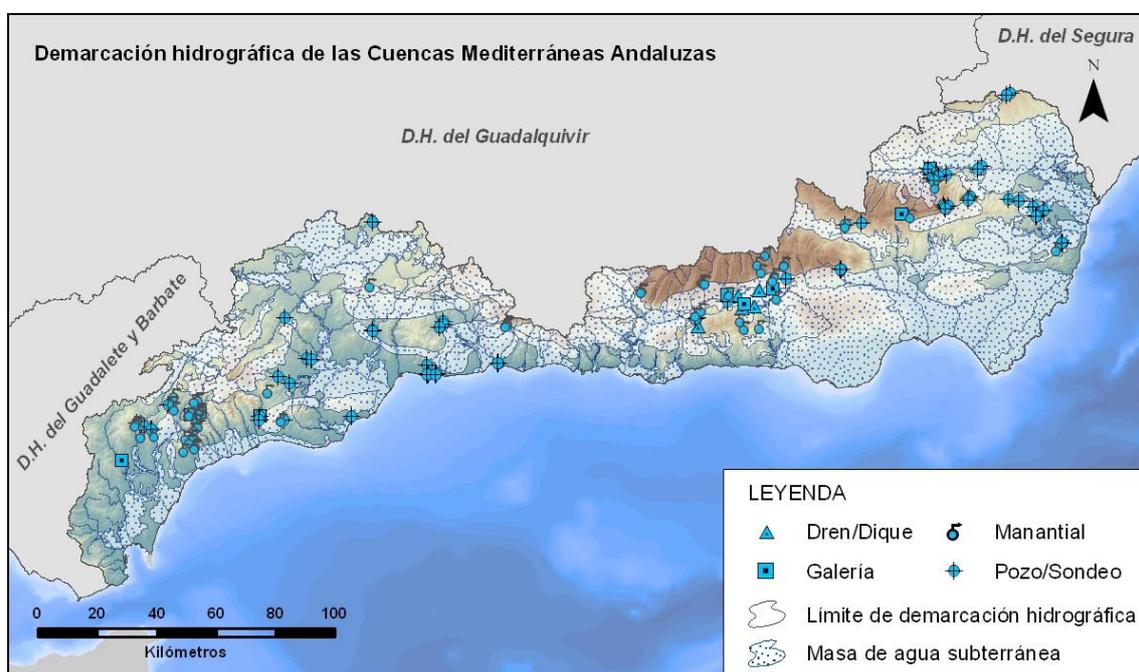


Figura 2.1.2.1.1. Captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano, localizadas en terrenos no catalogados como masa de agua subterránea

Una vez integrada la información sobre entorno GIS, se ha procedido al filtrado y tratamiento de los datos de partida de acuerdo con la metodología descrita en el apartado 2.1.2.2.

N	TIPO	GEOMETRÍA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	FUENTE
1	Shapefile	Puntual	CAPT_PERIM	Captaciones de agua subterránea utilizadas para abastecimiento que proporcionen un promedio de más de 10 m <sup>3</sup> /día o que abastezcan a más de cincuenta personas, cuya explotación se localiza fuera de m.a.sb.	AAA
2	Shapefile	Poligonal	DEM_CMA	Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas	AAA
3	Shapefile	Poligonal	LITO_CMA	Cartografía litoestratigráfica, E.:1:200.000	IGME
4	Shapefile	Poligonal	MASb_CMA	Masas de agua subterránea	AAA
5	Ráster	Píxel	MDE_CMA	Modelo Digital de Elevaciones	J.AND.
6	Ráster	Píxel	MOS_CMA	Mosaico de la cartografía geológica, E.:1:50.000	IGME/TTEC
7	Shapefile	Poligonal	MUNI	Términos municipales	IGN/ICA
8	Shapefile	Poligonal	PERM_CMA	Cartografía de permeabilidad, E.:1:200.000	IGME
9	Shapefile	Lineal	RIOS	Red hidrográfica	CAA/ICA
10	Shapefile	Poligonal	URB	Núcleos urbanos	IGN/ICA
11	Shapefile	Poligonal	UUHH	Unidades Hidrogeológicas	ITGE

**Tabla 2.1.2.1.1. Relación de las coberturas de partida empleadas durante los trabajos de delimitación de perímetros de protección de captaciones localizadas fuera de masa de agua subterránea**

### 2.1.2.2. Aspectos metodológicos

Los perímetros de protección constituyen una importante figura para la implantación de la protección sobre el territorio y pueden usarse para focalizar en ellos las medidas de protección requeridas sobre las aguas subterráneas destinadas para abastecimiento humano.

La implantación real en el territorio de estas medidas ha sido, y es, muy dispar. Por ejemplo, en España, la aprobación de los perímetros de protección de las captaciones de abastecimiento urbano es muy escasa y desigual según la demarcación, y la implantación en el territorio de las restricciones es prácticamente inexistente.

Por otra parte, la metodología empleada para la delimitación de perímetros de protección para captaciones destinadas a abastecimiento urbano puede considerarse desde aproximaciones simplificadas basadas en un radio fijo, a análisis de pozos con flujo uniforme o modelización matemática de flujo y transporte de contaminantes con formulaciones complejas.

En cualquier caso, todo modelo resultante estará sometido a cierto grado de incertidumbre y su bondad dependerá de la calidad de los datos de partida, así como del criterio hidrogeológico aplicado en función del modelo conceptual del acuífero captado.

Durante la primera etapa para la delimitación de perímetros de protección de captaciones de agua subterránea destinada a consumo humano localizadas en terrenos no catalogados como masa de agua subterránea, se ha desarrollado una metodología basada en la explotación de datos de un Sistema de Información Geográfica. De este modo, una vez depurada la información de partida se ha procedido a estimar los parámetros hidrogeológicos necesarios para obtener de manera analítica una primera aproximación al perímetro de protección. Posteriormente se ha procedido a una revisión del perímetro con criterio hidrogeológico, considerando la estructura y el grado de heterogeneidad del sistema acuífero captado, con objeto de delimitar el área de alimentación.

El sistema empleado para delimitar los perímetros de protección de la calidad del agua, en el caso de las captaciones con drenaje mediante bombeo, es decir, *pozos y sondeos*, se basa en el método de Wyssling (Wyssling, 1979, en Moreno Merino et al., 1991). Dicho método consiste en el cálculo de la zona de llamada de una captación, es decir, de la parte del área de alimentación en la cual puede apreciarse un descenso piezométrico originado como consecuencia del bombeo, donde las líneas de corriente se dirigen hacia la captación, y la identificación posterior de las elipses o poligonales delimitadas por isocronas para distintos tiempos de tránsito: 1 día, 50 días y 1.460 días. Dichas elipses encierran áreas en torno a la captación, en las cuales se establecerán una serie de medidas de protección, más restrictivas cuanto menor sea el tiempo de tránsito considerado. Dichas medidas son aditivas, en el sentido de que las zonas interiores, más restrictivas, contemplan todas las medidas fijadas en las zonas exteriores, además de las propias.

Las restricciones recomendadas para cada una de estas zonas, a nivel global, son las siguientes (Martínez-Navarrete y García-García, 2003):

- Zona inmediata: tiempo de tránsito de 1 día. Restricciones absolutas. La zona permanecerá vallada para impedir el acceso de personal no autorizado.
- Zona próxima: tiempo de tránsito de 50 días. Restricciones máximas. Enfocada a proteger la captación de la contaminación microbiológica.
- Zona alejada: tiempo de tránsito de 4 años (1.460 días). Restricciones moderadas. Permite proteger la captación de contaminantes de larga persistencia.

Con objeto de definir una matriz de restricciones de carácter zonal, se precisa realizar un estudio hidrogeológico de detalle a nivel de captación.

Para el caso de los perímetros de protección de la cantidad, también en *pozos y sondeos*, se ha delimitado un área en torno a la captación, de radio variable en función de las características de la misma, así como del comportamiento hidráulico del acuífero captado. Se ha optado por la fórmula de Jacob como método para dimensionar dichas áreas de protección, considerando aquel radio cuyo descenso es igual a cero. Con ello, se puede delimitar el área teórica donde tendría lugar el descenso del nivel piezométrico como consecuencia del bombeo en la captación.

Estos métodos fueron diseñados para el dimensionamiento de perímetros de protección en acuíferos con porosidad intergranular y homogéneos, por lo que presentan el inconveniente de no tener en cuenta las heterogeneidades del acuífero. Por este motivo, una vez generada la poligonal inicial, ésta ha sido revisada con criterio hidrogeológico considerando, entre otros, los siguientes factores: límites del acuífero captado, cartografía hidrogeológica del entorno de la captación, isopiezas y direcciones de flujo, relación río-acuífero y zonas de emergencia del agua subterránea.

Por otra parte, en el caso de *manantiales, diques, drenes y galerías*, cuyo drenaje se produce por gravedad, no se considera adecuada la aplicación de los métodos anteriores. En su lugar se ha procedido, en primer término, a delimitar el área de alimentación de la captación la cual se ha considerado, en su conjunto, como perímetro de protección de la cantidad. Esta delimitación se ha realizado mediante criterios hidrogeológicos, considerando, al igual que en los casos anteriores, los siguientes factores: límites del acuífero captado, cartografía hidrogeológica del entorno de la captación, isopiezas y direcciones de flujo, relación río-acuífero y zonas de emergencia de aguas subterráneas. Dado que las áreas de alimentación de estas captaciones pueden llegar a presentar gran extensión, se plantea la necesidad de realizar una zonación interior aplicando distintos grados de protección en función de la casuística de cada captación. Generalmente, las restricciones a imponer serán tanto más taxativas cuanto menor sea la distancia a la captación. En este área más próxima, la Autoridad

competente deberá evaluar de un modo pormenorizado la viabilidad, o no, de autorizar captaciones de aguas subterráneas adicionales o actividades potencialmente contaminantes.

### 2.1.2.3. Parámetros hidrogeológicos

La resolución de los métodos analíticos empleados precisa conocer el valor de los siguientes parámetros hidráulicos:

- $i$  = Gradiente hidráulico
- $Q$  = Caudal bombeado
- $K$  = Conductividad hidráulica
- $m_e$  = Porosidad eficaz
- $b$  = Espesor saturado del acuífero

Para la obtención de estos parámetros se ha realizado, durante la primera fase, el análisis espacial y procesado en entorno GIS de las siguientes coberturas digitales (en formato vectorial y ráster):

- Cartografía geológica de la serie MAGNA E.: 1:50.000, editada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME).
- Cartografía litoestratigráfica y mapa de permeabilidades E.: 1:200.000, editada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME).
- Delimitación provincial y autonómica.
- Inventario de captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano, que proporcionen un promedio de más de 10 m<sup>3</sup> diarios o que abastezcan a más de cincuenta personas, y cuya explotación se localiza en terrenos no catalogados como masa de agua subterránea, facilitado por los responsables del Servicio de Planificación de la Dirección General de Planificación y Participación de la Agencia Andaluza del Agua.
- Límite de la DHCMA.
- Masas de agua subterránea definidas en la DHCMA.
- Modelo Digital de Elevaciones generado para la DHCMA.
- Red hidrográfica principal y secundaria.

Seguidamente se ha procedido a la génesis de una serie de tablas resumen en las que se incluyen los parámetros hidráulicos que resultan necesarios para la obtención de recintos o elipses mediante la aplicación de los métodos empleados. La elaboración de dichas tablas ha requerido de un tratamiento riguroso de los datos de partida, contrastando y valorando la bondad de estos valores.

Para la confección de estas tablas, en primer lugar, se ha recopilado la información disponible relacionada con parámetros hidráulicos y características hidrogeológicas del entorno de las captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano.

Asimismo, entre las diversas fuentes de información consultadas, han resultado de especial interés los siguientes documentos:

- ✓ Atlas Hidrogeológico de Andalucía. Instituto Geominero de España; Consejería de Obras Públicas de la Junta de Andalucía; Consejería de Trabajo e Industria de la Junta de Andalucía; (1998).
- ✓ Atlas Hidrogeológico de Granada. Instituto Geominero de España; Diputación Provincial de Granada; (1990).
- ✓ Atlas Hidrogeológico de Málaga. Instituto Geológico y Minero de España; Diputación de Málaga; Universidad Málaga; (2007).
- ✓ Informe relativo a los artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE para la demarcación de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas; Agencia Andaluza del Agua; (2005).
- ✓ Sistema Documental del IGME.

Seguidamente, tras una revisión y filtrado de los datos recopilados, se han cumplimentado los diferentes campos identificados en la tabla matriz.

- *Gradiente hidráulico (i)*

El *gradiente hidráulico* o cambio de potencial hidráulico por unidad de longitud, medido en el sentido del flujo de agua, normalmente se obtiene a partir de mapas de las superficies piezométricas.

Debido al desconocimiento generalizado de las características hidráulicas en muchos de los materiales acuíferos captados, al tratarse de puntos de abastecimiento aislados localizados en terrenos no catalogados como masa de agua subterránea, el gradiente hidráulico se ha estimado, en dichos casos, por diferencia de cota topográfica entre las zonas de recarga y descarga, y el punto de estudio. Una vez conocida la diferencia, ésta se ha dividido por la distancia existente entre ambos puntos y, posteriormente, se ha aplicado un factor de atenuación, con objeto de ajustar el gradiente obtenido a valores coherentes en función de la formación geológica objeto de estudio.

- *Caudal bombeado (Q)*

En la mayoría de los casos los datos de caudal han sido facilitados por los responsables del Servicio de Planificación de la Dirección General de Planificación y Participación de la Agencia Andaluza del Agua, por los técnicos encargados de la gestión y mantenimiento de las captaciones de agua subterránea de cada municipio, o bien, han sido obtenidos de modo bibliográfico.

Asimismo, en aquellas captaciones en las que no se dispone de datos de explotación, se ha asignado una dotación de 300 litros/habitante/día. Esta dotación diaria, multiplicada por el número total de habitantes censados en cada municipio (datos extraídos del censo publicado en el Instituto Nacional de Estadística; INE, 2008), proporciona un valor aproximado del total de recursos extraídos por la captación; si bien, el valor estimado, asume el supuesto de que todo el abastecimiento procede de una captación, lo que presenta un alto grado de incertidumbre.

En cualquier caso, debido a que se ha asignado una dotación (litros/habitante/día) por exceso, el recinto o elipse resultante no se considera infradimensionado.

- *Permeabilidad y conductividad hidráulica (K)*

En aquellas captaciones en las que no se dispone de información relativa a las características hidrogeológicas del medio se ha realizado un cruce por localización espacial, en entorno GIS, entre la cobertura de captaciones de agua subterránea destinada a abastecimiento humano, localizadas fuera de masa, y la cobertura de permeabilidades, escala 1:200.000, editada por el IGME.

De este modo, asignando un valor numérico a cada una de las cinco clases de permeabilidad diferenciadas en la cobertura de permeabilidades del IGME (Muy alta, Alta, Media, Baja y Muy baja), se ha estimado un valor de permeabilidad para cada punto, de acuerdo con la siguiente tabla de equivalencias; (generada a partir de datos bibliográficos).

PERMEABILIDAD MAPA	RANGO DE K (m/día)	K teórica (m/día)
Muy baja	$< 10^{-2}$	0,005
Baja	$10^{-2}$ -1	0,1
Media	1-10	5
Alta	10-100	50
Muy alta	$> 100$	150

**Tabla 2.1.2.3.2. Valores de permeabilidad y conductividad hidráulica asignados, en función del rango de permeabilidad**

Finalmente, mediante criterio hidrogeológico, se han determinado las unidades drenantes para el entorno de cada captación, asignando un valor de conductividad hidráulica (K) en función de la tipología drenante, lo que ha permitido ajustar de forma precisa el valor final.

- *Porosidad eficaz ( $m_e$ )*

La *porosidad eficaz* viene definida como el volumen de agua drenada por gravedad entre el volumen total. Para aquellos casos en los que no se ha podido obtener el dato de porosidad eficaz de un modo analítico, éste se ha obtenido tras la consulta, filtrado y revisión de los datos bibliográficos consultados; (Custodio y Llamas; Sanders et al.).

- *Espesor saturado ( $b$ )*

El espesor saturado se ha calculado mediante el análisis estructural de la formación acuífera implicada y su relación con el nivel piezométrico local. Para ello, se han realizado cortes hidrogeológicos, así como una recopilación de datos piezométricos del entorno de la captación, lo que ha permitido estimar el espesor saturado final.

En la tabla 2.1.2.3.3, adjunta a continuación, se sintetizan las principales fuentes de información consultadas para la estimación de cada uno de los parámetros hidráulicos expuestos con anterioridad.

PARÁMETROS	FUENTES DE INFORMACIÓN
<b>Gradiente Hidráulico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atlas Hidrogeológico de Andalucía. Instituto Geominero de España; Consejería de Obras Públicas de la Junta de Andalucía; Consejería de Trabajo e Industria de la Junta de Andalucía</li> <li>- Atlas Hidrogeológico de Granada. Instituto Geominero de España; Diputación provincial de Granada</li> <li>- Atlas Hidrogeológico de Málaga. Instituto Geológico y Minero de España; Ministerio de Educación y Ciencia; Diputación de Málaga</li> <li>- Modelo Digital del Terreno editado por la Junta de Andalucía</li> </ul>
<b>Caudal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atlas Hidrogeológico de Andalucía. Instituto Geominero de España; Consejería de Obras Públicas de la Junta de Andalucía; Consejería de Trabajo e Industria de la Junta de Andalucía</li> <li>- Atlas Hidrogeológico de Granada. Instituto Geominero de España; Diputación provincial de Granada</li> <li>- Atlas Hidrogeológico de Málaga. Instituto Geológico y Minero de España; Ministerio de Educación y Ciencia; Diputación de Málaga</li> <li>- Inventario de captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano, que proporcionen un promedio de más de 10 m<sup>3</sup> diarios o que abastezcan a más de cincuenta personas, y cuya explotación se localiza en terrenos no catalogados como masa de agua subterránea, facilitado por los responsables del Servicio de Planificación de la Dirección General de Planificación y Participación de la Agencia Andaluza del Agua</li> <li>- Sistema de Información Documental del IGME</li> </ul>

PARÁMETROS	FUENTES DE INFORMACIÓN
	- Nº Habitantes. Cifras de Población y Censos para el año 2008, editado por el Instituto Nacional de Estadística (INE)
<b>Permeabilidad</b>	- Bibliografía. Tablas sintéticas: parámetros hidráulicos - Cartografía y memorias geológicas (MAGNA) E.: 1:50.000, editadas por el IGME - Cartografía y memorias hidrogeológicas E.: 1:200.000, editadas por el IGME - Cobertura de permeabilidad E.: 1:200.000 editada por el IGME - Sistema de Información Documental del IGME
<b>Porosidad eficaz</b>	- Bibliografía. Tablas sintéticas: parámetros hidráulicos - Cartografía y memorias geológicas (MAGNA) E.: 1:50.000, editadas por el IGME - Cartografía y memorias hidrogeológicas E.: 1:200.000, editadas por el IGME - Sistema de Información Documental del IGME
<b>Espesor saturado</b>	- Inventario de captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano, que proporcionen un promedio de más de 10 m <sup>3</sup> diarios o que abastezcan a más de cincuenta personas, y cuya explotación se localiza en terrenos no catalogados como masa de agua subterránea, facilitado por los responsables del Servicio de Planificación de la Dirección General de Planificación y Participación de la Agencia Andaluza del Agua - Modelo Digital del Terreno editado por la Junta de Andalucía
<b>Transmisividad</b>	- Bibliografía. Tablas sintéticas: parámetros hidráulicos - Cartografía y memorias geológicas (MAGNA) E.: 1:50.000, editadas por el IGME - Cartografía y memorias hidrogeológicas E.: 1:200.000, editadas por el IGME - Sistema de Información Documental IGME

**Tabla 2.1.2.3.3. Principales fuentes de información consultadas para la estimación de parámetros hidráulicos**

#### 2.1.2.4. Génesis de los perímetros de protección

##### 2.1.2.4.1. Envoltentes de Wyssling

La elaboración de los *perímetros de protección de la calidad* del agua se ha llevado a cabo mediante la aplicación del método de Wyssling. A partir de los parámetros hidrogeológicos obtenidos en la fase inicial del trabajo, se han generado las elipses de Wyssling mediante una aplicación desarrollada al efecto, en entorno GIS. La cumplimentación de estos campos o variables posibilita la determinación de las isocronas para el trazado de estos recintos, tal y como se observa en la figura adjunta. Asimismo, las elipses han sido construidas tomando como centroide la captación objeto de estudio.

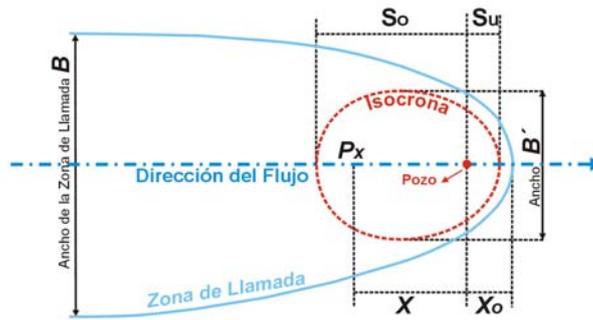


Figura 2.1.2.4.1.1. Determinación de las isocronas mediante la aplicación del método de Wyssling

El procedimiento para el cálculo de las variables o parámetros de Wyssling, es el siguiente:

- En primer lugar se ha calculado la *zona de llamada* ( $B$ ). Para un acuífero libre, ésta viene definida como:

$$Q = K \cdot B \cdot b \cdot i \quad B = \frac{Q}{K \cdot b \cdot i}$$

- En segundo lugar se ha calculado el *radio de llamada* de la captación ( $X_0$ ), que viene definido por la ecuación:

$$X_0 = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot K \cdot b \cdot i}$$

y el *ancho del frente de llamada a la altura de la captación* ( $B'$ ):

$$B' = \frac{B}{2} = \frac{Q}{2 \cdot K \cdot b \cdot i}$$

- Seguidamente se ha calculado la *velocidad eficaz* ( $V_e$ ), mediante la ecuación:

$$V_e = \frac{K \cdot i}{m_e}$$

- Finalmente, una vez determinada la zona de llamada ha de buscarse, en la dirección del flujo, la *distancia* correspondiente al tiempo de tránsito deseado (isocronas). En este caso, los tiempos de tránsito considerados han sido de 1 día, 50 días y 1.460 días.

- Para determinar la distancia aguas arriba y aguas abajo en la dirección del flujo, se han empleado las siguientes ecuaciones:

$$S_o = \frac{+l + \sqrt{l \cdot (l + 8 \cdot X_0)}}{2} \quad S_u = \frac{-l + \sqrt{l \cdot (l + 8 \cdot X_0)}}{2}$$

Donde:

$l$ : Distancia =  $V_e \cdot t$

$t$ : Tiempo de tránsito; (para un  $t = 4$  años)

$V_e$ : Velocidad eficaz

$S_o$ : Distancia aguas arriba en la dirección del flujo correspondiente a un tiempo de tránsito ' $t$ ' (para un  $t = 4$  años)

$S_u$ : Distancia aguas abajo en la dirección del flujo correspondiente a un tiempo de tránsito ' $t$ ' (para un  $t = 4$  años)

#### 2.1.2.4.2. Envolventes de Jacob

A partir de los parámetros hidrogeológicos estimados en la primera fase de trabajo, ha sido posible delimitar los *perímetros de protección de la cantidad* mediante la ecuación de Jacob para descenso igual a cero, aplicable a captaciones donde tiene lugar un bombeo en régimen transitorio.

La fórmula empleada para evaluar el radio de acción de la captación para un tiempo determinado es la siguiente:

$$r = \sqrt{\frac{2,25 \cdot T \cdot t}{S}}$$

Donde:

*r*: radio de acción

*t*: tiempo

*T*: transmisividad

*S*: coeficiente de almacenamiento

El cálculo del radio de acción precisa de varios parámetros que, directa o indirectamente, se pueden obtener de los datos disponibles. El tiempo para el cual se calcula el radio de acción de la captación se escoge por convenio, según las necesidades y características de la protección que se pretende aplicar, y en este caso es de 120 días.

La transmisividad es una variable derivada del producto de la conductividad hidráulica por el espesor saturado:

$$T = K \cdot b$$

Por último, el coeficiente de almacenamiento puede ser obtenido a partir del valor de porosidad eficaz, ya que en los acuíferos donde se emplazan las captaciones objeto de estudio, estos dos parámetros se pueden considerar equivalentes.

#### 2.1.2.4.3. Perímetros en captaciones con drenaje por gravedad

En el caso de *manantiales, diques, drenes y galerías* el drenaje se produce por gravedad, no existe bombeo y, por tanto, no se considera adecuado emplear el método de Wyssling para la delimitación de los perímetros de protección de la calidad del agua. Por consiguiente, el área de alimentación de la captación se ha delimitado mediante criterio hidrogeológico, considerando factores tales como: límites del acuífero captado, isopiezas, direcciones de flujo y estructura del acuífero.

Por otra parte, el perímetro de protección de la cantidad se ha delimitado con criterio hidrogeológico y suele ser coincidente con el área de recarga de estas captaciones ya que cualquier actuación que influya sobre los recursos hídricos existentes en dicha área tendrá un efecto determinado sobre el punto de drenaje. De hecho, será posible cuantificar la importancia de la afección si se conocen los caudales de drenaje en los puntos de surgencia. No obstante, las restricciones a imponer serán tanto más taxativas cuanto menor sea la distancia a la captación. En este área próxima, la Autoridad competente deberá evaluar de un modo pormenorizado la viabilidad, o no, de autorizar captaciones de aguas subterráneas adicionales o actividades potencialmente contaminantes.

El caso de los perímetros de protección de la calidad del agua entraña una dificultad adicional, debido a la necesidad de estimar la velocidad del agua subterránea en todo el recorrido de las líneas de flujo, la cual no es constante si se produce una concentración de éstas conforme la distancia al punto de drenaje disminuye. Para estimar la extensión de los perímetros resultantes se ha procedido a evaluar la velocidad de flujo subterráneo mediante relaciones derivadas de la fórmula de Darcy y de la geometría simplificada del acuífero.

En el caso de un acuífero con concentración de flujo simple hacia el punto de drenaje, se puede considerar la expresión:

$$d = \sqrt{\frac{Q \cdot t}{n \cdot \pi \cdot b \cdot m_e}}$$

Donde:

*d*: distancia a la captación, para un tiempo *t*

*Q*: caudal drenado

*t*: tiempo de tránsito considerado

*n*: factor de concentración de flujo

*b*: espesor saturado del acuífero

*m<sub>e</sub>*: porosidad eficaz

Por el contrario, en el caso de acuíferos aluviales donde se la concentración de flujo puede considerarse despreciable, se emplea la siguiente ecuación:

$$d = \frac{Q \cdot t}{L \cdot b \cdot m_e}$$

Donde:

*L*: anchura media de la formación acuífera

#### 2.1.2.4.4. Delimitación hidrogeológica

La delimitación de perímetros de protección mediante el uso de métodos hidrogeológicos se basa en el análisis de los límites del acuífero captado, cartografía hidrogeológica en el entorno de la captación, bordes impermeables, condiciones de contorno, análisis de isopiezas y direcciones de flujo, así como relaciones existentes entre río-acuífero.

Al tratarse de captaciones de agua subterránea localizadas en terrenos no catalogados como masa de agua subterránea, y por tanto poco estudiados, el método analítico constituye únicamente el punto de partida para la delimitación de perímetros de protección. Asimismo, la escasez de datos e información hidrogeológica relativa a la formación acuífera captada, confiere al análisis hidrogeológico posterior una mayor relevancia en el proceso de delimitación de los perímetros de protección.

Una vez definidos y representados los recintos preliminares generados tras la aplicación directa de los métodos de Wyssling y Jacob, se ha procedido al análisis de su coherencia y adecuación a las condiciones de contorno y al funcionamiento hidrogeológico de la unidad o sistema en el que se localiza la captación. Por este motivo, ha sido necesario realizar un estudio de detalle individualizado en el que se contemplan los aspectos condicionantes del comportamiento acuífero del material, siendo básico por tanto, conseguir una visión global integradora del relieve, geología y permeabilidad del entorno (más

próximo) afectado. Con ello, se pretenden ajustar cada uno de los recintos iniciales generados, a la realidad hidrogeológica del entorno.

- *Valoración de la cuantía de descarga o extracción en cada punto*

Generalmente, al no disponer de los datos relativos al caudal de extracción medio anual, éste se ha estimado en función del ámbito de influencia de la captación, del orden de magnitud de la descarga (o extracción) o de las características climáticas de la zona (relación existente entre la lluvia útil y el área de recarga).

- *Contextualización de la captación*

Se fundamenta en la identificación de las zonas de descarga, ya sean naturales (manantiales) o artificiales (diques, drenes, galerías, pozos y/o sondeos). Para ello, durante la primera fase se ha procedido a reconocer e identificar, en base a criterios litológicos, las tipologías acuíferas dependientes de las características hidrogeológicas del sistema, en el ámbito de la DHCMA. De este modo, se han identificado cinco tipologías principales:

- ✓ Afloramientos carbonatados
- ✓ Afloramientos metamórficos
- ✓ Depósitos neógenos
- ✓ Macizos cristalinos
- ✓ Rellenos cuaternarios

Posteriormente se ha realizado un cruce por localización espacial, en entorno GIS, entre la cobertura de captaciones de agua subterránea destinada a abastecimiento humano, localizadas fuera de masa, y la cobertura litoestratigráfica, a escala 1:200.000, editada por el IGME, asociando cada una de las captaciones a una tipología determinada.

- *Delimitación del sistema con criterio hidrogeológico*

Los límites se han definido en base a las condiciones de contorno, identificables a partir del análisis y revisión de la cartografía geológica y topografía del terreno. Para ello, se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ Bordes impermeables
- ✓ Cambios litológicos
- ✓ Divisorias hidrogeológicas
- ✓ Estructuras tectónicas
- ✓ Geometría

Una vez definidos los límites, se ha procedido a realizar una aproximación al funcionamiento del sistema, identificando y caracterizando la recarga, la circulación, la descarga y/o extracción.

- *Ajuste del recinto obtenido mediante el método analítico, a la realidad hidrogeológica de la captación*

Durante esta última etapa ha sido necesario adaptar las elipses generadas mediante los métodos de Wyssling y Jacob, en entorno GIS, a la realidad hidrogeomorfológica de la captación. Por ello, se ha realizado un análisis del área de influencia más vulnerable capaz de afectar la cantidad y calidad físico-química del agua.

En la mayoría de los casos, las zonas que presentan mayor vulnerabilidad natural a la contaminación suelen estar asociadas a áreas de recarga, con lo cual, para el análisis espacial y posterior procesado en entorno GIS, ha sido fundamental adquirir una visión integrada del funcionamiento del sistema. Para ello, siempre que ha sido posible, se ha tenido en cuenta la siguiente información:

- ✓ Divisorias hidrográficas
- ✓ Mapas de isopiezas y perfiles de flujo
- ✓ Presiones (antrópicas)
- ✓ Recintos iniciales, generados tras aplicación directa de los métodos de Wyssling y Jacob
- ✓ Red hidrográfica principal y secundaria
- ✓ Topografía

El análisis hidrogeológico se ha fundamentado teniendo en consideración la dirección de flujo, los límites hidrogeológicos de las zonas de recarga y la posible transferencia lateral desde unidades limítrofes. Por todo ello, dada la diversidad y heterogeneidad de los acuíferos captados, se ha considerado que los perímetros de protección han de tener una estrecha relación con las áreas de alimentación de los sistemas acuífero sobre los que se emplazan las captaciones objeto de estudio. De este modo, en la mayoría de los casos los perímetros resultantes están asociados al área de infiltración, directa y/o difusa sobre los afloramientos permeables, o autóctona procedente de áreas adyacentes, en el caso de afloramientos de baja permeabilidad.

A efectos prácticos, se ha asumido que la naturaleza o tipo de captación no condiciona el análisis posterior para la delimitación de perímetros de protección y, por tanto, se asume que tanto manantiales, galerías, como pozos y/o sondeos, equivalen a puntos de descarga de la unidad acuífero. Asimismo, en aquellos supuestos en los que ha sido posible agrupar varias captaciones dentro de un mismo recinto, éstas se consideran constituyentes de la misma zona de descarga para toda la unidad drenante. En otros casos, la coalescencia de perímetros de protección obtenidos para captaciones o agrupaciones de captaciones distantes, conlleva a la unificación del perímetro.

De este modo, una vez valoradas las características hidrogeomorfológicas del medio, las elipses o envolventes de Wyssling generadas, se han ajustado en función de:

- ✓ Divisorias superficiales de agua subterránea y vertientes
- ✓ Piezometría y direcciones de flujo
- ✓ Tipología acuífera asociada a materiales detríticos, mixtos y kársticos (libres)
- ✓ Unidades y límites geológicos, relacionados con la recarga, descarga, bordes de nivel constante y bordes impermeables
- ✓ Zonas de alimentación o recarga

#### 2.1.2.4.5. Revisión final mediante criterio de experto

Una vez delimitados los perímetros de protección se ha realizado una revisión final, con objeto de validar los resultados mediante criterio de experto. Esta revisión ha consistido en el ajuste definitivo del perímetro al contexto y/o límites hidrogeológicos del entorno de la captación.

En base a estas premisas, la revisión de los perímetros de protección se ha desarrollado según la siguiente metodología y etapas de análisis:

- Contextualización hidrogeológica de las captaciones o agrupación de captaciones, dentro del esquema general previamente estudiado.
- Funcionamiento hidrogeológico básico de los acuíferos asociados a captaciones o agrupaciones de captaciones, con objeto de determinar sus áreas de recarga y, por tanto, ajustar los perímetros de protección a dicho ámbito. La caracterización del funcionamiento hidrogeológico de las unidades carbonatadas se ha realizado en base a la observación y análisis de los diferentes controles que convergen en la configuración definitiva de los sistemas acuífero de naturaleza carbonatada. Estos controles se pueden agrupar en tres grandes categorías, como son:
  - ✓ Control litológico: determina en gran medida la permeabilidad de los materiales y constituye el primer criterio para determinar la unidad carbonatada del sistema estudiado.
  - ✓ Control estructural: la identificación/localización de las zonas de descarga y la configuración del relieve, permite la predicción de la dirección de los flujos subterráneos dominantes en el sistema. En algunos casos, el control estructural del macizo es el que impone las condiciones de contorno de la unidad, debido a la existencia de estructuras tectónicas que limitan al conjunto carbonatado.
  - ✓ Control geográfico o fisiográfico: la configuración del relieve es determinante en el análisis de los sistemas hidrogeológicos, ya que este control gobierna en gran medida la distribución y magnitud de los gradientes hidráulicos característicos del sistema, establece el nivel de base local sobre el que se produce la evolución y desarrollo de la karstificación y condiciona de forma sustancial la configuración de zonas de transferencia vertical y subhorizontal en el karst.

### 2.1.3. RESULTADOS OBTENIDOS

#### 2.1.3.1. Perímetros de protección de la calidad del agua

Tras la generación de los perímetros de protección de la calidad del agua utilizando los métodos descritos en el apartado metodológico, se han obtenido un total de 432 recintos, correspondientes a los tiempos de tránsito de 1, 50 y 1.460 días para cada captación de agua subterránea. Tras el proceso de revisión y ajuste con criterio de experto, teniendo en cuenta las características hidrogeológicas del medio, el número de perímetros se ha reducido a 348, debido a que muchos de ellos, especialmente los correspondientes a un tiempo de tránsito de 1.460 días, son coalescentes entre sí. El resultado final se muestra en la tabla 2.1.3.1.1.

		1	50	1.460	Total
Nº de perímetros		136	119	93	348
Área (Km <sup>2</sup> )	Total	0,81	25,27	157,41	183,49
	Media	0,006	0,212	1,69	-
	Máxima	0,14	4,72	31,05	-
	Mínima	0,000026	0,0015	0,038	-

Tabla 2.1.3.1.1. Parámetros estadísticos de los perímetros de protección obtenidos

Como puede observarse en la tabla adjunta, se han obtenido 136 perímetros de protección para un tiempo de tránsito de 1 día. En total, dichos perímetros ocupan una superficie útil de unos 0,8 km<sup>2</sup>. El tamaño medio es de unos 6.000 m<sup>2</sup>, aunque este valor se ve fuertemente influenciado por la existencia de varios perímetros, localizados en acuíferos carbonáticos de alta transmisividad y elevada velocidad de flujo, donde ha sido necesaria la delimitación de poligonales de gran tamaño. Si se excluyen dichos perímetros, el tamaño medio se vería reducido a unos 2.000-3.000 m<sup>2</sup> de media.

Para un tiempo de tránsito de 50 días se han obtenido un total de 119 perímetros, que ocupan una superficie aproximada de 25 km<sup>2</sup>. El tamaño medio es de unos 0,2 km<sup>2</sup>, aunque, al igual que en el caso anterior, la gran extensión que presentan varios recintos localizados sobre acuíferos carbonatados, incrementa la media de un modo considerable. Si se excluyen estos perímetros, el tamaño medio es < 50.000 m<sup>2</sup>.

Por último, los recintos correspondientes para un tiempo de tránsito de 1.460 días, 93 en total, presentan un tamaño medio de 1,7 km<sup>2</sup>, y una superficie total de 157 km<sup>2</sup>. Ocasionalmente, en acuíferos carbonatados con velocidad de flujo elevada, la distancia correspondiente a un tiempo de tránsito de 4 años supera ampliamente los límites del acuífero, por lo que en la mayoría de los casos, el perímetro de 1.460 días se ha ajustado a los límites físicos del afloramiento permeable. Asimismo, si el acuífero no es muy extenso, el perímetro de protección de 50 días puede coincidir con el de 1.460 días.

Tras realizar un análisis estadístico de los datos, en función de la litología, se observa que las *metapelitas* y *rocas carbonatadas* son las formaciones que afloran con mayor frecuencia en el ámbito de los perímetros delimitados. En el caso de las *rocas metamórficas*, la vasta superficie resultante se debe a que existe un número de captaciones considerable emplazadas sobre esta litología, lo que supone un área total significativa. En el caso de las rocas carbonatadas, el número de captaciones es menor, aunque este hecho se compensa con un mayor tamaño medio de los perímetros delimitados, puesto que las velocidades de flujo en estos acuíferos son muy altas.

Litología	Superficie (km <sup>2</sup> )			Superficie (%)			Total
	1	50	1.460	1	50	1.460	
Rocas detríticas y metadetríticas maláguides	0,01	1,16	2,18	0,30	34,60	65,10	3,35
Metapelitas	0,34	7,92	56,34	0,53	12,26	87,21	64,60
Mármoles, dolomías y calizas	0,32	10,66	72,63	0,38	12,75	86,87	83,61
Margocalizas subbéticas	0,00	1,74	4,78	0,00	26,69	73,31	6,52
Flysch	0,01	0,29	3,55	0,13	7,54	92,33	3,85
Coluvial	0,00	0,69	6,18	0,03	10,04	89,93	6,87
Calcarenitas, conglomerados, arenas y limos marinos	0,00	0,07	1,81	0,08	3,72	96,20	1,88
Arcillas y yesos	0,08	1,95	1,95	2,08	48,96	48,96	3,98
Aluvial	0,05	0,79	7,99	0,57	8,95	90,49	8,83
<b>Total</b>	<b>0,81</b>	<b>25,27</b>	<b>157,41</b>	<b>0,44</b>	<b>13,77</b>	<b>85,79</b>	<b>183,50</b>

Tabla 2.1.3.1.2. Distribución litológica de los perímetros de protección delimitados

El diagrama de sectores representado en la figura 2.1.3.1.1 muestra la proporción areal de cada litología para el caso de los perímetros de protección obtenidos para un tiempo de tránsito de 1 día. Se observa que casi la mitad del área corresponde a *metapelitas*, seguido de acuíferos *carbonatados*, *arcillas* y *yesos triásicos* y *aluvial*.

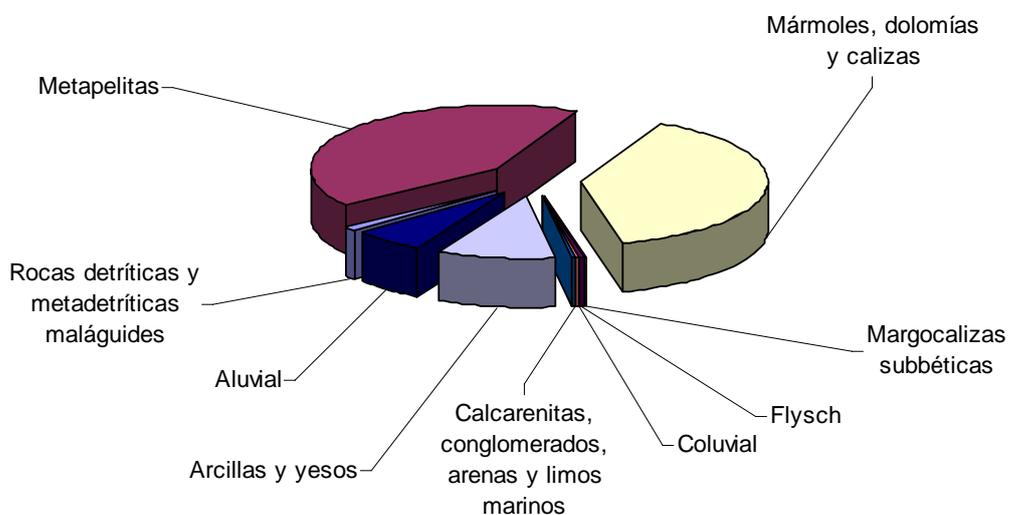


Figura 2.1.3.1.1. Distribución litológica de los perímetros de protección delimitados, para un tiempo de tránsito de 1 día

La figura 2.1.3.1.2, correspondiente a los perímetros obtenidos para un tiempo de tránsito de 50 días, indica como la proporción de *rocas carbonatadas* y *metapelitas* es similar, mientras que *margocalizas* y *coluviales* son ahora mucho más importantes.

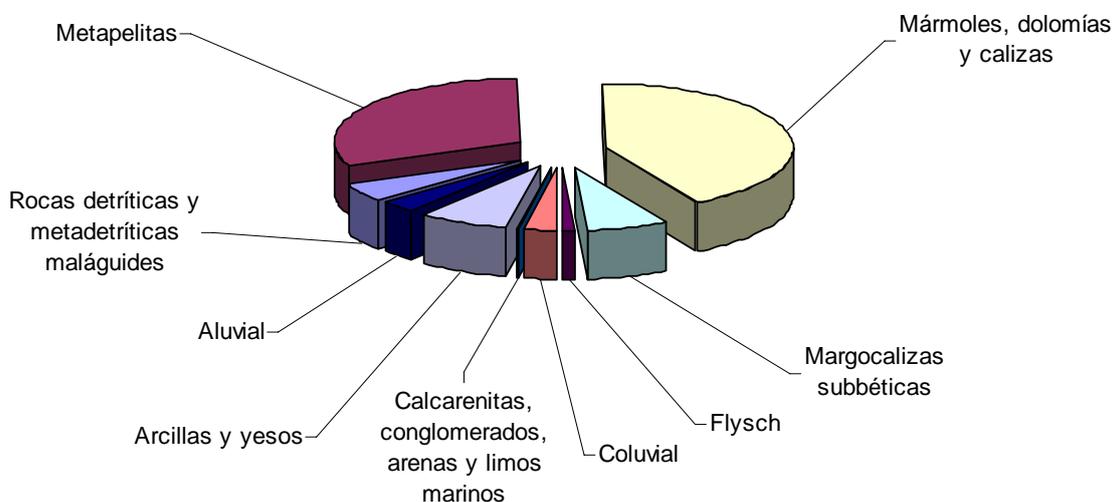


Figura 2.1.3.1.2. Distribución litológica de los perímetros de protección delimitados, para un tiempo de tránsito de 50 días

Finalmente, cuando se consideran los perímetros de protección delimitados para un tiempo de tránsito de 1.460 días (figura 2.1.3.1.3) se observa como, de nuevo, las *rocas carbonatadas* y las *metapelitas* son claramente dominantes.

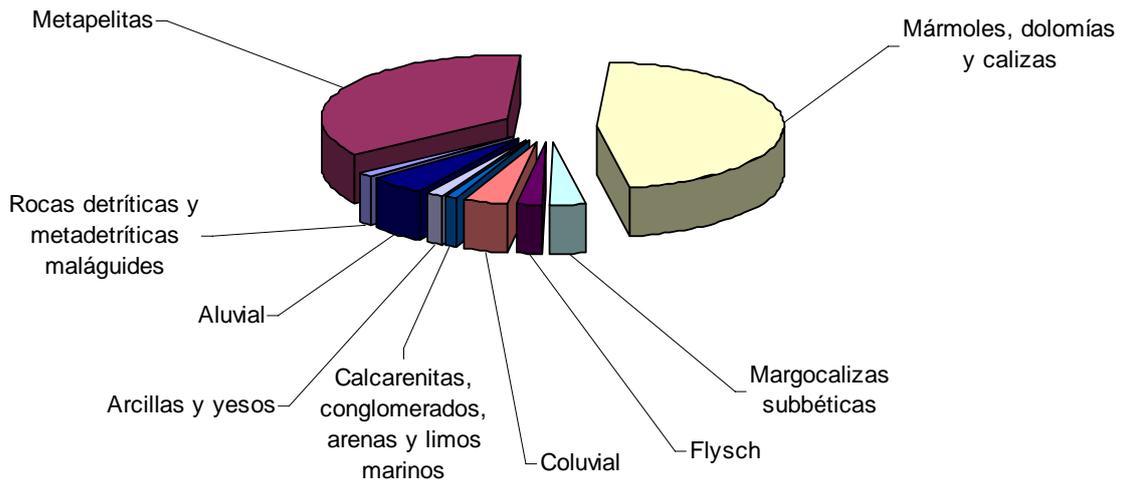


Figura 2.1.3.1.3. Distribución litológica de los perímetros de protección delimitados, para un tiempo de tránsito de 1.460 días

### 2.1.3.2. Perímetros de protección de la cantidad

Inicialmente se han delimitado un total de 144 perímetros de protección de la cantidad, uno para cada captación, utilizando los métodos descritos en el epígrafe 2.1.2.2. Posteriormente durante el proceso de revisión y ajuste mediante criterio de experto, algunos de estos perímetros, parcialmente coincidentes en el espacio, se han integrado en una sola poligonal que englobaría a los grupos de perímetros coalescentes. Como consecuencia de ello, el número final de perímetros se ha visto reducido a 99 (tabla 2.1.3.2.1), y presentan un área media de 1,4 km<sup>2</sup>. En total, ocupan una superficie de 140 km<sup>2</sup>.

<b>Nº de perímetros</b>		99
<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	Total	140
	Media	1,4
	Máxima	31,0
	Mínima	0,03

Tabla 2.1.3.2.1. Parámetros estadísticos de los perímetros de protección delimitados

En la tabla 2.1.3.2.2 se muestra el área ocupada por el conjunto de los perímetros delimitados en función de la litología aflorante. Tal y como ocurre en el caso de los perímetros de protección de la cantidad del agua, las litologías dominantes son los carbonatos y las metapelitas, con un 45% y un 30% de la superficie respectivamente.

Litología	Superficie (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)
Rocas detríticas y metadetríticas maláguides	2,0	1,4
Metapelitas	42,6	30,4
Mármoles, dolomías y calizas	62,9	44,9
Margocalizas subbéticas	5,2	3,7
Flysch	5,0	3,5
Coluvial	6,4	4,6
Calcarenitas, conglomerados, arenas y limos marinos	2,4	1,7
Arcillas y yesos	3,0	2,2
Aluvial	10,5	7,5
<b>Total</b>	<b>140,0</b>	<b>100,0</b>

Tabla 2.1.3.2.2. Distribución litológica de los perímetros de protección delimitados

La siguiente litología, por orden de importancia, está constituida por *depósitos aluviales* con 10,5 km<sup>2</sup>, lo que representa prácticamente el 8% de la superficie total. El resto de litologías resultan ser minoritarias, con extensiones que no llegan al 5%.

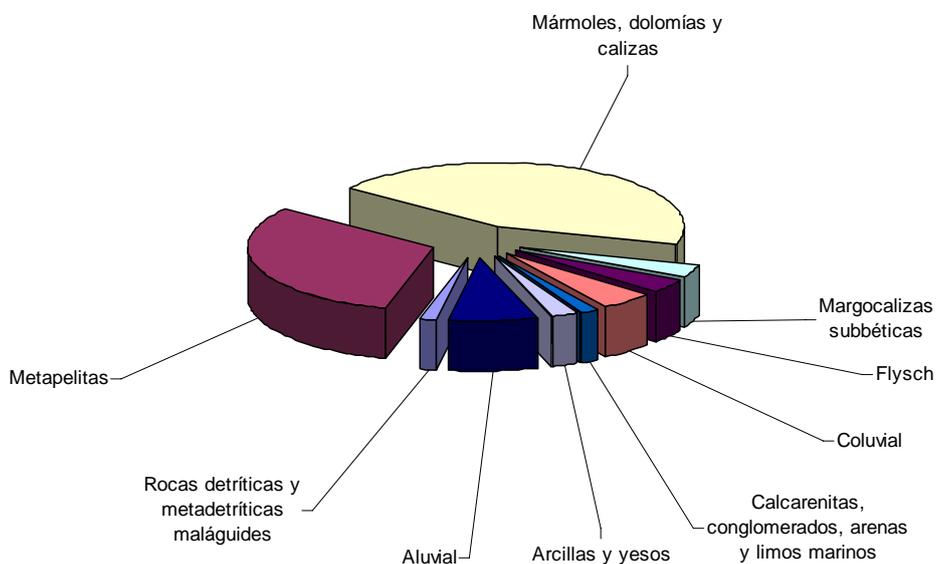


Figura 2.1.3.2.1. Distribución litológica de los perímetros de protección delimitados

### 2.1.3.3. Zonación de Lugares de Interés Hidrogeológico (LIH's)

En el marco del *Plan de conservación, recuperación y puesta en valor de manantiales y lugares de interés hidrogeológico de Andalucía* y, con objeto de conservar los ecosistemas acuáticos relacionados con las masas de agua subterránea identificadas en las demarcaciones hidrográficas andaluzas, la Agencia Andaluza del Agua y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) están llevando a cabo, desde el año 2008, las siguientes actividades:

- ✓ Catalogación y clasificación de los principales manantiales y/o lugares de interés en función del estado de conservación hídrica. Estos trabajos incluyen la creación de una base de datos de unos 300 puntos y/o sectores y el reconocimiento como *lugares de protección especial* de los mismos, siendo a su vez, el punto de partida de la zonificación y de las medidas posteriores a tomar sobre conservación y recuperación.
- ✓ Caracterización hidrogeológica y plan de conservación y recuperación. Estos trabajos incluyen la selección de 108 sectores o puntos urgentes a conservar/recuperar, poner en uso público y/o acondicionar para evaluar presiones antrópicas y/o evaluar su posible evolución frente al cambio climático. Corresponden, en su mayoría, a manantiales o tramos de cauces ganadores de cabecera de cuenca, muy sensibles respecto a cualquier cambio en su caudal o en la calidad del agua.

Actualmente el Instituto está en proceso de ejecución y desarrollo de la primera fase del proyecto, en la que se han seleccionado 37 lugares de interés hidrogeológico. Entre estos, se han identificado una serie de puntos coincidentes con las captaciones de abastecimiento para las cuales se han delimitado perímetros de protección en el marco de estos trabajos, por lo que se ha procedido a unificar criterios entre ambos equipos de trabajo con objeto de optimizar los resultados. Además de estos puntos, y en virtud de lo establecido en el apartado 1 del Art. 25 del Reglamento de Planificación Hidrológica:

*(1) El registro de zonas protegidas deberá revisarse y actualizarse regularmente y específicamente junto con la actualización del plan hidrológico correspondiente,*

se ha considerado oportuno incorporar al listado de captaciones inicial (facilitado por los responsables del Servicio de Planificación de la Dirección General de Planificación y Participación de la Agencia Andaluza del Agua), una serie de puntos singulares inventariados por el IGME en el ámbito de la demarcación. El listado de puntos incorporados, y para los cuales también se ha delimitado una zonación (perímetro) para la protección de la calidad y cantidad de sus recursos hídricos, se adjunta en la siguiente tabla.

Nombre	UTM X(ED50)	UTM Y(ED50)	Provincia	Municipio	Masa de agua subterránea
Fuente de Alcaudique	505894	4077013	Almería	Berja	MASb. 060.014. Oeste de Sierra de Gádor
Fuentes de Marbella	498398	4076280	Almería	Berja	MASb. 060.014. Oeste de Sierra de Gádor
Manantial-arroyo de Celín	512537	4076891	Almería	Dalías	MASb. 060.014. Oeste de Sierra de Gádor
Vélez de Benaudalla y travertinos	454465	4077081	Granada	Vélez Benaudalla	MASb. 060.018. Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo



Nombre	UTM X(ED50)	UTM Y(ED50)	Provincia	Municipio	Masa de agua subterránea
Manantial de los Cien Caños	386233	4099131	Málaga	Villanueva del Trabuco	MASb. 060.031. Sierra de las Cabras-Camorolos-San Jorge
Fuente de la Yedra	370330	4093999	Málaga	Antequera	MASb. 060.031. Sierra de las Cabras-Camorolos-San Jorge
Nacimiento de Cuevas del Becerro-El Carrizal	317864	4082750	Málaga	Cuevas del Becerro	MASb. 060.043. Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla
Manantial de la Villa (*)	363627	4094374	Málaga	Antequera	Fuera de MASb. (Representativo de la MASb. 060.032. Torcal de Antequera)
Manantial de la Zúa (*)	305638	4055985	Málaga	Júzcar	Fuera de MASb.

(\*) Puntos coincidentes entre el listado inicial de captaciones de abastecimiento facilitado por la Agencia Andaluza del Agua y el inventario de Lugares de Interés Hidrogeológico elaborado por el Instituto Geológico y Minero de España.

**Tabla 2.1.3.3.1. Lugares de interés hidrogeológico incorporados al listado de captaciones objeto de estudio**

Las zonaciones delimitadas por el IGME, al igual que los perímetros establecidos en el marco de estos trabajos, tienen por objeto establecer determinadas restricciones a la extracción de agua subterránea así como controlar las actividades potencialmente contaminantes en el entorno de la captación. Asimismo, la zonación para la protección de la calidad de las aguas se ha subdividido en tres sectores (elipses) en función del tiempo de tránsito (ver apartado 2.1.2.2 de la memoria), y la zona delimitada para la protección de la cantidad se ha dividido, si procede, en varios sectores en función del tipo y grado de restricciones recomendadas; estas subzonas han sido catalogadas como A, B, C y D.

TIPO DE ZONA
<p><b><u>Zona Tipo A</u> (Restricciones fuertes)</b></p> <p>La Autoridad competente deberá valorar la viabilidad de NO AUTORIZAR captaciones adicionales ni actividades potencialmente contaminantes.</p>
<p><b><u>Zona Tipo B</u> (Limitaciones específicas)</b></p> <p>Limitaciones específicas condicionantes de volúmenes de explotación, distancias y máxima explotación a añadir a las concesiones ya existentes. Valorar la viabilidad de no autorizar actividades potencialmente contaminantes.</p>
<p><b><u>Zona Tipo C</u> (Masa en riesgo de sobreexplotación)</b></p> <p>No autorizadas captaciones adicionales; valorar la viabilidad de no autorizar actividades potencialmente contaminantes.</p>
<p><b><u>Zona Tipo D</u> (Sector de la masa de agua con riesgo de sobreexplotación)</b></p> <p>No autorizadas captaciones adicionales; valorar la viabilidad de no autorizar actividades potencialmente contaminantes.</p>

**Tabla 2.1.3.3.2. Tipología de zonaciones y recomendaciones propuestas en cada zona**

### 2.1.3.3.1. Protección de la calidad del agua

Tras realizar un análisis estadístico de los datos, en función de la litología, se observa que las *rocas carbonatadas* son las formaciones que afloran con mayor frecuencia en el ámbito de las zonaciones delimitadas, seguido de *rocas metamórficas* y *depósitos cuaternarios*.

Litología	Superficie (km <sup>2</sup> )			Superficie (%)		
	1	50	1.460	1	50	1.460
Calcarenitas, arenas, gravas, limos y arcillas (Neógeno)	0,00	0,01	0,21	1,20	2,43	96,37
Calizas, dolomías y mármoles	0,27	20,05	187,13	0,13	9,66	90,21
Flysch	0,03	1,50	2,29	0,81	39,24	59,95
Gravas, arenas, arcillas y limos (Cuaternario)	0,12	2,06	12,61	0,82	13,93	85,25
Margas y margocalizas	0,06	2,27	11,19	0,45	16,79	82,76
Margas, arenas y limos (Plioceno)	-	-	0,23	-	-	100,00
Rocas metamórficas	0,25	6,80	21,44	0,87	23,87	75,26
(*) Aguas superficiales	-	0,20	4,11	-	4,63	95,37
<b>Total</b>	<b>0,73</b>	<b>32,88</b>	<b>239,20</b>	<b>0,27</b>	<b>12,05</b>	<b>87,68</b>

Tabla 2.1.3.3.1.1. Distribución litológica de las zonaciones delimitadas

El diagrama de sectores representado en la figura 2.1.3.3.1.1 muestra la proporción areal de cada litología en las zonas delimitadas para un tiempo de tránsito de 1 día. Se observa como los materiales predominantes son los *carbonatos*, seguidos de *rocas metamórficas* y, en menor medida, *depósitos cuaternarios*, *margas y margocalizas*.

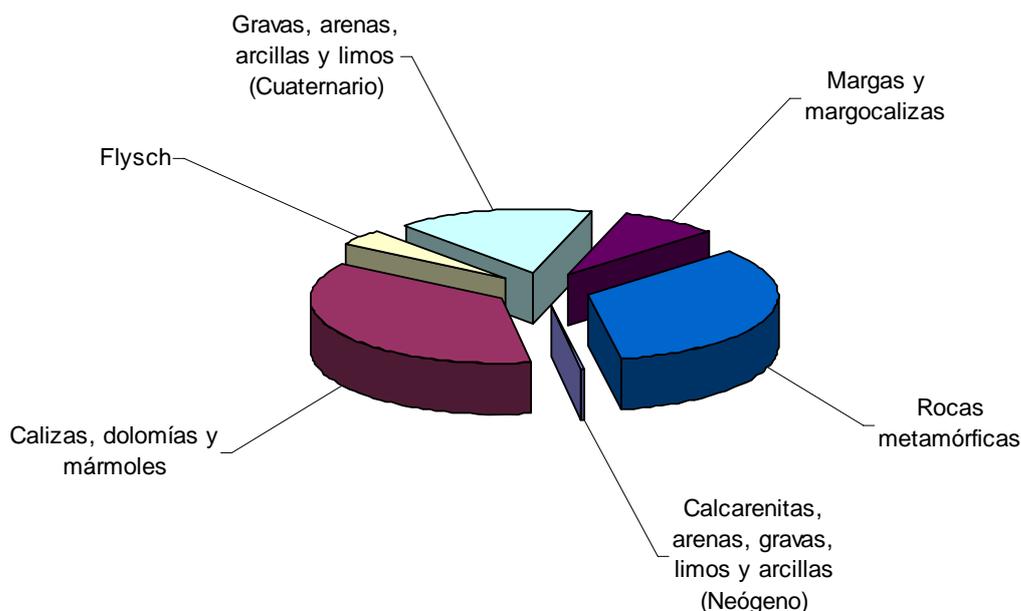


Figura 2.1.3.3.1.1. Distribución litológica de la zona de protección delimitada, para un tiempo de tránsito de 1 día

El diagrama de sectores representado en la figura 2.1.3.3.1.2 muestra la proporción areal de cada litología en las zonas obtenidas para un tiempo de tránsito de 50 días. En este caso el predominio de los *materiales carbonatados* es aún mayor, en detrimento del resto de litologías.

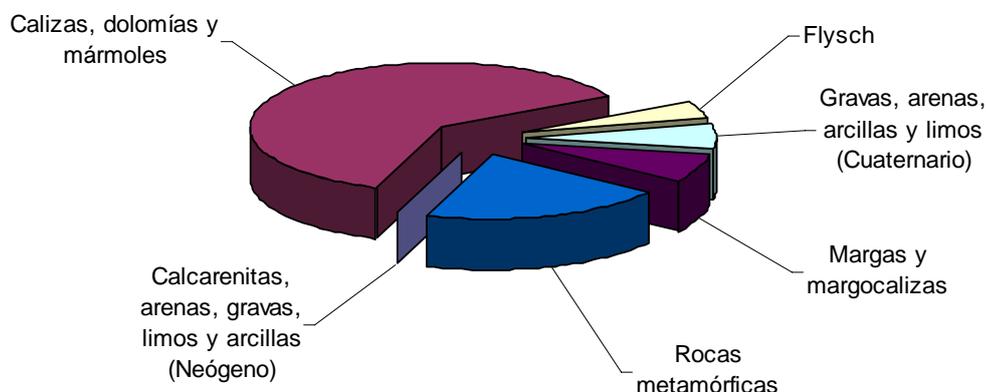


Figura 2.1.3.3.1.2. Distribución litológica de la zona de protección delimitada, para un tiempo de tránsito de 50 días

Por último, el diagrama de sectores representado en la figura 2.1.3.3.1.3 muestra la proporción areal de cada litología para el caso de las zonas obtenidas para un tiempo de tránsito de 1.460 días. Se mantiene el predominio de las *rocas carbonatadas* frente al resto de litologías minoritarias, destacando el detrimento de los *afloramientos metamórficos*.

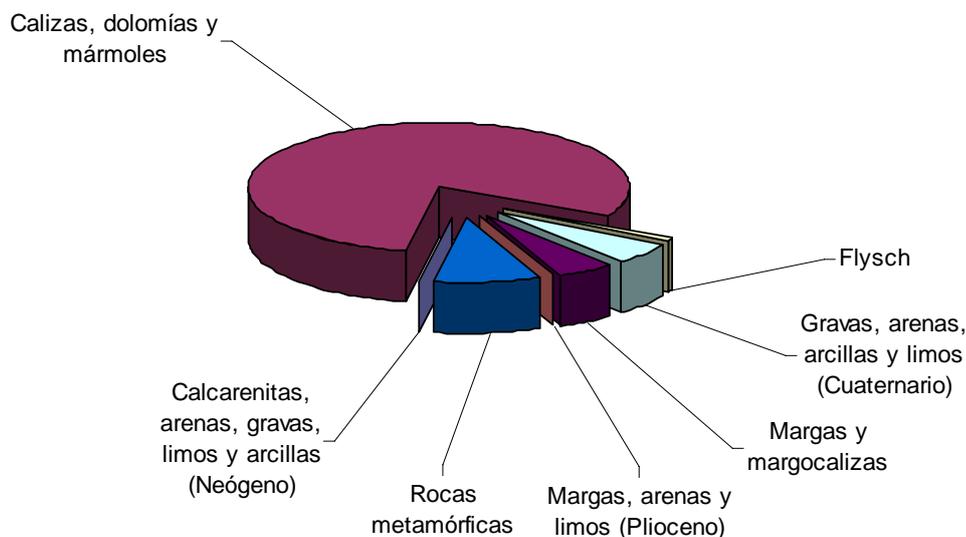


Figura 2.1.3.3.1.3. Distribución litológica de la zona de protección delimitada, para un tiempo de tránsito de 1.460 días

#### 2.1.3.3.2. Protección de la cantidad del agua

En la tabla adjunta se muestra el área ocupada por el conjunto de las zonaciones delimitadas en función de la litología aflorante. Tal y como ocurre en el caso de la protección de la calidad del agua las litologías dominantes son las *carbonatadas*, con un 78%, seguido (de lejos) por *rocas metamórficas* (9%), depósitos cuaternarios y margas y margocalizas.

Litología	Superficie (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)
Calcarenitas, arenas, gravas, limos y arcillas (Neógeno)	0,2	0,1
Calizas, dolomías y mármoles	187,1	78,2
Flysch	2,3	1,0
Gravas, arenas, arcillas y limos (Cuaternario)	12,6	5,3
Margas y margocalizas	11,2	4,7
Margas, arenas y limos (Plioceno)	0,2	0,1
Rocas metamórficas	21,4	9,0
(*) Aguas superficiales	4,1	1,7
<b>Total</b>	<b>239,2</b>	<b>100,0</b>

Tabla 2.1.3.3.2.1. Distribución litológica de las zonaciones delimitadas

Como puede observarse en la tabla anterior, además de las litologías aflorantes en el ámbito de las zonaciones delimitadas se ha considerado oportuno incorporar un apartado correspondiente a las aguas superficiales incluidas en estas zonas, ya que en varios casos éstas representan un área considerable respecto a la extensión total de la envolvente generada (por ejemplo, el embalse de Benínar en la zonación delimitada para las Fuentes de Marbella).

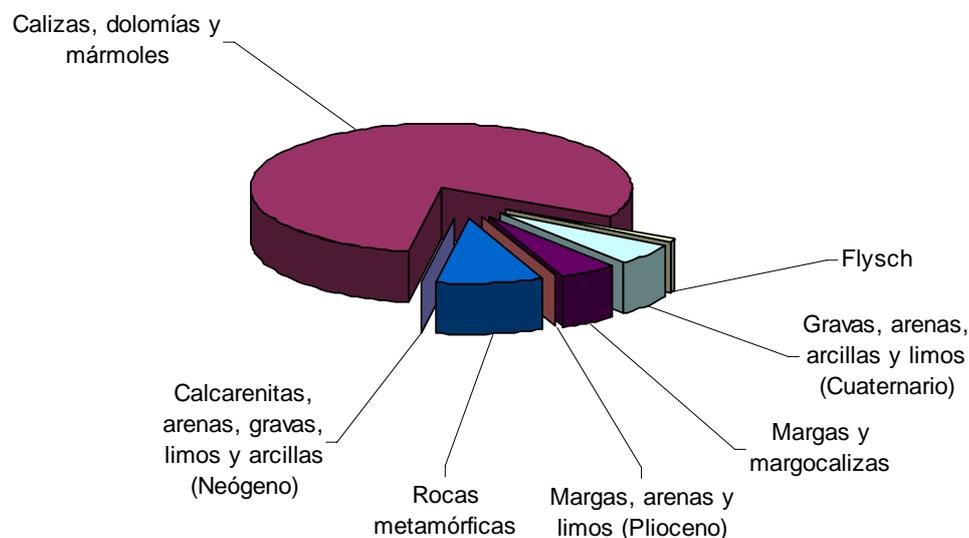


Figura 2.1.3.3.2.1. Distribución litológica de las zonaciones establecidas para la protección de la cantidad

## 2.2. DELIMITACIÓN DE ZONAS DE SALVAGUARDA

### 2.2.1. INTRODUCCIÓN

La Directiva 2000/60/CE establece, en su artículo 7, que *los Estados miembros deberán efectuar el seguimiento, de conformidad con el anexo V, de las masas de agua subterránea que proporcionen un promedio de más de 100 m<sup>3</sup> diarios utilizados para la captación de agua potable*. Asimismo, velarán por la necesaria protección de las masas de agua especificadas con objeto de evitar el deterioro de su calidad, contribuyendo a reducir el nivel de tratamiento de purificación necesario para la producción de agua potable. Para ello, es obligación de los Estados miembros establecer medidas para la protección de la calidad del agua de tal modo que, en su punto de extracción, previamente a los tratamientos de purificación, no se produzca un deterioro en la calidad del agua que requiera incrementar dicho tratamiento.

De igual modo, la Directiva establece en el artículo 8 que es *obligación de los Estados miembros velar por el establecimiento de programas de seguimiento del estado de las aguas, con objeto de obtener una visión general, coherente y completa del estado de las aguas en cada demarcación hidrográfica*.

En la práctica no se considera viable aplicar de igual manera e intensidad las medidas restrictivas que se consideren necesarias para dar cumplimiento a los requerimientos recogidos en el artículo 7.3, en toda la DWPA (*Drinking Water Protection Area*). Por ello, la Directiva 2000/60/CE propone delimitar, si procede, *zonas de salvaguarda (safeguard zones)* en las que se puedan focalizar restricciones y medidas de control necesarias para salvaguardar la calidad de las aguas subterráneas.

De este modo, la delimitación de zonas de salvaguarda está orientada a la protección de las zonas de alimentación y recarga relacionadas con las captaciones de agua destinada a consumo humano identificadas en aquellas masas de agua subterránea que proporcionen un promedio diario de más de 100 m<sup>3</sup>. Para la delimitación de estas zonas se recomienda considerar la cartografía de vulnerabilidad a la contaminación generada para cada masa de agua subterránea identificada en la demarcación, ya que en ellas se establecen las zonas con mayor o menor sensibilidad a la contaminación.

Así, y en conformidad con los objetivos perseguidos en el marco de estos trabajos, se propone el establecimiento de zonas de salvaguarda en aquellas masas de agua subterráneas que proporcionen un promedio de más de 100 m<sup>3</sup> diarios utilizados para la captación de agua potable en la DHCMA.

### 2.2.2. TRABAJOS REALIZADOS

#### 2.2.2.1. Documentación consultada

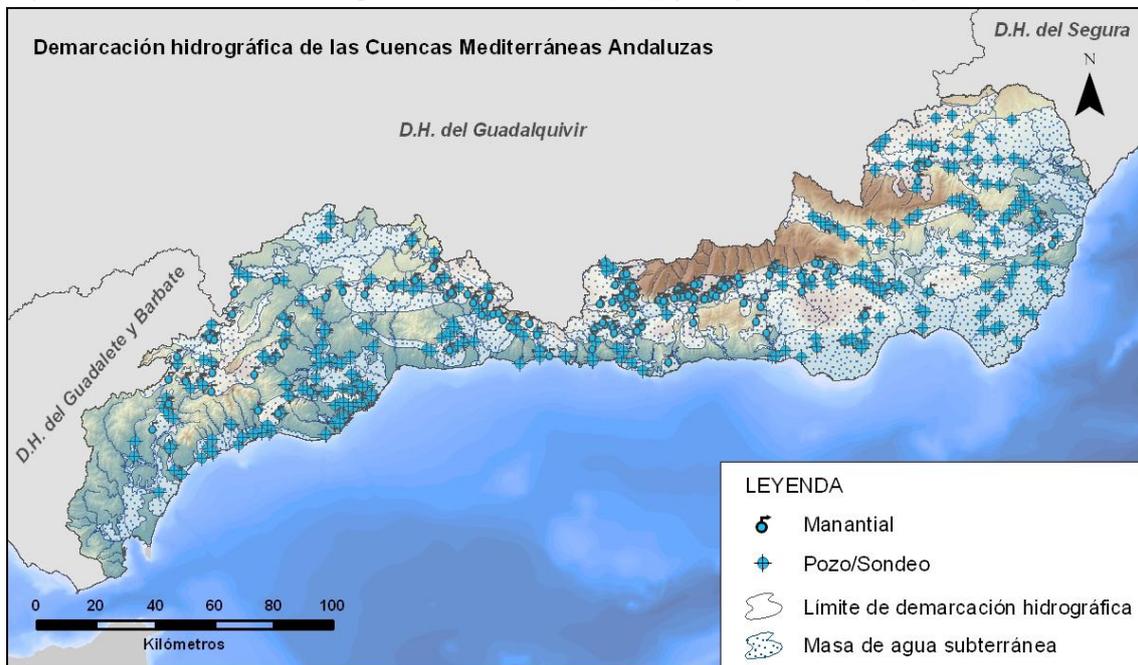
Con anterioridad al inicio de los trabajos se ha realizado un estudio bibliográfico de todos aquellos documentos que pudiesen incluir información de interés en el análisis, diseño y ejecución de la actividad, en relación con las características y funcionamiento hidrogeológico de las masas de agua subterránea, unidades hidrogeológicas y sistemas acuíferos existentes. Además, se han recopilado las coberturas geográficas de base, usos del suelo, presiones, red hidrográfica principal y mapas temáticos de hidrogeología.

Asimismo, para la delimitación de zonas de salvaguarda que protejan la calidad de las aguas subterráneas utilizadas para consumo en aquellas masas de agua que proporcionen un promedio de

más de 100 m<sup>3</sup> diarios, se han recopilado y/o generado las coberturas digitales enunciadas en la tabla sintética 2.2.2.1.1.

Esta información ha servido como punto de partida para la caracterización hidrogeológica del entorno de las captaciones de agua subterránea objeto de estudio.

En la DHCMA, el inventario de captaciones de abastecimiento facilitado por los responsables del Servicio de Planificación de la Dirección General de Planificación y Participación de la Agencia Andaluza del Agua, consta de un total de 857 puntos. No obstante, en este listado se incluyen captaciones de aguas superficiales y subterráneas, localizadas tanto dentro como fuera de terrenos catalogados como masa de agua subterránea. Por este motivo, previamente a la delimitación de zonas de salvaguarda se ha procedido al tratamiento y filtrado de los datos de partida, en entorno GIS, seleccionando solamente aquellas captaciones de agua subterránea localizadas dentro de los límites de la masas de agua identificadas en el ámbito de la demarcación hidrográfica. Así, en base a la naturaleza de las captaciones, éstas se han catalogado como: manantial (161), pozo y/o sondeo (474).



**Figura 2.2.2.1.1. Inventario de captaciones de agua subterránea utilizadas para abastecimiento de agua potable, identificadas en aquellas masas de agua subterránea que proporcionan un promedio de más de 100 m<sup>3</sup> diarios**

Una vez integrada la información de partida sobre entorno GIS, se ha procedido al filtrado y tratamiento de los datos de acuerdo con la metodología descrita en el apartado 2.2.2.2.

N	TIPO	GEOMETRÍA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	FUENTE
1	Shapefile	Puntual	CAPT_ABAST_CMA	Captaciones de agua subterránea utilizadas para abastecimiento en masas de agua subterránea que proporcionan un promedio de más de 100 m <sup>3</sup> diarios	AAA
2	Shapefile	Poligonal	DEM_CMA	Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas	AAA
3	Shapefile	Poligonal	ENP_CMA	Espacios naturales protegidos	AAA
4	Shapefile	Poligonal	LICs_CMA	Lugares de interés comunitario	AAA
5	Shapefile	Poligonal	LITO_CMA	Cartografía litoestratigráfica, E.:1:200.000	IGME
6	Shapefile	Poligonal	MASb_CMA	Masas de agua subterránea	AAA
7	Ráster	Píxel	MDE_CMA	Modelo Digital de Elevaciones	J.AND.
8	Ráster	Píxel	MOS_CMA	Mosaico de la cartografía geológica, E.:1:50.000	IGME/TTEC
9	Shapefile	Poligonal	MUNI	Términos municipales	IGN/ICA
10	Shapefile	Poligonal	PERM_CMA	Cartografía de permeabilidad, E.:1:200.000	IGME
11	Shapefile	Lineal	RIOS	Red hidrográfica	CAA/ICA
12	Shapefile	Poligonal	URB	Núcleos urbanos	IGN/ICA
13	Shapefile	Poligonal	UUHH	Unidades Hidrogeológicas	ITGE
14	Shapefile	Poligonal	VULNER_CMA	Cartografía de vulnerabilidad (Drastic/COP)	TTEC
15	Shapefile	Poligonal	ZEPAS_CMA	Zonas de especial protección para aves	AAA
16	Shapefile	Puntual	PRES_PUNT_CMA	Inventario de presiones puntuales	AAA
17	Shapefile	Poligonal	PRES_DIFUS_CMA	Inventario de presiones difusas	IGN/AAA

**Tabla 2.2.2.1.1. Relación de las coberturas de partida empleadas durante los trabajos de delimitación de zonas de salvaguarda en masas de agua subterránea que proporcionan un promedio de más de 100 m<sup>3</sup> diarios**

#### 2.2.2.2. Aspectos metodológicos

Las zonas de salvaguarda constituyen una figura clave a la hora de proteger la calidad de las aguas en las masas de agua subterránea, ya que en estas zonas se focalizarán las medidas de protección en cumplimiento con las disposiciones establecidas en la Directiva 2000/60/CE.

Para la delimitación de zonas de salvaguarda en aquellas masas de agua subterránea que proporcionan un promedio de más de 100 m<sup>3</sup> diarios utilizados para la captación de agua potable, se ha empleado la metodología desarrollada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), basada en la superposición espacial de capas en un Sistema de Información Geográfica (GIS). Concretamente, se parte de la distribución espacial de la cartografía de vulnerabilidad natural a la contaminación y las coberturas de presiones, cuyos valores se reclasifican a componentes binarias para, posteriormente, sumar el resultado. Ello da lugar a cuatro posibles zonas de salvaguarda (tipificadas como A, B, C y D), a las que se asignan distintos grados de restricción tal y como se muestra en la figura adjunta.

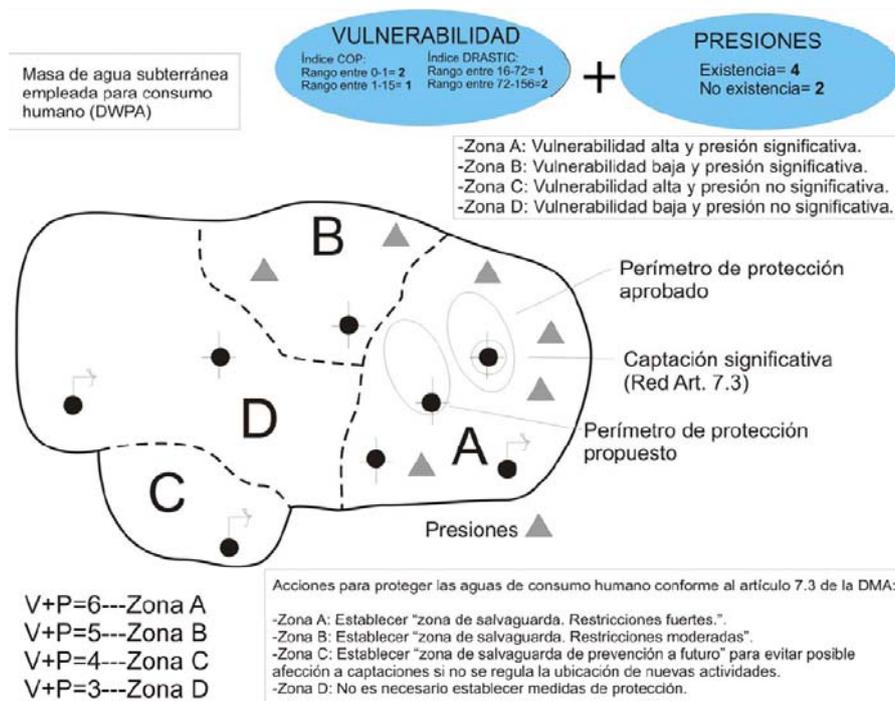


Figura 2.2.2.2.1. Metodología empleada para la delimitación de zonas de salvaguarda

La cartografía de vulnerabilidad a la contaminación, generada en el marco de estos trabajos, proviene de la aplicación del método COP en el caso de masas de agua eminentemente carbonatadas, y del método DRASTIC, en aquellas masas de agua de dominio detrítico. Los valores obtenidos tras la aplicación directa de ambos métodos se han reclasificado, de manera que se disponga de una cobertura unificada con la cual poder efectuar las operaciones espaciales requeridas. Dicha reclasificación se realiza de la siguiente manera:

Método	Intervalo de clasificación	Valor
COP	0-1	2
	1-15	1
DRASTIC	16-77	1
	77-166	2

Tabla 2.2.2.2.1. Valores de reclasificación para la variable vulnerabilidad

Las tipologías de presiones que, de conformidad con el punto 2 del anexo II de la Directiva 2000/60/CE y el apartado 3.2.3 de la Orden ARM/2656/2008, se han considerado para la delimitación de zonas de salvaguarda han sido las siguientes: fuentes de contaminación puntual y difusa.

En base a esta metodología, la delimitación de zonas de salvaguarda requiere el uso de capas (shapefiles) en formato poligonal para una adecuada superposición espacial de las mismas, por lo que el inventario de presiones puntuales no puede utilizarse directamente. En su lugar se ha elaborado, en entorno GIS, un mapa ráster de densidad de presiones puntuales empleando para ello la herramienta *Kernel Density*, optimizando el radio de búsqueda de manera que el resultado final se ajuste

convenientemente a las agrupaciones de presiones que se observan sobre el mapa. De la cobertura ráster resultante se han extraído aquellos valores de densidad que superan el umbral de 2 presiones/km<sup>2</sup> para, finalmente, convertir dichas áreas a formato poligonal.

Una vez depuradas las coberturas de presiones disponibles, en formato poligonal, éstas se combinan en una única capa que representa la presencia o no de presiones significativas sobre el terreno. Al igual que ocurre en el caso de la vulnerabilidad, la superficie a evaluar ha de reclasificarse en función de la existencia de presiones significativas, de acuerdo con la siguiente tabla de valores:

Presiones	Valor
Existencia	4
No existencia	2

Tabla 2.2.2.2.2. Valores de ponderación para las presiones

Seguidamente se combinan los polígonos de ambas capas y se suman sus valores propios. El resultado de la superposición puede presentar cuatro valores, los cuales se corresponden con las cuatro posibles combinaciones que darán lugar a las distintas tipologías de salvaguarda, según se muestra en la tabla adjunta:

Vulnerabilidad	Presiones	Salvaguarda	
		Valor	Tipo
2	4	6	Zona A
1	4	5	Zona B
2	2	4	Zona C
1	2	3	Zona D

Tabla 2.2.2.2.3. Tipología de zonas de salvaguarda

El resultado final comprende, por tanto, cuatro posibles situaciones de las cuales dependerán las restricciones o medidas a tomar en el futuro, de cara a la gestión de las masas de agua en materia de protección de la calidad del agua para consumo humano.

En un principio esta metodología contempla una serie de medidas a considerar, de un modo genérico, de acuerdo a cada una de las cuatro situaciones posibles:

- Zona A: vulnerabilidad alta y presión significativa. Establecer zona de salvaguarda con restricciones fuertes.
- Zona B: vulnerabilidad baja y presión significativa. Establecer zona de salvaguarda con restricciones moderadas.
- Zona C: vulnerabilidad alta y presión no significativa. Establecer zona de salvaguarda de prevención a futuro, para evitar posible afección a captaciones si no se regula la ubicación de nuevas actividades.
- Zona D: vulnerabilidad baja y presión no significativa. No es necesario establecer medidas de protección.

La metodología descrita permite, por tanto, sectorizar toda la superficie de una masa de agua en una serie de zonas de salvaguarda con distintos grados de protección, de manera que sea posible establecer una gestión eficaz del terreno por parte del organismo competente, permitiendo concentrar esfuerzos y recursos en las áreas que más lo requieran.

Aunque la Directiva 2000/60/CE exige el establecimiento de zonas de salvaguarda solamente en aquellas masas de agua subterránea utilizadas para la captación de agua potable que proporcionen un promedio de más de 100 m<sup>3</sup> diarios, en el marco de estos trabajos se ha optado por delimitar zonas de salvaguarda en todas las masas de agua subterránea identificadas en la demarcación, independientemente de que cumpla o no este requisito. De este modo se garantiza la presencia de zonas de salvaguarda previamente a la selección de nuevas captaciones de abastecimiento que se localicen en el ámbito de las masas de agua subterránea.

### 2.2.3. RESULTADOS OBTENIDOS

En la tabla 2.2.3.1 se puede observar un resumen estadístico del resultado final tras el proceso de delimitación de zonas de salvaguarda en la DHCMA. En dicha tabla se muestra la superficie de cada masa de agua subterránea, catalogada en función de su atribución a cada tipo de zona de salvaguarda. De esta manera se puede obtener una visión general de las extensiones a proteger, así como su proporción relativa en cada masa de agua subterránea.

Código	Nombre	Superficie (km <sup>2</sup> )				Superficie (%)				Total (km <sup>2</sup> )*
		A	B	C	D	A	B	C	D	
060.001	CUBETA DE EL SALTADOR	10,8	108,7	0,0	25,5	7,4	75,0	0,0	17,6	145,0
060.002	SIERRA DE LAS ESTANCIAS	0,7	9,3	8,1	358,8	0,2	2,5	2,2	95,2	376,9
060.003	ALTO-MEDIO ALMANZORA	40,8	88,5	13,0	462,7	6,7	14,6	2,2	76,5	605,1
060.004	CUBETA DE OVERA	3,2	13,7	0,9	33,5	6,0	25,9	1,7	63,1	53,0
060.005	CUBETA DE BALLABONA-SIERRA LISBONA-RÍO ANTAS	11,4	40,0	18,8	81,8	7,5	26,3	12,3	53,8	152,2
060.006	BAJO ALMANZORA	21,0	15,9	1,2	8,7	42,3	32,1	2,4	17,5	49,6
060.007	BÉDAR-ALCORNIA	0,0	0,4	0,0	19,7	0,0	2,2	0,0	97,8	20,1
060.008	AGUAS	14,6	32,5	17,7	375,0	3,3	7,4	4,0	85,2	440,1
060.009	CAMPO DE TABERNAS	2,5	5,0	24,0	133,7	1,5	3,0	14,5	80,9	165,2
060.010	CUENCA DEL RÍO NACIMIENTO	14,2	21,9	8,5	160,8	6,9	10,7	4,2	78,3	205,5
060.011	CAMPO DE NÍJAR	7,3	140,1	27,5	404,1	1,3	24,1	4,7	69,4	582,5
060.012	MEDIO-BAJO ANDARAX	45,3	106,2	4,5	277,3	10,5	24,5	1,0	64,0	433,3
060.013	CAMPO DE DALÍAS-SIERRA DE GÁDOR	46,0	298,6	37,0	645,8	4,4	28,8	3,6	62,3	1.037,5

Código	Nombre	Superficie (km <sup>2</sup> )				Superficie (%)				Total (km <sup>2</sup> )*
		A	B	C	D	A	B	C	D	
060.014	OESTE DE SIERRA DE GÁDOR	0,0	20,2	6,0	251,0	0,0	7,2	2,1	90,1	278,5
060.015	DELTA DEL ADRA	12,1	10,0	1,8	24,8	24,6	20,4	3,8	50,4	49,2
060.016	ALBUÑOL	2,0	3,4	9,1	20,4	5,7	9,7	26,0	58,6	34,9
060.017	SIERRA DE PADUL SUR	0,0	4,9	5,0	33,8	0,0	11,3	11,5	77,2	43,8
060.018	LANJARÓN-SIERRA DE LÚJAR-MEDIO GUADALFEO	1,4	39,4	16,6	202,3	0,5	15,0	6,3	76,9	263,1
060.019	SIERRA DE ESCALATE	1,2	2,2	3,1	14,3	5,9	10,5	14,8	68,9	20,7
060.020	CARCHUNA-CASTELL DE FERRO	6,3	5,4	2,3	25,3	16,0	13,8	5,8	64,4	39,3
060.021	MOTRIL-SALOBREÑA	34,6	11,3	0,4	3,7	69,2	22,7	0,7	7,4	50,0
060.022	RÍO VERDE	4,1	4,2	0,1	0,2	47,8	48,8	0,6	2,7	8,5
060.023	DEPRESIÓN DE PADUL	28,2	9,4	6,2	7,7	54,3	18,2	11,9	14,8	51,8
060.024	SIERRA ALMIJARA	0,0	0,0	33,9	36,1	0,0	0,0	48,4	51,6	70,0
060.025	SIERRA ZAFARRAYA GORDA-	7,8	19,8	105,2	22,4	5,0	12,8	67,8	14,4	155,2
060.026	RÍO TORROX	2,6	1,6	0,3	0,0	57,0	36,4	6,6	0,0	4,5
060.027	RÍO VÉLEZ	25,3	13,7	0,7	2,7	58,3	31,5	1,6	6,3	43,3
060.028	SIERRA DE GIBALTO-ARROYO MARÍN	0,9	0,0	21,4	7,1	3,2	0,0	72,6	24,2	29,5
060.029	SIERRA DE ENMEDIO-LOS TAJOS	1,0	1,7	12,8	12,3	3,5	6,0	46,0	44,3	27,8
060.030	SIERRA DE ARCHIDONA	0,8	1,7	2,6	2,4	10,4	23,0	34,3	32,3	7,6
060.031	SIERRA DE LAS CABRAS-CAMAROS-SAN JORGE	0,5	0,3	41,3	28,5	0,7	0,5	58,4	40,4	70,6
060.032	TORCAL DE ANTEQUERA	2,4	0,5	21,6	4,1	8,5	1,7	75,5	14,3	28,7
060.033	LLANOS DE ANTEQUERA-VEGA DE ARCHIDONA	42,3	26,9	144,0	159,5	11,3	7,2	38,5	42,6	374,4
060.034	FUENTE DE PIEDRA	8,9	6,4	50,7	84,2	5,4	3,9	30,9	51,3	164,2
060.035	SIERRAS DE TEBA-ALMARGEN-CAMPILLOS	42,4	21,8	14,2	5,4	50,4	25,9	16,9	6,5	84,1
060.036	SIERRA DEL VALLE DE ABDALAJÍS	0,1	0,0	26,1	18,5	0,3	0,0	57,7	41,0	45,2
060.037	BAJO GUADALHORCE	139,6	107,2	28,8	84,5	38,7	29,7	8,0	23,4	360,6
060.038	SIERRA DE MIJAS	10,8	11,8	32,7	41,6	11,2	12,1	33,7	43,0	96,9



Código	Nombre	Superficie (km <sup>2</sup> )				Superficie (%)				Total (km <sup>2</sup> )*
		A	B	C	D	A	B	C	D	
060.039	RÍO FUENGIROLA	13,8	7,6	0,9	3,5	53,5	29,6	3,5	13,4	25,8
060.040	MARBELLA-ESTEPONA	57,7	38,2	31,7	96,1	25,8	17,0	14,2	42,9	224,1
060.041	SIERRA DE CAÑETE SUR	9,6	13,7	6,5	10,4	23,9	34,1	16,1	25,9	40,1
060.042	DEPRESIÓN DE RONDA	15,6	27,8	19,9	54,5	13,3	23,6	16,9	46,3	117,8
060.043	SIERRA HIDALGA-MERINOS-BLANQUILLA	0,3	0,3	84,7	55,3	0,2	0,2	60,3	39,3	140,6
060.044	SIERRA DE LÍBAR	10,6	10,8	19,2	16,0	18,7	19,1	33,9	28,3	56,7
060.045	SIERRA DE JARASTEPAR	0,0	0,0	33,0	11,3	0,0	0,0	74,4	25,6	44,3
060.046	SIERRA DE LAS NIEVES- PRIETA	9,7	9,7	145,2	55,3	4,4	4,4	66,1	25,2	219,9
060.047	GUADIARO-GENAL- HOZGARGANTA	56,8	16,6	74,0	91,8	23,7	6,9	30,9	38,3	239,9
060.048	DOLOMIÁS DE RONDA	0,0	1,8	11,7	4,7	0,0	9,8	64,4	25,7	18,2
060.049	GUADARRANQUE- PALMONES	37,8	7,3	48,6	47,8	26,7	5,2	34,3	33,7	141,5
060.050	SIERRA DE LOS FILABRES	0,2	3,5	1,6	125,0	0,2	2,7	1,2	95,9	130,3
060.051	MACAEL	1,6	33,0	0,1	17,2	3,0	63,6	0,2	33,2	51,9
060.052	SIERRA DE ALMAGRO	0,5	7,8	1,5	28,3	1,3	20,4	4,0	73,8	38,4
060.053	PUERTO DE LA VIRGEN	0,1	1,9	0,0	108,6	0,1	1,7	0,0	98,2	110,6
060.054	LUBRÍN-EL MARCHAL	0,1	0,6	0,1	25,1	0,2	2,2	0,2	97,4	25,8
060.055	SIERRA ALHAMILLA	0,1	0,8	0,2	209,6	0,0	0,4	0,1	99,5	210,6
060.056	SIERRA DEL CABO DE GATA	2,2	5,7	4,3	190,9	1,1	2,8	2,1	93,9	203,2
060.057	LADERAS MERIDIONALES DE SIERRA NEVADA	0,4	46,1	1,8	174,2	0,2	20,7	0,8	78,3	222,4
060.058	DEPRESIÓN DE UGÚJAR	1,0	11,2	0,3	64,9	1,3	14,4	0,4	83,8	77,4
060.059	LA CONTRAVIESA ORIENTAL	0,0	1,2	0,8	15,6	0,0	6,7	4,4	88,9	17,5
060.060	LA CONTRAVIESA OCCIDENTAL	0,0	2,9	0,5	67,9	0,0	4,1	0,7	95,2	71,3
060.061	SIERRA DE ALBUÑUELAS	2,0	17,8	47,4	116,8	1,1	9,6	25,6	63,0	185,5
060.062	SIERRA DE LAS GUÁJARAS	0,9	6,8	4,8	167,3	0,5	3,8	2,6	93,0	179,8
060.063	SIERRA ALBERQUILLAS	1,4	16,2	50,5	48,9	1,2	13,9	43,1	41,7	117,0
060.064	SIERRA TEJEDA	0,6	0,9	17,6	48,3	1,0	1,3	26,1	71,7	67,4



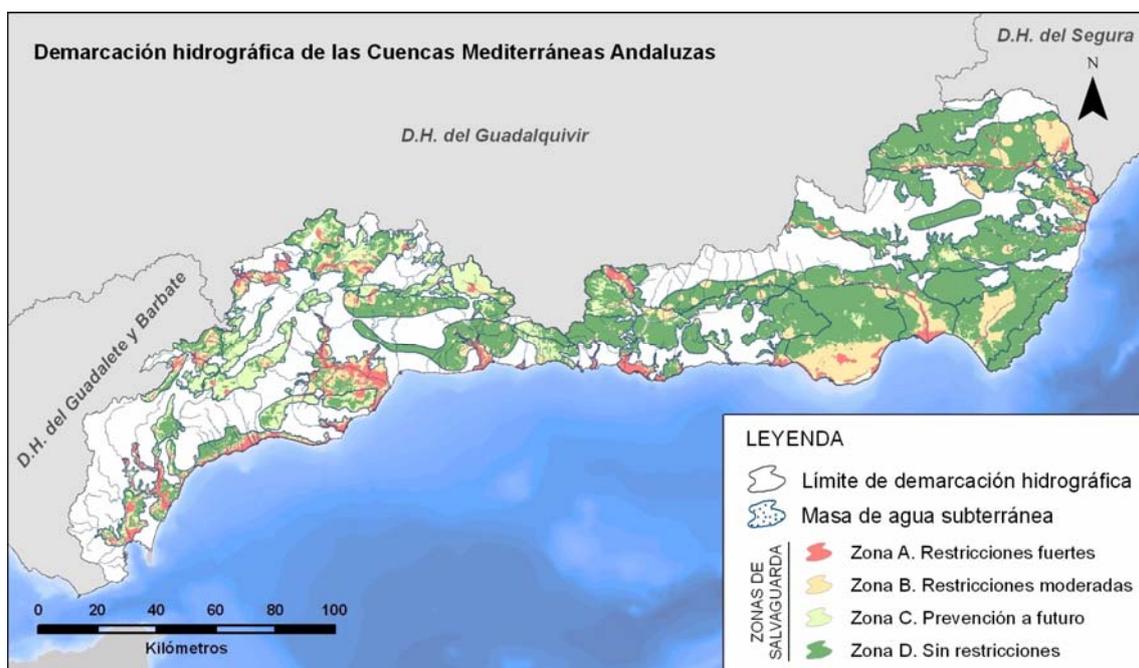
Código	Nombre	Superficie (km <sup>2</sup> )				Superficie (%)				Total (km <sup>2</sup> )*
		A	B	C	D	A	B	C	D	
060.065	METAPELITAS DE SIERRAS TEJEDA-ALMIJARA	2,1	45,8	3,4	324,8	0,6	12,0	0,9	85,4	380,3
060.066	CORREDOR VILLANUEVA DE LA CONCEPCIÓN-PERIANA	9,2	32,4	29,0	197,2	3,4	12,1	10,8	73,7	267,8
060.067	SIERRA BLANCA	4,0	2,3	63,7	30,8	3,9	2,3	63,2	30,6	100,8
<b>Total</b>		831,3	1.575,4	1.451,0	6.488,4	8,0	15,2	14,0	62,4	10.395,2

(\*). Incluye el área o extensión ocupada por aguas superficiales (lagos, lagunas y embalses)

**Tabla 2.2.3.1. Superficie de las zonas de salvaguarda delimitadas, por masa de agua subterránea**

En esta tabla se puede observar como, por ejemplo, en la masa de agua subterránea 060.037 - Bajo Guadalhorce, prácticamente la mitad de la superficie se ha catalogado como zona de salvaguarda *tipo A*, debido a que se han identificado un gran número de presiones sobre el cuaternario aluvial del río Guadalhorce, acuífero muy vulnerable. Un caso opuesto podría ser, por ejemplo, la masa de agua subterránea 060.053 - Puerto de la Virgen, donde la inmensa mayoría de la superficie se tipifica como zona de salvaguarda *tipo D*, debido a la práctica inexistencia de presiones sobre una litología tan poco vulnerable como las metapelitas que allí afloran.

Como caso intermedio podemos considerar las masas de agua 060.048 - Dolomías de Ronda y 060.046 - Sierra de las Nieves-Prieta, cuya zona de salvaguarda predominante es de *tipo C*. Esto implica que deban tomarse las medidas oportunas para que, en un futuro, en caso de aumentar la presión sobre un acuífero tan vulnerable como este, sea posible minimizar la afección a las captaciones de agua para consumo humano que allí se localizan.



**Figura 2.2.3.1. Delimitación de zonas de salvaguarda en la DHCMA**

En la tabla 2.2.3.2 se representa, de forma análoga a la anterior, la superficie de las zonas de salvaguarda y su proporción relativa, aunque en este caso, referidas a la litología aflorante.

Litología	Superficie (km <sup>2</sup> )				Superficie (%)				Total (km <sup>2</sup> )
	A	B	C	D	A	B	C	D	
Calcarenitas, arenas, gravas, limos y arcillas (Neógeno)	49,0	268,1	87,0	1.053,3	3,4	18,4	6,0	72,3	1.457,4
Calizas, dolomías y mármoles	65,5	76,2	810,8	1.781,8	2,4	2,8	29,7	65,2	2.734,3
Flysch	13,4	34,6	34,1	221,1	4,4	11,4	11,2	72,9	303,2
Gravas, arenas, arcillas y limos (Cuaternario)	610,9	754,6	404,0	1.141,8	21,0	25,9	13,9	39,2	2.911,3
Margas y margocalizas	18,7	52,4	52,3	224,6	5,4	15,1	15,0	64,5	347,9
Margas, arenas y limos (Plioceno)	62,7	145,9	38,1	295,8	11,6	26,9	7,0	54,5	542,5
Peridotitas	0,1	4,4	1,3	23,1	0,3	15,3	4,4	80,0	28,8
Rocas detríticas y metadetríticas del Maláguide	4,4	30,7	11,5	200,5	1,8	12,4	4,7	81,1	247,2
Rocas metamórficas	6,5	205,4	11,0	1.385,8	0,4	12,8	0,7	86,1	1.608,7
Rocas volcánicas	0,2	3,0	0,9	160,7	0,1	1,8	0,6	97,5	164,8
<b>Total</b>	<b>831,3</b>	<b>1.575,4</b>	<b>1.451,0</b>	<b>6.488,4</b>	<b>8,0</b>	<b>15,2</b>	<b>14,0</b>	<b>62,7</b>	<b>10.346,1</b>

Tabla 2.2.3.2. Superficie de las zonas de salvaguarda delimitadas respecto a las litologías aflorantes

Para facilitar la interpretación de los datos presentados en la tabla 2.2.3.2, se ha elaborado una serie de figuras que representan la distribución areal de cada litología, en función del tipo de zona de salvaguarda.

Así, en la figura 2.2.3.2 se puede observar como, en las zonas de salvaguarda tipo A la litología dominante es, con diferencia, los *depósitos detríticos cuaternarios*. Dicha distribución no es casual, puesto que esta litología, cuya vulnerabilidad a la contaminación suele ser alta o muy alta, por lo general presenta relieves suaves que permiten el desarrollo y proliferación de numerosas actividades antrópicas, susceptibles de constituir presiones significativas.

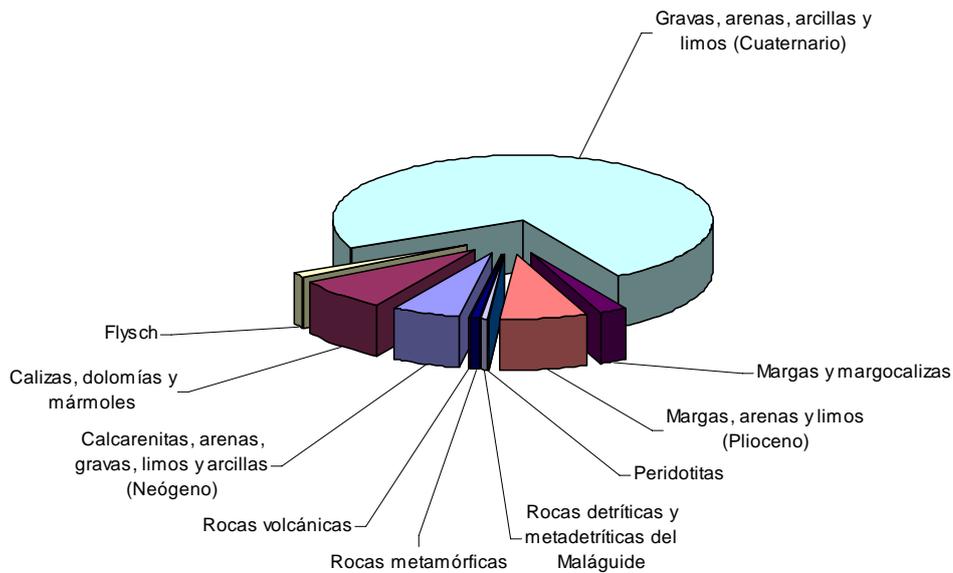


Figura 2.2.3.2. Distribución relativa de las litologías en zonas de salvaguarda **tipo A**

En la figura 2.2.3.3, relativa a las zonas de salvaguarda tipo B, se puede observar como los materiales más abundantes son, de nuevo, los *depósitos cuaternarios*, seguidos de *materiales marinos del Terciario* (calcarenitas y margas, fundamentalmente) y de *rocas metamórficas*, por este orden. De nuevo, dicha distribución se puede explicar de manera lógica, puesto que dichas litologías, a menudo poco o moderadamente vulnerables por su contenido en arcillas y/o margas, son fisiográficamente favorables al emplazamiento de actividades humanas potencialmente contaminantes, lo cual da origen a estas zonas de tipo B.

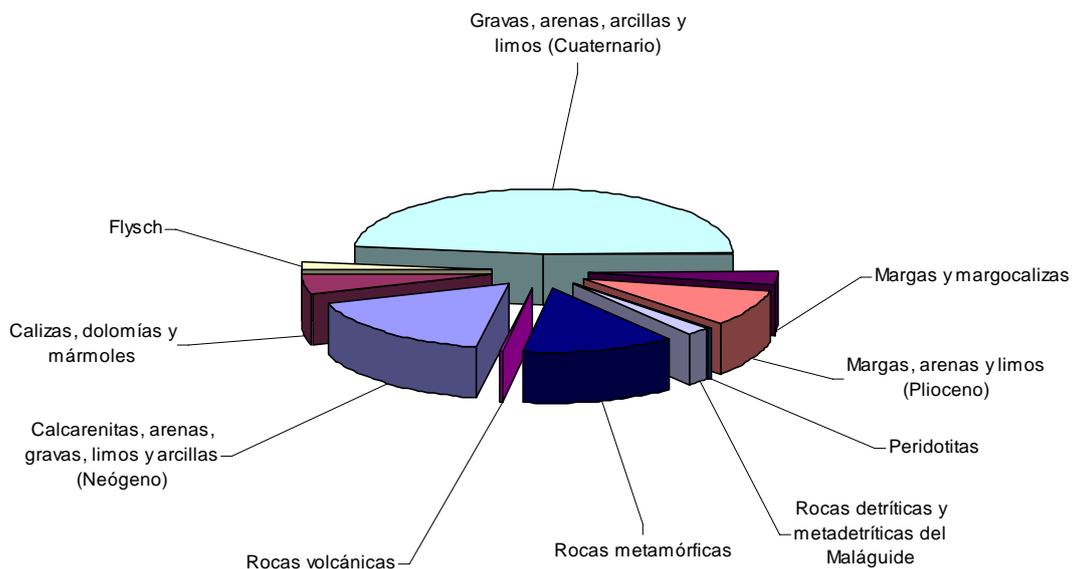
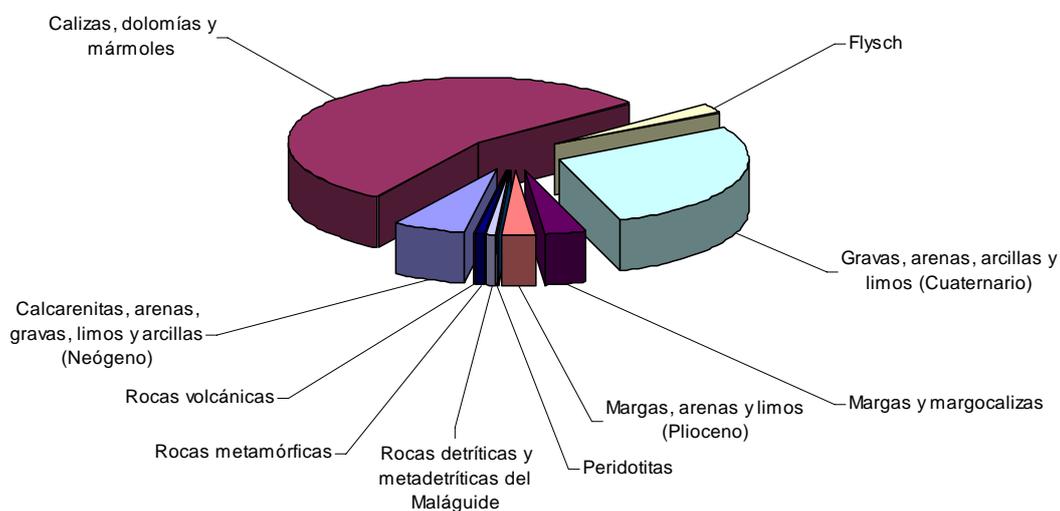


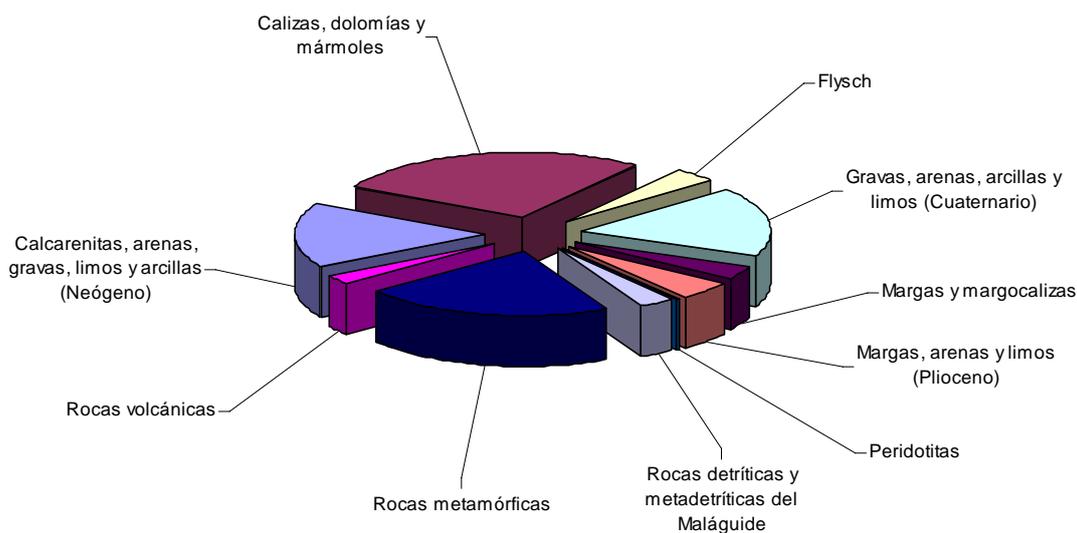
Figura 2.2.3.3. Distribución relativa de las litologías en zonas de salvaguarda **tipo B**

La figura 2.2.3.4 muestra la distribución litológica para las zonas de salvaguarda tipo C. En este caso son los *materiales carbonatados* los más significativos, con gran diferencia. Ello es debido a que, por un lado, se trata de acuíferos muy vulnerables a la contaminación y, por otro lado, sus afloramientos presentan relieves normalmente agrestes, lo que dificulta la proliferación de actividades susceptibles de generar presiones significativas.



**Figura 2.2.3.4. Distribución relativa de las litologías en zonas de salvaguarda tipo C**

Finalmente, en la figura 2.2.3.5 se puede observar una distribución algo más equitativa, con predominio de *carbonatos* y *metapelitas*. En este caso se tienen en cuenta litologías poco o moderadamente vulnerables, cuya fisiografía -o circunstancias socioeconómicas- no ha permitido el desarrollo de actividades que supongan presiones significativas.



**Figura 2.2.3.5. Distribución relativa de las litologías en zonas de salvaguarda tipo D**

### 3. REVISIÓN Y ADECUACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO DE LAS AGUAS A LOS MODELOS CONCEPTUALES DEDUCIDOS PARA LOS ACUÍFEROS QUE CONSTITUYEN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

#### 3.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo que se persigue con el establecimiento de los programas de seguimiento del estado de las aguas es, tal y como se recoge en la Directiva Marco del Agua (DMA), *obtener una visión general, coherente y completa del estado de las aguas en cada demarcación hidrográfica*. Este objetivo general puede traducirse, a su vez, en otros más concretos como son: realizar un seguimiento del estado de las aguas superficiales y subterráneas, comprobar el cumplimiento de los objetivos medioambientales incluidos en la DMA y verificar el efecto de los programas de medida establecidos en virtud del artículo 11.

Asimismo, de acuerdo con los plazos establecidos en la DMA, los programas de seguimiento deberán estar operativos a partir de diciembre de 2006 (seis años después de su entrada en vigor).

La Comisión Europea, en el marco de la estrategia común de implementación de la DMA (*Common Implementation Strategy*), ha elaborado hasta el momento dos guías relativas al diseño de los programas de seguimiento. La primera de estas guías, publicada en 2003 y titulada *Monitoring under the Water Framework Directive* (documento Guía nº 7), asiste a los Estados miembros en el diseño de las redes de control en aguas superficiales continentales, aguas de transición, aguas costeras y aguas subterráneas, de acuerdo con los criterios establecidos en el anexo V de la DMA.

La entrada en vigor, en enero de 2007, de la Directiva 2006/118/CE, supuso la necesidad de aclarar algunos aspectos relacionados con los programas de seguimiento en aguas subterráneas, tales como el establecimiento de las redes de control del estado químico y cuantitativo o el seguimiento requerido en las zonas declaradas protegidas de acuerdo con el artículo 6 de la DMA. En consecuencia, la Comisión Europea elaboró un nuevo documento guía, publicado en 2007 con el nombre *Guidance on Groundwater Monitoring* (documento Guía nº 15), específico para aguas subterráneas, que complementa al publicado en 2003.

En este capítulo se ha procedido a evaluar el grado de representatividad de las estaciones o puntos de control, incluidos en los programas de seguimiento del estado químico y estado cuantitativo, actualmente operativos en las masas de agua subterránea identificadas en la DHCMA. El objeto de esta revisión se centra en valorar las posibles carencias y realizar propuestas para su mejora: inclusión de nuevas estaciones de seguimiento en zonas que presentan una densidad de puntos insuficiente, (con especial atención a aquellas masas de agua subterránea en las que no existe ninguno), eliminación o sustitución de aquellos que no se consideren representativos, evaluación de la idoneidad del programa de control en el que se incluye cada punto (vigilancia u operativo).

#### 3.2. BASE NORMATIVA

##### 3.2.1. DIRECTIVA 2000/60/CE. DIRECTIVA MARCO DEL AGUA (DMA)

La Directiva 2000/60/CE establece, por medio de su artículo 8, la necesidad de llevar a cabo un control del estado de las aguas superficiales, subterráneas y zonas protegidas, a través de la implantación de

programas de seguimiento del estado de las aguas. Por lo que respecta a las aguas subterráneas los programas deben incluir el seguimiento del estado químico y estado cuantitativo, en consonancia con los principales objetivos medioambientales contemplados para estas aguas (buen estado químico y buen estado cuantitativo).

Por lo que respecta a las zonas protegidas, los programas de seguimiento deben completarse *con las especificaciones contenidas en la norma comunitaria en virtud de la cual se haya establecido cada zona protegida*.

Análogamente, en el artículo 7 de la Directiva, se insta a realizar un seguimiento de aquellas masas de agua que proporcionen un promedio de más de 100 m<sup>3</sup> diarios de agua destinada al consumo humano.

La descripción de las características de los programas de seguimiento se recoge en el anexo V de la Directiva. Así, el apartado 2.2 está dedicado al seguimiento del estado cuantitativo de las aguas subterráneas, y en él se dan algunas indicaciones sobre la densidad y frecuencia mínima que debe presentar la red de control. El seguimiento del estado químico, por su parte, se trata en el apartado 2.4 del mismo anexo, describiendo los criterios a adoptar para la correcta selección de las estaciones de seguimiento (o puntos de control), así como los parámetros a controlar y frecuencia mínima de muestreo.

Por lo que respecta al establecimiento de los programas de control, la Directiva presta especial atención a las masas de agua en riesgo de no alcanzar los objetivos medioambientales fijados por la Directiva 2000/60/CE en su artículo 4, así como a las masas de agua transfronterizas.

---

### 3.2.2. DIRECTIVA 2006/118/CE. DIRECTIVA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS (DAS)

La única referencia a los programas de seguimiento incluida en la Directiva de Aguas Subterráneas se recoge en el punto 3 del artículo 4, en el que se solicita que la elección de los puntos de control de las aguas subterráneas se haga de acuerdo con los requisitos establecidos en el anexo V de la DMA.

---

### 3.2.3. LEY DE AGUAS

En el artículo 24 del Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas, se establece, dentro de las atribuciones y cometidos asignados a los organismos de cuenca:

*(c) La realización de aforos, estudios de hidrología, información sobre crecidas y control de la calidad de las aguas.*

El artículo 92 ter de la misma norma, añadido al texto original por medio del artículo 129 de la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social (la cual modifica la Ley de Aguas con objeto de incorporar al ordenamiento jurídico español la Directiva 2000/60/CE), establece en su punto dos que:

*(2) En cada demarcación hidrográfica se establecerán programas de seguimiento del estado de las aguas que permitan obtener una visión general coherente y completa de dicho estado.*

No obstante, el requisito de establecer programas de seguimiento de acuerdo con las exigencias de la DMA queda recogido en su artículo 42, modificado por la mencionada Ley 62/2003, de 30 de diciembre.

En dicho artículo se enumeran los contenidos obligatorios de los planes hidrológicos de cuenca, entre los cuales se contemplan:

*(d) Las redes de control establecidas para el seguimiento del estado de las aguas superficiales, de las aguas subterráneas y de las zonas protegidas y los resultados de este control.*

---

#### 3.2.4. REGLAMENTO DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA

El Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Planificación Hidrológica (modificado parcialmente por el Real Decreto 1161/2010, de 17 de septiembre), fija en su artículo 4 el contenido obligatorio de los planes hidrológicos de cuenca, los cuales deben incluir (letra d) las redes de control establecidas para el seguimiento del estado de las aguas superficiales, de las aguas subterráneas y de las zonas protegidas y los resultados de este control, tal como se establece en la Ley 62/2003, de 30 de diciembre.

Asimismo, el artículo 34 establece la exigencia de que los planes hidrológicos de cuenca incluyan los programas de control de las aguas establecidos en la demarcación, al tiempo que define tres tipos de redes de control: de vigilancia, operativo y de investigación.

---

#### 3.2.5. INSTRUCCIÓN DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA

La Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica, requiere que los planes hidrológicos de cuenca incluyan información acerca de los programas de control establecidos en las aguas superficiales y subterráneas de cada demarcación.

---

#### 3.2.6. REAL DECRETO 1514/2009

El Real Decreto 1514/2009, de 2 de octubre, por el que se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro, incorpora al ordenamiento jurídico español la Directiva 2006/118/CE, así como los apartados 2.3, 2.4 y 2.5 del anexo V de la DMA. En el anexo III, parte B, de este Real Decreto, se establece la exigencia de implantar programas de seguimiento del estado químico de las aguas subterráneas, dentro de los cuales se distingue un control de vigilancia y un control operativo.

---

#### 3.2.7. LEY DE AGUAS PARA ANDALUCÍA

Recientemente aprobada mediante la Ley 9/2010, de 30 de julio, de Aguas para Andalucía, esta norma tiene por objeto regular el ejercicio de las competencias de la Comunidad Autónoma y de las entidades locales andaluzas en materia de agua, con el fin de lograr su protección y uso sostenible. La única referencia a los programas de seguimiento incluida en esta Ley se cita en su artículo 24, relativo a los planes hidrológicos de demarcación, en el que se establece (apartado 2) que:

*Las redes de control deberán ser suficientes para disponer de la información necesaria que permita valorar si las medidas adoptadas son suficientes para los fines establecidos; (esto es, alcanzar el buen estado de las aguas superficiales y subterráneas).*

### 3.3. RED DE CONTROL ACTUAL EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE LAS CUENCAS MEDITERRÁNEAS ANDALUZAS

En este apartado se describen las redes de control del estado químico y cuantitativo de las aguas subterráneas, actualmente en funcionamiento en la DHCMA.

#### 3.3.1. ESTADO QUÍMICO

La red de control del estado químico de las aguas subterráneas en la DHCMA está constituida por 196 estaciones de seguimiento, distribuidas del siguiente modo:

- ✓ Programa de vigilancia: 98 puntos de control
- ✓ Programa de control operativo: 98 puntos de control

En la tabla 3.3.1.1 se presenta un listado en el que se sintetizan las principales características de los 196 puntos de control, tal y como queda recogido en el Plan Hidrológico de la DHCMA (2011). En esta tabla se incluye el código identificativo de cada estación, su tipología, coordenadas UTM, programa de control al que pertenece y la masa de agua subterránea en la que se localiza (o de la que es representativa). Asimismo, en la figura 3.3.1.1 se muestra un mapa de la demarcación con la localización de estos puntos de control.

ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO		MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		PROGRAMA CONTROL
Código	Tipo	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
2440-8-0063	Sondeo	060.001	Cubeta de El Saltador	599443	4140051	Operativo
C.06.01.01	Sondeo	060.001	Cubeta de El Saltador	599489	4141301	Operativo
C.06.02.01	Galería	060.002	Sierra de Las Estancias	554322	4138744	Operativo
C.06.02.03	Sondeo	060.002	Sierra de Las Estancias	560562	4149874	Operativo
C.06.02.02	Manantial	060.003	Alto-Medio Almazora	548932	4136667	Operativo
C.06.03.01	Galería	060.003	Alto-Medio Almazora	539120	4134948	Operativo
348 HO	Sondeo	060.004	Cubeta de Overa	588250	4135225	Operativo
367 HO	Sondeo	060.004	Cubeta de Overa	590580	4134600	Operativo
391 HO	Sondeo	060.004	Cubeta de Overa	590175	4132850	Operativo
2441-4-092	Sondeo	060.005	Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas	595050	4126625	Operativo
C.06.05.01	Sondeo	060.005	Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas	593100	4126400	Operativo
C.06.05.02	Sondeo	060.005	Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas	592650	4125650	Operativo
2541-1-121	Sondeo	060.006	Bajo Almazora	597650	4132065	Operativo
C.06.06.01	Pozo	060.006	Bajo Almazora	608300	4122450	Operativo
SGOP 467	Sondeo	060.006	Bajo Almazora	608300	4122450	Operativo
2442-3-0015	Sondeo	060.007	Bédar-Alcornia	590500	4112050	Operativo
2442-3-0081	Sondeo	060.007	Bédar-Alcornia	592673	4112634	Operativo

ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO		MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		PROGRAMA CONTROL
Código	Tipo	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
2442-3-080	Sondeo	060.007	Bédar-Alcornia	593154	4113415	Operativo
2442-2-0056	Sondeo	060.008	Aguas	582193	4105767	Operativo
C.06.08.01	Sondeo	060.008	Aguas	576450	4106400	Operativo
2342-2-0018	Galería	060.009	Campo de Tabernas	553700	4105200	Vigilancia
C.06.09.001-B	Sondeo	060.009	Campo de Tabernas	557096	4103660	Vigilancia
2141-8-0017	Sondeo	060.010	Cuenca del Río Nacimiento	511200	4115800	Vigilancia
C.06.10.001-B	Sondeo	060.010	Cuenca del Río Nacimiento	518175	4112767	Vigilancia
S2N	Galería	060.010	Cuenca del Río Nacimiento	530650	4107071	Vigilancia
C.06.11.01	Sondeo	060.011	Campo de Níjar	574218	4086699	Operativo
C.06.11.02	Sondeo	060.011	Campo de Níjar	579819	4090731	Operativo
C.06.11.03	Sondeo	060.011	Campo de Níjar	569172	4074784	Operativo
P.06.11.04	Sondeo	060.011	Campo de Níjar	571498	4077549	Operativo
P.06.11.101	Sondeo	060.011	Campo de Níjar	573640	4085583	Operativo
C.06.12.01	Galería	060.012	Medio-Bajo Andarax	535912	4093285	Operativo
C.06.12.02	Sondeo	060.012	Medio-Bajo Andarax	541525	4091825	Operativo
C.06.12.03	Sondeo	060.012	Medio-Bajo Andarax	542700	4091297	Operativo
C.06.12.04	Pozo	060.012	Medio-Bajo Andarax	545675	4090025	Operativo
C.06.12.05	Pozo	060.012	Medio-Bajo Andarax	548215	4088228	Operativo
C.06.12.06	Sondeo	060.012	Medio-Bajo Andarax	551932	4083261	Operativo
C.06.12.07	Sondeo	060.012	Medio-Bajo Andarax	551925	4079340	Operativo
C.06.12.08	Pozo	060.012	Medio-Bajo Andarax	550577	4075224	Operativo
C.06.13.05	Galería	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	509970	4095615	Operativo
C.06.13.07	Sondeo	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	531725	4093118	Operativo
C.06.13.08	Sondeo	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	537450	4089394	Operativo
C.06.14.01	Sondeo	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	508926	4067548	Operativo
C.06.14.02	Sondeo	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	532550	4071800	Operativo
C.06.14.03	Sondeo	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	515000	4070800	Operativo
C.06.14.04	Sondeo	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	520336	4066726	Operativo
C.06.14.05	Sondeo	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	524662	4073586	Operativo
C.06.14.08	Sondeo	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	528099	4072210	Operativo
C.06.14.09	Sondeo	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	526700	4074250	Operativo



**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO		MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		PROGRAMA CONTROL
Código	Tipo	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
C.06.14.10	Sondeo	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	536641	4075164	Operativo
C.06.14.11	Sondeo	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	508449	4069176	Operativo
C.06.14.12	Sondeo	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	514050	4068441	Operativo
C.06.14.13	Sondeo	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	522072	4068336	Operativo
C.06.14.14	Pozo	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	533457	4072465	Operativo
H.06.13.03	Fuente	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	518000	4093525	Operativo
2143-7-0015	Sondeo	060.014	Oeste de Sierra de Gádor	503827	4082693	Vigilancia
C.06.13.01-B	Galería	060.014	Oeste de Sierra de Gádor	512577	4076881	Vigilancia
C.06.13.03-B	Fuente	060.014	Oeste de Sierra de Gádor	498451	4076240	Vigilancia
2144-3-0035	Pozo	060.015	Delta del Adra	503600	4067950	Operativo
2144-7-0014	Pozo	060.015	Delta del Adra	502878	4067210	Operativo
C.06.15.01	Sondeo	060.015	Delta del Adra	501174	4068146	Operativo
445047	Manantial sequía	060.017	Sierra de Padul Sur	455213	4094519	Vigilancia
445048	Manantial sequía	060.017	Sierra de Padul Sur	454241	4093846	Vigilancia
C.06.18.002-S	S/D	060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	456200	4078625	Vigilancia
C.06.18.01-B	Manantial	060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	454550	4077225	Vigilancia
H.06.18.02-B	Manantial	060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	454350	4077100	Vigilancia
2043-5-0006	Galería	060.019	Sierra de Escalate	456199	4078766	Vigilancia
2043-5-0008	Manantial	060.019	Sierra de Escalate	454439	4077250	Vigilancia
C.06.20.01	Sondeo	060.020	Carchuna-Castell de Ferro	467670	4065620	Operativo
IRYDA 1903	Sondeo	060.020	Carchuna-Castell de Ferro	460249	4062000	Operativo
C.06.21.01	Sondeo	060.021	Motril-Salobreña	449175	4067550	Operativo
C.06.21.02	Sondeo	060.021	Motril-Salobreña	452425	4066000	Operativo
P.06.21.02	Sondeo	060.021	Motril-Salobreña	449775	4066700	Operativo
C.06.22.01	Sondeo	060.022	Río Verde	439475	4067100	Operativo
C.06.22.101	Sondeo	060.022	Río Verde	439325	4067650	Operativo
1942-7-0006	Manantial	060.023	Depresión de Padul	444544	4096006	Vigilancia
C.06.17.001-B	Sondeo	060.023	Depresión de Padul	443900	4098775	Vigilancia
H.06.23.001-B	Cauce	060.023	Depresión de Padul	446425	4094450	Vigilancia
1844-4-0101	Sondeo	060.024	Sierra Almirajara	418357	4076634	Vigilancia
P.06.24.002-B	Sondeo	060.024	Sierra Almirajara	413675	4080325	Vigilancia



Unión Europea

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO		MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		PROGRAMA CONTROL
Código	Tipo	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
P.06.24.003-B	Sondeo	060.024	Sierra Almirajara	416600	4077150	Vigilancia
SGOP 1873-9	Sondeo	060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	396700	4092600	Operativo
S-1 (01613) SGOP	Sondeo	060.026	Río Torrox	414700	4065560	Vigilancia
S-2 (01613) SGOP	Sondeo	060.026	Río Torrox	414650	4066230	Vigilancia
S-3 (01613) SGOP	Sondeo	060.026	Río Torrox	414720	4066480	Vigilancia
S-4 (01613) SGOP	Sondeo	060.026	Río Torrox	414650	4066550	Vigilancia
1844-2-0014	Pozo	060.027	Río Vélez	403810	4068471	Operativo
1844-5-0047	Sondeo	060.027	Río Vélez	400945	4066039	Operativo
C.06.27.01	Pozo	060.027	Río Vélez	399500	4072900	Operativo
1742-7-0002	Manantial	060.028	Sierra de Gibalto-Arroyo Marín	385611	4103794	Vigilancia
1742-7-0034	Sondeo	060.028	Sierra de Gibalto-Arroyo Marín	385615	4104377	Vigilancia
1743-3-0007	Manantial	060.029	Sierra de Enmedio-Los Tajos	385268	4090393	Vigilancia
1743-4-0008	Manantial	060.029	Sierra de Enmedio-Los Tajos	390929	4090086	Vigilancia
H.06.29.001-B	Manantial	060.029	Sierra de Enmedio-Los Tajos	384850	4090350	Vigilancia
1742-2-0095	Sondeo	060.030	Sierra de Archidona	378336	4107243	Operativo
C.06.30.01	Sondeo	060.030	Sierra de Archidona	378175	4107025	Operativo
1742-7-0030	Manantial	060.031	Sierra de las Cabras-Camarolos-San Jorge	385878	4098994	Vigilancia
1743-1-0002	Manantial	060.031	Sierra de las Cabras-Camarolos-San Jorge	370379	4093907	Vigilancia
C.06.31.001-B	Manantial	060.031	Sierra de las Cabras-Camarolos-San Jorge	376275	4093400	Vigilancia
1643-4-0018	Sondeo	060.032	Torcal de Antequera	363655	4094320	Vigilancia
C.06.32.001-B	Manantial	060.032	Torcal de Antequera	363600	4094350	Vigilancia
C.06.33.01	Sondeo	060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	353800	4102250	Operativo
C.06.33.02	Sondeo	060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	359600	4103100	Operativo
C.06.33.03	Pozo-Sondeo	060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	360675	4107075	Operativo
C.06.33.04	Sondeo	060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	363025	4101650	Operativo
C.06.34.01	Sondeo	060.034	Fuente de Piedra	349625	4108175	Operativo
C.06.34.02	Pozo	060.034	Fuente de Piedra	345175	4112100	Operativo
P.06.34.01	Sondeo	060.034	Fuente de Piedra	348525	4110675	Operativo
H.06.35.01	Manantial	060.035	Sierra de Teba-Almargen-Campillos	332700	4094700	Operativo
IRYDA 1207	Sondeo	060.035	Sierra de Teba-Almargen-Campillos	328617	4094820	Operativo
1643-3-0007	Manantial	060.036	Sierra del Valle de Abdalajís	350054	4089735	Vigilancia



**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO		MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		PROGRAMA CONTROL
Código	Tipo	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
485086	Manantial sequía	060.036	Sierra del Valle de Abdalajís	341377	4086981	Vigilancia
C.06.36.001-B	Sondeo	060.036	Sierra del Valle de Abdalajís	349650	4091350	Vigilancia
C.06.37.01	Sondeo	060.037	Bajo Guadalhorce	368000	4057800	Operativo
C.06.37.02	Sondeo	060.037	Bajo Guadalhorce	365400	4061850	Operativo
C.06.37.03	Sondeo	060.037	Bajo Guadalhorce	366550	4061975	Operativo
C.06.37.04	Sondeo	060.037	Bajo Guadalhorce	366675	4060375	Operativo
C.06.37.05	Sondeo	060.037	Bajo Guadalhorce	353425	4065400	Operativo
C.06.37.06	Sondeo	060.037	Bajo Guadalhorce	351250	4066225	Operativo
P.06.37.13	Sondeo	060.037	Bajo Guadalhorce	351400	4065450	Operativo
1645-3-0216	Sondeo	060.038	Sierra de Mijas	355337	4052688	Operativo
1645-4-0066	Sondeo	060.038	Sierra de Mijas	359427	4051537	Operativo
C.06.38.01	Sondeo	060.038	Sierra de Mijas	364575	4054075	Operativo
1645-6-0087	Pozo	060.039	Río Fuengirola	348106	4047018	Operativo
C.06.39.01	Sondeo	060.039	Río Fuengirola	353500	4044250	Operativo
P.06.39.01	Sondeo	060.039	Río Fuengirola	352275	4044850	Operativo
1546-3-0029	Sondeo	060.040	Marbella-Estepona	319644	4037947	Operativo
1645-5-0094	Sondeo	060.040	Marbella-Estepona	341519	4040282	Operativo
C.06.40.01	Sondeo	060.040	Marbella-Estepona	307525	4033325	Operativo
C.06.40.02	Pozo-sondeo	060.040	Marbella-Estepona	325415	4041990	Operativo
C.06.40.05	Sondeo	060.040	Marbella-Estepona	311275	4034825	Operativo
1543-2-0004	Sondeo	060.041	Sierra de Cañete Sur	319125	4095902	Vigilancia
1543-2-0012	Manantial	060.041	Sierra de Cañete Sur	319542	4090576	Vigilancia
1544-1-0162	Sondeo	060.042	Depresión de Ronda	312077	4071609	Vigilancia
1544-2-0003	Manantial	060.042	Depresión de Ronda	312642	4074075	Vigilancia
1544-3-0003	Manantial	060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla	322024	4071793	Vigilancia
C.06.43.001-B	Manantial	060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla	322250	4085100	Vigilancia
C.06.44.001-B	Sondeo	060.044	Sierra de Líbar	299050	4065700	Vigilancia
P.06.44.001-B	Sondeo	060.044	Sierra de Líbar	299525	4067425	Vigilancia
1445-4-0001	Manantial	060.045	Sierra de Jarastepar	302339	4056443	Vigilancia
380006	Sondeo sequía	060.045	Sierra de Jarastepar	303422	4057012	Vigilancia
1544-8-0004	Manantial	060.046	Sierra de las Nieves-Prieta	328171	4067632	Vigilancia



**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO		MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		PROGRAMA CONTROL
Código	Tipo	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
C.06.46.01	Manantial	060.046	Sierra de las Nieves-Prieta	310825	4056425	Vigilancia
C.06.46.02	Sondeo	060.046	Sierra de las Nieves-Prieta	335650	4073900	Vigilancia
C.06.47.01	Pozo	060.047	Guadiaro-Genal-Hozgarganta	292975	4021675	Operativo
C.06.47.02	Pozo	060.047	Guadiaro-Genal-Hozgarganta	292750	4025175	Operativo
C.06.48.01	Sondeo	060.047	Guadiaro-Genal-Hozgarganta	292000	4017975	Operativo
380039	Sondeo sequía	060.048	Dolomías de Ronda	310021	4065066	Vigilancia
380040	Sondeo sequía	060.048	Dolomías de Ronda	310168	4065232	Vigilancia
C.06.43.002-B	Sondeo	060.048	Dolomías de Ronda	310600	4066000	Vigilancia
1447-2-0005	Sondeo	060.049	Guadarranque-Palmones	282824	4017276	Vigilancia
C.06.49.001-B	Sondeo	060.049	Guadarranque-Palmones	284600	4013925	Vigilancia
C.06.49.002-B	Sondeo	060.049	Guadarranque-Palmones	275750	4006300	Vigilancia
2240-8-0055	Sondeo	060.050	Sierra de Las Filabres	535600	4132200	Vigilancia
2341-1-0042	Galería	060.050	Sierra de Las Filabres	543436	4130860	Vigilancia
0710132	Sondeo	060.051	Macael	567848	4127794	Operativo
2341-3-0030	Sondeo	060.051	Macael	559398	4132186	Operativo
310006	Sondeo sequía	060.053	Puerto de La Virgen	560915	4120940	Vigilancia
310008	Sondeo sequía	060.053	Puerto de La Virgen	566137	4117983	Vigilancia
310012	Sondeo sequía	060.053	Puerto de La Virgen	549337	4116908	Vigilancia
410022	Manantial sequía	060.053	Puerto de La Virgen	556871	4119843	Vigilancia
310100	Sondeo sequía	060.054	Lubrín-El Marchal	581908	4119528	Vigilancia
310101	Sondeo sequía	060.054	Lubrín-El Marchal	584475	4119180	Vigilancia
310103	Sondeo sequía	060.054	Lubrín-El Marchal	586775	4121197	Vigilancia
2439-2-0013	Manantial	060.055	Sierra Alhamilla	580306	4161446	Operativo
310088	Sondeo sequía	060.056	Sierra del Cabo de Gata	582805	4073595	Vigilancia
310106	Sondeo sequía	060.056	Sierra del Cabo de Gata	594140	4089603	Vigilancia
310107	Sondeo sequía	060.056	Sierra del Cabo de Gata	594642	4089051	Vigilancia
310137	Sondeo sequía	060.056	Sierra del Cabo de Gata	585170	4078900	Vigilancia
310105	Pozo sequía	060.057	Laderas Meridionales de Sierra Nevada	500866	4098821	Vigilancia
340034	Pozo sequía	060.057	Laderas Meridionales de Sierra Nevada	463106	4086097	Vigilancia
345010	Galería sequía	060.057	Laderas Meridionales de Sierra Nevada	483575	4091375	Vigilancia
445036	Manantial sequía	060.057	Laderas Meridionales de Sierra Nevada	499289	4096510	Vigilancia



**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO		MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		PROGRAMA CONTROL
Código	Tipo	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
445002	Manantial sequía	060.059	La Contraviesa Oriental	490623	4086815	Vigilancia
445026	Manantial sequía	060.059	La Contraviesa Oriental	490380	4084258	Vigilancia
340032	Pozo sequía	060.060	La Contraviesa Occidental	469683	4077763	Vigilancia
440013	Manantial sequía	060.060	La Contraviesa Occidental	472112	4078336	Vigilancia
445027	Manantial sequía	060.060	La Contraviesa Occidental	473791	4080052	Vigilancia
1943-8-0003	Manantial	060.061	Sierra de Albuñuelas	450638	4083588	Vigilancia
340030	Pozo sequía	060.061	Sierra de Albuñuelas	450153	4088631	Vigilancia
C.06.24.005-B	Manantial	060.061	Sierra de Albuñuelas	447025	4093050	Vigilancia
1943-7-0011	Manantial	060.062	Sierra de Las Guájaras	444630	4078634	Vigilancia
1944-2-0015	Manantial	060.062	Sierra de Las Guájaras	435696	4076585	Vigilancia
340047	Sondeo sequía	060.062	Sierra de Las Guájaras	440245	4077565	Vigilancia
345013	Pozo sequía	060.062	Sierra de Las Guájaras	445873	4078483	Vigilancia
C.06.24.002-B	Sondeo	060.063	Sierra Alberquillas	421675	4070225	Vigilancia
C.06.24.003-B	Sondeo	060.063	Sierra Alberquillas	430375	4067750	Vigilancia
P.06.24.005-B	Sondeo	060.063	Sierra Alberquillas	430750	4066375	Vigilancia
1843-6-0002	Manantial	060.064	Sierra Tejada	402321	4082550	Vigilancia
385062	Sondeo sequía	060.064	Sierra Tejada	403635	4085314	Vigilancia
385075	Sondeo sequía	060.064	Sierra Tejada	403682	4081816	Vigilancia
C.06.24.001-B	Sondeo	060.064	Sierra Tejada	401075	4084325	Vigilancia
01675 S1 SGOP	Sondeo	060.066	Corredor Villanueva de la Concepción Periana	378560	4090020	Vigilancia
01675 S2 SGOP	Sondeo	060.066	Corredor Villanueva de la Concepción Periana	378850	4090155	Vigilancia
1545-8-0001	Manantial	060.067	Sierra Blanca	333326	4048709	Vigilancia
C.06.38.002-B	Sondeo	060.067	Sierra Blanca	343025	4056250	Vigilancia
C.06.38.003-B	Sondeo	060.067	Sierra Blanca	326375	4050025	Vigilancia

**Tabla 3.3.1.1. Puntos de control que constituyen la red de seguimiento del estado químico de las aguas subterráneas en la DHCMA**

Uno de los puntos de control enumerados en la tabla anterior, codificado como 2439-2-0013 y representativo de la masa de agua subterránea 060.055. Sierra Alhamilla, se localiza, de acuerdo con sus coordenadas UTM, a más de 60 km de los límites de la masa de agua subterránea y, además, fuera del ámbito de la DHCMA.

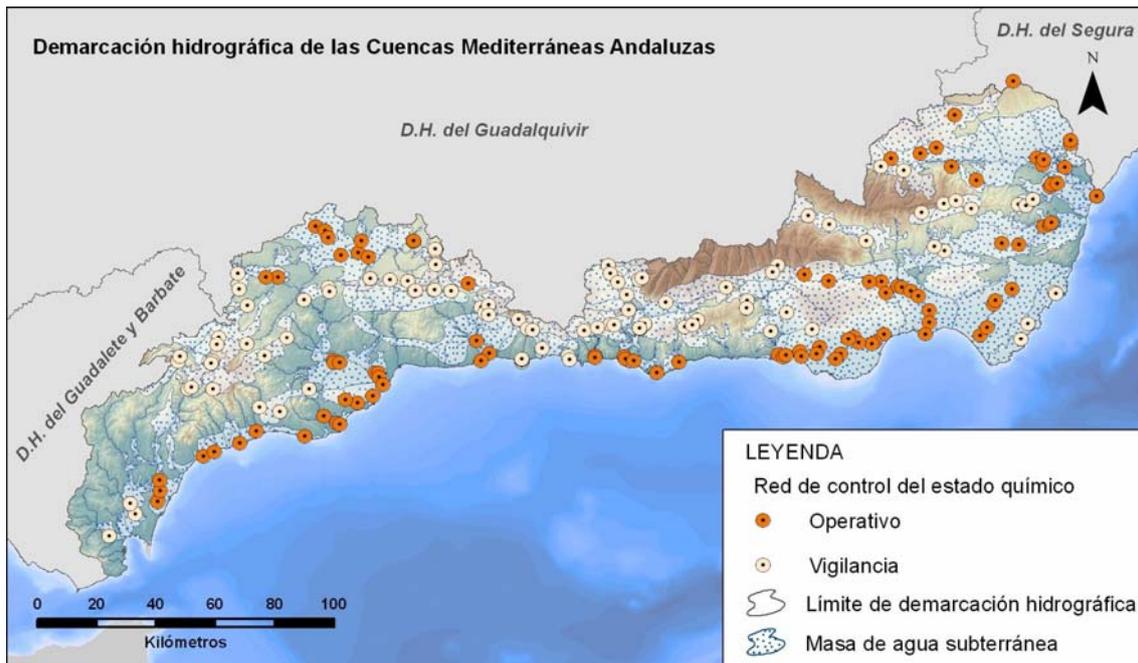


Figura 3.3.1.1. Puntos de control que constituyen la red de seguimiento del estado químico de las aguas subterráneas en la DHCMA

### 3.3.2. ESTADO CUANTITATIVO

La red de control o seguimiento del estado cuantitativo de las aguas subterráneas identificadas en la DHCMA está constituida por 374 estaciones de seguimiento, de las cuales, 342 están incluidas en la red de control piezométrico y las 32 restantes, en la red de control hidrométrico. Asimismo, se han identificado 24 estaciones de seguimiento -piezometría- fuera de servicio.

En la tabla 3.3.2.1 se presenta un listado con los 374 puntos de control actualmente en funcionamiento en la DHCMA, indicando el código identificativo de cada uno de ellos, sus coordenadas UTM y la masa de agua subterránea en la que se localiza (o de la que es representativo). Asimismo, en la figura 3.3.2.1 se muestra un mapa de la demarcación con la posición de estos puntos de control.

ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		TIPO DE CONTROL
	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
P.06.01.001-B	060.001	Cubeta de El Saltador	597776	4145815	Piezométrico
P.06.01.003-B	060.001	Cubeta de El Saltador	599443	4140051	Piezométrico
P.06.01.102-B	060.001	Cubeta de El Saltador	598900	4142500	Piezométrico
P.06.02.001-S	060.002	Sierra de Las Estancias	569764	4135091	Piezométrico
P.06.02.003-B	060.002	Sierra de Las Estancias	567621	4142508	Piezométrico
P.06.02.004-B	060.002	Sierra de Las Estancias	559199	4143682	Piezométrico
P.06.02.005-B	060.002	Sierra de Las Estancias	566374	4151285	Piezométrico
P.06.02.006-B	060.002	Sierra de Las Estancias	560899	4149874	Piezométrico

ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		TIPO DE CONTROL
	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
P.06.02.101-B	060.002	Sierra de Las Estancias	543450	4139300	Piezométrico
P.06.03.001-B	060.003	Alto-Medio Almanzora	577216	4133825	Piezométrico
H.06.02.001-B	060.003	Alto-Medio Almanzora	548932	4136667	Hidrométrico
P.06.05.001-B	060.005	Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas	595502	4125793	Piezométrico
P.06.05.002-B	060.005	Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas	591826	4125917	Piezométrico
P.06.06.001-B	060.006	Bajo Almanzora	607957	4123848	Piezométrico
P.06.06.001-S	060.006	Bajo Almanzora	607802	4121875	Piezométrico
P.06.06.002-S	060.006	Bajo Almanzora	608169	4122868	Piezométrico
P.06.06.003-S	060.006	Bajo Almanzora	607633	4122589	Piezométrico
P.06.06.004-S	060.006	Bajo Almanzora	607123	4123283	Piezométrico
P.06.06.005-S	060.006	Bajo Almanzora	607684	4123584	Piezométrico
P.06.06.006-S	060.006	Bajo Almanzora	602523	4126290	Piezométrico
P.06.06.007-S	060.006	Bajo Almanzora	600965	4126224	Piezométrico
P.06.06.008-S	060.006	Bajo Almanzora	600030	4126862	Piezométrico
P.06.06.010-S	060.006	Bajo Almanzora	599495	4129009	Piezométrico
P.06.06.011-S	060.006	Bajo Almanzora	601570	4126261	Piezométrico
P.06.06.013-S	060.006	Bajo Almanzora	599735	4129531	Piezométrico
P.06.06.014-S	060.006	Bajo Almanzora	601239	4127338	Piezométrico
P.06.06.015-S	060.006	Bajo Almanzora	601227	4127421	Piezométrico
P.06.06.016-S	060.006	Bajo Almanzora	601271	4127596	Piezométrico
P.06.06.017-S	060.006	Bajo Almanzora	605916	4125473	Piezométrico
P.06.06.018-S	060.006	Bajo Almanzora	608217	4124115	Piezométrico
P.06.06.019-S	060.006	Bajo Almanzora	604489	4126004	Piezométrico
P.06.06.020-S	060.006	Bajo Almanzora	606172	4125812	Piezométrico
P.06.08.001-B	060.008	Aguas	567084	4106602	Piezométrico
P.06.08.002-B	060.008	Aguas	576248	4106834	Piezométrico
P.06.09.001-B	060.009	Campo de Tabernas	557800	4105147	Piezométrico
P.06.10.001-B	060.010	Cuenca del Río Nacimiento	505771	4118064	Piezométrico
P.06.10.002-B	060.010	Cuenca del Río Nacimiento	514231	4114701	Piezométrico
P.06.10.003-B	060.010	Cuenca del Río Nacimiento	519362	4111471	Piezométrico



ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		TIPO DE CONTROL
	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
P.06.10.004-B	060.010	Cuenca del Río Nacimiento	531273	4106767	Piezométrico
C.06.10.002-B	060.010	Cuenca del Río Nacimiento	530650	4107071	Hidrométrico
P.06.11.002-B	060.011	Campo de Níjar	579306	4087865	Piezométrico
P.06.11.004-B	060.011	Campo de Níjar	571498	4077549	Piezométrico
P.06.11.005-B	060.011	Campo de Níjar	575117	4078537	Piezométrico
P.06.11.006-B	060.011	Campo de Níjar	568031	4074808	Piezométrico
P.06.11.101-B	060.011	Campo de Níjar	573640	4085583	Piezométrico
P.06.11.203-B	060.011	Campo de Níjar	570943	4082109	Piezométrico
P.06.12.001-B	060.012	Medio-Bajo Andarax	538366	4092705	Piezométrico
P.06.12.002-B	060.012	Medio-Bajo Andarax	542570	4092513	Piezométrico
P.06.12.003-B	060.012	Medio-Bajo Andarax	542949	4090980	Piezométrico
P.06.12.004-B	060.012	Medio-Bajo Andarax	549460	4085919	Piezométrico
P.06.12.005-B	060.012	Medio-Bajo Andarax	552263	4083479	Piezométrico
P.06.12.006-B	060.012	Medio-Bajo Andarax	553462	4079798	Piezométrico
P.06.12.007-B	060.012	Medio-Bajo Andarax	550862	4077573	Piezométrico
P.06.12.008-B	060.012	Medio-Bajo Andarax	551076	4076669	Piezométrico
C.06.12.001-B	060.012	Medio-Bajo Andarax	535912	4093285	Hidrométrico
P.06.13.001-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	509998	4096085	Piezométrico
P.06.13.002-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	513956	4093588	Piezométrico
P.06.13.003-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	517094	4092786	Piezométrico
P.06.13.004-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	523835	4093382	Piezométrico
P.06.13.005-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	529016	4094124	Piezométrico
P.06.13.006-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	536466	4090290	Piezométrico
P.06.14.001-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	528100	4069700	Piezométrico
P.06.14.001-S	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	524565	4073017	Piezométrico
P.06.14.002-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	532550	4071800	Piezométrico
P.06.14.003-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	536300	4073800	Piezométrico
P.06.14.004-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	532250	4070200	Piezométrico
P.06.14.005-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	530850	4068700	Piezométrico
P.06.14.006-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	520350	4070600	Piezométrico



ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		TIPO DE CONTROL
	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
P.06.14.007-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	534500	4069900	Piezométrico
P.06.14.008-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	537200	4072900	Piezométrico
P.06.14.009-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	519550	4066500	Piezométrico
P.06.14.010-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	512900	4072300	Piezométrico
P.06.14.011-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	515950	4073550	Piezométrico
P.06.14.012-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	509300	4067950	Piezométrico
P.06.14.013-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	513400	4062000	Piezométrico
P.06.14.014-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	541700	4076100	Piezométrico
P.06.14.015-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	535000	4077950	Piezométrico
H.06.13.002-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	509970	4095615	Hidrométrico
H.06.13.003-B	060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	518000	4093525	Hidrométrico
P.06.13.001-S	060.014	Oeste de Sierra de Gádor	497461	4080868	Piezométrico
P.06.13.002-S	060.014	Oeste de Sierra de Gádor	497389	4080843	Piezométrico
P.06.13.003-S	060.014	Oeste de Sierra de Gádor	497767	4083796	Piezométrico
P.06.13.004-S	060.014	Oeste de Sierra de Gádor	497902	4084245	Piezométrico
P.06.13.005-S	060.014	Oeste de Sierra de Gádor	499602	4077634	Piezométrico
P.06.13.006-S	060.014	Oeste de Sierra de Gádor	505482	4079993	Piezométrico
P.06.13.008-B	060.014	Oeste de Sierra de Gádor	499650	4077696	Piezométrico
P.06.13.010-B	060.014	Oeste de Sierra de Gádor	507738	4076973	Piezométrico
P.06.13.109-B	060.014	Oeste de Sierra de Gádor	503424	4078359	Piezométrico
P.06.14.003-S	060.014	Oeste de Sierra de Gádor	518201	4073038	Piezométrico
C.06.13.002-B	060.014	Oeste de Sierra de Gádor	505948	4076532	Hidrométrico
C.06.13.003-B	060.014	Oeste de Sierra de Gádor	498451	4076240	Hidrométrico
C.06.13.004-B	060.014	Oeste de Sierra de Gádor	500583	4090290	Hidrométrico
H.06.13.001-B	060.014	Oeste de Sierra de Gádor	512577	4076881	Hidrométrico
P.06.15.001-B	060.015	Delta del Adra	501381	4068227	Piezométrico
P.06.15.001-S	060.015	Delta del Adra	501860	4067071	Piezométrico
P.06.15.002-B	060.015	Delta del Adra	501722	4067220	Piezométrico
P.06.15.003-S	060.015	Delta del Adra	502217	4067071	Piezométrico
P.06.15.004-S	060.015	Delta del Adra	499710	4066715	Piezométrico



ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		TIPO DE CONTROL
	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
P.06.15.005-S	060.015	Delta del Adra	502736	4066800	Piezométrico
P.06.15.006-S	060.015	Delta del Adra	500405	4066824	Piezométrico
P.06.15.007-S	060.015	Delta del Adra	503015	4066950	Piezométrico
P.06.15.008-S	060.015	Delta del Adra	500782	4066973	Piezométrico
P.06.15.010-S	060.015	Delta del Adra	501555	4067166	Piezométrico
P.06.15.011-S	060.015	Delta del Adra	503522	4067330	Piezométrico
P.06.15.012-S	060.015	Delta del Adra	501087	4066721	Piezométrico
P.06.15.013-S	060.015	Delta del Adra	503600	4068055	Piezométrico
P.06.15.014-S	060.015	Delta del Adra	501871	4066288	Piezométrico
P.06.15.015-S	060.015	Delta del Adra	503088	4067885	Piezométrico
P.06.15.021-S	060.015	Delta del Adra	500323	4070037	Piezométrico
P.06.16.001-S	060.016	Albuñol	483000	4072378	Piezométrico
P.06.18.001-S	060.016	Albuñol	457278	4079836	Piezométrico
P.06.18.001-B	060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	456575	4076950	Piezométrico
P.06.18.002-B	060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	459775	4081400	Piezométrico
P.06.18.002-S	060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	456070	4078861	Piezométrico
P.06.18.003-S	060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	455516	4078612	Piezométrico
P.06.18.005-S	060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	455351	4078257	Piezométrico
P.06.18.006-S	060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	455102	4077876	Piezométrico
P.06.18.007-S	060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	454847	4077819	Piezométrico
P.06.18.008-S	060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	454529	4077646	Piezométrico
C.06.18.001-B	060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	454550	4077225	Hidrométrico
C.06.18.002-B	060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	456200	4078625	Hidrométrico
H.06.18.001-B	060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	454450	4077200	Hidrométrico
H.06.18.002-B	060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	454350	4077100	Hidrométrico
P.06.20.001-B	060.020	Carchuna-Castell de Ferro	467816	4065805	Piezométrico
P.06.20.001-S	060.020	Carchuna-Castell de Ferro	467896	4064620	Piezométrico
P.06.20.003-S	060.020	Carchuna-Castell de Ferro	467685	4064852	Piezométrico
P.06.20.004-S	060.020	Carchuna-Castell de Ferro	467662	4064620	Piezométrico
P.06.20.006-S	060.020	Carchuna-Castell de Ferro	467634	4065155	Piezométrico



ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		TIPO DE CONTROL
	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
P.06.20.007-S	060.020	Carchuna-Castell de Ferro	467321	4067414	Piezométrico
P.06.20.008-S	060.020	Carchuna-Castell de Ferro	467865	4065678	Piezométrico
P.06.21.001-B	060.021	Motril-Salobreña	451100	4070600	Piezométrico
P.06.21.001-S	060.021	Motril-Salobreña	449009	4065749	Piezométrico
P.06.21.002-B	060.021	Motril-Salobreña	449775	4066700	Piezométrico
P.06.21.002-S	060.021	Motril-Salobreña	449638	4067411	Piezométrico
P.06.21.003-B	060.021	Motril-Salobreña	455800	4064250	Piezométrico
P.06.22.001-B	060.022	Río Verde	439418	4067044	Piezométrico
P.06.22.001-S	060.022	Río Verde	439513	4066384	Piezométrico
P.06.22.002-S	060.022	Río Verde	439274	4066013	Piezométrico
P.06.22.003-S	060.022	Río Verde	439686	4066932	Piezométrico
P.06.22.004-S	060.022	Río Verde	439536	4066638	Piezométrico
P.06.22.005-S	060.022	Río Verde	439615	4067356	Piezométrico
P.06.22.006-S	060.022	Río Verde	438896	4068169	Piezométrico
P.06.22.007-S	060.022	Río Verde	439368	4067577	Piezométrico
P.06.22.008-S	060.022	Río Verde	438757	4065599	Piezométrico
P.06.22.009-S	060.022	Río Verde	439080	4067925	Piezométrico
P.06.22.010-S	060.022	Río Verde	439194	4069860	Piezométrico
P.06.22.011-S	060.022	Río Verde	439394	4070501	Piezométrico
P.06.22.012-S	060.022	Río Verde	439594	4071026	Piezométrico
P.06.22.013-S	060.022	Río Verde	440029	4071646	Piezométrico
P.06.22.014-S	060.022	Río Verde	440420	4072273	Piezométrico
P.06.22.015-S	060.022	Río Verde	440242	4072988	Piezométrico
P.06.22.020-S	060.022	Río Verde	438228	4065968	Piezométrico
P.06.22.021-S	060.022	Río Verde	437957	4065525	Piezométrico
P.06.22.022-S	060.022	Río Verde	438354	4066682	Piezométrico
P.06.22.024-S	060.022	Río Verde	438428	4068133	Piezométrico
P.06.17.001-B	060.023	Depresión de Padul	445644	4098391	Piezométrico
P.06.23.001-B	060.023	Depresión de Padul	445350	4097432	Piezométrico
H.06.23.001-B	060.023	Depresión de Padul	446425	4094450	Hidrométrico



ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		TIPO DE CONTROL
	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
P.06.24.002-B	060.024	Sierra Almjara	413675	4080325	Piezométrico
P.06.24.003-B	060.024	Sierra Almjara	416600	4077150	Piezométrico
P.06.26.001-B	060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	407725	4091250	Piezométrico
P.06.26.002-B	060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	399300	4092625	Piezométrico
P.06.26.002-S	060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	399309	4093418	Piezométrico
P.06.26.003-S	060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	396392	4093621	Piezométrico
P.06.26.004-S	060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	399404	4093357	Piezométrico
P.06.26.005-S	060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	396628	4091300	Piezométrico
P.06.26.006-S	060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	400608	4093613	Piezométrico
P.06.26.007-S	060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	397577	4092090	Piezométrico
P.06.26.008-S	060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	400850	4091682	Piezométrico
P.06.26.009-S	060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	398046	4092687	Piezométrico
P.06.26.011-S	060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	398087	4093321	Piezométrico
P.06.26.013-S	060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	398300	4091892	Piezométrico
P.06.26.015-S	060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	399548	4091300	Piezométrico
H.06.25.001-B	060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	394225	4091175	Hidrométrico
P.06.27.001-B	060.027	Río Vélez	401050	4066100	Piezométrico
P.06.27.001-S	060.027	Río Vélez	401040	4065947	Piezométrico
P.06.27.003-S	060.027	Río Vélez	400898	4066220	Piezométrico
P.06.27.004-S	060.027	Río Vélez	400947	4065950	Piezométrico
P.06.27.005-S	060.027	Río Vélez	400821	4066424	Piezométrico
P.06.27.006-S	060.027	Río Vélez	400749	4066514	Piezométrico
P.06.27.007-S	060.027	Río Vélez	401273	4065572	Piezométrico
P.06.27.008-S	060.027	Río Vélez	400743	4066524	Piezométrico
P.06.27.009-S	060.027	Río Vélez	400907	4066337	Piezométrico
P.06.27.010-S	060.027	Río Vélez	399455	4074379	Piezométrico
P.06.27.011-S	060.027	Río Vélez	400566	4069552	Piezométrico
P.06.27.012-S	060.027	Río Vélez	399455	4074375	Piezométrico
P.06.27.013-S	060.027	Río Vélez	399614	4071302	Piezométrico
P.06.27.014-S	060.027	Río Vélez	401019	4065849	Piezométrico



ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		TIPO DE CONTROL
	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
P.06.27.015-S	060.027	Río Vélez	399939	4073151	Piezométrico
P.06.27.016-S	060.027	Río Vélez	401071	4065721	Piezométrico
P.06.27.017-S	060.027	Río Vélez	399665	4076376	Piezométrico
P.06.27.019-S	060.027	Río Vélez	397277	4074397	Piezométrico
P.06.27.020-S	060.027	Río Vélez	400806	4066253	Piezométrico
P.06.27.021-S	060.027	Río Vélez	400881	4069537	Piezométrico
P.06.27.022-S	060.027	Río Vélez	400553	4067198	Piezométrico
P.06.27.023-S	060.027	Río Vélez	400898	4066220	Piezométrico
P.06.27.024-S	060.027	Río Vélez	398751	4073102	Piezométrico
P.06.27.026-S	060.027	Río Vélez	399448	4074230	Piezométrico
P.06.27.027-S	060.027	Río Vélez	399486	4074933	Piezométrico
P.06.25.001-S	060.028	Sierra de Gibalto-Arroyo Marín	384814	4104838	Piezométrico
P.06.25.002-S	060.028	Sierra de Gibalto-Arroyo Marín	385905	4104331	Piezométrico
P.06.29.001-B	060.029	Sierra de Enmedio-Los Tajos	389860	4094545	Piezométrico
P.06.29.001-S	060.029	Sierra de Enmedio-Los Tajos	386452	4094642	Piezométrico
P.06.29.003-S	060.029	Sierra de Enmedio-Los Tajos	386363	4094699	Piezométrico
H.06.29.001-B	060.029	Sierra de Enmedio-Los Tajos	384850	4090350	Hidrométrico
H.06.29.002-B	060.029	Sierra de Enmedio-Los Tajos	391975	4090125	Hidrométrico
P.06.30.001-B	060.030	Sierra de Archidona	378666	4107778	Piezométrico
P.06.30.001-S	060.030	Sierra de Archidona	378140	4107008	Piezométrico
P.06.30.002-S	060.030	Sierra de Archidona	376843	4106646	Piezométrico
P.06.29.002-S	060.031	Sierra de Las Cabras-Camarolos-San Jorge	382024	4091305	Piezométrico
P.06.31.001-B	060.031	Sierra de Las Cabras-Camarolos-San Jorge	368500	4094430	Piezométrico
P.06.31.001-S	060.031	Sierra de Las Cabras-Camarolos-San Jorge	378588	4090286	Piezométrico
P.06.31.003-S	060.031	Sierra de Las Cabras-Camarolos-San Jorge	371503	4091992	Piezométrico
H.06.31.001-B	060.031	Sierra de Las Cabras-Camarolos-San Jorge	375800	4093650	Hidrométrico
H.06.31.002-B	060.031	Sierra de Las Cabras-Camarolos-San Jorge	378900	4094725	Hidrométrico
P.06.32.001-B	060.032	Torcal de Antequera	362590	4094430	Piezométrico
H.06.32.001-B	060.032	Torcal de Antequera	363625	4094350	Hidrométrico
P.06.33.001-B	060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	349215	4101338	Piezométrico



ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		TIPO DE CONTROL
	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
P.06.33.001-S	060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	344896	4095502	Piezométrico
P.06.33.002-B	060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	354069	4101026	Piezométrico
P.06.33.002-S	060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	344579	4095038	Piezométrico
P.06.33.003-B	060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	360025	4100600	Piezométrico
P.06.33.004-B	060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	357816	4103967	Piezométrico
P.06.33.005-B	060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	363520	4101021	Piezométrico
P.06.33.106-B	060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	359755	4107395	Piezométrico
P.06.34.001-B	060.034	Fuente de Piedra	348513	4110541	Piezométrico
P.06.34.002-B	060.034	Fuente de Piedra	350825	4113125	Piezométrico
P.06.34.004-B	060.034	Fuente de Piedra	345445	4113215	Piezométrico
P.06.34.103-B	060.034	Fuente de Piedra	349539	4108178	Piezométrico
P.06.35.001-B	060.035	Sierras de Teba-Almargen-Campillos	334012	4093752	Piezométrico
H.06.35.001-B	060.035	Sierras de Teba-Almargen-Campillos	332700	4094700	Hidrométrico
P.06.36.001-B	060.036	Sierra del Valle de Abdalajís	347975	4091825	Piezométrico
P.06.36.001-S	060.036	Sierra del Valle de Abdalajís	347781	4091802	Piezométrico
P.06.36.002-S	060.036	Sierra del Valle de Abdalajís	347370	4093522	Piezométrico
P.06.36.102-B	060.036	Sierra del Valle de Abdalajís	340465	4089750	Piezométrico
P.06.37.001-B	060.037	Bajo Guadalhorce	369906	4059848	Piezométrico
P.06.37.001-S	060.037	Bajo Guadalhorce	351364	4066338	Piezométrico
P.06.37.002-B	060.037	Bajo Guadalhorce	369906	4059860	Piezométrico
P.06.37.002-S	060.037	Bajo Guadalhorce	351524	4066574	Piezométrico
P.06.37.003-B	060.037	Bajo Guadalhorce	368509	4057673	Piezométrico
P.06.37.003-S	060.037	Bajo Guadalhorce	351480	4066302	Piezométrico
P.06.37.004-B	060.037	Bajo Guadalhorce	368059	4061140	Piezométrico
P.06.37.004-S	060.037	Bajo Guadalhorce	354401	4065526	Piezométrico
P.06.37.005-B	060.037	Bajo Guadalhorce	368069	4061137	Piezométrico
P.06.37.005-S	060.037	Bajo Guadalhorce	346944	4081076	Piezométrico
P.06.37.006-S	060.037	Bajo Guadalhorce	349330	4065774	Piezométrico
P.06.37.007-B	060.037	Bajo Guadalhorce	366641	4061880	Piezométrico
P.06.37.007-S	060.037	Bajo Guadalhorce	349867	4078693	Piezométrico



ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		TIPO DE CONTROL
	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
P.06.37.008-B	060.037	Bajo Guadalhorce	366641	4061882	Piezométrico
P.06.37.009-B	060.037	Bajo Guadalhorce	365432	4061968	Piezométrico
P.06.37.010-B	060.037	Bajo Guadalhorce	364553	4062126	Piezométrico
P.06.37.011-B	060.037	Bajo Guadalhorce	363134	4062342	Piezométrico
P.06.37.011-S	060.037	Bajo Guadalhorce	362886	4065495	Piezométrico
P.06.37.012-S	060.037	Bajo Guadalhorce	365387	4055123	Piezométrico
P.06.37.013-B	060.037	Bajo Guadalhorce	351400	4066450	Piezométrico
P.06.37.013-S	060.037	Bajo Guadalhorce	357742	4057997	Piezométrico
P.06.37.014-S	060.037	Bajo Guadalhorce	357308	4058649	Piezométrico
P.06.37.015-S	060.037	Bajo Guadalhorce	362936	4059676	Piezométrico
P.06.37.016-S	060.037	Bajo Guadalhorce	366480	4060767	Piezométrico
P.06.37.112-B	060.037	Bajo Guadalhorce	353230	4065430	Piezométrico
P.06.38.012-S	060.037	Bajo Guadalhorce	351331	4056882	Piezométrico
P.06.37.008-S	060.038	Sierra de Mijas	363667	4053504	Piezométrico
P.06.37.009-S	060.038	Sierra de Mijas	365340	4058664	Piezométrico
P.06.38.001-B	060.038	Sierra de Mijas	363839	4054202	Piezométrico
P.06.38.002-B	060.038	Sierra de Mijas	359500	4056425	Piezométrico
P.06.38.003-B	060.038	Sierra de Mijas	349162	4055470	Piezométrico
P.06.38.003-S	060.038	Sierra de Mijas	360188	4052042	Piezométrico
P.06.38.004-B	060.038	Sierra de Mijas	353953	4052307	Piezométrico
P.06.38.004-S	060.038	Sierra de Mijas	355948	4051770	Piezométrico
P.06.38.005-S	060.038	Sierra de Mijas	355505	4053113	Piezométrico
P.06.38.006-S	060.038	Sierra de Mijas	350960	4051905	Piezométrico
P.06.38.008-S	060.038	Sierra de Mijas	347379	4054221	Piezométrico
P.06.38.011-S	060.038	Sierra de Mijas	350074	4056282	Piezométrico
P.06.38.013-S	060.038	Sierra de Mijas	354701	4056768	Piezométrico
P.06.38.014-S	060.038	Sierra de Mijas	355725	4057105	Piezométrico
P.06.38.015-S	060.038	Sierra de Mijas	356126	4057240	Piezométrico
P.06.38.016-S	060.038	Sierra de Mijas	358444	4057354	Piezométrico
P.06.38.017-S	060.038	Sierra de Mijas	358053	4056345	Piezométrico



ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		TIPO DE CONTROL
	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
P.06.38.020-S	060.038	Sierra de Mijas	359753	4057586	Piezométrico
P.06.38.022-S	060.038	Sierra de Mijas	361565	4057733	Piezométrico
P.06.38.023-S	060.038	Sierra de Mijas	363412	4057969	Piezométrico
P.06.38.024-S	060.038	Sierra de Mijas	363454	4058286	Piezométrico
P.06.38.036-S	060.038	Sierra de Mijas	365150	4057100	Piezométrico
P.06.38.037-S	060.038	Sierra de Mijas	365150	4057150	Piezométrico
P.06.38.038-S	060.038	Sierra de Mijas	353583	4055455	Piezométrico
P.06.38.039-S	060.038	Sierra de Mijas	350100	4055699	Piezométrico
P.06.39.001-B	060.039	Río Fuengirola	352275	4044850	Piezométrico
P.06.39.002-B	060.039	Río Fuengirola	353700	4044200	Piezométrico
P.06.39.002-S	060.039	Río Fuengirola	352432	4044453	Piezométrico
P.06.40.001-B	060.040	Marbella-Estepona	335200	4041838	Piezométrico
P.06.40.001-S	060.040	Marbella-Estepona	323112	4039953	Piezométrico
P.06.40.002-B	060.040	Marbella-Estepona	325460	4042883	Piezométrico
P.06.40.012-S	060.040	Marbella-Estepona	337231	4041600	Piezométrico
P.06.48.001-S	060.040	Marbella-Estepona	296404	4029186	Piezométrico
P.06.40.002-S	060.040	Marbella-Estepona	315272	4037742	Piezométrico
P.06.40.003-B	060.040	Marbella-Estepona	320116	4038026	Piezométrico
P.06.40.003-S	060.040	Marbella-Estepona	315524	4036792	Piezométrico
P.06.40.004-B	060.040	Marbella-Estepona	315576	4036637	Piezométrico
P.06.40.004-S	060.040	Marbella-Estepona	315380	4036956	Piezométrico
P.06.40.005-B	060.040	Marbella-Estepona	311275	4034825	Piezométrico
P.06.40.006-B	060.040	Marbella-Estepona	308650	4033900	Piezométrico
P.06.40.006-S	060.040	Marbella-Estepona	315281	4037850	Piezométrico
P.06.40.007-S	060.040	Marbella-Estepona	315149	4038070	Piezométrico
P.06.40.011-S	060.040	Marbella-Estepona	340032	4040906	Piezométrico
P.06.43.005-S	060.041	Sierra de Cañete Sur	322210	4085100	Piezométrico
H.06.43.001-B	060.041	Sierra de Cañete Sur	322250	4085100	Hidrométrico
P.06.43.001-S	060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla	330843	4089476	Piezométrico
P.06.43.002-B	060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla	326275	4083850	Piezométrico



ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		TIPO DE CONTROL
	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
P.06.43.003-B	060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla	331975	4084075	Piezométrico
P.06.43.003-S	060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla	322769	4081317	Piezométrico
H.06.43.002-B	060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla	317850	4082750	Hidrométrico
P.06.44.001-B	060.044	Sierra de Líbar	299525	4067425	Piezométrico
P.06.44.002-B	060.044	Sierra de Líbar	296876	4061776	Piezométrico
H.06.44.001-B	060.044	Sierra de Líbar	299225	4065550	Hidrométrico
P.06.46.001-B	060.046	Sierra de Las Nieves-Prieta	336375	4079550	Piezométrico
P.06.46.001-S	060.046	Sierra de Las Nieves-Prieta	324643	4059499	Piezométrico
P.06.46.002-B	060.046	Sierra de Las Nieves-Prieta	336125	4074750	Piezométrico
P.06.46.002-S	060.046	Sierra de Las Nieves-Prieta	321723	4058653	Piezométrico
P.06.46.003-S	060.046	Sierra de Las Nieves-Prieta	321720	4058641	Piezométrico
P.06.46.004-B	060.046	Sierra de Las Nieves-Prieta	327875	4067300	Piezométrico
P.06.46.004-S	060.046	Sierra de Las Nieves-Prieta	321682	4058635	Piezométrico
P.06.46.005-S	060.046	Sierra de Las Nieves-Prieta	329706	4059195	Piezométrico
H.06.46.001-B	060.046	Sierra de Las Nieves-Prieta	310750	4056450	Hidrométrico
H.06.46.002-B	060.046	Sierra de Las Nieves-Prieta	331375	4067425	Hidrométrico
P.06.47.004-S	060.047	Guadiaro-Genal-Hozgarganta	293391	4020441	Piezométrico
P.06.47.005-S	060.047	Guadiaro-Genal-Hozgarganta	291855	4023030	Piezométrico
P.06.48.001-B	060.047	Guadiaro-Genal-Hozgarganta	292068	4017965	Piezométrico
P.06.47.001-B	060.047	Guadiaro-Genal-Hozgarganta	293500	4021350	Piezométrico
P.06.47.002-B	060.047	Guadiaro-Genal-Hozgarganta	292773	4025418	Piezométrico
P.06.47.002-S	060.047	Guadiaro-Genal-Hozgarganta	293461	4020809	Piezométrico
P.06.43.001-B	060.048	Dolomías de Ronda	310625	4065925	Piezométrico
P.06.49.001-B	060.049	Guadarranque-Palmones	284625	4013800	Piezométrico
P.06.49.001-S	060.049	Guadarranque-Palmones	282321	4014361	Piezométrico
P.06.49.002-B	060.049	Guadarranque-Palmones	275378	4007131	Piezométrico
P.06.49.002-S	060.049	Guadarranque-Palmones	275378	4007131	Piezométrico
P.06.49.003-S	060.049	Guadarranque-Palmones	285216	4018413	Piezométrico
P.06.49.004-S	060.049	Guadarranque-Palmones	275774	4005818	Piezométrico
P.06.49.005-S	060.049	Guadarranque-Palmones	285498	4018893	Piezométrico

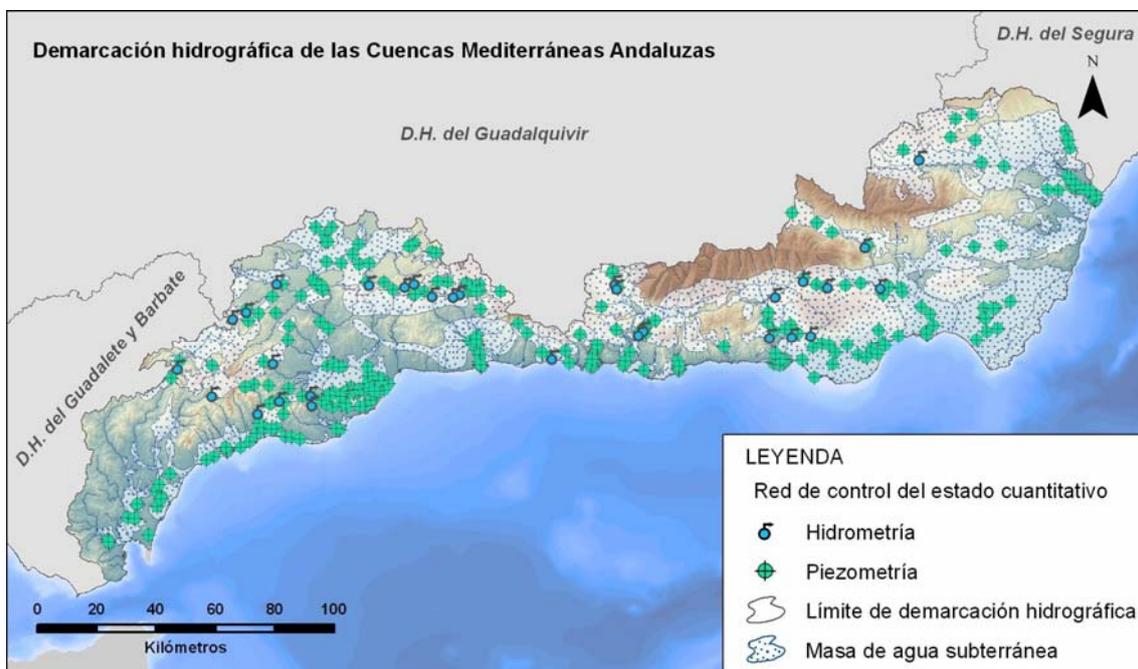


ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		TIPO DE CONTROL
	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
P.06.49.006-S	060.049	Guadarranque-Palmones	275774	4006894	Piezométrico
P.06.47.001-S	060.049	Guadarranque-Palmones	285202	4018893	Piezométrico
P.06.49.007-S	060.049	Guadarranque-Palmones	284326	4014032	Piezométrico
P.06.49.008-S	060.049	Guadarranque-Palmones	275681	4006122	Piezométrico
P.06.50.001-S	060.049	Guadarranque-Palmones	289089	4008496	Piezométrico
P.06.24.008-B	060.061	Sierra de Albuñuelas	441661	4086208	Piezométrico
P.06.24.009-B	060.061	Sierra de Albuñuelas	447335	4092731	Piezométrico
H.06.24.002-B	060.061	Sierra de Albuñuelas	447025	4093050	Hidrométrico
P.06.24.006-B	060.062	Sierra de Las Guájaras	434413	4076798	Piezométrico
P.06.24.007-B	060.062	Sierra de Las Guájaras	446718	4078114	Piezométrico
P.06.24.001-S	060.063	Sierra Alberquillas	429559	4070820	Piezométrico
P.06.24.002-S	060.063	Sierra Alberquillas	424451	4069106	Piezométrico
P.06.24.004-B	060.063	Sierra Alberquillas	421636	4070425	Piezométrico
P.06.24.005-B	060.063	Sierra Alberquillas	430727	4066793	Piezométrico
H.06.24.001-B	060.063	Sierra Alberquillas	425225	4068925	Hidrométrico
P.06.24.001-B	060.064	Sierra Tejada	401033	4085212	Piezométrico
P.06.31.002-S	060.066	Corredor Villanueva de La Concepción-Periana	378832	4090414	Piezométrico
P.06.38.005-B	060.067	Sierra Blanca	343753	4055826	Piezométrico
P.06.38.006-B	060.067	Sierra Blanca	328300	4044900	Piezométrico
P.06.38.010-S	060.067	Sierra Blanca	343438	4055240	Piezométrico
P.06.38.026-S	060.067	Sierra Blanca	334445	4049578	Piezométrico
P.06.38.027-S	060.067	Sierra Blanca	341025	4055411	Piezométrico
P.06.38.028-S	060.067	Sierra Blanca	334766	4053624	Piezométrico
P.06.38.029-S	060.067	Sierra Blanca	333683	4054762	Piezométrico
P.06.38.030-S	060.067	Sierra Blanca	330857	4053475	Piezométrico
P.06.38.031-S	060.067	Sierra Blanca	330504	4053208	Piezométrico
P.06.38.032-S	060.067	Sierra Blanca	329745	4052866	Piezométrico
P.06.38.034-S	060.067	Sierra Blanca	326464	4046306	Piezométrico
P.06.38.035-S	060.067	Sierra Blanca	327985	4044759	Piezométrico
P.06.38.040-S	060.067	Sierra Blanca	336250	4058100	Piezométrico



ESTACIÓN DE SEGUIMIENTO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA		COORDENADAS		TIPO DE CONTROL
	Código	Nombre	UTM X	UTM Y	
P.06.38.042-S	060.067	Sierra Blanca	332129	4044740	Piezométrico
P.06.40.009-S	060.067	Sierra Blanca	330509	4044419	Piezométrico
H.06.38.001-B	060.067	Sierra Blanca	344075	4056550	Hidrométrico
H.06.38.001-S	060.067	Sierra Blanca	333515	4054619	Hidrométrico
H.06.38.002-B	060.067	Sierra Blanca	326150	4050325	Hidrométrico
H.06.38.003-B	060.067	Sierra Blanca	344350	4053100	Hidrométrico

**Tabla 3.3.2.1. Puntos de control operativos que constituyen la red de seguimiento del estado cuantitativo de las aguas subterráneas en la DHCMA**



**Figura 3.3.2.1. Puntos de control que constituyen la red de seguimiento del estado cuantitativo de las aguas subterráneas en la DHCMA**

### 3.4. ASPECTOS METODOLÓGICOS

De acuerdo con el documento guía nº 15 de la Comisión Europea, las directivas 2000/60/CE y 2006/118/CE establecen para las aguas subterráneas los siguientes tipos de programas de seguimiento:

- ✓ Programa de seguimiento del estado cuantitativo
- ✓ Programa de seguimiento del estado químico
- ✓ Programa de seguimiento para zonas protegidas
- ✓ Programa de seguimiento para evitar o limitar la entrada de contaminantes

La metodología propuesta para la revisión del programa de seguimiento del estado cuantitativo se trata en el apartado 3.4.1 del presente informe, y la correspondiente a la revisión de los tres programas de seguimiento restantes: estado químico, zonas protegidas y entrada de contaminantes, en el apartado 3.4.2.

#### 3.4.1. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO CUANTITATIVO

La red de control del estado cuantitativo de las aguas subterráneas debe basarse en las siguientes premisas:

- ✓ Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero
- ✓ Distribución y características de las presiones

Asimismo, los parámetros a controlar durante el seguimiento del estado cuantitativo son:

- ✓ Nivel piezométrico en pozos, sondeos y piezómetros
- ✓ Caudal aforado en manantiales
- ✓ Caudal aforado en ríos y arroyos en estiaje; (esto es, cuando sus aguas proceden de la descarga de los acuíferos)
- ✓ Nivel del agua registrado en lagos y humedales, cuando éste representa la cota piezométrica del acuífero

En aquellos acuíferos desarrollados sobre materiales fracturados o bien, sobre formaciones de baja permeabilidad, las medidas del nivel piezométrico pueden no ser representativas, motivo por el cual se recomienda cuantificar el caudal de descarga de manantiales, ríos y arroyos asociados.

Las medidas del nivel piezométrico deberán reflejar el estado natural del acuífero por lo que, en medida de lo posible, se evitarán puntos de extracción o aquellos que estén afectados por bombeos próximos.

#### 3.4.2. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO QUÍMICO

En este apartado se describe la metodología empleada durante la revisión y adecuación de la red de control del estado químico de las aguas subterráneas en la DHCMA. Mediante esta red de control se realiza el seguimiento del estado químico de las aguas subterráneas, de las zonas protegidas, así como de la posible entrada de contaminantes a los sistemas acuíferos.

La metodología seguida se ha basado en el contenido y recomendaciones recogidas en el documento Guía nº 15 de la Comisión Europea, elaborado en 2007 en el marco de la estrategia común para la implementación de la DMA. En el próximo apartado (3.4.2.1) se hace un breve resumen de los principales criterios propuestos en dicho documento guía para el correcto diseño de las redes de control. A partir de estos criterios se ha derivado un procedimiento para la revisión y mejora de la red de control del estado químico de las aguas subterráneas, el cual se presenta en el apartado 3.4.2.2

##### 3.4.2.1. Recomendaciones recogidas en el documento Guía nº 15

El documento Guía nº 15, titulado *Guidance on groundwater monitoring* (Guía sobre el seguimiento de las aguas subterráneas), completa el elaborado en 2003 con el nº 7, titulado *Monitoring under the Water Framework Directive* (Seguimiento en el marco de la Directiva Marco del Agua). En este último, de carácter más general, se tratan los programas de seguimiento en aguas superficiales continentales, aguas subterráneas, aguas de transición y aguas costeras. Sin embargo, el nuevo marco establecido tras la aprobación en diciembre de 2006 de la Directiva 2006/118/CE supuso la necesidad de elaborar una

guía metodológica exclusiva para las aguas subterráneas, necesidad que se materializó en el documento Guía nº 15.

Las redes de control en aguas subterráneas tienen que diseñarse sobre la base de:

- ✓ El modelo conceptual de funcionamiento de cada acuífero
- ✓ El resultado de la caracterización inicial de las masas de agua subterránea y, en su caso,
- ✓ El resultado de la evaluación del estado químico

El número de puntos de control necesarios depende de la dificultad para evaluar el estado químico y la existencia de tendencias significativas al aumento de la concentración de algún contaminante; cuanto mayor sea esta dificultad, mayor será el número de puntos necesarios.

A la hora de diseñar la red de control del estado químico en aguas subterráneas hay que tener en cuenta la distribución de las presiones significativas y de la vulnerabilidad.

En la medida de lo posible, los diferentes programas de seguimiento deberán estar integrados entre sí, es decir, que un mismo punto de control esté incluido en diferentes programas: estado químico y cuantitativo (un manantial, por ejemplo), aguas subterráneas y superficiales (zonas de cabecera de ríos alimentados por la descarga de acuíferos), etc.

El programa de seguimiento del estado químico de las aguas subterráneas debe estar integrado por dos redes de control:

- ✓ Red de control de vigilancia
- ✓ Red de control operativo

La red de control de vigilancia debe establecerse en las masas de agua subterránea definidas tanto *en riesgo* como *sin riesgo*.

La red de control operativo debe establecerse únicamente en las masas de agua subterránea definidas *en riesgo*. A diferencia del control de vigilancia, que tiene un carácter más general, la red de control operativo está enfocada a evaluar los riesgos específicos identificados en cada masa de agua subterránea para alcanzar los objetivos medioambientales de la DMA.

En principio, el control operativo debe realizarse hasta que la masa de agua subterránea pase a tener un buen estado o deje de estar *en riesgo*, y se demuestre la inversión de las tendencias de contaminantes.

El documento guía recomienda específicamente como puntos de control más adecuados para llevar a cabo el seguimiento del estado químico de las aguas subterráneas, los manantiales y las grandes captaciones de agua, puesto que ambos son representativos de un mayor volumen de acuífero. En acuíferos kársticos o en aquellos desarrollados por fracturación superficial, se recomienda preferentemente el uso de manantiales.

Es necesario establecer puntos de control en las zonas protegidas para la captación de agua potable con el fin de comprobar el cumplimiento de los objetivos establecidos en el artículo 7 de la DMA; esto es, que las aguas captadas cumplan, una vez tratadas, los requisitos de las directivas 80/778/CEE y 98/83/CE, y que el nivel del tratamiento necesario para cumplir dichos requisitos se reduzca en lo posible. Además, ese mismo artículo requiere el seguimiento de las masas de agua que proporcionan un promedio de más de 100 m<sup>3</sup> diarios de agua destinada al consumo humano.

Por lo que respecta al programa de seguimiento para evitar o limitar la entrada de contaminantes en las aguas subterráneas, se trata de puntos de control adicionales orientados a evaluar la contaminación procedente de fuentes puntuales -en contraposición a las redes de control de vigilancia y operativo, que están enfocadas a la masa de agua subterránea en su conjunto-.

La Guía incluye algunas recomendaciones respecto a la elección de los puntos para llevar a cabo el control del estado químico de las aguas subterráneas:

- ✓ Los sondeos utilizados para la captación de agua potable son una buena opción puesto que en ellos se bombea agua con frecuencia, existe cierta dinámica de aguas y los parámetros hidráulicos no se encuentran alterados. Por este motivo, estas captaciones no necesitan ser purgadas antes de tomar una muestra de agua representativa.
- ✓ Los pozos son captaciones generalmente someras y menos recomendables para el muestreo, ya que son difíciles de purgar, sus recursos pueden ser contaminados fácilmente (vertidos superficiales, fertilizantes, etc.) y con frecuencia no son suficientemente penetrativos en la formación acuífera captada.
- ✓ Los manantiales son muy aconsejables, sobre todo en acuíferos kársticos o fisurados, en los que los sondeos suelen ser poco representativos. Se seleccionarán, preferiblemente, aquellos de mayor caudal puesto que son representativos de un mayor volumen acuífero.
- ✓ En aquellos acuíferos en los que existan variaciones significativas de calidad en la vertical (acuíferos multicapa, etc.), será necesario el muestreo de agua procedente de cada uno de los niveles acuíferos identificados.

#### 3.4.2.2. Criterios utilizados durante los trabajos de revisión de la red de seguimiento del estado químico

A continuación se enumeran los criterios utilizados durante la revisión de la red de seguimiento del estado químico de las masas de agua subterránea identificadas en la DHCMA:

1. Número mínimo de puntos de control por masa de agua: la red de seguimiento se ha diseñado de modo que cada masa de agua subterránea disponga, al menos, de un punto de control.
2. Calificación de la masa de agua respecto al riesgo y al estado químico: en aquellas masas de agua subterránea definidas *en riesgo* -respecto a su estado químico- o en mal estado químico, se ha incluido al menos un punto perteneciente a la red de control operativo.
3. Distribución de las presiones significativas: si en una masa de agua subterránea se han identificado determinados sectores con elevada concentración de presiones significativas, se ha procurado que estos sectores queden cubiertos por algún punto de la red de control.
4. Zonas protegidas:
  - a. *Aguas subterráneas utilizadas para la captación de agua potable*: en aquellas masas de agua subterránea en las que se ha considerado necesario ampliar la red de control, se ha propuesto de manera preferente la inclusión de captaciones de agua subterránea destinadas al consumo humano.
  - b. *Humedales y masas de agua superficial*: cuando en el ámbito de una masa de agua subterránea se han identificado humedales o masas de agua superficial dependientes de las aguas subterráneas, se ha procurado que la red de control cubra la zona de alimentación de dichos humedales y masas de agua superficial.

- c. *Zonas vulnerables y zonas sensibles*: en aquellas masas de agua subterránea (o sectores dentro la masa) incluidas en el catálogo de zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrícola o en zonas sensibles a nutrientes (reguladas por las directivas 91/676/CEE y 91/271/CEE, respectivamente), se ha procurado que al menos uno de los puntos de la red de control se localice en el interior de estas áreas.
5. Integración de programas de seguimiento: se ha tratado de integrar, en la medida de lo posible, las redes de control del estado químico y estado cuantitativo de las aguas subterráneas mediante la elección de determinadas captaciones -manantiales- sobre las que poder realizar ambos controles.
  6. Permeabilidad de los materiales: durante los trabajos de diseño y revisión de la red de control se ha tenido en cuenta la distribución de las formaciones permeables dentro de la masa de agua subterránea.
  7. Red de control histórica: la propuesta de inclusión de nuevos puntos de control se ha apoyado sobre la base de la red de control histórica; es decir, preferentemente se han propuesto aquellos puntos de control históricos (no operativos), que cuentan con un registro de datos de calidad previo.

A partir de estos criterios se ha elaborado, para cada masa de agua subterránea, una tabla sintética como la que se presenta a continuación:

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					

En ella se indica el número total de estaciones de seguimiento que constituyen la red de control actualmente vigente/operativa, su distribución dentro de los programas de vigilancia, operativo y zonas protegidas para abastecimiento (V, O y ZP, respectivamente), el resultado de la evaluación del estado químico de la masa de agua y la existencia o no dentro de la masa de zonas protegidas (zonas vulnerables o zonas sensibles) o bien, de masas de agua superficial o humedales dependientes de las aguas subterráneas.

Del mismo modo, las propuestas de mejora de la red de control para cada masa de agua subterránea también se han realizado mediante una tabla sintética como la que se adjunta a continuación:

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1.						
2.						
.....						

Asimismo, cada propuesta va acompañada de una indicación del sector o área de la masa de agua en la que aplica; en su caso, de los puntos de control históricos que se proponen (identificados por su

código/nombre y coordenadas UTM), del programa de seguimiento al que deben ser asignados y de los motivos que justifican dicha propuesta. Finalmente se indica, para cada propuesta realizada, si se considera prioritaria o no para el cumplimiento de las exigencias o requerimientos recogidos en la Directiva Marco del Agua y Directiva de Aguas Subterráneas.

En cualquier caso, los puntos de control propuestos se corresponden con alguno de los siguientes tipos:

- ✓ Manantiales
- ✓ Captaciones de agua subterránea destinadas para abastecimiento humano; indicando entre paréntesis el nombre del municipio abastecido
- ✓ Puntos pertenecientes a la red de control de calidad (histórica), codificados por el Instituto Geológico y Minero de España como *SUIG000XXX*
- ✓ Captaciones privadas, en cuyo caso se indica entre paréntesis el término *privado*.

### 3.5. PROPUESTA DE ADECUACIÓN Y MEJORA DE LAS REDES DE CONTROL DEL ESTADO QUÍMICO Y ESTADO CUANTITATIVO DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

#### 3.5.1. CUBETA DE EL SALTADOR (060.001)

##### 3.5.1.1. Estado químico

La red de control actualmente operativa en la masa de agua subterránea está constituida por dos sondeos que captan los materiales miocenos, pliocenos y cuaternarios del relleno de la cuenca. Están situados en una zona donde, al menos hasta mediados de los años 90, se localizaba un cono de depresión piezométrica según la información recogida en el Atlas Hidrogeológico de Andalucía, (1998). Asimismo, estos dos sondeos pertenecen al programa de control operativo (tabla 3.5.1.1.1) puesto que la masa de agua se definió *en riesgo* tras la caracterización inicial llevada a cabo en 2005. Al haberse identificado esta masa de agua en mal estado químico, los dos puntos de control deben mantenerse en dicho programa operativo.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
2	-	2	Mal estado	No	Sí	No	No

Tabla 3.5.1.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Cubeta de El Saltador (060.001)

Una parte del sector meridional de la masa forma parte de la zona vulnerable “Valle del Almanzora”. Sin embargo, no se considera necesario incluir un nuevo punto de control en esta zona debido, por un lado, a la proximidad de las dos estaciones de seguimiento ya existentes, y por otro, a la situación marginal de la zona vulnerable respecto al conjunto de masa de agua subterránea.

Por otra parte, se propone la inclusión de dos nuevos puntos de control en aquellas zonas del acuífero en las que existe un importante desarrollo de la actividad agrícola (tabla 3.5.1.1.2 y figura<sup>1</sup> 3.5.1).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Al oeste de los dos actuales	SUIG000960	596686	4142202	Importante desarrollo de agricultura de regadío	No
		SUIG001425	596470	4140302		
		SUIG001430	596275	4141150		
		SUIG001414	596449	4140676		
2. Nuevo punto de control	Zona central del acuífero	SUIG001427	593585	4146922	Importante desarrollo de agricultura de secano	No
		SUIG001445	595975	4147913		

**Tabla 3.5.1.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Cubeta de El Saltador (060.001)**

### 3.5.1.2. Estado cuantitativo

La red de control del estado cuantitativo cuenta actualmente con 3 piezómetros en activo, emplazados sobre los materiales cuaternarios del sector suroriental. Se propone incluir un nuevo punto de control dentro del área delimitada en la figura 3.5.1, en el sector meridional. Con la inclusión de este punto se podría llevar a cabo un mejor control del acuífero cuaternario, que es el de mayor entidad identificado en esta masa. Por otra parte, al no disponer de información sobre puntos de agua existentes dentro del área propuesta que permitan registrar medidas de nivel piezométrico representativas, se considera necesario actualizar el inventario, o bien, construir un nuevo sondeo piezométrico en este entorno.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Sector meridional	Punto nuevo	-	-	Sondeo/piezómetro	-

**Tabla 3.5.1.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Cubeta de El Saltador (060.001)**

## 3.5.2. SIERRA DE LAS ESTANCIAS (060.002)

### 3.5.2.1. Estado químico

La red de control actual en esta masa de agua está constituida por un sondeo y una galería, ambos incluidos en el programa de control operativo (tabla 3.5.2.1.1) ya que la masa se definió *en riesgo* tras la caracterización inicial realizada en 2005. Sin embargo, el hecho de que esta masa se haya definido

<sup>1</sup> Las figuras relativas a la 'Propuesta de adecuación y mejora de las redes de control del estado químico y cuantitativo de las masas de agua subterránea' a las que se hace referencia en cada uno de los subapartados incluidos en el epígrafe 3.5 de la memoria, codificadas como figura 3.5.x, se adjuntan en el anexo 3.

posteriormente en *buen estado químico* permite que, en caso de confirmarse dicha evaluación, los dos puntos anteriores puedan ser transferidos al programa de control de vigilancia.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
2	-	2	Buen estado	Sí	No	No	No

Tabla 3.5.2.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra de las Estancias (060.002)

En esta masa de agua se han contabilizado un total de 13 captaciones destinadas al abastecimiento humano: doce sondeos y un manantial.

La Sierra de las Estancias constituye una masa de agua subterránea con una extensión considerable (377 km<sup>2</sup>), muy compartimentada en pequeños sistemas con un funcionamiento hidrogeológico independiente, y cuenta únicamente con dos puntos de control. Se propone, por tanto, ampliar la red de control con tres nuevos puntos, tal como se muestra en la tabla 3.5.2.1.2 y la figura 3.5.2.

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Extremo nororiental de la masa	Sondeo La Solana (abastecimiento de Albox)	575490	4155965	Zona de la masa de agua sin cubrir	No
2. Nuevo punto de control	Sector occidental de la masa	Sondeo El Cataril (abto. de Serón)	538415	4142200	Zona de la masa de agua sin cubrir	Sí
		Sondeo Las Canteras (abto. de Alcóntar)	535797	4139447		
		Sondeo Las Gabrielas (abto. de Alcóntar)	536263	4139407		
3. Nuevo punto de control	Sector oriental de la masa	Sondeo El Castillico II (abto. de Partalao)	566493	4142847	Zona de la masa de agua sin cubrir	Sí
		Sondeo Picacho (abto. de Fines)	565911	4138201		
		Sondeo de abto. de Olula del Río	560824	4138953		

Tabla 3.5.2.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Sierra de las Estancias (060.002)

### 3.5.2.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea cuenta, en la actualidad, con una red de control del estado cuantitativo constituida por 6 sondeos. Dichos puntos de control presentan una distribución uniforme dentro del acuífero, por lo que, en principio, no sería necesario incluir nuevas estaciones de seguimiento.

Sin embargo, uno de los puntos de control actual, codificado como P.06.02.001-S, se ubica fuera de los límites actuales y dentro de los límites de la masa de agua subterránea Alto-Medio Almanzora (060.003), en concreto al oeste de la localidad de Cantoria. Se propone, por tanto, cambiar la asignación de dicho punto a la masa de agua subterránea 060.003.

### 3.5.3. ALTO-MEDIO ALMANZORA (060.003)

#### 3.5.3.1. Estado químico

La red de control actual, constituida por dos puntos de control (tabla 3.5.3), se considera insuficiente para cubrir una masa de agua subterránea de naturaleza detrítica con más de 600 km<sup>2</sup> de extensión.

Por otra parte, un sector de la zona oriental de la masa de agua está incluido en la zona vulnerable del "Valle del Almanzora".

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
2	-	2	Mal estado	Sí	Sí	No	No

Tabla 3.5.3.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Alto-Medio Almanzora (060.003)

Por este motivo se propone la inclusión de, entre 5 y 7 nuevos puntos de control, de los cuales 3 se consideran prioritarios (tabla 3.5.3.1.2 y figura 3.5.3).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Añadir uno o dos nuevos puntos de control	Al oeste de Zurgena	Pozo El Molino (abastecimiento de Zurgena)	584958	4133816	Zona vulnerable con desarrollo de agricultura de regadío	Sí
		SUIG000937	576350	4134375		
		SUIG001073	575509	4134070		
		SUIG001412	585004	4133784		
2. Añadir uno o dos nuevos puntos de control	Zona próxima a Albox	Pozo Llano Olleres (abto. Albox)	574010	4141985	Zona vulnerable con desarrollo de agricultura de secano y regadío	Sí
		Sondeo Las Zorreras (abto. Albox)	576170	4135060		
		SUIG000860	576247	4135002		

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
3. Nuevo punto de control	Zona próxima a Tijola	Pozo Almoroc (abto. Tijola)	549620	4133917	Zona de la masa de agua sin cubrir, con agricultura de regadío y destinada al abastecimiento humano	No
		Pozo Armuña 2 (abto. Armuña del Almanzora)	551538	4133900		
4. Nuevo punto de control	Norte de Purchena	SUIG001234	555950	4134575	Zona de la masa de agua sin cubrir y ocupada por agricultura	No
5. Nuevo punto de control	Entre Olula del Río y Cantoria	SUIG000551	569909	4135049	Zona de la masa de agua sin cubrir y ocupada por agricultura	Sí
		SUIG000552	569715	4135082		
		SUIG001186	570032	4135369		

**Tabla 3.5.3.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Alto-Medio Almanzora (060.003)**

### 3.5.3.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea cuenta con un punto de control piezométrico (P.06.03.001-B), localizado en el aluvial del sector oriental, y un manantial para el control hidrométrico (H.06.02.001-B, Fuente de Cela), ubicado en el sector occidental.

Asimismo, en esta masa de agua se ha identificado un piezómetro codificado como P.06.02.001-S cuya asignación actual se atribuye a la masa limítrofe de Sierra de las Estancias (060.002). Tras evaluar la localización y naturaleza de este punto, se propone el cambio de asignación del mismo a la masa de la que es representativo según la delimitación actual; esto es, Alto-Medio Almanzora (060.003).

Por otra parte se recomienda la inclusión de, al menos, un punto de control piezométrico adicional para esta masa, localizado en el área delimitada en el sector central (figura 3.5.3); en base a la información del inventario de puntos de agua disponible, se podría valorar incluir el piezómetro codificado como 2340-6-0109.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Sector central	2340-6-0109	552330	4134272	Sondeo	IGME

**Tabla 3.5.3.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Alto-Medio Almanzora (060.003)**

### 3.5.4. CUBETA DE OVERA (060.004)

#### 3.5.4.1. Estado químico

Esta masa de agua subterránea, definida en materiales detríticos mioceno-cuaternarios con afloramientos intercalados, generalmente pequeños, de calizas y dolomías alpujárrides triásicas, cuenta con 3 estaciones de control para el seguimiento de su estado químico (tabla 3.5.4.1.1).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	-	3	Mal estado	No	Sí	No	No

Tabla 3.5.4.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Cubeta de Overa (060.004)

Toda la superficie de la masa de agua está incluida en las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos del “Valle del Almanzora” y “Cubeta de Ballabona y Río Antas” (figura 3.5.4).

La red de control actual en esta masa de agua se considera adecuada y, por tanto, no se hace ninguna recomendación o propuesta de mejora.

#### 3.5.4.2. Estado cuantitativo

En esta masa de agua, la red de control del estado cuantitativo carece de puntos de medida. Por tanto, se recomienda incluir al menos un punto de control en la zona correspondiente al acuífero cuaternario (figura 3.5.4).

Dentro de la zona propuesta se ha identificado un sondeo del IGME codificado como 2440-7-0059, que puede resultar interesante para el control piezométrico puesto que dispone de un registro histórico muy completo.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Acuífero cuaternario	2440-7-0059	588196	4135243	Sondeo	IGME

Tabla 3.5.4.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Cubeta de Overa (060.004)

### 3.5.5. CUBETA DE BALLABONA-SIERRA LISBONA-RÍO ANTAS (060.005)

#### 3.5.5.1. Estado químico

Los tres sondeos que constituyen la red de control del estado químico en esta masa de agua subterránea (tabla 3.5.5.1.1), están ubicados sobre conglomerados, arenas y arcillas del Pliocuatnario. Sin embargo, conocida su profundidad (próxima a 200 m en dos de ellos), es probable que estos sondeos capten las formaciones terciarias y triásicas subyacentes. Estos tres sondeos están situados prácticamente en el mismo sector de la masa, por lo que no se consideran representativos del conjunto de la misma; (figura 3.5.5).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	-	3	Mal estado	Sí	Sí	No	No

**Tabla 3.5.5.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas (060.005)**

Toda la masa de agua subterránea está incluida en las zonas vulnerables de la “Cubeta de Ballabona y Río Antas” y “Valle del Almanzora” (figura 3.5.5).

La masa de agua superficial Antas (0652010), que discurre sobre la masa de agua subterránea Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas, constituye una zona sensible a los nutrientes.

Se propone la inclusión de 3 nuevos puntos de control (tabla 3.5.5.1.2), uno de los cuales (el propuesto en la zona costera del acuífero), sólo se aconseja en el caso de que se tenga constancia de la existencia de bombes en esta parte del acuífero.

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Al oeste de Vera	SUIG001074	596132	4124513	Zona no cubierta por la red de control actual y con desarrollo de agricultura de regadío	Sí
2. Nuevo punto de control	Al sur de Vera	-	-	-	Zona no cubierta por la red de control actual y con desarrollo de agricultura	Sí
3. Nuevo punto de control	Zona costera	-	-	-	Control de la intrusión marina	No

**Tabla 3.5.5.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas (060.005)**

### 3.5.5.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea dispone de dos puntos de control piezométrico, situados en materiales neógenos y cuaternarios, en el sector central. La distribución de dichos piezómetros no se considera adecuada, por lo que sería necesario añadir dos puntos de control adicionales con objeto de monitorizar el nivel piezométrico en el sector costero de la masa de agua.

Para ello, se han delimitado dos áreas de interés para ubicar los nuevos puntos dentro del acuífero aluvial cuaternario, localizadas en las inmediaciones de la localidad de Vera y en el sector costero, respectivamente. No se dispone de información sobre puntos existentes en dicha zona, por lo que sería recomendable actualizar el inventario o, en su caso, construir nuevas estaciones de seguimiento.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Vera	Punto nuevo	-	-	Sondeo/piezómetro	-
Sector costero	Punto nuevo	-	-	Sondeo/piezómetro	-

**Tabla 3.5.5.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas (060.005)**

### 3.5.6. BAJO ALMANZORA (060.006)

#### 3.5.6.1. Estado químico

Esta masa de agua dispone de 3 puntos de control, dos de ellos situados en la zona costera del acuífero y con las mismas coordenadas UTM (tabla 3.5.6.1.1 y figura 3.5.6).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	-	3	Mal estado	No	Sí	No	No

**Tabla 3.5.6.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Bajo Almanzora (060.006)**

Gran parte de la masa de agua subterránea está incluida dentro de las zonas vulnerables de la “Cubeta de Ballabona y Río Antas” y “Valle del Almanzora” (figura 3.5.6).

Se propone un nuevo punto de control en la zona central de la masa de agua (tabla 3.5.6.1.2).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Al sur de Cuevas del Almanzora	SUIG001029	603274	4126084	Zona vulnerable, con amplio desarrollo de agricultura de regadío	Sí
		SUIG001031	603175	4126312		
		SUIG001052	601325	4127375		

**Tabla 3.5.6.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Bajo Almanzora (060.006)**

#### 3.5.6.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea del Bajo Almanzora cuenta con 19 piezómetros de control activos a día de hoy, repartidos homogéneamente por toda la superficie de la misma. Por lo tanto, no se considera necesario incrementar el número de estaciones de seguimiento.

### 3.5.7. BÉDAR-ALCORNIA (060.007)

#### 3.5.7.1. Estado químico

El seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea se realiza a través de 3 sondeos (tabla 3.5.7.1.1).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	-	3	Mal estado	Sí	No	No	No

Tabla 3.5.7.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Bédar-Alcornia (060.007)

Asimismo, se recomienda la inclusión en la red de control de alguna de las tres captaciones de abastecimiento localizadas en las parte septentrional (tabla 3.5.7.1.2 y figura 3.5.7).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Sector septentrional de la masa	Sondeo La Carrasquilla (abastecimiento Bédar)	589180	4117589	Seguimiento del estado de aguas destinadas al consumo humano (zona protegida)	No
		Sondeo Serena (abto. Bédar)	589828	4115180		
		Manantial Serena (abto. Bédar)	589942	4115116		

Tabla 3.5.7.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Bédar-Alcornia (060.007)

#### 3.5.7.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea no cuenta con puntos de control piezométrico, por lo que sería necesario incluir al menos un sondeo. El sector más interesante para ello se localiza en el extremo sur, ya que es allí hacia donde probablemente se dirige buena parte del flujo subterráneo. En esta zona se encuentra el piezómetro codificado como 2442-3-0035, bien ubicado y con un registro histórico de medidas considerable, el cual podría considerarse representativo para completar la red de control.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Borde sur	2442-3-0035	591400	4111325	Sondeo	IGME

Tabla 3.5.7.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Bédar-Alcornia (060.007)

### 3.5.8. AGUAS (060.008)

#### 3.5.8.1. Estado químico

El seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea se realiza a través de 2 sondeos (tabla 3.5.8.1.1) situados en el sector central de la masa (figura 3.5.8). Los dos captan las formaciones acuíferas terciarias.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
2	-	2	Mal estado	Sí	Sí	Sí	No

Tabla 3.5.8.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Aguas (060.008)

La parte más oriental de la masa de agua, cerca de la desembocadura del río Aguas, está incluida en la zona vulnerable de la "Rambla de Mojácar". Por otra parte, las masas de agua superficial Alto y Medio Aguas (0651010Z) y Bajo Aguas (0651030), localizadas en el interior de la masa de agua subterránea, constituyen zonas sensibles a nutrientes.

En esta masa de agua se identifican varios afloramientos carbonatados, generalmente pequeños y desconectados entre sí que, además, no deben tener un gran desarrollo en profundidad; por este motivo, se ha decidido no incluir en ellos ningún punto de control.

Por el contrario, se propone la inclusión de cuatro nuevos puntos de control cuyas características se describen en la tabla 3.5.8.1.2.

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Borde oriental de la masa	-	-	-	Zona vulnerable a la contaminación por nitratos	Sí
2. Nuevo punto de control	Borde oriental de la masa	-	-	-	Control de la intrusión marina	No
3. Nuevo punto de control	Al noroeste de Sorbas	Sondeo Albarracín (abastecimiento Sorbas)	575190	4110848	Zona protegida (aguas destinadas al consumo humano), y zona sin control	Sí
4. Nuevo punto de control	Al oeste de Turre	SUIG000151	591175	4110350	Zona no cubierta por la red de control actual	No

Tabla 3.5.8.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Aguas (060.008)

#### 3.5.8.2. Estado cuantitativo

Esta masa de agua dispone de dos puntos de control piezométrico situados en la mitad occidental de la misma. La propuesta de mejora de la red de control del estado cuantitativo consiste en la inclusión de un piezómetro adicional, en el área que actualmente carece de estaciones de seguimiento, localizada en

el sector oriental. Dentro de este área, se considera que la zona de mayor interés es, en principio, la correspondiente al acuífero aluvial cuaternario del sector costero, delimitada en la figura 3.5.8.

Una vez consultada la información disponible no se ha identificado ningún punto de control histórico en este área, por lo que se recomienda actualizar el inventario y, en caso negativo, construir un nuevo piezómetro.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Sector costero oriental	Punto nuevo	-	-	Sondeo/piezómetro	-

**Tabla 3.5.8.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Aguas (060.008)**

### 3.5.9. CAMPO DE TABERNAS (060.009)

#### 3.5.9.1. Estado químico

El seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea se realiza a través de un sondeo y una galería (tabla 3.5.9.1.1 y figura 3.5.9).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
2	2	-	Mal estado	Sí	No	No	No

**Tabla 3.5.9.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Campo de Tabernas (060.009)**

La red de control actual en esta masa de agua subterránea se considera adecuada y, por tanto, no se recomienda la inclusión de ningún punto de control adicional. No obstante, la definición de un mal estado químico en esta masa de agua (tabla 3.5.9.1.1) requiere el establecimiento de un programa de control operativo. Por este motivo, se recomienda que los dos puntos de control se cambien del programa de vigilancia al programa operativo (tabla 3.5.9.1.2).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Cambio del programa de vigilancia al programa operativo	Los dos puntos de la red de control actualmente operativa	-	-	-	Definición de un mal estado químico	Sí

**Tabla 3.5.9.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Campo de Tabernas (060.009)**



### 3.5.9.2. Estado cuantitativo

La red de control del estado cuantitativo de la masa de agua está constituida por un único sondeo, emplazado en los depósitos aluviales del sector oriental. Dado que dichos materiales constituyen el acuífero de mayor importancia dentro de la masa, se propone incluir un sondeo adicional para su control, situado en la zona delimitada al sureste del punto actual (figura 3.5.9). En dicha área se ha identificado el sondeo 2342-7-0027, cuya ubicación se considera favorable para su inclusión en la red de control. Por otro lado, sería recomendable añadir otro punto más en el sector meridional, al oeste de la localidad de Tabernas. Sin embargo, aquí no se dispone de información relativa a puntos de agua existentes, por lo que habría que actualizar el inventario y, en caso de no localizar sondeos representativos, construir un piezómetro.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Depósitos aluviales orientales	2342-7-0027	560700	4102800	Sondeo	IGME
Sector meridional	Punto nuevo	-	-	Sondeo/Piezómetro	-

**Tabla 3.5.9.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Campo de Tabernas (060.009)**

## 3.5.10. CUENCA DEL RÍO NACIMIENTO (060.010)

### 3.5.10.1. Estado químico

El seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea se realiza a través de 3 puntos incluidos en el programa de vigilancia (tabla 3.5.10.1.1). Los tres están ubicados sobre materiales cuaternarios permeables.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	3	-	Buen estado	Sí	No	No	No

**Tabla 3.5.10.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Cuenca del Río Nacimiento (060.010)**

Se propone la inclusión de un nuevo punto de control en el sector oriental de la masa, en concreto uno de los sondeos de abastecimiento de la localidad de Gérgal; (tabla 3.5.10.1.2 y figura 3.5.10).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORIDAD
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Sector oriental	Sondeo La Estación (abastecimiento de Gérgal)	536473	4106558	Zona protegida (aguas destinadas al consumo humano) sin cubrir por la red de control actual	No

**Tabla 3.5.10.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Cuenca del Río Nacimiento (060.010)**

### 3.5.10.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea cuenta con 4 piezómetros operativos y un manantial como parte de la red de control del estado cuantitativo. Los piezómetros se distribuyen a lo largo del acuífero cuaternario principal, de forma regularmente espaciada, por lo que no se considera necesario incluir nuevas estaciones de seguimiento.

### 3.5.11. CAMPO DE NÍJAR (060.011)

#### 3.5.11.1. Estado químico

Esta masa de agua subterránea cuenta con 5 sondeos para el seguimiento de su estado químico (tabla 3.5.11.1.1), todos ellos ubicados en formaciones del terciario.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
5	-	5	Mal estado	Sí	Sí	No	No

Tabla 3.5.11.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Campo de Níjar (060.011)

El sector central de la masa de agua está catalogado como zona vulnerable a la contaminación por nitratos, dentro de la cual se emplaza uno de los cinco puntos de control existentes; (figura 3.5.11).

Por otra parte, la zona en la que históricamente se han registrado evidencias de procesos de intrusión marina se localiza aproximadamente entre las localidades de Cabo de Gata y El Barranquete, dentro de la cual existe un punto incluido en la red de control (figura 3.5.11). Se proponen 4 nuevos puntos de control (tabla 3.5.11.1.2 y figura 3.5.11).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Al sur de Níjar	SUIG000539	569426	4081354	Zona vulnerable	No
		SUIG001416	570999	4081890		
		SUIG000511	570296	4079018		
		SUIG000963	569077	4077850		
		SUIG001108	569874	4077503		
		SUIG001239	569017	4077870		
		SUIG000914	571413	4077489		
		Sondeo El Viso (abastecimiento de Níjar)	570491	4081753		



PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
2. Nuevo punto de control	Extremo nordeste de la masa	-	-	-	Control de uno de los acuíferos que constituyen la masa de agua subterránea (acuífero Rambla de La Palmerosa)	Sí
3. Nuevo punto de control	Al sureste de Níjar	SUIG001252	578585	4081600	Control de uno de los acuíferos que constituyen la masa de agua subterránea (acuífero Fernán Pérez-El Hornillo )	Sí
4. Nuevo punto de control	Sector septentrional de la masa	Sondeo Polopillos (abto. de Níjar)	581137	4095755	Zona protegida (aguas destinadas al consumo humano) sin cubrir por la red de control actual	No

**Tabla 3.5.11.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Campo de Níjar (060.011)**

### 3.5.11.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea cuenta con 6 piezómetros operativos para el control del estado cuantitativo. Éstos se distribuyen uniformemente a lo largo de los materiales cuaternarios que afloran en gran parte de la masa, a excepción del extremo noreste, donde no se dispone de puntos de control. No obstante, no se considera prioritario añadir nuevos piezómetros, pues la zona más interesante desde el punto de vista hidrogeológico, presenta una densidad de puntos suficiente.

## 3.5.12. MEDIO-BAJO ANDARAX (060.012)

### 3.5.12.1. Estado químico

Esta masa de agua cuenta con 8 puntos de control para el seguimiento de su estado químico, todos ellos incluidos en el programa operativo (tabla 3.5.12).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
8	-	8	Mal estado	Sí	Sí	No	No

**Tabla 3.5.12.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Medio-Bajo Andarax (060.012)**

En el interior de la masa de agua subterránea se identifica la zona vulnerable del "Bajo Andarax", dentro de la cual se localizan 5 de los 8 puntos de control; (figura 3.5.12).

Se propone la inclusión de dos nuevas estaciones, ambas localizadas en la parte meridional de la masa de agua (tabla 3.5.12.1.2 y figura 3.5.12).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Entre El Alquíán y Cañada de San Urbano	SUIG001013	554107	4077893	Zona vulnerable y desarrollo de agricultura intensiva (invernadero)	No
		SUIG001461	556332	4078550		
2. Nuevo punto de control	Desembocadura del río Andarax	SUIG001050	551787	4075234	Control de la intrusión marina	No

**Tabla 3.5.12.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Medio-Bajo Andarax (060.012)**

### 3.5.12.2. Estado cuantitativo

La red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea está constituida por 8 piezómetros y un manantial. Los piezómetros están situados en el entorno del aluvial del río Andarax, el cual constituye el acuífero más relevante identificado en esta masa de agua. Por lo tanto, no se considera necesario ampliar la red de control.

## 3.5.13. CAMPO DE DALÍAS-SIERRA DE GÁDOR (060.013)

### 3.5.13.1. Estado químico

La red de control de esta masa de agua subterránea está constituida por 16 puntos (tabla 3.5.13.1.1), la mayoría de los cuales se corresponden con sondeos. De estos 16 puntos de control, 11 captan el acuífero carbonatado y 5 el acuífero detrítico.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
16	-	16	Mal estado	Sí	Sí	No	Sí

**Tabla 3.5.13.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Campo de Dalías-Sierra de Gádor (060.013)**

El Campo de Dalías y parte de la Sierra de Gádor están incluidos dentro de la zona vulnerable a la contaminación por nitratos del “Campo de Dalías-Albufera de Adra”, dentro de la cual se localizan 12 de los 16 puntos de la red de control actual.

Dentro de esta masa de agua se identifican dos humedales: Charcones de Punta Entinas y La Cañada de las Norias o Balsa del Sapo-Cañada del Puerco (figura 3.5.13). Los Charcones de Punta Entinas constituyen la Reserva Natural Punta Entinas-Sabinar así como el Paraje Natural Punta Entinas-Sabinar (de mayor extensión), en tanto que La Cañada de las Norias no dispone actualmente de ninguna figura de protección.

De acuerdo con el informe “Definición del contexto hidrogeológico de humedales andaluces. VI. Lagunas de Almería” (Consejería de Medio Ambiente-GHUMA, 2005), la principal entrada de agua a La Cañada de las Norias se produce por aportaciones subterráneas desde el acuífero. Además, de acuerdo con el

mismo informe, los Charcones de Punta Entinas también reciben aportes subterráneos por parte del acuífero. Por tanto, ambos humedales deben considerarse dependientes de las aguas subterráneas.

La propuesta de modificación de la red de control se presenta en la tabla 3.5.13.1.2 y la figura 3.5.13.

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Al norte de los Charcones de Punta Entinas. Acuífero superficial	SUIG001456	523354	4061070	Control del agua que alimenta a este humedal, que constituye una Reserva y Paraje Natural. Desarrollo de agricultura intensiva en las cercanías	No
		SUIG001478	523191	4060682		

**Tabla 3.5.13.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Campo de Dalías-Sierra de Gádor (060.013)**

### 3.5.13.2. Estado cuantitativo

Esta masa de agua subterránea cuenta con 22 piezómetros de control y 2 manantiales. Los piezómetros se distribuyen a lo largo de gran parte del acuífero detrítico así como en zonas periféricas del acuífero carbonatado de la Sierra de Gádor. Se considera que no es necesario modificar la red de control del estado cuantitativo.

Por otra parte, es necesario matizar que el piezómetro P.06.14.003-S, representativo de la masa de agua subterránea Campo de Dalías-Sierra de Gádor (060.013), figura en el inventario como perteneciente a red de control de la masa de agua 060.014; se recomienda cambiar su asignación.

## 3.5.14. OESTE DE SIERRA DE GÁDOR (060.014)

### 3.5.14.1. Estado químico

La red de control actualmente operativa está constituida por 3 puntos, todos ellos incluidos en el programa de vigilancia (tabla 3.5.13.1.1).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	3	-	Buen estado	Sí	Sí	No	Sí

**Tabla 3.5.13.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Oeste de Sierra de Gádor (060.014)**

La parte central de la masa de agua subterránea está incluida en la zona vulnerable de “Campo de Dalías-Albufera de Adra”, dentro de la cual se localizan 2 de los 3 puntos de control.

Se propone la inclusión de una nueva estación de seguimiento en la zona meridional de la masa de agua (tabla 3.5.14.1.2 y figura 3.5.14).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Sector meridional de la masa	SUIG000722	504330	4078834	Zona vulnerable con desarrollo de agricultura de regadío	No
		SUIG000736	503424	4078359		
		SUIG000779	501650	4078000		
		SUIG000780	501400	4077675		
		SUIG001110	506205	4076810		

**Tabla 3.5.14.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Oeste de Sierra de Gádor (060.014)**

### 3.5.14.2. Estado cuantitativo

La red de control del estado cuantitativo actualmente está constituida por 10 piezómetros y 4 manantiales. Los piezómetros están situados mayoritariamente en el sector central de la masa, en los bordes de los relieves carbonatados y en el aluvial cuaternario.

Dadas las características estructurales que presentan los acuíferos carbonatados en esta masa, se considera correcta la distribución actual de la red de piezometría, por lo que no es necesario incluir más sondeos. Sin embargo, habría que cambiar la asignación del piezómetro P.06.14.003-S, ya que se considera representativo de la masa de agua subterránea de Campo de Dalías-Sierra de Gádor (060.013).

### 3.5.15. DELTA DEL ADRA (060.015)

#### 3.5.15.1. Estado químico

La red de control actualmente operativa está constituida por 3 puntos (tabla 3.5.15.1.1), todos ellos incluidos en el programa operativo y situados en la parte detrítica de la masa de agua.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	-	3	Mal estado	Sí	Sí	No	Sí

**Tabla 3.5.15.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Delta del Adra (060.015)**

La parte detrítica de la masa de agua subterránea está incluida en la zona vulnerable de "Campo de Dalías-Albufera de Adra", dentro de la cual se localizan los 3 puntos de la red de control (figura 3.5.15).

Asimismo, en esta masa de agua subterránea se localiza la Reserva Natural Albufera de Adra, dentro de la cual se identifican dos lagunas: Albufera Honda (al norte) y Albufera Nueva (al sur); figura 3.5.15.

De acuerdo con la información consultada en la página web de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/>), las lagunas de la

Albufera de Adra reciben aportes subterráneos por parte del acuífero, por lo que deben considerarse humedales dependientes de las aguas subterráneas.

La red de control del estado químico de esta masa de agua subterránea se considera adecuada y, por tanto, no se hace ninguna propuesta de mejora.

### 3.5.15.2. Estado cuantitativo

La red de control del estado cuantitativo de la masa de agua esta constituida por 16 sondeos. La mayoría de ellos se emplazan sobre los depósitos detríticos del delta del río Adra y, en menor medida, en el aluvial del río, aguas arriba.

Por otra parte, no se han identificado estaciones de seguimiento para el control del acuífero carbonatado que hay al norte de la masa, pero sus características estructurales no son propicias para la construcción de nuevos sondeos, pues se trata de una delgada escama de mármoles, de escasa importancia como formación acuífera. Por lo tanto, no se considera necesario modificar o ampliar la red de control del estado cuantitativo.

## 3.5.16. ALBUÑOL (060.016)

### 3.5.16.1. Estado químico

En esta masa de agua subterránea no se ha identificado ningún punto de control del estado químico, actualmente operativo; (tabla 3.5.16.1.1).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
-	-	-	Mal estado	No	Sí	No	No

Tabla 3.5.16.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Albuñol (060.016)

Gran parte de los afloramientos detríticos cartografiados en la masa de agua están incluidos en la zona vulnerable del “Litoral de Granada” (figura 3.5.16.1).

Por los motivos anteriormente expuestos se propone la inclusión de 3 nuevos puntos de control, distribuidos de la siguiente manera (tabla 3.5.16.1.2): 1 en el acuífero carbonatado y 2 en el detrítico, (uno de ellos para comprobar si hay procesos de intrusión marina en el sector costero de dicho acuífero).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Acuífero carbonatado	SUIG000112 (manantial de El Río)	481521	4072316	Control del estado químico del acuífero carbonatado	Sí
		2044-4-0015 (código IGME; manantial)	483325	4072692		
2. Nuevo punto de control	Al sur de Albuñol (acuífero detrítico)	SUIG000938	482423	4071026	Zona vulnerable con desarrollo de agricultura de regadío	Sí
3. Nuevo punto de control	Zona costera	-	-	-	Comprobar la existencia de intrusión marina	No

**Tabla 3.5.16.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Albuñol (060.016)**

### 3.5.16.2. Estado cuantitativo

La red de control del estado cuantitativo está constituida por dos piezómetros. Sin embargo, uno de estos puntos, codificado como P.06.18.001-S, se considera representativo de la masa de agua subterránea Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo (060.018); por lo que habría que cambiar la asignación del mismo.

El acuífero carbonatado identificado en el sector septentrional carece de puntos de control, así como el borde costero, donde existe una pequeña formación deltáica. La propuesta de adecuación o mejora de la red de control consiste en la inclusión de los dos manantiales más relevantes que drenan el acuífero carbonatado, así como un sondeo en el sector costero. Una vez consultada la información disponible no se han reconocido sondeos en el límite sur, por lo que se recomienda actualizar el inventario con objeto de encontrar puntos favorables o, en su defecto, construir un piezómetro dentro del área delimitada.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
-	2044-4-0014	481614	4072360	Manantial	IGME
-	2044-4-0015	483325	4072692	Manantial	IGME
Sector costero	Punto nuevo	-	-	Sondeo/piezómetro	-

**Tabla 3.5.16.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Albuñol (060.016)**



### 3.5.17. SIERRA DE PADUL SUR (060.017)

#### 3.5.17.1. Estado químico

La red de control del estado químico está constituida por dos manantiales situados fuera de la masa de agua subterránea (borde oriental), pero que drenan las calizas y dolomías que la constituyen (tabla 3.5.17.1.1 y figura 3.5.17).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
2	2	-	Buen estado	Sí	No	No	No

Tabla 3.5.17.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra de Padul Sur (060.017)

Los recursos hídricos de varios manantiales que drenan esta masa de agua subterránea se destinan para el abastecimiento de las poblaciones cercanas.

Se propone la inclusión en la red de control de uno de los cuatro manantiales situados en el borde occidental de la masa, cuyos recursos son destinados para el abastecimiento de la localidad de Dúrcal; (tabla 3.5.17.1.2 y figura 3.5.17).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Al norte de Dúrcal	Manantial Carrasco (abastecimiento Dúrcal)	451131	4096716	Zona protegida (aguas destinadas al consumo humano)	No
		Manantial Las Presas (abto. Dúrcal)	450216	4096638		
		Manantial La Mina (abto. Dúrcal)	450226	4096442		
		Manantial Marchena (abto. Dúrcal)	449940	4096330		

Tabla 3.5.17.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Sierra de Padul Sur (060.017)

#### 3.5.17.2. Estado cuantitativo

La masa de agua carece de estaciones de seguimiento para el control de su estado cuantitativo. Desde el punto de vista de control piezométrico, el sector más favorable se localiza en la zona del valle del río Dúrcal a su salida de los mármoles triásicos (figura 3.5.17). Al no disponer de información relativa a puntos de agua en el entorno, se recomienda construir un piezómetro de control (en caso de no disponer de puntos alternativos).

Adicionalmente se podría incluir alguno de los manantiales que drenan el acuífero carbonatado, siendo el más relevante el codificado como 1942-7-70010.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
-	1942-7-0010	446085	4097321	Manantial	IGME
Río Dúrcal	Punto nuevo	-	-	Sondeo/piezómetro	-

**Tabla 3.5.17.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Sierra de Padul Sur (060.017)**

### 3.5.18. LANJARÓN-SIERRA DE LÚJAR-MEDIO GUADALFEO (060.018)

#### 3.5.18.1. Estado químico

En esta masa de agua subterránea se han diferenciado los acuíferos de la Sierra de Lújar y Sierra de Espartinas, además del aluvial del río Guadalfeo. Aunque en el listado de la tabla 3.3.1.1 se le asignan 3 puntos de control, el número real de estaciones con las que se realiza el seguimiento del estado químico de esta masa asciende a 5 (tabla 3.5.18.1.1), todos ellos emplazados sobre materiales del acuífero carbonatado de la Sierra de Lújar. Esto se debe a que los dos puntos de control asignados a la masa de agua subterránea 060.019 (Sierra de Escalate) en la mencionada tabla (galería 2043-5-0006 y manantial 2043-5-0008), se localizan dentro de los límites de la masa 060.018.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
5	5	-	Buen estado	Sí	No	No	Sí

**Tabla 3.5.18.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo (060.018)**

De acuerdo con la información recogida en el Atlas hidrogeológico de la provincia de Granada (Diputación Provincial de Granada e Instituto Tecnológico Geominero de España, 1990), la Sierra de Lújar alimenta al río Guadalfeo a través de su borde nordeste, en tanto que la Sierra de Espartinas descarga hacia el aluvial del mismo río. Por tanto, se considera la existencia de conexión hidráulica entre la masa de agua subterránea y las aguas superficiales.

A la vista de la densidad de estaciones de seguimiento identificadas en determinados sectores de la masa y de las características hidráulicas del acuífero, se propone la posibilidad reducir el número de puntos actuales de 5 a 2, si bien, sería necesario incluir un nuevo punto en el sector septentrional del acuífero de la Sierra de Lújar, a través del cual se produce parte de la descarga (tabla 3.5.18.1.2 y figura 3.5.18).



PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Reducir el número de puntos de control de 3 a 1	Borde occidental de la Sierra de Lújar	-	-	-	Los puntos de control manantial Fuente Nueva, manantial El Torchal y manantial del Nacimiento drenan el mismo sector del acuífero de la Sierra de Lújar	No
2. Reducir el número de puntos de control de 2 a 1	Borde occidental de la Sierra de Lújar	-	-	-	Los puntos de control sondeo Algarrobo y galería del Algarrobo son representativos del mismo sector del acuífero de la Sierra de Lújar	No
3. Nuevo punto de control	Borde septentrional de la Sierra de Lújar	Sondeo Tablones 1 (abastecimiento de Órgiva)	464542	4082141	Zona de descarga del acuífero de la Sierra de Lújar, cuyas aguas se destinan al abastecimiento humano	No
		Sondeo Tablones 2 (abastecimiento de Órgiva)	464466	4082150		

**Tabla 3.5.18.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo (060.018)**

### 3.5.18.2. Estado cuantitativo

La red de control del estado cuantitativo está constituida por 8 piezómetros y 4 manantiales, situados en la zona occidental de la masa, junto al borde de la Sierra de Lújar. Además, existe un sondeo, codificado como P.06.18.001-S, que debería incluirse en la red de control de esta masa si bien, actualmente aparece asignado, por error, a la masa de agua de Albuñol (060.016).

Aunque las estaciones de seguimiento identificadas se concentran en un área relativamente pequeña, ésta es precisamente una importante zona de descarga del acuífero carbonatado de la Sierra de Lújar, por lo que la ubicación de los puntos de control se puede considerar correcta desde un punto de vista cuantitativo. En el resto de la masa afloran formaciones poco permeables en su mayoría, o bien acuíferos de escasa importancia, por lo que no se considera necesario añadir nuevos puntos de control.

## 3.5.19. SIERRA DE ESCALATE (060.019)

### 3.5.19.1. Estado químico

En el listado de puntos de control expuesto en la tabla 3.3.1.1 se asignan a esta masa de agua subterránea 2 puntos: la galería 2043-5-0006 y el manantial 2043-5-0008. Sin embargo, estos puntos de control no se localizan en el interior de esta masa de agua subterránea, sino en la masa de agua adyacente 060.018 (Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo). Así pues, la masa de agua 060.019 (Sierra de Escalate) no cuenta actualmente con ningún punto de control para realizar el seguimiento de su estado químico (tabla 3.5.19.1.1).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
-	-	-	Buen estado	Sí	Sí	No	Sí

**Tabla 3.5.19.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra de Escalate (060.019)**

De acuerdo con la información recogida en el trabajo de “Actualización del conocimiento hidrogeológico de la Unidad 06.19 Escalate” (Instituto Tecnológico Geominero de España y Consejería de Obras Públicas y Transportes, 2000), antes de la canalización del río Guadalfeo, de la construcción de la nueva carretera y de la intensificación de los bombeos en el aluvial del río Guadalfeo, la Sierra de Escalate drenaba a través de dos manantiales: manantial del Muerto (con un caudal medio de 80 l/s) y Fuente de D. Alonso (100-200 l/s). Además, en la margen derecha del río Guadalfeo se localizaba el manantial del Pago Alto (0-230 l/s).

En la actualidad estos manantiales permanecen secos todo el año, por lo que las descargas de la unidad acuífera se realizan a través de transferencias subterráneas hacia el aluvial del río Guadalfeo. Además, es posible que el acuífero descargue en su extremo occidental (de forma subterránea) hacia la rambla de Molvízar.

Una pequeña parte del sector meridional de la masa de agua está incluida en la zona vulnerable del “Litoral de Granada”.

Se propone que el sondeo “Barranco del Búho”, utilizado para el abastecimiento de la localidad de Molvízar, se integre en la red de seguimiento del estado químico de la masa de agua subterránea (tabla 3.5.19.1.2 y figura 3.5.19).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Borde suroccidental de la masa	Sondeo Barranco del Búho (abastecimiento Molvízar)	447653	4070711	Sondeo ubicado en el interior de la masa, cuyas aguas se destinan al abastecimiento humano	Sí

**Tabla 3.5.19.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Sierra de Escalate (060.019)**

### 3.5.19.2. Estado cuantitativo

En esta masa de agua subterránea no se ha identificado ningún punto de control del estado cuantitativo, actualmente operativo. Por lo tanto se propone la inclusión de un sondeo, preferentemente en la zona cercana al cauce del Guadalfeo (figura 3.5.19), como por ejemplo el codificado como 1944-4-0023. Asimismo, se recomienda incluir el manantial 1944-4-0026, el cual drena parte del acuífero carbonatado constituido por mármoles triásicos.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Guadalfeo	1944-4-0023	452099	4071616	Sondeo	IGME
-	1944-4-0026	451069	4070794	Manantial	IGME

**Tabla 3.5.19.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Sierra de Escalate (060.019)**

### 3.5.20. CARCHUNA-CASTELL DE FERRO (060.020)

#### 3.5.20.1. Estado químico

La red de control está constituida por 2 sondeos (tabla 3.5.20.1.1), ambos localizados en la parte detrítica de la masa de agua subterránea (figura 3.5.20).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
2	-	2	Mal estado	Sí	Sí	No	No

**Tabla 3.5.20.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Carchuna-Castell de Ferro (060.020)**

Un sector de la masa de agua está incluido en la zona vulnerable a la contaminación por nitratos del “Litoral de Granada”, dentro de la cual se localiza uno de los dos puntos de control del estado químico.

En el sector del acuífero situado al noroeste de Castell de Ferro se han detectado procesos de intrusión marina, en concreto la entrada de agua salina en el acuífero aluvial a través de los materiales carbonatados costeros.

Se propone la inclusión de un nuevo punto de control en el sector del acuífero situado al noroeste de la localidad de Castell de Ferro (tabla 3.5.20.1.2 y figura 3.5.20).



PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Al Noroeste de Castell de Ferro	SUIG001276	467782	4064156	Control de la intrusión marina, zona vulnerable a la contaminación por nitratos y desarrollo de agricultura de regadío	Sí
		SUIG001280	467733	4064231		
		SUIG001282	467756	4064031		
		SUIG001299	467635	4064498		
		SUIG001302	467734	4064381		
		SUIG001315	467736	4064656		
		SUIG001330	467485	4064483		
		SUIG001485	467636	4064581		
		SUIG001278	468058	4064279		
		SUIG001502	467588	4064798		

**Tabla 3.5.20.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Carchuna-Castell de Ferro (060.020)**

### 3.5.20.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea cuenta con 7 puntos de control piezométrico, situados en su totalidad en el aluvial de la Rambla de Gualchos, al este de la misma. Actualmente no se controla el estado cuantitativo de los depósitos cuaternarios costeros que se sitúan al oeste de la masa de agua, ni de los acuíferos carbonatados dispersos que afloran por el sector central de la misma. En el caso de estos últimos no se considera prioritario su control, pues se trata de pequeños compartimentos colgados, y cuyo interés como acuífero es limitado. Sin embargo, se recomienda incluir al menos uno o dos puntos de control en el acuífero cuaternario occidental.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Sector costero occidental	Punto nuevo	-	-	Sondeo/piezómetro	-

**Tabla 3.5.20.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Carchuna-Castell de Ferro (060.020)**

## 3.5.21. MOTRIL-SALOBREÑA (060.021)

### 3.5.21.1. Estado químico

La red de control del estado químico está constituida por 3 sondeos (tabla 3.5.21.1.1).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	-	3	Mal estado	Sí	Sí	No	Sí

**Tabla 3.5.21.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Motril-Salobreña (060.021)**

En el interior de esta masa de agua subterránea se localiza el humedal “Charca Suárez” (figura 3.5.21). Por lo que respecta a su funcionamiento hídrico, en el informe “Definición del contexto hidrogeológico de humedales andaluces. V. Lagunas de Granada”, elaborado por la Consejería de Medio Ambiente y el Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga en 2005, se afirma que “la principal entrada a la laguna está constituida por la aportación subterránea procedente del acuífero Motril-Salobreña. Se trata, por tanto, de una laguna hipogénica”. Así pues, debe considerarse un humedal dependiente de las aguas subterráneas.

Prácticamente toda la masa de agua está incluida en la zona vulnerable del “Litoral de Granada” (figura 3.5.21).

En base a la densidad de puntos existentes se propone la inclusión de una nueva estación en la zona oriental de la masa al no está cubierta por la red de control actual y estar incluida en una zona vulnerable con alto desarrollo de agricultura de regadío (tabla 3.5.21.1.2).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Zona oriental de la masa	Sondeo Torrenueva 1 (abastecimiento Motril)	456168	4063129	Amplio sector dedicado a la agricultura de regadío, incluido además en la zona vulnerable a la contaminación por nitratos	No
		Sondeo Torrenueva 2 (abto. Motril)	456180	4063135		
		SUIG000879	454782	4065516		
		SUIG001316	454972	4064017		
		SUIG001492	454533	4064178		
		SUIG001505	455069	4063755		

**Tabla 3.5.21.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Motril-Salobreña (060.021)**

### 3.5.21.2. Estado cuantitativo

La red de control del estado cuantitativo cuenta con 5 estaciones de seguimiento. Aunque su distribución no cubre el área de la masa de forma totalmente homogénea, no se considera prioritario incluir más puntos de medida pues los sectores, en principio, más interesantes del acuífero, la zona del cauce del río Guadalfeo y de la rambla de la Garnatilla, se supone están suficientemente controlados.

### 3.5.22. RÍO VERDE (060.022)

#### 3.5.22.1. Estado químico

La red de control está constituida por dos sondeos situados al norte de la localidad de Almuñécar (tabla 3.5.22.1.1 y figura 3.5.22).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
2	-	2	Mal estado	Sí	Sí	No	Sí

Tabla 3.5.22.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Río Verde (060.022)

Gran parte de la zona baja de este acuífero queda incluida en la zona vulnerable del “Litoral de Granada”, dentro de la cual se localizan los dos puntos de la red de control actual (figura 3.5.22). En este acuífero se ha constatado la existencia de intrusión marina estacional (limitada a los meses de estiaje). En el trabajo “Simulación matemática del flujo subterráneo en el acuífero del Río Verde (Almuñécar, Granada)”, elaborado por Calvache-Quesada y Pulido-Bosch (1990), se presentan mapas de isopiezas para varios años (de 1978 a 1988) en los que se observa que las cotas negativas no se limitaban a la zona costera, sino que se extendían por gran parte del acuífero.

Se considera que los dos puntos de la red de control actual son suficientes para llevar a cabo el seguimiento del estado químico de la masa de agua subterránea, por lo que no se hace ninguna propuesta de mejora.

#### 3.5.22.2. Estado cuantitativo

El acuífero principal de esta masa de agua, el aluvial del Cuaternario del Río Verde, está exhaustivamente controlado en la actualidad (20 puntos de control piezométrico), por lo que no se considera necesario mejorar la red de seguimiento del estado cuantitativo.

### 3.5.23. DEPRESIÓN DE PADUL (060.023)

#### 3.5.23.1. Estado químico

En la masa de agua subterránea Depresión de Padul se han identificado 3 puntos de control. Sin embargo, uno de ellos (Fuente del Mal Nombre, codificado como 1942-7-0006) no guarda relación con esta masa de agua sino con la masa de agua subterránea Sierra de Albuñuelas, situada al oeste de la Depresión de Padul (figura 3.5.23). Por tanto, se cuenta con 2 puntos de control del estado químico representativos de esta masa de agua (tabla 3.5.23.1.1). Uno de ellos, denominado “Canal Turbera” (H.06.23.001-B), está situado en la zanja que recoge el agua de todas las “madres” -canales de drenaje- que atraviesan las turberas de Padul (figura 3.5.23).



RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
2	2	-	Mal estado	Sí	No	No	Sí

**Tabla 3.5.23.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Depresión de Padul (060.023)**

En el ámbito de esta masa de agua subterránea se localiza el humedal “Turberas del Padul”, incluido en el Parque Natural Sierra Nevada.

Se recomienda incluir dos nuevos puntos de control, uno en el borde meridional de la masa y otro en las proximidades de la localidad de Padul (tabla 3.5.23.1.2 y figura 3.5.23).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Sector meridional de la masa	Manantial Chite (abastecimiento Lecrín)	451505	4091241	Sector del acuífero no cubierto por la red de control actual, cuyas aguas se destinan al abastecimiento humano	Sí
		Manantial Las Lilas (abto. Lecrín)	451123	4090418		
		Manantial Fuente de Talará (abto. Lecrín)	451322	4090346		
2. Nuevo punto de control	Al sur de Padul	Sondeo El Puntal 3 (abto. Padul)	443920	4097105	Zona del acuífero no cubierta por la red de control actual, cuyas aguas se destinan al abastecimiento humano	No

**Tabla 3.5.23.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Depresión de Padul (060.023)**

### 3.5.23.2. Estado cuantitativo

La red de control del estado cuantitativo de la masa de agua consta de 2 piezómetros y un punto de control hidrométrico (Canal turbera, H.06.23.001-B). El punto de aforo se considera apropiado, ya que por él se drena gran parte de las aguas subterráneas que emergen de la depresión de Padul. No obstante, sería recomendable añadir un punto de control piezométrico en el sector meridional de la masa de agua, ya que carece de control alguno. La zona más apropiada parece, en principio, el área cercana al cauce del río Dúrcal, aunque no se dispone de información sobre posibles sondeos existentes que permitan la medida del nivel. Por ello, se considera necesario actualizar el inventario de puntos de agua y, en caso de no existir sondeos representativos, construir un piezómetro.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Sector Río Dúrcal	Punto nuevo	-	-	Sondeo/piezómetro	-

**Tabla 3.5.23.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Depresión de Padul (060.023)**



### 3.5.24. SIERRA ALMIJARA (060.024)

#### 3.5.24.1. Estado químico

La red de seguimiento del estado químico de esta masa de agua está constituida por 3 sondeos (tabla 3.5.24.1.1).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	3	-	Buen estado	Sí	No	No	No

Tabla 3.5.24.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra Almirajara (060.024)

La masa de agua subterránea Sierra Almirajara y la situada inmediatamente al sur de ésta, Sierra Alberquillas, constituyen el mismo acuífero; de hecho, el flujo de agua se dirige de la primera a la segunda. Así, algunos de los manantiales que drenan Sierra Almirajara se sitúan en la masa de agua subterránea Sierra Alberquillas.

Se considera que la red de control actual en esta masa de agua es apropiada y, por tanto, no se hace ninguna recomendación.

#### 3.5.24.2. Estado cuantitativo

La red de control de la masa de agua consta de dos piezómetros. Aunque ambos se ubican en el extremo noroeste del acuífero carbonatado, no se considera necesario añadir nuevos puntos a la red de control, pues la masa de agua actual drena subterráneamente hacia Sierra Alberquillas, al sur, ya que constituyen el mismo acuífero. Por tanto, a través del control de ésta última, se puede inferir el estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Sierra Almirajara.

### 3.5.25. SIERRA GORDA-ZAFARRAYA (060.025)

#### 3.5.25.1. Estado químico

La red de seguimiento del estado químico de la masa de agua subterránea está constituida por un único punto de control (tabla 3.5.25.1.1).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
1	-	1	Mal estado	Sí	Sí	No	No

Tabla 3.5.25.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra Gorda-Zafarraya (060.025)

La parte central de la masa de agua está incluida en la zona vulnerable “Sierra Gorda-Zafarraya”, dentro de la cual se localiza la estación de seguimiento antes mencionada. Se propone la inclusión de dos nuevos puntos de control, uno de los cuales se considera prioritario (tabla 3.5.25.1.2 y figura 3.5.25).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Borde suroccidental de la masa	Manantial Guaro (abastecimiento Periana)	394183	4091218	Zona de descarga del acuífero, utilizada además para el abastecimiento humano	Sí
		Sondeo Guaro 1 (abto. Periana)	394093	4091542		
		Sondeo Guaro 2 (abto. Periana)	394105	4091696		
2. Nuevo punto de control	Zona central de la masa	SUIG000462	399231	4093373	Controlar la calidad química del agua en el acuífero detrítico, que es el más sometido a presiones significativas	No
		SUIG001267	399579	4091520		
		SUIG001291	401061	4091348		
		SUIG001321	400450	4091818		
		SUIG001343	400714	4093356		
		SUIG001344	399354	4093371		
		SUIG001345	399469	4092600		
		SUIG001347	401446	4092515		
		SUIG001354	401685	4091803		
		SUIG001362	400088	4092747		
		SUIG001365	400344	4093361		
		SUIG001370	400832	4092892		
		SUIG001371	400203	4091975		
		SUIG001372	400084	4092346		
		SUIG001376	398843	4091991		
		SUIG001388	399134	4091525		
		SUIG001393	401065	4091656		
		SUIG001434	400938	4091349		
SUIG001520	402556	4092256				
SUIG001524	400193	4091051				

Tabla 3.5.25.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Sierra Gorda-Zafarraya (060.025)



Unión Europea

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



### 3.5.25.2. Estado cuantitativo

La red de control del estado cuantitativo está constituida por 13 piezómetros, ubicados en el cuaternario del polje de Zafarraya, y un punto de control hidrométrico (manantial de Guaro), que drena parte de las calizas de Sierra Gorda. Con ello, se puede obtener información tanto del acuífero carbonatado como del detrítico, por lo que no es necesario ampliar la red de control.

### 3.5.26. RÍO TORROX (060.026)

#### 3.5.26.1. Estado químico

La red de seguimiento está constituida por 4 sondeos pertenecientes al programa de vigilancia (tabla 3.5.26.1.1 y figura 3.5.26). Sin embargo, si se confirma el mal estado químico de esta masa de agua, se considera necesario que dichos puntos de control pasen a formar parte del programa de control operativo. En la tabla 3.5.26.1.2 se recoge la recomendación hecha en este sentido.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
4	4	-	Mal estado	Sí	No	No	No

Tabla 3.5.26.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Río Torrox (060.026)

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Cambio del programa de vigilancia al programa operativo	Los cuatro puntos de la red de control actualmente operativa	-	-	-	Masa de agua definida en mal estado químico	Sí

Tabla 3.5.26.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Río Torrox (060.026)

#### 3.5.27.1. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea no cuenta con puntos de control del estado cuantitativo. Por ello, se recomienda incluir uno o dos puntos de medida del nivel piezométrico, preferentemente dentro del área delimitada en el aluvial del Río Torrox (figura 3.5.26). Dado que no se dispone de información relativa a los sondeos existentes en la zona, se considera necesario actualizar el inventario con objeto de localizar posibles puntos de medida del nivel piezométrico a incluir en la red de control.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Aluvial del Torrox	Punto/s nuevo/s	-	-	Sondeo/Piezómetro	-

Tabla 3.5.26.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Río Torrox (060.026)

### 3.5.27. RÍO VÉLEZ (060.027)

#### 3.5.27.1. Estado químico

La red de control de esta masa de agua subterránea está constituida por dos pozos y un sondeo (tabla 3.5.27.1.1 y figura 3.5.27), localizados sobre los depósitos aluviales cuaternarios de los ríos Vélez y Seco.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	-	3	Mal estado	Sí	Sí	No	No

Tabla 3.5.27.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Río Vélez (060.027)

Prácticamente toda la superficie de la masa de agua está incluida en la zona vulnerable del “Aluvial del Río Vélez”, dentro de la cual se localizan los 3 puntos de control (figura 3.5.27).

Se propone que se incluya un nuevo punto de control en la zona central de la masa de agua (tabla 3.5.27.1.2 y figura 3.5.27).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Al oeste de Vélez-Málaga	SUIG000365	399835	4071692	Amplia zona sin cubrir por la red de control actual, declarada vulnerable a la contaminación por nitratos y con desarrollo de agricultura de regadío	Sí
		SUIG000445	400823	4070087		
		SUIG000675	400539	4070157		
		SUIG000648	400965	4068887		
		SUIG000544	400955	4067506		

Tabla 3.5.27.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Río Vélez (060.027)

#### 3.5.27.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea del Río Vélez cuenta en la actualidad con 25 puntos de control piezométrico, ubicados a lo largo del aluvial del río. Tanto el número como la distribución de los puntos de control se consideran correctos, por lo que no es necesario modificar la red de seguimiento del estado cuantitativo en esta masa.

### 3.5.28. SIERRA DE GIBALTO-ARROYO MARÍN (060.028)

#### 3.5.28.1. Estado químico

La red de control de la masa de agua subterránea Sierra de Gibalto-Arroyo Marín (060.028) está constituida por un manantial y un sondeo, ambos incluidos en el programa de control de vigilancia (tabla 3.5.28.1.1 y figura 3.5.28). No obstante, el hecho de que en esta masa de agua se haya definido en mal estado químico, aconseja migrar los dos puntos de control al programa de control operativo, tal como se propone en la tabla 3.5.28.1.2.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
2	2	-	Mal estado	Sí	No	No	No

Tabla 3.5.28.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra de Gibalto-Arroyo Marín (060.028)

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Cambio del programa de vigilancia al programa operativo	Los dos puntos de la red de control actualmente operativa	-	-	-	Masa de agua definida en mal estado químico	Sí

Tabla 3.5.28.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Sierra de Gibalto-Arroyo Marín (060.028)

### 3.5.28.2. Estado cuantitativo

Actualmente la red de control cuenta con dos sondeos de medida del nivel piezométrico, emplazados sobre los depósitos detríticos cuaternarios que afloran inmediatamente al oeste de la Sierra de Gibalto. El manantial de la Lana (punto 1742-7-0002), incluido en la red de control del estado químico, no figura en la red de seguimiento del estado cuantitativo, por lo que se recomienda su inclusión en la misma como punto de medida hidrométrica. Asimismo, se considera necesario añadir un punto adicional de medida del nivel piezométrico para los acuíferos cuaternarios que quedan en la mitad occidental de la masa, dentro de la zona delimitada en la figura 3.5.28. Sin embargo, para precisar un punto en este sector es necesario actualizar el inventario de sondeos, puesto que no se dispone de información sobre ello; de no existir ningún punto representativo, se aconseja la construcción de un piezómetro nuevo.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
-	1742-7-0002	385611	4103794	Manantial	AAA
Sector central	Punto nuevo	-	-	Sondeo/Piezómetro	

Tabla 3.5.28.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Sierra de Gibalto-Arroyo Marín (060.028)

## 3.5.29. SIERRA DE ENMEDIO-LOS TAJOS (060.029)

### 3.5.29.1. Estado químico

La red de seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea está constituida por 3 manantiales, dos de los cuales (H.06.29.001-B y 1743-3-0007) se sitúan fuera de los límites de la masa (tabla 3.5.29.1.1 y figura 3.5.29).



RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	3	-	Buen estado	Sí	Sí	No	No

**Tabla 3.5.29.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra de Enmedio-Los Tajos (060.029)**

Algunos sectores de la masa de agua están incluidos en la zona vulnerable del “Aluvial del río Vélez” (figura 3.5.29).

Puesto que la red de control actual está constituida por los principales puntos de descarga del acuífero, se considera que es apropiada y, por tanto, no se hace ninguna recomendación.

#### 3.5.29.2. Estado cuantitativo

La red de control del estado cuantitativo en esta masa de agua cuenta con 3 piezómetros y 2 manantiales. Se considera apropiada, ya que se controlan los principales puntos de descarga del acuífero, por lo que no se requieren cambios.

### 3.5.30. SIERRA DE ARCHIDONA (060.030)

#### 3.5.30.1. Estado químico

La red de control de esta masa de agua está constituida por dos sondeos de captación cuyos recursos son destinados al abastecimiento de la localidad de Archidona (tabla 3.5.30.1.1 y figura 3.5.30). Esta red de control se considera adecuada, de modo que no se hace ninguna recomendación.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
2	-	2	Mal estado	Sí	No	No	No

**Tabla 3.5.30.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra de Archidona (060.030)**

#### 3.5.30.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea de Sierra de Archidona cuenta con una red de control constituida por 3 sondeos, ubicados en el borde sur. Dada la pequeña extensión del acuífero carbonatado, no se considera necesario ampliar la red de control actual.

### 3.5.31. SIERRA DE LAS CABRAS-CAMAROLOS-SAN JORGE (060.031)

#### 3.5.31.1. Estado químico

El seguimiento del estado químico de la masa de agua subterránea se lleva a cabo a través del control de 3 manantiales situados en la cara norte del acuífero (tabla 3.5.31.1.1 y figura 3.5.31).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	3	-	Buen estado	Sí	Sí	No	No

**Tabla 3.5.31.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra de las Cabras-Camarolos-San Jorge (060.031)**

Una pequeña parte de la masa de agua queda incluida en la zona vulnerable del “Aluvial del río Vélez” (figura 3.5.31).

Se propone que la red de control actual se complete con la inclusión de un nuevo punto de control, en concreto el manantial del Nacimiento de Villanueva del Trabuco (tabla 3.5.31.1.2). En aquellos periodos en los que éste permanezca seco, se podría sustituir temporalmente por el sondeo El Nacimiento o por el manantial Chorro Negro, ambos situados muy cerca del anterior y destinados igualmente para abastecimiento humano.

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Al sur de Villanueva del Rosario	Manantial El Nacimiento (abastecimiento Villanueva del Rosario)	379720	4094358	Zona principal de descarga del acuífero, cuyas aguas además se destinan al abastecimiento humano	No
		Sondeo El Nacimiento (abto. Villanueva del Rosario)	379500	4094245		
		Manantial Chorro Negro (abto. Villanueva del Rosario)	379260	4094221		

**Tabla 3.5.31.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Sierra de las Cabras-Camarolos-San Jorge (060.031)**

### 3.5.31.2. Estado cuantitativo

La red de control en esta masa está constituida por 4 piezómetros y dos manantiales. Desde el punto de vista hidrométrico, se controlan los dos puntos de descarga más importantes de todo el acuífero, por lo que no se considera necesario realizar modificaciones. En el caso del control piezométrico, conviene realizar algunos cambios menores. Así, el sondeo codificado como P.06.31.002-S (camino Realengo) y representativo, según la información existente, de la masa de agua 060.066, debería pasar a formar parte de la red de la masa de agua 060.031. Sierra de las Cabras-Camarolos-San Jorge pues la medida del nivel en dicho sondeo es más representativa del estado cuantitativo de esta última. Por otro lado, el sondeo P.06.29.002-S, incluido en la red de control de la masa de agua de Sierra de las Cabras-Camarolos-San Jorge (060.031), no debería formar parte de ésta, ya que está más de 600 m al sur y, por la estructura geológica de la sierra, no parece posible que capte este acuífero en profundidad.

### 3.5.32. TORCAL DE ANTEQUERA (060.032)

#### 3.5.32.1. Estado químico

La red de control de la masa de agua Torcal de Antequera está constituida por dos puntos: el manantial de la Villa (codificado como C.06.32.001-B), que constituye su principal punto de descarga y cuyas aguas son destinadas al abastecimiento de Antequera, y uno de los sondeos (1643-4-0018) que, con el mismo fin, se construyeron junto al manantial (tabla 3.5.32.1.1). Tanto el manantial como el sondeo se localizan fuera de la masa de agua (figura 3.5.32).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
2	2	-	Buen estado	Sí	Sí	No	Sí

Tabla 3.5.32.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Torcal de Antequera (060.032)

En el ámbito de esta masa de agua subterránea no se ha identificado ninguna masa de agua superficial; sin embargo, el manantial de la Villa representa el principal aporte de agua a la masa de agua superficial La Villa (0614022), situada al norte.

La propuesta de modificación de la red de seguimiento del estado químico de esta masa de agua se presenta en la tabla 3.5.32.1.2.

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Borde occidental de la masa	Sondeo El Puntal (abastecimiento Antequera y Almogía)	354221	4092186	Sondeo del que se extrae un caudal elevado, cuyas aguas se utilizan para el consumo humano y son representativas del sector occidental de la masa (Sierra de Chimenea)	No

Tabla 3.5.32.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Torcal de Antequera (060.032)

#### 3.5.32.2. Estado cuantitativo

La red de control del estado cuantitativo está constituida por el manantial de la Villa y un sondeo. Ambos puntos se encuentran muy cercanos entre sí y localizados en el borde norte del acuífero del Torcal de Antequera.

Dado que el manantial de la Villa es el principal punto de descarga del acuífero, se puede conocer con relativa exactitud el estado cuantitativo global de la masa de agua mediante el control de dicha surgencia y del sondeo cercano. Por ello, no se considera necesario modificar la red de control.

### 3.5.33. LLANOS DE ANTEQUERA-VEGA DE ARCHIDONA (060.033)

#### 3.5.33.1. Estado químico

La red de control actualmente operativa en esta masa de agua subterránea consta de 4 puntos situados en su zona central (tabla 3.5.33.1.1 y figura 3.5.33).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
4	-	4	Mal estado	No	Sí	Sí	No

Tabla 3.5.33.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Llanos de Antequera-Vega de Archidona (060.033)

En esta masa de agua subterránea se han identificado cuatro acuíferos:

- ✓ Llanos de Antequera
- ✓ Llanos de Archidona
- ✓ Acuífero de la Magdalena
- ✓ Sierra de Humilladero

El seguimiento del estado químico del acuífero de la Sierra de Humilladero -compartido por las masas de agua subterránea Llanos de Antequera-Vega de Archidona y Fuente de Piedra-, debe realizarse preferentemente a través de esta última masa de agua, ya que tanto el actual punto de control como las tres captaciones de abastecimiento de este acuífero están situados dentro de ella; esto es, en la cara norte de la sierra (figura 3.5.33).

La red de control actualmente operativa en esta masa de agua subterránea no cubre el acuífero de los Llanos de Archidona ni el acuífero de la Magdalena.

El único humedal que podría considerarse dependiente de esta masa de agua subterránea es la laguna de Herrera, situada unos 9 km al norte de Antequera, si bien en la actualidad se encuentra en un estado muy alterado debido al drenaje a que está sometida mediante una serie de zanjas que la atraviesan.

Gran parte de esta masa de agua está incluida en la zona vulnerable de la "Vega de Antequera", dentro de la cual se localizan los 4 puntos de la red de control actual (figura 3.5.33).

La cola del embalse de Guadalhorce, declarada zona sensible, está comprendida dentro del ámbito de esta masa de agua subterránea (figura 3.5.33). Se trata de aguas superficiales, si bien parte de estas aguas, sobre todo durante los meses de estiaje, proceden en parte de la descarga del acuífero de la Vega de Antequera hacia el cauce del río Guadalhorce.

La propuesta de modificación de la red de seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea se presenta en la tabla 3.5.33.1.2, y consiste en la inclusión de 5 nuevos puntos de control, 2 de los cuales se consideran prioritarios.

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Acuífero Llanos de Archidona (al oeste de Archidona)	Sondeo Cooperativa La Purísima (privado)	374185	4107603	Acuífero sin ningún punto de control, con un importante desarrollo de la agricultura	Sí
		Sondeo Finca Corbera (privado)	374570	4108363		
2. Nuevo punto de control	Acuífero de la Magdalena (al suroeste de Antequera)	-	-	-	Acuífero sin ningún punto de control	No
3. Nuevo punto de control	Al norte de Antequera	SUIG000246	358861	4101685	Identificar posibles impactos originados por el núcleo urbano o la zona industrial de Antequera	No
		SUIG000387	361153	4099831		
		SUIG001435	359090	4101490		
		SUIG001436	361836	4100748		
4. Nuevo punto de control	Al oeste de Antequera (margen izquierda del río Guadalhorce)	Sondeo Cortijo de las Monjas (privado)	348709	4100426	Zona del acuífero sin cubrir por la red de control actual, incluida en la zona vulnerable, con cultivos de regadío y zona de descarga hacia el río Guadalhorce	Sí
		SUIG000625	352943	4101007		
5. Nuevo punto de control	Al oeste de Antequera (margen derecha del río Guadalhorce)	Sondeo Cortijo Buenavista (privado)	348.441	4100914	Zona del acuífero sin cubrir por la red de control actual, incluida en la zona vulnerable, con cultivos de regadío y zona de descarga hacia el río Guadalhorce	No
		SUIG000255	346932	4100725		
		SUIG000622	347515	4101546		
		SUIG001443	349025	4101622		

**Tabla 3.5.33.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Llanos de Antequera-Vega de Archidona (060.033)**

### 3.5.33.2. Estado cuantitativo

La red de control del estado cuantitativo está constituida por 8 estaciones de seguimiento, cuya distribución cubre la mayor parte de los Llanos de Antequera. Destacar que dos de estos puntos, codificados como P.06.33.001-S y P.06.33.002-S, se sitúan fuera de los límites de la masa de agua.

La propuesta de adecuación de la red de control consiste en la inclusión de estaciones de seguimiento para los acuíferos de la Vega de Archidona y la Magdalena, los cuales carecen de puntos de medida. En el acuífero de la Vega de Archidona se ha delimitado un área que cubre la mayor parte de los afloramientos cuaternarios, dentro de la cual habría que ubicar al menos un punto de medida del nivel piezométrico. En el inventario de puntos de agua disponible figuran varios sondeos, de los cuales, el más interesante desde un punto de vista hidrogeológico es el codificado como 1742-6-0021, pues dispone de un amplio registro de medidas. En el caso del acuífero de la Magdalena, lo más apropiado sería controlar el caudal del manantial de Santos Cristos (1642-8-0099), el cual drena las calcarenitas miocenas.



ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Vega de Archidona	1742-6-0021	372622	4104848	Sondeo	IGME
-	1642-8-0099	358818	4097616	Manantial	IGME

**Tabla 3.5.33.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Llanos de Antequera-Vega de Archidona (060.033)**

### 3.5.34. FUENTE DE PIEDRA (060.034)

#### 3.5.34.1. Estado químico

La red de seguimiento del estado químico está constituida por 3 puntos de control incluidos en el programa operativo (tabla 3.5.34.1.1).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	-	3	Mal estado	Sí	Sí	No	Sí

**Tabla 3.5.34.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Fuente de Piedra (060.034)**

En el ámbito de esta masa de agua subterránea se localizan las lagunas de Fuente de Piedra (que constituye, a su vez, la masa de agua superficial del mismo nombre) y la laguna de la Ratosa (figura 3.5.34), ambas protegidas bajo la figura de reserva natural. Tanto la laguna de Fuente de Piedra como la de la Ratosa reciben parte de su alimentación hídrica a partir de flujos subterráneos, por lo que deben considerarse humedales dependientes de las aguas subterráneas.

Prácticamente toda la masa de agua subterránea está incluida en la zona vulnerable a la contaminación por nitratos de la “Vega de Antequera”, dentro de la cual se localizan los tres puntos de la red de control actual (figura 3.5.34).

Las recomendaciones de adecuación y mejora de la red de control actual se presentan en la tabla 3.5.34.1.2.



PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Acuífero de la Sierra de Mollina (al norte de Mollina)	Sondeo Los Carvajales 1 (abastecimiento Humilladero)	350631	4115718	Acuífero sin ningún punto de control, cuyas aguas se destinan al abastecimiento humano	Sí
		Sondeo Los Carvajales 2 (abto. Humilladero)	350644	4115671		
		Sondeo El Olivo (abto. Mollina)	351018	4113314		
		Sondeo Santillán (abto. Mollina)	350811	4113027		
2. Nuevo punto de control	Al oeste de la laguna de Fuente de Piedra	SUIG000127	343027	4112226	Zona de alimentación a la laguna, incluida en la zona vulnerable y con desarrollo de agricultura	No
		SUIG000541	342700	4111097		
		SUIG000571	342320	4111815		
		SUIG000599	340852	4109838		
		SUIG001501	339189	4109408		

**Tabla 3.5.34.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Fuente de Piedra (060.034)**

### 3.5.34.2. Estado cuantitativo

La red de control del estado cuantitativo está constituida por 4 piezómetros operativos. Dos de ellos se ubican en los acuíferos carbonatados de las sierras de Mollina y Humilladero, mientras que los dos restantes controlan el acuífero detrítico central. Se propone incluir un punto adicional de medida del nivel piezométrico en el sector occidental del acuífero detrítico de Fuente Piedra, actualmente carente de control. Dentro de esta zona (figura 3.5.34), se podría recuperar el sondeo codificado como 1642-1-0024.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Sector occidental	1642-1-0024	338304	4110871	Sondeo	IGME

**Tabla 3.5.34.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Fuente de Piedra (060.034)**

## 3.5.35. SIERRA DE TEBA-ALMARGEN-CAMPILLOS (060.035)

### 3.5.35.1. Estado químico

En esta masa de agua subterránea se han identificado 3 acuíferos:

- ✓ Sierra de Teba-Peñarubia
- ✓ Llanos de Almargen
- ✓ Llanos de Campillos

Los dos puntos que constituyen la red de control de esta masa de agua subterránea se localizan en el acuífero de la Sierra de Teba-Peñarrubia (tabla 3.5.35.1.1 y figura 3.5.35).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
2	-	2	Mal estado	Sí	Sí	No	No

Tabla 3.5.35.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra de Teba-Almargen-Campillos (060.035)

Gran parte de la masa de agua está incluida en la zona vulnerable de “Cuenca del Embalse de Guadalteba”. Sólo uno de los dos puntos de control está incluido dentro de esta zona (figura 3.5.35).

Se propone la inclusión de dos nuevos puntos de control en la red de seguimiento del estado químico: uno en el acuífero de los Llanos de Almargen y otro en el de los Llanos de Campillos (tabla 3.5.35.1.2). Debido a la similitud de estos acuíferos, tanto en los materiales que los constituyen como en las presiones a las que están sometidos (ganadería porcina de tipo intensivo, principalmente), los resultados obtenidos del seguimiento de uno de ellos pueden considerarse representativos de ambos. Por este motivo, sólo se ha considerado prioritario el punto de control propuesto en los Llanos de Almargen, seleccionado de entre los dos acuíferos por ser el de mayor entidad y presentar continuidad hidrogeológica con el acuífero de la Sierra de Teba.

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Acuífero de los Llanos de Almargen (entre Almargen y Teba)	Sondeo Cooperativa de Teba (privado)	328877	4095725	Acuífero sin ningún punto de control, con un importante desarrollo de agricultura y, en parte, incluido en la zona vulnerable	Sí
2. Nuevo punto de control	Acuífero de los Llanos de Campillos	Pozo Granja La Capitanía (privado)	332876	4100904	Acuífero sin ningún punto de control, con un importante desarrollo de agricultura y, en parte, incluido en la zona vulnerable	No

Tabla 3.5.35.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Sierra de Teba-Almargen-Campillos (060.035)

### 3.5.35.2. Estado cuantitativo

La red de control consta de un punto de medida piezométrico y un manantial, en ambos casos, ubicados en los carbonatos de la Sierra de Teba. Los acuíferos detríticos cuaternarios de los Llanos de Campillos y Llanos de Almargen quedan, por tanto, sin control alguno. Consecuentemente se recomienda incluir al menos un punto de medida del nivel piezométrico por cada acuífero. Dentro de las zonas de interés delimitadas en la figura 3.5.35 no se dispone de información sobre sondeos existentes, por lo que, para completar la red de control, se considera necesario actualizar el inventario con objeto de identificar puntos representativos. En última instancia, se pueden construir 2 piezómetros nuevos.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Llanos de Almargen	Punto nuevo	-	-	Sondeo/piezómetro	-
Llanos de Campillos	Punto nuevo	-	-	Sondeo/piezómetro	-

Tabla 3.5.35.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Sierra de Teba-Almargen-Campillos (060.035)

### 3.5.36. SIERRA DEL VALLE DE ABDALAJÍS (060.036)

#### 3.5.36.1. Estado químico

La red de seguimiento del estado químico está constituida por 3 puntos de control (tabla 3.5.36.1.1).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	3	-	Buen estado	Sí	Sí	No	No

Tabla 3.5.36.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra del Valle de Abdalajís (060.036)

Un pequeño sector de la parte carbonatada de la masa de agua queda incluido en la zona vulnerable del “Bajo Guadalhorce” (figura 3.5.36).

Las masas de agua superficial Desfiladero de los Gaitanes (0614090A) y Embalse Tajo de la Encantada (0614090B), que atraviesan la masa de agua subterránea Sierra del Valle de Abdalajís (060.036) por su mitad occidental, probablemente reciban aportes subterráneos procedentes de las calizas y calcarenitas que constituyen el acuífero.

En el punto de control “Manantial Arroyo de la Ermita” -el más occidental de los tres- se ha detectado salinización en alguna de las muestras analizadas. Si esta situación continúa, dicho punto de control se podría sustituir por alguno de los dos pozos de abastecimiento de Álora (“Ermita 1” o “Ermita 2”), localizados en la misma zona (tabla 3.5.36.1.2). Por lo demás, la red de control actualmente operativa se considera adecuada, por lo que no se hace ninguna propuesta adicional.

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Sustitución del punto de control “manantial Arroyo de la Ermita”	Sector occidental de la masa	Pozo Ermita 1 (abastecimiento Álora)	341397	4087035	Posible salinización del “manantial Arroyo de la Ermita”	No
		Pozo Ermita 2 (abto. Álora)	341400	4087045		

Tabla 3.5.36.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Sierra del Valle de Abdalajís (060.036)



### 3.5.36.2. Estado cuantitativo

La red de control está constituida por 4 estaciones de seguimiento, localizadas fuera de los límites de la masa de agua. No obstante, la medida en dichos puntos se puede considerar representativa, a excepción del sondeo codificado como P.06.36.002-S, ya que en este caso, el flujo subterráneo procede de los materiales triásicos localizados al norte. Se recomienda incluir el manantial 1643-3-0007, cercano a la población del Valle de Abdalajís, el cual drena los compartimentos orientales del acuífero carbonatado.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
-	1643-3-0007	350054	4089735	Manantial	IGME

Tabla 3.5.36.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Sierra del Valle de Abdalajís (060.036)

### 3.5.37. BAJO GUADALHORCE (060.037)

#### 3.5.37.1. Estado químico

La red de seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea está constituida por 7 sondeos, todos ellos situados en el acuífero aluvial excepto uno, emplazado sobre las arenas y piedemontes pliocenos y pliocuaternarios (tabla 3.5.37.1.1 y figura 3.5.37).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
7	-	7	Mal estado	Sí	Sí	No	Sí

Tabla 3.5.37.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Bajo Guadalhorce (060.037)

En esta masa de agua subterránea se pueden reconocer hasta 7 acuíferos distintos:

- ✓ Acuífero aluvial cuaternario
- ✓ Acuífero profundo plioceno
- ✓ Hacho de Álora
- ✓ Hacho de Pizarra
- ✓ Mioceno de El Romeral
- ✓ Sierra Llana
- ✓ Intercalaciones arenosas del Plioceno

El más importante de todos es el acuífero aluvial cuaternario; el resto presenta una importancia secundaria respecto a éste.

Prácticamente toda la masa de agua está incluida en la zona vulnerable del “Bajo Guadalhorce”, dentro de la cual se sitúan los 7 puntos de la red de control (figura 3.5.37).

En el ámbito de esta masa de agua subterránea se han identificado varios humedales:

- ✓ Laguna de Los Prados
- ✓ Lagunas de la Desembocadura del río Guadalhorce

Sobre todo en el caso de las lagunas de la Desembocadura del río Guadalhorce (algo menos en el caso de la laguna de Los Prados), puede considerarse que su permanencia depende de los aportes subterráneos procedentes del acuífero.

Se propone la inclusión de 5 nuevos puntos de control en la red de seguimiento del estado químico de esta masa de agua, si bien ninguno de ellos se considera prioritario (tabla 3.5.37.1.2).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Acuífero del Hacho de Álora (al oeste de Álora)	Fuente de la Higuera	347560	4078129	Acuífero sin ningún punto de control, incluido además en la zona vulnerable	No
2. Nuevo punto de control	Acuífero del Hacho de Pizarra (al este de Pizarra)	Galería Calderón (abastecimiento Pizarra)	347855	4072544	Acuífero sin ningún punto de control, incluido además en la zona vulnerable	No
		Sondeo Ermita I (abto. Pizarra)	348122	4072029		
		Sondeo Ermita II (abto. Pizarra)	348243	4071952		
3. Nuevo punto de control	Acuífero del Mioceno de El Romeral (al norte de Alhaurín de la Torre)	Sondeo Romeral (abastecimiento Alhaurín de la Torre)	359602	4061080	Acuífero sin ningún punto de control, incluido además en la zona vulnerable	No
		Sondeo Torrealquería I (abto. Alhaurín de la Torre)	358529	4061178		
		Sondeo Torrealquería II (abto. Alhaurín de la Torre)	357908	4061881		
4. Nuevo punto de control	Desembocadura del río Guadalhorce	Piezómetro	369407	4059903	Control de la intrusión marina y del agua que alimenta las lagunas	No
		Sondeo La Isla	368887	4060253		
5. Nuevo punto de control	Al este de Cártama	SUIG000249	358044	4065583	Amplio sector del acuífero sin ningún punto de control, con un desarrollo importante de la agricultura de regadío, e incluida en la zona vulnerable	No
		SUIG000386	358817	4065381		
		SUIG000406	356422	4065925		
		SUIG000391	360702	4063873		
		SUIG000282	361275	4063089		
		SUIG000338	362824	4063038		
		SUIG000382	361619	4062794		
		SUIG000668	362103	4063492		
		SUIG000252	362594	4062140		

Tabla 3.5.37.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Bajo Guadalhorce (060.037)

### 3.5.37.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea del Bajo Guadalhorce presenta una extensa red de puntos de control piezométrico, 26 en total, cuya distribución se concentra principalmente en el acuífero detrítico aluvial del Cuaternario y, en menor medida, en el acuífero plioceno. De este modo, no se considera necesario proponer ninguna mejora en la red de control actual.

## 3.5.38. SIERRA DE MIJAS (060.038)

### 3.5.38.1. Estado químico

La red de control del estado químico de esta masa de agua está constituida por 3 sondeos situados en la vertiente meridional de la sierra (tabla 3.5.38.1.1 y figura 3.5.38).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	-	3	Buen estado	Sí	Sí	No	No

Tabla 3.5.38.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra de Mijas (060.038)

Una parte de la vertiente norte de esta masa de agua está incluida en la zona vulnerable del “Bajo Guadalhorce” (figura 3.5.38).

La red de control actualmente operativa en esta masa de agua subterránea se considera adecuada y, por tanto, no se hace ninguna propuesta de adecuación o mejora. No obstante, cabe la posibilidad de que los 3 sondeos que constituyen la red de control, actualmente incluidos en el programa operativo, sean transferidos al programa de control de vigilancia, ya que esta masa de agua subterránea se ha definido en buen estado químico (tablas 3.5.38.1.1 y 3.5.38.1.2).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Cambio del programa operativo al programa de vigilancia	Los tres puntos de la red de control actualmente operativa	-	-	-	Masa de agua definida en buen estado químico	No

Tabla 3.5.38.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Sierra de Mijas (060.038)

### 3.5.38.2. Estado cuantitativo

La red de control del estado cuantitativo está constituida por 25 piezómetros operativos, situados mayoritariamente en la periferia de los relieves carbonatados de la Sierra de Mijas. Dado el elevado número de puntos, así como su correcta ubicación dentro del acuífero, no se considera necesario incluir puntos adicionales a la red de control.

### 3.5.39. RÍO FUENGIROLA (060.039)

#### 3.5.39.1. Estado químico

La red de control está constituida por 3 puntos: un pozo y dos sondeos (tabla 3.5.39.1.1 y figura 3.5.39).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	-	3	Mal estado	Sí	Sí	No	No

Tabla 3.5.39.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Río Fuengirola (060.039)

Prácticamente la totalidad de esta masa de agua está incluida en la zona vulnerable del “Río Fuengirola”, dentro de la cual se localizan los 3 puntos de la red de control (figura 3.5.39).

Se considera que la red de control actual es adecuada, motivo por el cual no se hace ninguna propuesta de mejora.

#### 3.5.39.2. Estado cuantitativo

La masa cuenta con 3 piezómetros de control del estado cuantitativo, localizados en el aluvial del Río Fuengirola, cerca de su desembocadura.

Se recomienda incluir algunos puntos adicionales en las zonas carentes de control. Así, se podría añadir un sondeo en la zona de Arroyo Real, al este de la masa de agua (figura 3.5.39), como por ejemplo el codificado como 1645-7-0233. Por otro lado, hacia el oeste, en el acuífero aluvial, se recomienda incluir otro sondeo; por ejemplo el codificado como 1645-7-0136.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Arroyo Real	1645-7-0233	355221	4046323	Sondeo	IGME
Aluvial occidental	1645-7-0136	350098	4046081	Sondeo	IGME

Tabla 3.5.39.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Río Fuengirola (060.039)

### 3.5.40. MARBELLA-ESTEPONA (060.040)

#### 3.5.40.1. Estado químico

Esta masa de agua subterránea cuenta con 5 puntos de control para el seguimiento de su estado químico (tabla 3.5.40.1.1). Todos ellos se localizan en el sector costero, emplazados sobre materiales cuaternarios y pliocenos (figura 3.5.40).



Unión Europea

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
5	-	5	Mal estado	Sí	Sí	No	No

**Tabla 3.5.40.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Marbella-Estepona (060.040)**

Un pequeño sector de la masa de agua (en su extremo oriental) quedaría incluido dentro de la zona vulnerable del “Río Fuengirola”.

La red de seguimiento del estado químico de esta masa de agua se considera adecuada, por lo que no se hace ninguna recomendación.

#### 3.5.40.2. Estado cuantitativo

La red de control del estado cuantitativo está constituida por 15 puntos de medida del nivel piezométrico, localizados a lo largo de los acuíferos plioceno y cuaternario. Los sondeos de control cubren la mayor parte de las formaciones acuíferas identificadas en esta masa de agua, por lo que no se considera necesario realizar cambios en la red de seguimiento.

### 3.5.41. SIERRA DE CAÑETE SUR (060.041)

#### 3.5.41.1. Estado químico

El seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea se realiza a través de un manantial y un sondeo (tabla 3.5.41.1.1 y figura 3.5.41).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
2	2	-	Buen estado	Sí	Sí	No	No

**Tabla 3.5.41.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra de Cañete Sur (060.041)**

Parte del sector septentrional de la masa de agua está incluida en la zona vulnerable a la contaminación por nitratos de la “Cuenca del Embalse de Guadalteba”.

La masa de agua subterránea Sierra de Cañete Sur (060.041) incluye total o parcialmente 7 de los compartimentos hidrogeológicos identificados en el “Estudio hidrogeológico de la sierra de Cañete (Málaga)”, elaborado por la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía (2002): compartimentos de Almargen, La Nina, Valparaíso, Canaleja, Berrillo-Fuencaliente, Sierra de Viján y Fuentepeones.

De estos 7 compartimentos, los de Valparaíso, Canaleja y Sierra de Viján tienen una extensión muy reducida, y los de Almargen y Berrillo-Fuencaliente están controlados por medio de la red de seguimiento actual. Ello reduce a 2 el número de compartimentos en los que sería necesario incluir algún punto de control: La Nina y Fuentepeones (tabla 3.5.41.1.2).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Compartimento de Fuentepeones (al norte de Cuevas del Becerro)	Manantial Fuente Peones (abastecimiento Cañete la Real)	318189	4087208	Controlar el compartimento de Fuentepeones, cuyas aguas se destinan al abastecimiento humano	No
		Sondeo Fuente Peones (abto. Cañete la Real)	318090	4087148		
2. Nuevo punto de control	Compartimento de La Nina (al nordeste de Cañete la Real)	Sondeo Niña Alta (abto. Teba)	322728	4095004	Controlar el compartimento de La Nina, cuyas aguas se destinan al abastecimiento humano	No

**Tabla 3.5.41.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Sierra de Cañete Sur (060.041)**

### 3.5.41.2. Estado cuantitativo

Actualmente la masa de agua subterránea de Sierra de Cañete Sur cuenta con 2 puntos de control. Sin embargo estos puntos no son representativos de esta masa de agua, sino de la de Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla (060.043), por lo que se considera necesario incluir varios sondeos y/o manantiales para lograr un control del estado cuantitativo medianamente aceptable.

Se recomienda la asignación de al menos un punto de medida para los compartimentos acuíferos más extensos, esto es, Almargen, Fuentepeones y Berrillo-Fuencaliente. En el compartimento de Almargen se debería controlar el caudal de los manantiales de Majavea y Majaborrego (códigos 1543-2-0001 y 1543-2-0002), aunque ambos se localizan fuera de la masa y, en el caso del manantial de Majavea, incluso fuera de la demarcación. Por otra parte, para el compartimento de Fuentepeones se recomienda controlar el manantial del mismo nombre (A70000145) y, por último, en el compartimento de Berrillo-Fuencaliente, el manantial del Berrillo (A7000080).

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
-	Majavea (1543-2-0001)	318128	4096340	Manantial	IGME
-	Majaborrego (1543-2-0002)	319453	4096280	Manantial	IGME
-	Fuentepeones (A70000145)	318189	4087208	Manantial	AAA
-	El Berrillo (A7000080)	318747	4089830	Manantial	AAA

**Tabla 3.5.41.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Sierra de Cañete Sur (060.041)**

### 3.5.42. DEPRESIÓN DE RONDA (060.042)

#### 3.5.42.1. Estado químico

En el ámbito de la masa de agua subterránea se localizan dos puntos de control del estado químico: un sondeo, codificado como 1544-1-0162, y el manantial de la Ventilla (código 1544-2-0003; figura 3.5.42). Este último, sin embargo, no drena las calcarenitas miocenas identificadas en la masa de agua subterránea Depresión de Ronda (060.042), sino las calizas y dolomías de la masa de agua subterránea Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla (060.043), situada al este. Por consiguiente, la red de seguimiento del estado químico de la masa de agua subterránea Depresión de Ronda (060.042) estaría constituida por un único punto de control: el sondeo 1544-1-0162 (tabla 3.5.42.1.1).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
1	1	-	Buen estado	Sí	No	No	Sí

Tabla 3.5.42.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Depresión de Ronda (060.042)

De acuerdo con los datos de balance hidrológico estimados en el marco del presente trabajo, la masa de agua subterránea Depresión de Ronda (060.042) descarga un promedio de 7,6 hm<sup>3</sup>/año hacia la masa de agua superficial Cabecera Guadiaro (0612010B). Por tanto, esta última puede ser considerada una masa de agua superficial asociada a las aguas subterráneas.

Se propone que la red de seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea se amplíe con la inclusión de 3 nuevos puntos de control, 2 de los cuales se consideran prioritarios (tabla 3.5.42.1.2).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Dos nuevos puntos de control	Entre Ronda y Arriate (margen izquierda del río Guadalquivir)	SUIG000567	307057	4072077	Zona del acuífero sin controlar, que alimenta a la masa de agua superficial Cabecera Guadiaro, y que tiene captaciones destinadas al abastecimiento humano	Sí
		SUIG000569	309080	4071820		
		SUIG000833	308050	4072825		
		SUIG001037	307674	4070929		
		Manantial Huerta María Nieves (abastecimiento Arriate)	310138	4074960		
		Sondeo Ayuntamiento (abto. Arriate)	309331	4074520		
		Sondeo Báscula (abto. Arriate)	309582	4075240		
		Sondeo Cintado (abto. Arriate)	309969	4074770		
		Sondeo Los Caserones (abto. Arriate)	309961	4075390		
		Sondeo María Nieves (abto. Arriate)	310036	4074970		
		Sondeo UR14 (abto. Arriate)	310296	4075240		

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
2. Nuevo punto de control	Al suroeste de Arriate (margen derecha del río Guadalquivir)	SUIG000114	306937	4072827	Zona del acuífero sin controlar, que alimenta a la masa de agua superficial Cabecera Guadiaro	No
		SUIG000120	303755	4071780		

**Tabla 3.5.42.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Depresión de Ronda (060.042)**

### 3.5.42.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea carece de puntos de control del estado cuantitativo, por lo que se considera necesario incluir al menos dos estaciones. En la figura 3.5.42 se han delimitado las zonas de interés hidrogeológico, en las cuales ubicar los respectivos puntos de control.

Según los datos disponibles, en la zona oriental existen sondeos previos pertenecientes a la red del IGME, de los cuales se podría incluir el codificado como 1544-1-0162. En el sector central, el único sondeo del cual se tiene información es el 1544-1-0150, pero los últimos datos disponibles son relativamente antiguos, por lo que habría que verificar su estado actual.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Sector oriental	1544-1-0162	312077	4071609	Sondeo	IGME
Sector central	1544-1-0150	306778	4071537	Sondeo	IGME

**Tabla 3.5.42.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Depresión de Ronda (060.042)**

## 3.5.43. SIERRA HIDALGA-MERINOS-BLANQUILLA (060.043)

### 3.5.43.1. Estado químico

La red de control del estado químico de esta masa de agua subterránea está constituida por tres manantiales, todos ellos situados fuera de masa (tabla 3.5.43.1.1 y figura 3.5.43): dos (manantiales Hierbabuena y Cañamero, codificados como C.06.43.001-B y 1544-3-003) en zonas no catalogadas como masa de agua subterránea, y el otro (manantial de la Ventilla, codificado como 1544-2-0003) en el interior del polígono que define la masa de agua subterránea 060.042 (Depresión de Ronda), motivo por el cual aparece incluido en la red de control de esta masa de agua en la tabla 3.3.1.1. Los recursos hídricos de dos de estos manantiales se destinan al abastecimiento de la población asentada en las proximidades.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	3	-	Buen estado	Sí	Sí	No	Sí

**Tabla 3.5.43.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla (060.043)**



**Unión Europea**

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



Los manantiales a través de los cuales se produce la descarga de los acuíferos identificados en la masa de agua subterránea constituyen el flujo de base de las masas de agua superficial Serrato (0614040A), Medio Guadalteba (0614040B) y Alto Turón (0614070A).

Se propone que en la red de seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea se incluya el manantial El Nacimiento (tabla 3.5.43.1.2).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Zona de descarga de Cuevas del Becerro	Manantial El Nacimiento (abastecimiento Cuevas del Becerro)	317922	4082770	Es uno de los principales puntos de descarga del acuífero, en concreto del compartimento de los Llanos de Carrasco, y se utiliza para abastecimiento humano	No

Tabla 3.5.43.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla (060.043)

### 3.5.43.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea dispone de 5 puntos de control (4 piezómetros y 1 manantial), aunque su ubicación caracteriza tan sólo la parte septentrional de la masa. Existen dos puntos de control adicionales, P.06.43.005-S (piezómetro) y H.06.43.001-B (manantial de Serrato), cuya asignación, según la información disponible, corresponde a la masa de agua 060.041 (Sierra de Cañete Sur), si bien la codificación de estos puntos hace intuir que son representativos de la masa de agua actual.

Por otro lado, en el sector sur de la masa de agua no se ha identificado ningún punto de control, por lo que se propone incluir alguno de los manantiales que surgen en torno al cauce del río de El Burgo, por ejemplo el manantial de Hierbabuena (1544-3-0003).

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
-	1544-3-0003	322024	4071790	Manantial	IGME

Tabla 3.5.43.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla (060.043)

## 3.5.44. SIERRA DE LÍBAR (060.044)

### 3.5.44.1. Estado químico

La red de seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea está constituida por dos sondeos situados en el tercio septentrional (figura 3.5.44), ambos incluidos en el programa de vigilancia (tabla 3.5.44.1.1). De confirmarse el mal estado químico de esta masa de agua subterránea, los dos puntos de control deberían incluirse en el programa de control operativo.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
2	2	-	Mal estado	Sí	No	No	No

**Tabla 3.5.44.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra de Líbar (060.044)**

Los principales puntos de descarga del acuífero de la Sierra de Líbar son:

- ✓ Charco del Moro
- ✓ Cueva del Gato
- ✓ Manantial de Benaoján
- ✓ Manantial de Jimera de Líbar

El manantial del Charco del Moro presenta dificultad a la hora de muestrear ya que descarga directamente en el cauce del río Guadiaro, y el manantial de la Cueva del Gato presenta el inconveniente de que sus aguas proceden en parte de la infiltración del río Gaduares. Cerca del manantial de Benaoján se sitúa uno de los puntos de control de la red actual (figura 3.5.44).

Por lo tanto, se propone la inclusión del manantial de Jimera de Líbar en la red de seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea (tabla 3.5.44.1.2). Además, de confirmarse su mal estado químico, sería necesario transferir todos sus puntos de control del programa de vigilancia al programa operativo.

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Al norte de Jimera de Líbar	Manantial de Jimera de Líbar	296198	4060317	Es uno de los principales puntos de descarga del acuífero	Sí
2. Cambio del programa de vigilancia al programa operativo	Todos los puntos de control de esta masa de agua	-	-	-	Masa de agua definida en mal estado químico	Sí

**Tabla 3.5.44.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Sierra de Líbar (060.044)**

### 3.5.44.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea de Sierra de Líbar dispone en la actualidad de tres puntos de control del estado cuantitativo, concretamente 2 piezómetros y un manantial. Se considera que la red de control es representativa, por lo que no se proponen cambios.

## 3.5.45. SIERRA DE JARASTEPAR (060.045)

### 3.5.45.1. Estado químico

La red de control actual está constituida por un sondeo y un manantial, ambos situados fuera de los límites de la masa de agua (tabla 3.5.45.1.1 y figura 3.5.45).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
2	2	-	Buen estado	Sí	No	No	No

**Tabla 3.5.45.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra de Jarastepar (060.045)**

Los principales puntos de descarga 'visibles' de este acuífero, puesto que parte de la descarga se realiza de modo subterráneo hacia el cauce del río Guadiaro, son los siguientes (obtenido del Atlas hidrogeológico de la provincia de Málaga, 2007):

- ✓ Manantial de Júzcar (caudal medio de 195 l/s)
- ✓ Manantial de Alpandreire (20 l/s, incluido ya en la red de control)
- ✓ Manantial Charco del Faraján (16 l/s)

Se recomienda que el manantial de Júzcar pase a formar parte de la red de seguimiento del estado químico de la masa de agua subterránea.

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Al norte de Júzcar	Manantial de Júzcar	305735	4055948	Es el principal punto de descarga visible del acuífero	Sí

**Tabla 3.5.45.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Sierra de Jarastepar (060.045)**

### 3.5.45.2. Estado cuantitativo

Actualmente en esta masa de agua subterránea no se tiene constancia de la presencia de puntos de control del estado cuantitativo. Así, se considera necesario incluir algunos de los principales puntos de descarga del acuífero como, por ejemplo, el manantial de Júzcar (1545-1-0004, fuera de masa), situado al sur de la Sierra de Jarastepar.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
-	1545-1-0004	305909	4055870	Manantial	IGME

**Tabla 3.5.45.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Sierra de Jarastepar (060.045)**

## 3.5.46. SIERRA DE LAS NIEVES-PIETA (060.046)

### 3.5.46.1. Estado químico

La red de control de la masa de agua subterránea está constituida por dos manantiales y un sondeo incluidos en el programa de control de vigilancia (tabla 3.5.46.1.1). De confirmarse el mal estado químico de esta masa de agua subterránea, los tres puntos de control deberían incluirse en el programa de control operativo.



RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	3	-	Mal estado	Sí	Sí	No	No

**Tabla 3.5.46.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra de las Nieves-Prieta (060.046)**

Una parte de los sectores septentrional y central de la masa de agua, coincidentes con las zonas de mayor desarrollo agrícola, están incluidos en la zona vulnerable del “Bajo Guadalhorce” (figura 3.5.46).

La propuesta de adecuación y mejora de la red de seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea se presenta en la tabla 3.5.46.1.2.

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Entre Yunquera y Alozaina	Manantial Jorox (abastecimiento Alozaina)	331447	4067300	Es el principal punto de descarga del sistema Prieta-Bonela-Alcaparain	No
2. Cambio del programa de vigilancia al programa operativo	Todos los puntos de control de esta masa de agua	-	-	-	Masa de agua definida en mal estado químico	Sí

**Tabla 3.5.46.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Sierra de las Nieves-Prieta (060.046)**

### 3.5.46.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea dispone de un total de 10 puntos de control (2 manantiales y 8 sondeos) repartidos homogéneamente a lo largo de todo el borde sureste de la Sierra de las Nieves, sector por el cual tiene lugar la descarga natural del acuífero. Si bien no se considera prioritario añadir nuevos puntos de control a la red existente, sería necesario revisar la localización del punto piezométrico P.06.46.005-S, ya que con las coordenadas actuales aparece desplazado varios kilómetros hacia el este, sobre unas elevaciones peridotíticas.

## 3.5.47. GUADIARO-GENAL-HOZGARGANTA (060.047)

### 3.5.47.1. Estado químico

La red de control de esta masa de agua subterránea está constituida por 3 puntos (tabla 3.5.47.1.1).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	-	3	Mal estado	Sí	Sí	No	No

**Tabla 3.5.47.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Guadiaro-Genal-Hozgarganta (060.047)**



**Unión Europea**

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



Un área representativa de la masa de agua queda incluida en la zona vulnerable a la contaminación por nitratos del “Guadiaro-Genal-Hozgarganta”, dentro de la cual se localizan los 3 puntos de la red de control actual (figura 3.5.47).

En esta masa de agua subterránea se han identificado varios acuíferos:

- ✓ Aluvial de los ríos Guadiaro y Hozgarganta
- ✓ Plioceno de Sotogrande
- ✓ Acuífero carbonatado de las sierras Benadalid-Algatocín
- ✓ Acuífero carbonatado de la Sierra de Gaucín

Los acuíferos carbonatados de Benadalid-Algatocín y Gaucín presentan escasa extensión (5,5 y 1,3 km<sup>2</sup>, respectivamente) y su importancia es menor respecto a los acuíferos aluvial y plioceno: sus recursos totalizan 2,5 hm<sup>3</sup>/año frente a los 5 y 16,5 hm<sup>3</sup>/año de los acuíferos plioceno y aluvial, respectivamente (datos tomados del Atlas hidrogeológico de la provincia de Málaga, 2007).

La red de control actualmente operativa en esta masa de agua subterránea se considera adecuada, por lo que no se hace ninguna propuesta de adecuación o mejora.

#### 3.5.47.2. Estado cuantitativo

Actualmente existen 6 piezómetros de control operativos, emplazados en su mayoría sobre el aluvial del río Guadiaro, en las cercanías de su desembocadura, lugar donde el acuífero cuaternario alcanza su mayor desarrollo. Asimismo no existen puntos de control en el resto de la masa, aunque dada la escasa importancia del resto de formaciones acuíferas, no se considera necesario incluir ninguna estación de seguimiento adicional.

### 3.5.48. DOLOMIÁS DE RONDA (060.048)

#### 3.5.48.1. Estado químico

La red de seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea está constituida por 3 sondeos situados en la zona central de la masa (tabla 3.5.48.1.1 y figura 3.5.48).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	3	-	Buen estado	Sí	No	No	No

Tabla 3.5.48.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Dolomías de Ronda (060.048)

Los tres puntos de la red de control actual se consideran suficientes y representativos, por lo que no se hace ninguna propuesta de adecuación o mejora.

#### 3.5.48.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea cuenta con un piezómetro de control, ubicado en el cuadrante nororiental del afloramiento de dolomías triásicas. En principio se considera que no es necesario incluir más piezómetros ya que la superficie del acuífero es pequeña. Sin embargo, se podría controlar el manantial

de la Mina (1544-5-0004), el cual, aunque se encuentra fuera de la masa de agua, constituye el punto de descarga más importante del acuífero principal.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
-	1544-5-0004	306909	4068462	Manantial	IGME

**Tabla 3.5.48.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Dolomías de Ronda (060.048)**

### 3.5.49. GUADARRANQUE-PALMONES (060.049)

#### 3.5.49.1. Estado químico

Esta masa de agua subterránea, constituida por los depósitos aluviales cuaternarios de los ríos Guadarranque y Palmones y por diversos afloramientos de arenas pliocenas, consta de 3 sondeos para el seguimiento de su estado químico, todos ellos incluidos en el programa de control de vigilancia (tabla 3.5.49.1.1). De confirmarse el mal estado químico de esta masa, estos tres puntos de control deberían incluirse en el programa de control operativo.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	3	-	Mal estado	No	Sí	No	Sí

**Tabla 3.5.49.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Guadarranque-Palmones (060.049)**

Parte del extremo nororiental de la masa de agua queda comprendido dentro de la zona vulnerable de “Guadiaro-Genal-Hozgarganta” (figura 3.5.49).

Son varias las masas de agua superficial que atraviesan la poligonal que define esta masa de agua subterránea: La Madre Vieja (0611120), Medio y Bajo Guadarranque (061110Z), Estuario del Guadarranque (610027), Guadacortes (0611060), Bajo Palmones (0611050) y Marismas del Palmones (610029), las cuales reciben, en mayor o menor medida, aportes hídricos procedentes del acuífero.

Se propone la inclusión de un nuevo punto de control localizado en la zona del acuífero situada entre las localidades de San Roque y Los Barrios (tabla 3.5.49.1.2 y figura 3.5.49).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Al oeste de San Roque	SUIG000084	283381	4009623	Zona de la masa de agua sin cubrir por la red de control actual, sometida a presiones urbanas e industriales	No
		SUIG000087	282830	4009326		
		SUIG000135	284030	4009570		
		SUIG000085	281096	4012040		
2. Cambio del programa de vigilancia al programa operativo	Todos los puntos de control de esta masa de agua	-	-	-	Masa de agua definida en mal estado químico	Sí

Tabla 3.5.49.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Guadarranque-Palmones (060.049)

### 3.5.49.2. Estado cuantitativo

La red de control de la masa de agua subterránea de Guadarranque-Palmones cuenta con 12 sondeos, emplazados mayoritariamente sobre el cuaternario aluvial y calcarenitas del Plioceno. Se distribuyen de manera más o menos homogénea, a excepción del sector más próximo a la desembocadura del río, lugar en el que no se han identificado puntos de control. En consecuencia, la propuesta de adecuación o mejora contempla la inclusión de, al menos, un sondeo dentro de la zona delimitada (figura 3.5.49). Por último, sería recomendable eliminar de la red de control el sondeo codificado como P.06.50.001-S, actualmente asignado a la masa de agua Guadarranque-Palmones (060.049), ya que su posición geográfica dista varios kilómetros de ésta y además controla un acuífero desconectado hidráulicamente.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Sector desembocadura	Punto nuevo	-	-	Sondeo/Piezómetro	-

Tabla 3.5.49.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Guadarranque-Palmones (060.049)

## 3.5.50. SIERRA DE LOS FILABRES (060.050)

### 3.5.50.1. Estado químico

El seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea se realiza por medio de 2 puntos de control (tabla 3.5.50.1.1).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
2	2	-	Buen estado	Sí	No	No	No

Tabla 3.5.50.1.1. Red de control actual y otras características de la masa de agua subterránea Sierra de los Filabres (060.050)

La masa de agua subterránea Sierra de Los Filabres (060.050) está constituida por un conjunto de afloramientos carbonatados triásicos pertenecientes a los complejos Alpujárride y Nevado-Filábride, que descansan sobre un sustrato permo-triásico de baja permeabilidad. Según la comunicación “Consideraciones sobre la hidrogeología de la cuenca del río Almanzora (SE peninsular)”, de Vallejos-Izquierdo et al. (1994), prácticamente cada afloramiento carbonatado dispone de uno o más puntos de surgencia, el más importante de los cuales es el manantial de Lár, con un caudal medio superior a 50 l/s. De acuerdo con su posición, uno de los dos puntos de control de esta masa de agua subterránea debe corresponder a dicho manantial.

Teniendo en cuenta que el principal punto de descarga de este acuífero ya está incluido en la red de control, que prácticamente cada afloramiento dispone de sus propios puntos de descarga, y que la ausencia de presiones sobre todos ellos permite que el resultado de la evaluación del estado químico a partir de los dos puntos de control actuales sea extrapolable a toda la masa de agua, se considera adecuado no incluir ningún punto de control adicional.

### 3.5.50.2. Estado cuantitativo

Actualmente la masa de agua subterránea no cuenta con una red para el control del estado cuantitativo. En la práctica es complicado establecer una red de medida representativa y eficiente, puesto que dicha masa se compone de múltiples compartimentos hidrogeológicos, de escasa entidad y en muchos casos desconectados entre sí. Tampoco se dispone de información suficiente acerca de sondeos existentes en la masa de agua. Por esta razón, se propone controlar directamente aquellos manantiales que forman parte de la red de abastecimiento urbano.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
-	A70000133	548906	4132881	Manantial	AAA
-	A70000222	549706	4128208	Manantial	AAA

**Tabla 3.5.50.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Sierra de los Filabres (060.050)**

## 3.5.51. MACAEL (060.051)

### 3.5.51.1. Estado químico

La red de seguimiento del estado químico de la masa de agua subterránea, definida sobre rocas carbonatadas triásicas adscritas a los complejos Alpujárride y Nevado-Filábride, está constituida por dos sondeos incluidos en el programa de control operativo (tabla 3.5.51.1.1 y figura 3.5.51). De confirmarse el buen estado químico de esta masa de agua subterránea, los dos puntos deberían incluirse en el programa de control de vigilancia.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
2	-	2	Buen estado	Sí	No	No	No

**Tabla 3.5.51.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Macael (060.051)**

La red de control actual se considera adecuada, por lo que no se hace ninguna recomendación adicional. No obstante se propone que, de confirmarse el buen estado químico de esta masa de agua subterránea, sus puntos de control se asignen al programa de vigilancia (tabla 3.5.51.1.2).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Cambio del programa operativo al programa de vigilancia	Todos los puntos de control de esta masa de agua	-	-	-	Masa de agua definida en buen estado químico	Sí

**Tabla 3.5.51.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Macael (060.051)**

### 3.5.51.2. Estado cuantitativo

Actualmente la masa de agua no cuenta con una red para el control de su estado cuantitativo. Al igual que ocurre en la masa de agua subterránea de Sierra de los Filabres, la extrema compartimentación de los acuíferos existentes dificulta en gran medida el diseño de la red de control representativa para el conjunto de la masa. Asimismo, no se dispone de información suficiente acerca de sondeos o manantiales relevantes, por lo que la propuesta de mejora consiste en la construcción de un nuevo sondeo, emplazado en el sector suroriental de la masa de agua. Con ello se podría controlar el estado cuantitativo relativo al compartimento hidrogeológico de mayor entidad identificado en esta masa (figura 3.5.51).

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Sector Suroriental	Punto nuevo	-	-	Sondeo/piezómetro	-

**Tabla 3.5.51.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Macael (060.051)**

## 3.5.52. SIERRA DE ALMAGRO (060.052)

### 3.5.52.1. Estado químico

Actualmente la masa de agua subterránea Sierra de Almagro (060.052) no cuenta con ningún punto de control para llevar a cabo el seguimiento de su estado químico (tabla 3.5.52.1.1 y figura 3.5.52).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
-	-	-	Buen estado	No	Sí	No	No

**Tabla 3.5.52.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra de Almagro (060.052)**

Esta masa de agua está constituida principalmente por calizas y dolomías triásicas, junto con algunos afloramientos permeables de edad Mioceno superior y Cuaternario.

El sector noroeste de la masa está incluido en la zona vulnerable del “Valle del Almanzora”. En el ámbito de la masa de agua no se ha identificado ninguna captación cuyos recursos se destinen al abastecimiento humano, ningún punto de control de la red histórica ni ninguno correspondiente a la red de control piezométrico (figura 3.5.52). Este hecho dificulta la elección de puntos de control representativos para realizar el seguimiento del estado químico de la masa de agua subterránea.

Se considera necesario identificar al menos un punto de control representativo de esta masa de agua subterránea (manantial o sondeo) que permita realizar el seguimiento de su estado químico (tabla 3.5.52.1.2). Dada la escasez de información recogida en las bases de datos y documentos disponibles, dicha identificación deberá obtenerse mediante el reconocimiento ‘in situ’ de la zona. Este nuevo punto de control se asignará al programa de control de vigilancia.

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Toda la masa de agua	-	-	-	Incluir al menos un punto de control en el interior de esta masa de agua subterránea	Sí

**Tabla 3.5.52.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Sierra de Almagro (060.052)**

### 3.5.52.2. Estado cuantitativo

Actualmente la masa de agua no cuenta con una red para el control de su estado cuantitativo y, al igual que sucede en otras masas, existe una fuerte compartimentación del acuífero lo cual dificulta el establecimiento de una red de control representativa para el conjunto de la masa. Tampoco se dispone de información suficiente en relación con sondeos o manantiales existentes, por lo que en principio se propone el emplazamiento de, al menos, un sondeo nuevo, preferentemente en el borde norte, dentro del área delimitada en la figura 3.5.52.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Borde norte	Punto nuevo	-	-	Sondeo/piezómetro	-

**Tabla 3.5.52.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Sierra de Almagro (060.052)**

## 3.5.53. PUERTO DE LA VIRGEN (060.053)

### 3.5.53.1. Estado químico

La masa de agua subterránea se ha definido sobre materiales de baja permeabilidad pertenecientes al Complejo Nevado-Filábride, fundamentalmente micasquistos, gneises y cuarcitas, aunque también se reconocen algunos afloramientos de rocas carbonatadas. La red de seguimiento del estado químico está constituida por 3 sondeos y 1 manantial (tabla 3.5.53.1.1 y figura 3.5.53). Esta red de control se considera adecuada y, por consiguiente, no se propone ninguna modificación o mejora. No obstante, sería recomendable comprobar la representatividad del manantial Mina Nueva (código 410022) puesto que, dada su localización, es dudoso que sus aguas procedan de las formaciones acuíferas identificadas en esta masa de agua subterránea (figura 3.5.53).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
4	4	-	Buen estado	Sí	No	No	No

Tabla 3.5.53.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Puerto de la Virgen (060.053)

### 3.5.53.2. Estado cuantitativo

Actualmente la masa de agua no cuenta con una red para el control de su estado cuantitativo. Además, resulta difícil proponer la ubicación de nuevos puntos, puesto que la mayor parte de la masa de agua está constituida por materiales de baja permeabilidad. Asimismo, tampoco se dispone de datos suficientes sobre la ubicación de piezómetros en el ámbito de esta masa. Por tanto, la propuesta de adecuación de la red de control consiste en la inclusión de un piezómetro nuevo en el sector oriental, ya que allí existen algunas captaciones de abastecimiento urbano, lo que hace que resulte interesante monitorizar esa zona.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Sector oriental	Punto nuevo	-	-	Sondeo/piezómetro	-

Tabla 3.5.53.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Puerto de la Virgen (060.053)

## 3.5.54. LUBRÍN-EL MARCHAL (060.054)

### 3.5.54.1. Estado químico

Esta masa de agua subterránea comprende principalmente rocas de baja permeabilidad pertenecientes al Complejo Nevado-Filábride, principalmente micasquistos, gneises, cuarcitas y metabasitas. Aparte de esto, hay una estrecha franja de rocas carbonatadas y algunos afloramientos de materiales aluviales cuaternarios. El seguimiento del estado químico de esta masa de agua se realiza por medio de 3 sondeos (tabla 3.5.54.1.1).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	3	-	Buen estado	Sí	Sí	No	No

Tabla 3.5.54.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Lubrín-El Marchal (060.054)

El tercio septentrional de la masa de agua subterránea está incluido en la zona vulnerable de la "Cubeta de Ballabona y Río Antas" (figura 3.5.54).

La red de control del estado químico en esta masa de agua subterránea se considera adecuada, por lo que no se propone ninguna modificación o mejora.



### 3.5.54.2. Estado cuantitativo

Actualmente la masa de agua no cuenta con una red para el control de su estado cuantitativo. La mayor parte de la superficie de la masa está constituida por materiales poco permeables, a excepción de la franja de mármoles y los depósitos cuaternarios, por lo que se propone emplazar un piezómetro en dichos materiales, preferentemente en el sector noreste.

ZONA	NOMBRE/ CÓDIGO	PUNTO CONTROL PROPUESTO			
		COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Sector noreste	Punto nuevo	-	-	Sondeo/piezómetro	-

**Tabla 3.5.54.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Lubrín-El Marchal (060.054)**

### 3.5.55. SIERRA ALHAMILLA (060.055)

#### 3.5.55.1. Estado químico

En el listado de puntos de control del estado químico expuesto en la tabla 3.3.1.1, se le asigna a esta masa de agua subterránea el manantial codificado como 2439-2-0013. Sin embargo, este punto se localiza fuera de los límites de la masa de agua e incluso, fuera de la DHCMA. En consecuencia, la masa de agua subterránea Sierra Alhamilla no cuenta actualmente con ningún punto de control para realizar el seguimiento de su estado químico (tabla 3.5.55.1.1).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
-	-	-	Buen estado	Sí	No	No	No

**Tabla 3.5.55.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra Alhamilla (060.055)**

Esta masa de agua está constituida por numerosos afloramientos carbonatados independientes, de edad triásica, situados sobre materiales paleozoicos y permo-triásicos de baja permeabilidad (figura 3.5.55).

Se propone que el seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea se haga, al menos, mediante un punto de control, y si es posible, mediante dos (tabla 3.5.55.1.2). Asimismo, y puesto que la masa de agua se ha definido en buen estado químico (tabla 3.5.55.1.1), ambos puntos de control deberán asignarse al programa de control de vigilancia.

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Al sur de Turrillas	Sondeo Laguna (abastecimiento Turrillas)	565399	4097076	Incluir al menos un punto de control en el interior de esta masa de agua subterránea	Sí
2. Nuevo punto de control	Borde occidental de la masa de agua	Manantial Máquina (abto. Pechina)	553606	4090646	Sector de la masa de agua sin ningún punto de control, cuyas aguas se destinan al abastecimiento humano	No
		Manantial Vieja (abto. Pechina)	553651	4090442		

**Tabla 3.5.55.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Sierra Alhambilla (060.055)**

### 3.5.55.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea carece de puntos de control del estado cuantitativo. Dada la estructura geológica de los afloramientos permeables es muy complicado establecer una red de medida simple y eficaz, aunque dado el escaso valor hidrogeológico de los diferentes bloques, no resulta imprescindible su control individualizado. Por lo tanto, se propone incluir únicamente un manantial (2343-2-0003), situado al suroeste de la masa.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
-	2343-2-0003	553934	4090937	Manantial	IGME

**Tabla 3.5.55.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Sierra Alhambilla (060.055)**

## 3.5.56. SIERRA DEL CABO DE GATA (060.056)

### 3.5.56.1. Estado químico

La red de control del estado químico de la masa de agua subterránea está constituida por 4 sondeos incluidos en el programa de control de vigilancia (tabla 3.5.56.1.1 y figura 3.5.56). De confirmarse el mal estado químico de esta masa de agua subterránea, los cuatro puntos de control deberían incluirse en el programa de control operativo.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
4	4	-	Mal estado	Sí	No	No	No

**Tabla 3.5.56.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra del Cabo de Gata (060.056)**

En la tabla 3.5.56.1.2 se presenta la propuesta de adecuación de la red de seguimiento del estado químico de la masa de agua subterránea, consistente en la inclusión de un nuevo punto de control y la asignación de todos ellos al programa de control operativo.

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Sector central de la masa de agua	Sondeo Calaespuma (abastecimiento Níjar)	588148	4082150	Zona de la masa de agua sin cubrir por la red de control actual, cuyas aguas se destinan al abastecimiento humano	No
2. Cambio del programa de vigilancia al programa operativo	Todos los puntos de control de esta masa de agua	-	-	-	Masa de agua definida en mal estado químico	Sí

**Tabla 3.5.56.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Sierra del Cabo de Gata (060.056)**

### 3.5.56.2. Estado cuantitativo

Actualmente la masa de agua no cuenta con una red para el control de su estado cuantitativo. La mayor parte de la superficie de la masa está cubierta por formaciones poco permeables, aunque existen algunos afloramientos de materiales acuíferos.

En este sentido, se propone emplazar un sondeo en el área delimitada en el sector noreste, donde se localiza una gran extensión de calcarenitas y otras litologías permeables.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Sector noreste	Punto nuevo	-	-	Sondeo/piezómetro	-

**Tabla 3.5.56.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Sierra del Cabo de Gata (060.056)**

## 3.5.57. LADERAS MERIDIONALES DE SIERRA NEVADA (060.057)

### 3.5.57.1. Estado químico

Esta masa de agua subterránea está constituida fundamentalmente por materiales de baja permeabilidad de edad Paleozoico-Triásico: esquistos, cuarcitas y filitas principalmente, junto con pequeños afloramientos aislados de calizas y dolomías.

La red de seguimiento del estado químico de la masa de agua está constituida por 4 puntos de control - captaciones- (tabla 3.5.57.1.1 y figura 3.5.57), cuyos recursos se destinan al consumo humano. La red de control se considera adecuada, de modo que no se hace ninguna propuesta de adecuación.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
4	4	-	Buen estado	Sí	No	No	No

**Tabla 3.5.57.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Laderas Meridionales de Sierra Nevada (060.057)**

### 3.5.57.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea carece de puntos de control del estado cuantitativo. La mayor parte de la superficie de la masa está cubierta por litologías poco permeables, lo cual dificulta la aplicación de criterios hidrogeológicos a la hora de diseñar la red de control para el conjunto de la masa.

Dado que existen numerosos manantiales, aunque de escaso caudal, se propone incluir alguno de estos, preferentemente en las zonas de menor cota, por ejemplo, la Fuente de la Calderería o Fuente de la Breva, los cuales forman parte de la red de captaciones de abastecimiento urbano.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
-	A70000121	463712	4087170	Manantial	AAA
-	A70000122	483126	4092496	Manantial	AAA

Tabla 3.5.57.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Laderas Meridionales de Sierra Nevada (060.057)

### 3.5.58. DEPRESIÓN DE UGÍJAR (060.058)

#### 3.5.58.1. Estado químico

Actualmente la masa de agua subterránea Depresión de Ugíjar (060.058) no cuenta con ningún punto de control para realizar el seguimiento de su estado químico (tabla 3.5.58.1.1 y figura 3.5.58).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
-	-	-	Buen estado	No	No	No	No

Tabla 3.5.58.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Depresión de Ugíjar (060.058)

La masa de agua subterránea está constituida por materiales detríticos terciarios y cuaternarios depositados sobre materiales alpujárrides paleozoicos y triásicos. Incluye también algunos afloramientos de mármoles triásicos.

Se propone que el seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea se lleve a cabo a través de dos puntos de control, ubicados preferentemente en la zona central del acuífero (tabla 3.5.58.1.2 y figura 3.5.58). Al haberse definido en buen estado químico, los dos puntos de control propuestos deberán asignarse al programa de vigilancia.

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Al oeste de Ugíjar	-	-	-	Masa de agua subterránea sin ningún punto de control	Sí
2. Nuevo punto de control	El este de Ugíjar	-	-	-	Masa de agua subterránea sin ningún punto de control	Sí

Tabla 3.5.58.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Depresión de Ugíjar (060.058)

### 3.5.58.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea carece de puntos de control del estado cuantitativo. La propuesta de mejora consiste en la localización de varios puntos de medida en las zonas de menor cota dentro de la masa, sobre los materiales terciarios y cuaternarios del borde sur. Como puede observarse en la figura 3.5.58, se han delimitado dos áreas de interés, una situada al sur de la localidad de Ugíjar, y otra a unos 3 km al este.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Sector Ugíjar	Punto nuevo	-	-	Sondeo/piezómetro	-
Sector oriental	Punto nuevo	-	-	Sondeo/piezómetro	-

Tabla 3.5.58.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Depresión de Ugíjar (060.058)

### 3.5.59. LA CONTRAVIESA ORIENTAL (060.059)

#### 3.5.59.1. Estado químico

Los materiales sobre los que se ha definido esta masa de agua subterránea son cuarcitas, esquistos, filitas y mármoles calizos y dolomíticos, todos ellos pertenecientes al Complejo Alpujárride.

El control del estado químico de esta masa de agua se realiza a través de 2 manantiales (tabla 3.5.59.1.1 y figura 3.5.59), uno de los cuales se utiliza para el abastecimiento de la población de Ugíjar. Esta red de control se considera adecuada, de modo que no se recomienda ninguna modificación.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
2	2	-	Buen estado	Sí	No	No	No

Tabla 3.5.59.1.1. Red de control actual y otras características de la masa de agua subterránea La Contraviesa Oriental (060.059)

#### 3.5.59.2. Estado cuantitativo

Actualmente la masa de agua no cuenta con una red para el control de su estado cuantitativo. Se propone la inclusión del manantial Fuente del Lavadero (código A70000134), perteneciente a la red de abastecimiento del municipio de Ugíjar, como punto de control hidrométrico.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
-	A70000134	490623	4086815	Manantial	AAA

Tabla 3.5.59.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea La Contraviesa Oriental (060.059)

### 3.5.60. LA CONTRAVIESA OCCIDENTAL (060.060)

#### 3.5.60.1. Estado químico

Los materiales sobre los que se ha definido la masa de agua subterránea son cuarcitas, esquistos y filitas, con intercalaciones de calizas y mármoles, pertenecientes al Complejo Alpujárride.

La red de seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea, constituida por 3 puntos de control (tabla 3.5.60.1.1 y figura 3.5.60), se considera apropiada, de modo que no se propone ninguna modificación.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	3	-	Buen estado	Sí	No	No	No

Tabla 3.5.60.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea La Contraviesa Occidental (060.060)

#### 3.5.60.2. Estado cuantitativo

Actualmente la masa de agua no cuenta con una red para el control de su estado cuantitativo. Por otra parte, el inventario de puntos de agua disponible tampoco contempla la existencia de sondeos de captación en el ámbito de esta masa. Por lo tanto, se propone incluir el manantial La Rambla (código A70000203), perteneciente a la red de abastecimiento urbano del municipio de Torvizcón, como punto de control hidrométrico.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
-	A70000203	473791	4080052	Manantial	AAA

Tabla 3.5.60.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea La Contraviesa Occidental (060.060)

### 3.5.61. SIERRA DE ALBUÑUELAS (060.061)

#### 3.5.61.1. Estado químico

El seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea se lleva a cabo por medio de 4 puntos de control: 3 manantiales y 1 pozo (tabla 3.5.61.1.1 y figura 3.5.61). Uno de los manantiales (Fuente del Mal Nombre, codificado como 1942-7-0006) se localiza en el interior de la masa de agua subterránea colindante 060.023 (Depresión de Padul), motivo por el cual dicho manantial se asigna en la tabla 3.3.1.1 a esta última y no a la Sierra de Albuñuelas.



RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
4	4	-	Mal estado	Sí	No	No	No

**Tabla 3.5.61.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra de Albuñuelas (060.061)**

La parte carbonatada de la masa de agua está constituida por dolomías y mármoles dolomíticos de edad Triásico, y la parte detrítica por limos, arenas, conglomerados, calcarenitas y depósitos aluviales, de edades comprendidas entre el Mioceno medio y el Cuaternario.

En caso de confirmarse el mal estado químico de esta masa de agua subterránea, sería necesario asignar los 4 puntos de control de la masa al programa de control operativo (tabla 3.5.61.1.2).

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Cambio del programa de vigilancia al programa operativo	Todos los puntos de control de esta masa de agua	-	-	-	Masa de agua definida en mal estado químico	Sí

**Tabla 3.5.61.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Sierra de Albuñuelas (060.061)**

### 3.5.61.2. Estado cuantitativo

La red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea está constituida por dos piezómetros y un manantial, localizados junto a las principales zonas de descarga del acuífero. Por esta razón, no se considera necesario modificar la red de control.

## 3.5.62. SIERRA DE LAS GUÁJARAS (060.062)

### 3.5.62.1. Estado químico

El seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea se realiza a través de 4 puntos de control (tabla 3.5.62.1.1).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
4	4	-	Buen estado	Sí	No	No	No

**Tabla 3.5.62.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra de Las Guájaras (060.062)**

La masa de agua subterránea se ha definido sobre afloramientos de mármoles triásicos del Manto de Salobreña. Según el Atlas hidrogeológico de la provincia de Granada (1990), una parte de la descarga del acuífero se produce de manera difusa hacia el cauce del río de la Toba.

La red de control definida en esta masa de agua subterránea se considera apropiada y, por tanto, no se recomienda ninguna modificación.

### 3.5.62.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea cuenta con dos piezómetros para el control del estado cuantitativo, localizados en las principales zonas de descarga del acuífero. Se propone incluir la medida del caudal del río de la Toba en la estación de aforo de Guájar Fondón, ya que sus aguas proceden mayoritariamente de la descarga subterránea de los mármoles que constituyen la sierra.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
-	-	448570	4077120	Estación de aforo	AAA

Tabla 3.5.62.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Sierra de Las Guájaras (060.062)

## 3.5.63. SIERRA ALBERQUILLAS (060.063)

### 3.5.63.1. Estado químico

La red de seguimiento del estado químico de la masa de agua subterránea está constituida por 3 sondeos incluidos en el programa de control de vigilancia (tabla 3.5.63.1.1 y figura 3.5.63). De confirmarse el mal estado químico de esta masa de agua, sería necesario transferir estos 3 puntos de control al programa operativo.

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	3	-	Mal estado	Sí	No	No	No

Tabla 3.5.63.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra Alberquillas (060.063)

Esta masa de agua subterránea se ha definido sobre los mármoles triásicos del Manto de la Herradura. Una parte importante de la descarga del acuífero se produce de manera difusa hacia el cauce de los ríos Torrox, Chíllar, de la Miel, Higuerón y Turvilla. En la tabla 3.5.63.1.2 se presenta la propuesta de adecuación de la red de control actualmente operativa.

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Al este de Nerja	Manantial de Maro (abastecimiento Nerja)	425287	4068914	Constituye la principal descarga de tipo puntual del acuífero	No
2. Cambio del programa de vigilancia al programa operativo	Todos los puntos de control de esta masa de agua	-	-	-	Masa de agua definida en mal estado químico	Sí

Tabla 3.5.63.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Sierra Alberquillas (060.063)

### 3.5.63.2. Estado cuantitativo

La masa de agua subterránea cuenta con una red de control constituida por 4 piezómetros y un manantial, ubicados en el borde suroriental de la misma. En principio la red se considera adecuada, aunque se contempla la posibilidad de incluir un piezómetro de control en el sector del Río Torrox (figura 3.5.63), ya que puntualmente se han registrado descensos del nivel piezométrico acusados debido a la explotación intensiva que soporta esta zona.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
Río Torrox	Punto nuevo	-	-	Sondeo/piezómetro	-

**Tabla 3.5.63.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Sierra Alberquillas (060.063)**

### 3.5.64. SIERRA TEJEDA (060.064)

#### 3.5.64.1. Estado químico

El seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea se realiza por medio de 4 puntos de control (tabla 3.5.64.1.1 y figura 3.5.64).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
4	4	-	Buen estado	Sí	Sí	No	No

**Tabla 3.5.64.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra Tejada (060.064)**

Los dos tercios más occidentales de la masa de agua están incluidos en la zona vulnerable del “Aluvial del Río Vélez”, dentro de la cual se localizan los 4 puntos de control (figura 3.5.64).

La red de control del estado químico de esta masa de agua subterránea se considera adecuada, por lo que no se propone ninguna modificación.

#### 3.5.64.2. Estado cuantitativo

Actualmente esta masa de agua dispone de un piezómetro de control, situado cerca de la localidad de Alcaucín, en el borde oeste de Sierra Tejada. Para completar la red de control del estado cuantitativo se propone incluir el manantial de la Fájara como punto de control hidrométrico.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
-	1843-6-0002	402321	4082550	Manantial	IGME

**Tabla 3.5.64.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Sierra Tejada (060.064)**

### 3.5.65. METAPELITAS DE SIERRAS TEJEDA-ALMIJARA (060.065)

#### 3.5.65.1. Estado químico

Actualmente la masa de agua subterránea Metapelitas de Sierras Tejeda-Almijara (060.065) no dispone de ningún punto de control para realizar el seguimiento de su estado químico (tabla 3.5.65.1.1).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
-	-	-	Buen estado	Sí	Sí	No	No

Tabla 3.5.65.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Metapelitas de Sierras Tejeda-Almijara (060.065)

Un amplio sector de la masa de agua subterránea queda incluido en las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos del “Bajo Guadalhorce” y “Aluvial del Río Vélez”.

En el ámbito de esta masa de agua se han identificado 18 captaciones de agua subterránea cuyos recursos son destinados al abastecimiento humano, de las cuales sólo 3 tienen un uso principal; las 15 restantes se usan como apoyo o bien en casos de emergencia (durante los periodos de estiaje).

Se propone que el seguimiento del estado químico de la masa de agua subterránea se realice mediante 3 puntos de control, todos ellos correspondientes a captaciones de agua subterránea destinada al abastecimiento humano (tabla 3.5.65.1.2). Estos 3 puntos deberán asignarse al programa de control de vigilancia, ya que en la masa de agua subterránea se ha definido un buen estado químico (tabla 3.5.65.1.1).



PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Cerca de la localidad de Totalán	Sondeo Olías (abastecimiento Málaga)	383129	4070457	Captaciones destinadas al consumo humano, con un uso principal	Sí
		Pozo del Molino (abto. Totalán)	384895	4069731		
2. Nuevo punto de control	Cerca de la localidad de Almogía	Sondeo Rosa Manuela (Abto. Almogía)	361829	4078148	Sector de la masa de agua sin ningún punto de control, cuyas aguas se destinan al consumo humano, incluida en la zona vulnerable	Sí
		Sondeo Venta Garrido (Abto. Almogía)	362886	4077413		
3. Nuevo punto de control	Cerca de la localidad de Macharaviaya	Manantial Benaque (abto. Macharaviaya)	391138	4070600	Sector de la masa de agua sin ningún punto de control, cuyas aguas se destinan al consumo humano	Sí
		Pozo Norte Benaque (abto. Macharaviaya)	391241	4070280		
		Pozo Piscina (abto. Macharaviaya)	391466	4069660		
		Pozo del Río (abto. Macharaviaya)	391604	4069540		

**Tabla 3.5.65.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Metapelitas de Sierras Tejeda-Almijara (060.065)**

### 3.5.65.2. Estado cuantitativo

Actualmente la masa de agua no cuenta con una red para el control del estado cuantitativo. Dado que la mayor parte de su superficie está ocupada por litologías poco permeables, es difícil establecer una red de control para el conjunto de la masa, ya que estos puntos tendrían una representatividad de carácter local. Por esta razón se ha optado por delimitar áreas de interés en las zonas de mayor concentración de captaciones de abastecimiento, en torno a las localidades de Almogía y Almáchar, pues en principio son los sectores donde, potencialmente, existe mayor riesgo asociado a una explotación intensiva.

ZONA	NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
		Sector Almogía	Punto nuevo		
Sector Almáchar	Punto nuevo	-	-	Sondeo/piezómetro	-

**Tabla 3.5.65.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Metapelitas de Sierras Tejeda-Almijara (060.065)**

### 3.5.66. CORREDOR VILLANUEVA DE LA CONCEPCIÓN-PERIANA (060.066)

#### 3.5.66.1. Estado químico

La red de control del estado químico de la masa de agua subterránea está constituida por dos sondeos muy próximos entre sí (tabla 3.5.66.1.1 y figura 3.5.66).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
2	2	-	Buen estado	Sí	Sí	No	No

Tabla 3.5.66.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Corredor Villanueva de la Concepción Periana (060.066)

La masa de agua subterránea Corredor Villanueva de la Concepción-Periana (060.066) está definida sobre materiales de baja permeabilidad, a excepción de los aluviales cuaternarios y de algunos afloramientos aislados de calizas alabeadas del Maláguide.

Una parte considerable de la masa de agua está incluida dentro de las zonas vulnerables del “Bajo Guadalhorce” y “Aluvial del Río Vélez”.

En el ámbito de esta masa de agua subterránea se han identificado varias captaciones cuyos recursos son destinados al abastecimiento humano. Sin embargo, la mayoría de estos puntos no están relacionados con esta masa de agua sino con las situadas al norte: Torcal de Antequera (060.032), Sierra de las Cabras-Camarolos-San Jorge (060.031) y Sierra de Enmedio-Los Tajos (060.029); figura 3.5.66.

Se propone la inclusión de dos manantiales en la red de seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea, tal como se presenta en la tabla 3.5.66.1.2.

PROPUESTA	ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO			MOTIVOS	PRIORITARIO
		NOMBRE/CÓDIGO	COORD. UTM			
			X	Y		
1. Nuevo punto de control	Sector occidental de la masa de agua	Manantial Los Nogales (abastecimiento Antequera)	355279	4090710	Sector de la masa de agua sin controlar, cuyas aguas se destinan al abastecimiento humano	No
2. Nuevo punto de control	Sector oriental de la masa de agua	Manantial El Chorro (abto. Periana)	390445	4088545	Sector de la masa de agua sin controlar, cuyas aguas se destinan al abastecimiento humano, e incluido en la zona vulnerable	No

Tabla 3.5.66.1.2. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de la masa de agua subterránea Corredor Villanueva de la Concepción Periana (060.066)

### 3.5.66.2. Estado cuantitativo

Actualmente la masa de agua subterránea dispone de un sondeo de control piezométrico codificado como P.06.31.002-S. No obstante, la medida del nivel en dicho punto se considera representativa de los acuíferos identificados en la masa de agua subterránea localizada justo al norte (Sierra de las Cabras-Camarolos-San Jorge, 060.031), por lo que habría que asignarlo a esta última. Adicionalmente se propone incluir el manantial de El Chorro (A70000087), como punto de medida hidrométrico.

ZONA	PUNTO CONTROL PROPUESTO				
	NOMBRE/ CÓDIGO	COORD. UTM		TIPO	FUENTE
		X	Y		
-	A70000087	390445	4088545	Manantial	AAA

Tabla 3.5.66.2.1. Propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de la masa de agua subterránea Corredor Villanueva de la Concepción Periana (060.066)

### 3.5.67. SIERRA BLANCA (060.067)

#### 3.5.67.1. Estado químico

La red de seguimiento del estado químico de esta masa de agua subterránea está constituida por 2 sondeos y 1 manantial (tabla 3.5.67.1.1 y figura 3.5.67).

RED DE CONTROL ACTUAL			ESTADO QUÍMICO 2010	ZONAS PROTEGIDAS			MASUP. O HUMEDALES ASOCIADOS
Nº total puntos	Programa			Aguas consumo humano	Zonas Vulnerables	Zonas Sensibles	
	Vigilancia	Operativo					
3	3	-	Buen estado	Sí	Sí	No	No

Tabla 3.5.67.1.1. Red de control actual de la masa de agua subterránea Sierra Blanca (060.067)

La mitad oriental de la masa de agua queda incluida en la zona vulnerable del “Bajo Guadalhorce”.

Se considera que los 3 puntos de control de la red actual son representativos del conjunto de la masa de agua, por lo que no se propone ninguna modificación.

#### 3.5.67.2. Estado cuantitativo

La red de control del estado cuantitativo de la masa subterránea está constituida por 15 sondeos de control piezométrico y 4 manantiales, ubicados homogéneamente en el acuífero carbonatado de Sierra Blanca. Por lo tanto, no se considera necesario realizar ninguna propuesta de modificación o mejora.

### 3.6. SÍNTESIS DE LOS TRABAJOS DE REVISIÓN Y ADECUACIÓN DE LAS REDES DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

#### 3.6.1. ESTADO QUÍMICO

En la tabla 3.6.1.1 se presenta un resumen de la propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico para cada una de las masas de agua subterránea definidas en la DHCMA.

CÓDIGO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA	Nº DE PUNTOS DE CONTROL				CAMBIO VIGILANCIA/ OPERATIVO*
		ACTUAL	PROPUESTOS		ACTUAL+ PROPUESTOS	
			Prioritarios	No Prioritarios		
060.001	Cubeta de El Saltador	2	-	2	4	-
060.002	Sierra de las Estancias	2	2	1	5	-
060.003	Alto-Medio Almanzora	2	3	2	7	-
060.004	Cubeta de Overa	3	-	-	3	-
060.005	Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas	3	2	1	6	-
060.006	Bajo Almanzora	3	1	-	4	-
060.007	Bédar-Alcornia	3	-	1	4	-
060.008	Aguas	2	2	2	6	-
060.009	Campo de Tabernas	2	-	-	2	Sí
060.010	Cuenca del río Nacimiento	3	-	1	4	-
060.011	Campo de Níjar	5	2	2	9	-
060.012	Medio-Bajo Andarax	8	-	2	10	-
060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	16	-	1	17	-
060.014	Oeste de Sierra de Gádor	3	0	1	4	-
060.015	Delta del Adra	3	-	-	3	-
060.016	Albuñol	-	2	1	3	-
060.017	Sierra de Padul Sur	2	-	1	3	-
060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	5	-	1	6 ***	-
060.019	Sierra de Escalate	-	1	-	1	-
060.020	Carchuna-Castell de Ferro	2	1	-	3	-
060.021	Motril-Salobreña	3	-	1	4	-
060.022	Río Verde	2	-	-	2	-

CÓDIGO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA	Nº DE PUNTOS DE CONTROL				CAMBIO VIGILANCIA/ OPERATIVO*
		ACTUAL	PROPUESTOS		ACTUAL+ PROPUESTOS	
			Prioritarios	No Prioritarios		
060.023	Depresión de Padul	2	1	1	4	-
060.024	Sierra Almirajara	3	-	-	3	-
060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	1	1	1	3	-
060.026	Río Torrox	4	-	-	4	Sí
060.027	Río Vélez	3	1	-	4	-
060.028	Sierra de Gibalto-Arroyo Marín	2	-	-	2	Sí
060.029	Sierra de Enmedio-Los Tajos	3	-	-	3	-
060.030	Sierra de Archidona	2	-	-	2	-
060.031	Sierra de las Cabras-Camarolos-San Jorge	3	-	1	4	-
060.032	Torcal de Antequera	2	-	1	3	-
060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	4	2	3	9	-
060.034	Fuente de Piedra	3	1	1	5	-
060.035	Sierras de Teba-Almargen-Campillos	2	1	1	4	-
060.036	Sierra del Valle de Abdalajís	3	-	-	3	-
060.037	Bajo Guadalhorce	7	-	5	12	-
060.038	Sierra de Mijas	3	-	-	3	Sí
060.039	Río Fuengirola	3	-	-	3	-
060.040	Marbella-Estepona	5	-	-	5	-
060.041	Sierra de Cañete Sur	2	0	2	4	-
060.042	Depresión de Ronda	1	2	1	4	-
060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla	3	-	1	4	-
060.044	Sierra de Líbar	2	1	-	3	Sí
060.045	Sierra de Jarastepar	2	1	-	3	-
060.046	Sierra de las Nieves-Prieta	3	-	1	4	Sí
060.047	Guadiaro-Genal-Hozgarganta	3	-	-	3	-



CÓDIGO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA	Nº DE PUNTOS DE CONTROL				CAMBIO VIGILANCIA/ OPERATIVO*
		ACTUAL	PROPUESTOS		ACTUAL+ PROPUESTOS	
			Prioritarios	No Prioritarios		
060.048	Dolomías de Ronda	3	-	-	3	-
060.049	Guadarranque-Palmones	3	-	1	4	Sí
060.050	Sierra de los Filabres	2	-	-	2	-
060.051	Macael	2	-	-	2	Sí
060.052	Sierra de Almagro	-	1	-	1	-
060.053	Puerto de la Virgen	4	-	-	4	-
060.054	Lubrín-El Marchal	3	-	-	3	-
060.055	Sierra Alhamilla	-	1	1	2	-
060.056	Sierra del Cabo de Gata	4	-	1	5	Sí
060.057	Laderas Meridionales de Sierra Nevada	4	-	-	4	-
060.058	Depresión de Ugíjar	-	2	-	2	-
060.059	La Contraviesa Oriental	2	-	-	2	-
060.060	La Contraviesa Occidental	3	-	-	3	-
060.061	Sierra de Albuñuelas	4	-	-	4	Sí
060.062	Sierra de Las Guájaras	4	-	-	4	-
060.063	Sierra Alberquillas	3	-	1	4	Sí
060.064	Sierra Tejada	4	-	-	4	-
060.065	Metapelitas de Sierras Tejada-Almijara	-	3	-	3	-
060.066	Corredor Villanueva de la Concepción Periana	2	-	2	4	-
060.067	Sierra Blanca	3	-	-	3	-
<b>TOTAL</b>		<b>195 **</b>	<b>34</b>	<b>45</b>	<b>274</b>	<b>-</b>

\* En esta columna se señalan aquellas masas de agua subterránea en las que se ha propuesto un cambio en la asignación de los puntos de control al programa de vigilancia o al programa operativo.

\*\* El número total de puntos de la red de control actual contabilizados en esta tabla (195) no coincide con el de la tabla 3.3.1.1 (196), debido a que no se ha tenido en cuenta el punto de control asignado a la masa de agua subterránea 060.055 (Sierra Alhamilla) por situarse fuera de los límites tanto de la masa de agua subterránea como de la propia demarcación.

\*\*\* Si se tiene en cuenta la propuesta de reducción de los cinco puntos de control actuales de esta masa de agua subterránea a sólo dos, tal como se recoge en la tabla 3.5.18.1.2, la suma de los puntos de control actuales y propuestos no sería 6, sino 3.

**Tabla 3.6.1.1. Síntesis de la propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de las masas de agua subterránea identificadas en la DHCMA**



**Unión Europea**

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



### 3.6.2. ESTADO CUANTITATIVO

En la tabla 3.6.2.1 se presenta un resumen de la propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo para cada una de las masas de agua subterránea definidas en la DHCMA.

CÓDIGO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA	Nº DE PUNTOS DE CONTROL			
		ACTUAL	PROPUESTOS		ACTUAL+ PROPUESTOS
			Piezométricos	Hidrométricos	
060.001	Cubeta de El Saltador	3	1	0	4
060.002	Sierra de las Estancias	6	(-1)	0	5
060.003	Alto-Medio Almanzora	2	1, (+1)	0	4
060.004	Cubeta de Overa	0	1	0	1
060.005	Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas	2	2	0	4
060.006	Bajo Almanzora	19	0	0	19
060.007	Bédar-Alcornia	0	1	0	1
060.008	Aguas	2	1	0	3
060.009	Campo de Tabernas	1	2	0	3
060.010	Cuenca del Río Nacimiento	5	0	0	5
060.011	Campo de Níjar	6	0	0	6
060.012	Medio-Bajo Andarax	9	0	0	9
060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	24	(+1)	0	25
060.014	Oeste de Sierra de Gádor	14	(-1)	0	13
060.015	Delta del Adra	16	0	0	16
060.016	Albuñol	2	1, (-1)	2	4
060.017	Sierra de Padul Sur	0	1	1	2
060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	12	(+1)	0	13
060.019	Sierra de Escalate	0	1	1	2
060.020	Carchuna-Castell de Ferro	7	1	0	8
060.021	Motril-Salobreña	5	0	0	5
060.022	Río Verde	20	0	0	20
060.023	Depresión de Padul	3	1	0	4
060.024	Sierra Almirajara	2	0	0	2
060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	14	0	0	14
060.026	Río Torrox	0	1	0	1



CÓDIGO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA	Nº DE PUNTOS DE CONTROL			
		ACTUAL	PROPUESTOS		ACTUAL+ PROPUESTOS
			Piezométricos	Hidrométricos	
060.027	Río Vélez	25	0	0	25
060.028	Sierra de Gibalto-Arroyo Marín	2	1	1	4
060.029	Sierra de Enmedio-Los Tajos	5	0	0	5
060.030	Sierra de Archidona	3	0	0	3
060.031	Sierra de las Cabras-Camarolos-San Jorge	6	-1, (+1)	0	6
060.032	Torcal de Antequera	2	0	0	2
060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	8	1	1	10
060.034	Fuente de Piedra	4	1	0	5
060.035	Sierras de Teba-Almargen-Campillos	2	2	0	4
060.036	Sierra del Valle de Abdalajís	4	-1	1	4
060.037	Bajo Guadalhorce	26	0	0	26
060.038	Sierra de Mijas	25	0	0	25
060.039	Río Fuengirola	3	2	0	5
060.040	Marbella-Estepona	15	0	0	15
060.041	Sierra de Cañete Sur	2	(-2)	4	4
060.042	Depresión de Ronda	0	2	0	2
060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla	5	(+2)	1	8
060.044	Sierra de Líbar	3	0	0	3
060.045	Sierra de Jarastepar	0	0	1	1
060.046	Sierra de las Nieves-Prieta	10	0	0	10
060.047	Guadiaro-Genal-Hozgarganta	6	0	0	6
060.048	Dolomías de Ronda	1	0	1	2
060.049	Guadarranque-Palmones	12	1, -1	0	12
060.050	Sierra de los Filabres	0	0	2	2
060.051	Macael	0	1	0	1
060.052	Sierra de Almagro	0	1	0	1
060.053	Puerto de la Virgen	0	1	0	1
060.054	Lubrín-El Marchal	0	1	0	1
060.055	Sierra Alhamilla	0	0	1	1
060.056	Sierra del Cabo de Gata	0	1	0	1



CÓDIGO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA	Nº DE PUNTOS DE CONTROL			
		ACTUAL	PROPUESTOS		ACTUAL+ PROPUESTOS
			Piezométricos	Hidrométricos	
060.057	Laderas Meridionales de Sierra Nevada	0	0	2	2
060.058	Depresión de Ugíjar	0	2	0	2
060.059	La Contraviesa Oriental	0	0	1	1
060.060	La Contraviesa Occidental	0	0	1	1
060.061	Sierra de Albuñuelas	3	0	0	3
060.062	Sierra de Las Guájaras	2	0	1	3
060.063	Sierra Alberquillas	5	1	0	6
060.064	Sierra Tejada	1	0	1	2
060.065	Metapelitas de Sierras Tejada-Almijara	0	2	0	2
060.066	Corredor Villanueva de la Concepción Periana	1	-1	1	1
060.067	Sierra Blanca	19	0	0	19
<b>TOTAL</b>		<b>374</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>430</b>

(\*) Punto en el que se recomienda el cambio de asignación de masa de agua subterránea.

**Tabla 3.6.2.1. Síntesis de la propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de las masas de agua subterránea identificadas en la DHCMA**

## 4. ESTIMACIÓN DE BALANCES HIDROLÓGICOS EN MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA DE NATURALEZA DETRÍTICA, MIXTA Y CARBONATADA

### 4.1. INTRODUCCIÓN

El planteamiento de un balance hidrológico clásico supone un procedimiento indirecto para evaluar las extracciones de agua subterránea de un acuífero. Se trata de un método de estimación especialmente indicado para acuíferos de gran extensión y abundantes explotaciones de agua subterránea, cuyo volumen y condiciones de contorno son conocidos.

La ecuación general del balance está basada en el *principio de conservación de la masa de Lavossier*, por el cual, la diferencia entre el volumen de agua que entra y sale del acuífero entre dos fechas, coincide con la variación en el almacenamiento.

Asimismo, los términos de la ecuación general del balance hídrico están sujetos a errores de medición, interpretación, estimación y evaluación, por lo que es lógico obtener un “error de cierre”; *Entradas - Salidas = Variación de almacenamiento ± Error*.

Este término (el valor que cierra el balance) resulta difícil de obtener por otros métodos, y representa (según SAMPER, 1999) “el fundamento del método tradicional de obtención de la recarga a partir del balance de agua en un acuífero entre dos fechas determinadas en las cuales se conocen los restantes flujos de entrada y salida”. Obviamente hay que tener en cuenta que existen otros errores en la evaluación del resto de componentes, que habrá que considerar a la hora de estimar el balance.

Para mejorar la precisión de los resultados, éstos deben ser contrastados con otros métodos indirectos, tales como estudios hidrogeológicos de detalle, evaluación de la calidad hidroquímica de las aguas y su evolución, posibles afecciones a otros acuíferos y puntos de descarga naturales.

### 4.2. TRABAJOS REALIZADOS

#### 4.2.1. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA

Con objeto de determinar el orden de magnitud de las diferentes componentes del balance, calibrar los resultados obtenidos y evaluar tendencias, se han revisado todos aquellos documentos que pudiesen incluir información de interés en el análisis, diseño y ejecución de la actividad.

Entre las diversas fuentes de información consultadas, han resultado de especial interés los documentos enunciados en el anexo 1.

Asimismo, como punto de partida para la *estimación de balances hidrológicos en las masas de agua subterránea de naturaleza detrítica, mixta y carbonatada* identificadas en el ámbito de la DHCM, se han recopilado y/o generado las coberturas digitales recogidas en la tabla sintética 4.2.1.1.

N	TIPO	GEOMETRÍA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	FUENTE
1	Shapefile	Puntual	CAPT_CMA	Captaciones de agua subterránea	AAA
2	Shapefile	Poligonal	DEM_CMA	Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas	AAA
3	Ráster	Píxel	INFILT_CMA	Infiltración media anual para el periodo 1940/41-2005/06 (SIMPA)	CEDEX
4	Shapefile	Poligonal	LITO_CMA	Cartografía litoestratigráfica, E.:1:200.000	IGME
5	Shapefile	Poligonal	MASb_CMA	Masas de agua subterránea	AAA
6	Ráster	Píxel	MOS_CMA	Mosaico de la cartografía geológica, E.:1:50.000	IGME/TTEC
7	Shapefile	Poligonal	PERM_CMA	Cartografía de permeabilidad, E.:1:200.000	IGME
8	Shapefile	Lineal	RIOS	Red hidrográfica	CAA/ICA
9	Shapefile	Poligonal	UUHH	Unidades Hidrogeológicas	ITGE

**Tabla 4.2.1.1. Relación de coberturas de partida empleadas para la estimación de balances hidrológicos en las masas de agua subterránea identificadas en la D.H. de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas**

#### 4.2.2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Una vez revisada la información bibliográfica se ha procedido a clasificar las masas de agua subterránea, en base a su naturaleza. De este modo se concluye que, de un total de 67 masas identificadas, 29 presentan una naturaleza (eminentemente) *detrítica*, 27 masas presentan una naturaleza (eminentemente) *carbonatada* y el resto, 11 masas, se consideran *mixtas*.

CÓDIGO	NOMBRE	SUPERFICIE	NATURALEZA
060.001	CUBETA DE EL SALTADOR	145,0	Detrítica
060.002	SIERRA DE LAS ESTANCIAS	376,9	Carbonatada
060.003	ALTO-MEDIO ALMANZORA	605,1	Detrítica
060.004	CUBETA DE OVERA	53,0	Detrítica
060.005	CUBETA DE BALLABONA-SIERRA LISBONA-RÍO ANTAS	152,2	Detrítica
060.006	BAJO ALMANZORA	49,6	Detrítica
060.007	BÉDAR-ALCORNIA	20,1	Carbonatada
060.008	AGUAS	440,1	Detrítica
060.009	CAMPO DE TABERNAS	165,2	Detrítica
060.010	CUENCA DEL RÍO NACIMIENTO	205,5	Detrítica
060.011	CAMPO DE NÍJAR	582,5	Detrítica
060.012	MEDIO-BAJO ANDARAX	433,3	Mixta
060.013	CAMPO DE DALÍAS-SIERRA DE GÁDOR	1.037,5	Mixta

CÓDIGO	NOMBRE	SUPERFICIE	NATURALEZA
060.014	OESTE DE SIERRA DE GÁDOR	278,5	Carbonatada
060.015	DELTA DEL ADRA	49,2	Mixta
060.016	ALBUÑOL	34,9	Mixta
060.017	SIERRA DE PADUL SUR	43,8	Carbonatada
060.018	LANJARÓN-SIERRA DE LÚJAR-MEDIO GUADALFEO	263,1	Carbonatada
060.019	SIERRA DE ESCALATE	20,7	Carbonatada
060.020	CARCHUNA-CASTELL DE FERRO	39,3	Mixta
060.021	MOTRIL-SALOBREÑA	50,0	Detrítica
060.022	RÍO VERDE	8,5	Detrítica
060.023	DEPRESIÓN DE PADUL	51,8	Detrítica
060.024	SIERRA ALMIJARA	70,0	Carbonatada
060.025	SIERRA GORDA-ZAFARRAYA	155,2	Carbonatada
060.026	RÍO TORROX	4,5	Detrítica
060.027	RÍO VÉLEZ	43,3	Detrítica
060.028	SIERRA DE GIBALTO-ARROYO MARÍN	29,5	Mixta
060.029	SIERRA DE ENMEDIO-LOS TAJOS	27,8	Carbonatada
060.030	SIERRA DE ARCHIDONA	7,6	Carbonatada
060.031	SIERRA DE LAS CABRAS-CAMAROS-SAN JORGE	70,6	Carbonatada
060.032	TORCAL DE ANTEQUERA	28,7	Carbonatada
060.033	LLANOS DE ANTEQUERA-VEGA DE ARCHIDONA	374,4	Mixta
060.034	FUENTE DE PIEDRA	164,2	Mixta
060.035	SIERRAS DE TEBA-ALMARGEN-CAMPILLOS	84,1	Mixta
060.036	SIERRA DEL VALLE DE ABDALAJÍS	45,2	Mixta
060.037	BAJO GUADALHORCE	360,6	Detrítica
060.038	SIERRA DE MIJAS	96,9	Carbonatada
060.039	RÍO FUENGIROLA	25,8	Detrítica
060.040	MARBELLA-ESTEPONA	224,1	Detrítica
060.041	SIERRA DE CAÑETE SUR	40,1	Carbonatada
060.042	DEPRESIÓN DE RONDA	117,8	Detrítica



**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



CÓDIGO	NOMBRE	SUPERFICIE	NATURALEZA
060.043	SIERRA HIDALGA-MERINOS-BLANQUILLA	140,6	Carbonatada
060.044	SIERRA DE LÍBAR	56,7	Carbonatada
060.045	SIERRA DE JARASTEPAR	44,3	Carbonatada
060.046	SIERRA DE LAS NIEVES-PIETA	219,9	Carbonatada
060.047	GUADIARO-GENAL-HOZGARGANTA	239,9	Detrítica
060.048	DOLOMÍAS DE RONDA	18,2	Carbonatada
060.049	GUADARRANQUE-PALMONES	141,5	Detrítica
060.050	SIERRA DE LOS FILABRES	130,3	Carbonatada
060.051	MACAEL	51,9	Carbonatada
060.052	SIERRA DE ALMAGRO	38,4	Carbonatada
060.053	PUERTO DE LA VIRGEN	110,6	Detrítica*
060.054	LUBRÍN-EL MARCHAL	25,8	Detrítica*
060.055	SIERRA ALHAMILLA	210,6	Carbonatada
060.056	SIERRA DEL CABO DE GATA	203,2	Detrítica
060.057	LADERAS MERIDIONALES DE SIERRA NEVADA	222,4	Detrítica*
060.058	DEPRESIÓN DE UGÚJAR	77,4	Detrítica
060.059	LA CONTRAVIESA ORIENTAL	17,5	Detrítica*
060.060	LA CONTRAVIESA OCCIDENTAL	71,3	Detrítica*
060.061	SIERRA DE ALBUÑUELAS	185,5	Mixta
060.062	SIERRA DE LAS GUÁJARAS	179,8	Carbonatada
060.063	SIERRA ALBERQUILLAS	117,0	Carbonatada
060.064	SIERRA TEJEDA	67,4	Carbonatada
060.065	METAPELITAS DE SIERRAS TEJEDA-ALMIJARA	380,3	Detrítica*
060.066	CORREDOR VILLANUEVA DE LA CONCEPCIÓN-PERIANA	267,8	Detrítica*
060.067	SIERRA BLANCA	100,8	Carbonatada

\* Las masas de agua subterránea constituidas por materiales de baja permeabilidad (metapelitas o materiales asociados al flysch), se han considerado como masas de naturaleza detrítica.

**Tabla 4.2.2.1. Clasificación de las masas de agua subterránea identificadas en la demarcación hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, en base a su naturaleza**



**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



A continuación se describe la metodología empleada para calcular y/o estimar las diferentes componentes del balance hidrológico en las 67 masas de agua subterránea identificadas en la DHCMA.

Por un lado, las componentes correspondientes a la recarga por infiltración del agua de lluvia y a los retornos de regadío se han calculado a partir de metodologías específicas desarrolladas en el marco de los trabajos de Adecuación de las masas de agua subterránea de la cuenca del Guadalete y Barbate a los requerimientos de la Directiva 2000/60/CE (2008), si bien, estas metodologías han requerido de un proceso de revisión y mejora, con objeto de optimizar la información suministrada por el Modelo de Simulación Precipitación-Aportaciones SIMPA(2). Asimismo, para la estimación de la recarga por infiltración del agua de lluvia en masas de agua subterránea de naturaleza carbonata (así como en la parte correspondiente de las mixtas), se ha utilizado el método APLIS; (ver apartado 4.2.2.1.).

Por otro lado, el volumen de recursos extraídos mediante bombeo se ha estimado a partir de los datos de explotación registrados en el banco documental conocido como TRAMITADOR, así como en el registro de concesiones de aguas para el aprovechamiento de las aguas subterráneas. No obstante, la 'escasa' fiabilidad de estos datos condiciona que los cálculos obtenidos sobre los volúmenes de extracción de aguas subterráneas a los que están sometidas las distintas masas, presenten un elevado grado de incertidumbre.

Finalmente, el resto de componentes del balance se han obtenido tras la consulta, filtrado y revisión de los datos disponibles por parte de expertos, ya que las importantes carencias de información y el alto grado de incertidumbre existente sobre la calidad de los datos recopilados con anterioridad a la realización del presente estudio, así como sobre el funcionamiento hidrogeológico de determinados sistemas, han obligado a adecuar las metodologías desarrolladas a estas limitaciones y han puesto de manifiesto la necesidad de mejorar el diseño e implantación de dispositivos de control y seguimiento del estado cuantitativo y cualitativo de las aguas subterráneas.

#### 4.2.2.1. Recarga por infiltración del agua de lluvia

La metodología empleada para calcular la componente de recarga asociada a la infiltración del agua de lluvia ha variado en función de la naturaleza detrítica o carbonatada de la masa de agua subterránea, motivado por el hecho de que los procesos que controlan la infiltración en cada una de ellas son muy diferentes.

En primer lugar se ha procedido a clasificar las masas de agua subterránea en base a su naturaleza, diferenciando entre detríticas y carbonatadas. Asimismo, en las masas de agua subterránea de naturaleza mixta se ha segregado, en entorno GIS, la parte detrítica y la carbonatada, aplicando posteriormente una metodología específica para cada sector, en función de su naturaleza.

A continuación se describe, en primer lugar, la metodología específica empleada en las masas de agua subterránea de naturaleza *detrítica* (y en la parte homóloga de las masas *mixtas*), y posteriormente en las masas de agua subterránea de naturaleza *carbonatada* (así como en la parte correspondiente de las masas *mixtas*).

##### 4.2.2.1.1. Masas de agua subterránea de naturaleza detrítica

Para el cálculo de la recarga por infiltración del agua de lluvia en las masas de agua subterránea de naturaleza detrítica así como en la parte correspondiente de las masas mixtas, se ha utilizado el Modelo de Simulación Precipitación-Aportaciones SIMPA(2) elaborado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX y la Subdirección General de Planificación Hidrológica de la Dirección General de Obras

Hidráulicas y Calidad de las Aguas. Este modelo suministra datos de precipitación, evapotranspiración, escorrentía e infiltración para todo el ámbito nacional, en formato ráster, con una resolución de 1.000x1.000 m y para distintos periodos de tiempo. Define la infiltración como la fracción de agua de lluvia que, habiendo penetrado en el suelo, acaba llegando al acuífero y asume que el tiempo de paso por la zona no saturada es inferior al intervalo de tiempo de simulación.

Para el cálculo de la recarga por infiltración del agua de lluvia se ha utilizado el ráster correspondiente al valor medio anual de infiltración para el periodo 1940/1941-2005/2006. El procedimiento seguido, en entorno GIS, ha sido el siguiente:

- ✓ Suavizado del ráster original reduciendo el tamaño de celda de 1.000x1.000 metros a 50x50 metros, utilizando para ello una interpolación de tipo bilineal
- ✓ Transformación del ráster a puntos
- ✓ Interpolación de la capa de puntos mediante el método *Kriging*, cuyo resultado es una superficie continua. Asimismo, para que esta superficie cubra toda la extensión de la masa de agua subterránea, incluyendo aquellas zonas donde el SIMPA no aporta ningún dato, se ha realizado una extrapolación de los valores de infiltración
- ✓ Recorte de la capa resultante según los límites actuales de cada masa de agua subterránea

Seguidamente, el valor medio de infiltración obtenido para cada masa de agua subterránea (en mm/año) se ha multiplicado por su superficie, con el fin de obtener la recarga por infiltración de agua de lluvia, expresada en hm<sup>3</sup>/año.

Finalmente, en aquellas masas de agua subterránea en cuyo interior se han cartografiado amplios afloramientos de materiales de baja permeabilidad (metapelitas y/o flysch) ha sido necesario realizar una modificación del procedimiento general descrito en párrafos anteriores, con objeto de evitar una sobrestimación de esta componente de recarga. Esta modificación ha consistido en una ponderación de los valores de infiltración en función del grado de permeabilidad de los materiales aflorantes, de acuerdo con la equivalencia presentada en la tabla 4.2.2.1.1.1. Las categorías de permeabilidad consideradas son las recogidas en el 'Mapa litoestratigráfico y de permeabilidad de España' a escala 1:200.000, editado por el Instituto Geológico y Minero de España y el Ministerio de Medio Ambiente (2006).

Como puede observarse en la tabla de equivalencias, se ha considerado que en los materiales de permeabilidad muy alta la infiltración es del 100%, en tanto que en los de permeabilidad muy baja, la infiltración es prácticamente nula.

PERMEABILIDAD	FACTOR DE PONDERACIÓN
Muy alta	1
Alta	0,8
Media	0,5
Baja	0,2
Muy baja	0

Tabla 4.2.2.1.1.1. Equivalencia entre la permeabilidad de los materiales y el factor de ponderación de la infiltración considerado

Las masas de agua subterránea en las que la recarga por infiltración del agua de lluvia se ha obtenido mediante esta modificación del procedimiento general se enumeran en la tabla 4.2.2.1.1.2, en la cual se ha incluido el factor de ponderación medio obtenido para cada una de ellas.

CÓDIGO	NOMBRE	FACTOR MEDIO DE PONDERACIÓN
060.023	DEPRESIÓN DE PADUL	0,66
060.028	SIERRA DE GIBALTO-ARROYO MARÍN	0,62
060.040	MARBELLA-ESTEPONA	0,46
060.047	GUADIARO-GENAL-HOZGARGANTA	0,50
060.049	GUADARRANQUE-PALMONES	0,59
060.053	PUERTO DE LA VIRGEN	0,61
060.057	LADERAS MERIDIONALES DE SIERRA NEVADA	0,25
060.059	LA CONTRAVIESA ORIENTAL	0,28
060.060	LA CONTRAVIESA OCCIDENTAL	0,26
060.061	SIERRA DE ALBUÑUELAS	0,44
060.065	METAPELITAS DE SIERRAS TEJEDA-ALMIJARA	0,25
060.066	CORREDOR VILLANUEVA DE LA CONCEPCIÓN-PERIANA	0,10

**Tabla 4.2.2.1.1.2. Factor de ponderación medio obtenido en las masas de agua subterránea en las que se ha aplicado el procedimiento modificado para la estimación de la recarga por infiltración del agua de lluvia**

#### 4.2.2.1.2. Masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada

Para el cálculo de la recarga por infiltración del agua de lluvia en las masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada así como en la parte correspondiente de las mixtas, se ha utilizado el método APLIS.

Este método fue diseñado en el marco del proyecto desarrollado por el IGME-GHUMA (2003), de título Estudios metodológicos para la estimación de la recarga en diferentes tipos de acuíferos carbonatados: aplicación a la Cordillera Bética.

El objetivo de este método se centra en desarrollar un procedimiento sencillo que permita estimar la tasa de recarga en acuíferos carbonatados asociada a la infiltración del agua de lluvia (expresada como porcentaje de la precipitación) mediante la combinación de diferentes variables: geológicas y geográficas, y establecer el reparto zonal de la recarga en estos acuíferos.

Posteriormente se han propuesto unas modificaciones del método APLIS (Marín, 2009) que suponen una mejora en la aplicabilidad y salvan algunas limitaciones que presentaba el método APLIS en su versión original. Estas modificaciones son:

- ✓ La homogenización de la variable *pendiente*, que pasa de 9 a 10 clases

- ✓ La creación de una clase nueva, de valor intermedio, para la variable *formas de infiltración preferencial*
- ✓ La incorporación de un *factor de corrección* ( $F_h$ ), dependiente de las características hidrogeológicas de los materiales aflorantes en superficie

Esta modificación del método ha sido aplicada de forma satisfactoria en varios estudios y por tanto, se ha empleado durante la estimación de la componente de recarga asociada a la infiltración del agua de lluvia en las masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada (así como en la parte correspondiente de las mixtas), en el marco del presente trabajo.

- **Descripción de las variables consideradas en el método APLIS modificado**

La estimación de la recarga tiene un marcado carácter cuantitativo. Sin embargo, parte de las variables que se utilizan en este método para su estimación, son de naturaleza cualitativa: litología, zona preferencial de infiltración, suelo y características hidrogeológicas y, por ello, deben transformarse en valores ordinales para su posterior tratamiento.

Las variables que contempla el método APLIS modificado son:

- ✓ Altitud (**A**)
- ✓ Pendiente (**P**)
- ✓ Litología (**L**)
- ✓ Formas de Infiltración preferencial (**I**)
- ✓ Suelo (**S**)
- ✓ Características hidrogeológicas: factor de corrección ( $F_h$ )

A cada variable se le ha asignado un valor comprendido entre 1 y 10 y, generalmente, sigue una progresión aritmética. De este modo, el valor 1 indica la mínima incidencia de los valores de esa variable en la recarga del acuífero, mientras que el valor 10 expresa la máxima influencia en la recarga.

La puntuación de la variable Altitud sigue una progresión aritmética y considera que, conforme aumenta la altitud, aumenta la precipitación y la recarga del acuífero. Así:

ALTITUD (A)	PUNTUACIÓN
> 2.700 m	10
2.400-2.700 m	9
2.100-2.400 m	8
1.800-2.100 m	7
1.500-1.800 m	6
1.200-1.500 m	5
900-1.200 m	4
600-900 m	3
300-600 m	2
≤300 m	1

Tabla 4.2.2.1.2.1. Puntuación asignada a los valores de la variable altitud

Las puntuaciones asignadas a la variable Pendiente disminuyen conforme aumenta la pendiente, es decir, a mayor pendiente, mayor escorrentía y menor recarga del acuífero. Así:

PENDIENTE (P)	PUNTUACIÓN
≤ 3 %	10
(3 - 5]	9
(5 - 10]	8
(10 - 15]	7
(15 - 20]	6
(20 - 30]	5
(30 - 45]	4
(45 - 65]	3
(65 - 100]	2
> 100	1

Tabla 4.2.2.1.2.2. Puntuación asignada a los valores de la variable pendiente

La asignación de puntuaciones a la variable Litología se efectúa en función de criterios hidrogeológicos relacionados con la permeabilidad de los materiales: grado de fracturación y/o karstificación. Así:

LITOLOGÍA (L)	PUNTUACIÓN
Calizas y dolomías karstificadas	10 - 9
Calizas y dolomías fracturadas o ligeramente karstificadas	8 - 7
Calizas y dolomías fisuradas	6 - 5
Arenas y gravas, coluviones	4
Conglomerados	3
Rocas plutónicas y metamórficas	2
Esquistos, pizarras, limos, arcillas	1

Tabla 4.2.2.1.2.3. Puntuación asignada a los valores de la variable litología

La variable Infiltración considera tres clases o tipologías y hace referencia a la existencia o no de formas de absorción y a la capacidad potencial de infiltración. Así:

FORMAS DE INFILTRACIÓN PREFERENCIAL (I)	PUNTUACIÓN
Alto desarrollo de las formas de infiltración preferencial	10
Desarrollo moderado de las formas de infiltración preferencial	5
Escaso desarrollo o ausencia de las formas de infiltración preferencial	1

Tabla 4.2.2.1.2.4. Puntuación asignada a los valores de la variable zonas de infiltración preferencial

En el caso de la variable Suelo las distintas clases se agrupan en función de las características de espesor y textura de sus horizontes, que a su vez, están relacionadas con la permeabilidad del mismo.

SUELOS (S)	PUNTUACIÓN
Leptosoles	10
Arenosoles y Xerosoles	9
Regosoles calcáreos y Fluvisoles	8
Regosoles eútricos, dístricos y Solonchaks	7
Cambisoles	6



SUELOS (S)	PUNTUACIÓN
Cambisoles eútricos	5
Histosoles y Luvisoles	4
Luvisoles crómicos	3
Planosoles	2
Vertisoles	1

Tabla 4.2.2.1.2.5. Puntuación asignada a las clases de la variable suelo

El coeficiente de corrección de la recarga ( $F_h$ ) tiene en cuenta la capacidad del terreno de dejar pasar el agua en la vertical. Permite distinguir entre aquellos materiales que tienen características acuíferas, ya sea por su litología, porosidad o grado de alteración y fracturación que presentan, de otros materiales que no presentan estas características acuíferas.

CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LOS MATERIALES QUE AFLORAN ( $F_h$ )	PUNTUACIÓN
Características acuíferas	1
Otros	0,1

Tabla 4.2.2.1.2.6. Puntuación asignada al coeficiente de corrección en base a las características hidrogeológicas del medio

Finalmente, el algoritmo utilizado para estimar el porcentaje de recarga es el siguiente:

$$R = [(A + P + 3L + 2I + S) / 0,9] F_h$$

Una vez estimada la recarga, ésta se representa agrupada en cinco intervalos regulares, a cada uno de los cuales se le asigna una categoría según el porcentaje de lluvia que recarga el acuífero.

INTERVALO	CLASE DE RECARGA
≤ 20 %	Muy Baja
20 - 40 %	Baja
40 - 60 %	Moderada
60 - 80 %	Alta
> 80 %	Muy Alta

Tabla 4.2.2.1.2.7. Categorías del porcentaje de recarga del acuífero

Una de las ventajas que presenta el método APLIS, es que permite obtener el mapa distribuido de la tasa de recarga para un área de estudio determinada. De este modo, se puede estimar la tasa de recarga para cada una de las unidades espaciales analizadas.

Así, a partir del mapa distribuido de la tasa de recarga obtenido tras aplicar el método APLIS en las masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada (así como en la parte correspondiente de las masas mixtas), y del mapa de isoyetas elaborado a partir de la precipitación media registrada en el Modelo de Simulación Precipitación-Aportaciones SIMPA(2) para la serie histórica 1970-2005, se ha estimado, en entorno GIS, el volumen de agua de lluvia que se infiltra en el acuífero por unidad de superficie y de tiempo. De este modo, se ha obtenido la recarga específica ( $m^3/m^2$ ) y los recursos medios anuales asociados a la infiltración del agua de lluvia que precipita directamente sobre los afloramientos carbonatados identificados en cada una de las masas de agua subterránea objeto de estudio.

Asimismo, hay que tener en cuenta que algunos acuíferos presentan recursos hídricos alóctonos, que deberán considerarse en la cifra final de recursos disponibles. Este es el caso de las masas de agua subterránea de: Albuñol (060.012), Sierra de Escalate (060.019), Sierra Gorda-Zafarraya (060.025) y Sierra de Líbar (060.044).

#### 4.2.2.2. Recarga por retornos de regadío

La componente de recarga correspondiente a los retornos por regadío se ha estimado a partir de los tipos de cultivos existentes sobre la superficie de cada masa de agua subterránea y de la dotación de riego media estimada para cada uno de ellos. La metodología empleada, que ha sido la misma para las masas de agua subterránea de naturaleza detrítica, carbonatada y mixta, se expone a continuación.

En primer lugar se ha considerado que en aquellas superficies ocupadas por cultivos cuyo riego se acomete por goteo, la componente de recarga correspondiente a este factor es nula (ver tabla 4.2.2.2.1).

Al resto de cultivos, cuyo riego se realiza por gravedad o aspersión, se les ha asignado una dotación neta media, a partir de la cual se ha estimado la dotación bruta mediante la aplicación de un coeficiente de penalización del 25% (ver tabla 4.2.2.2.2).

CULTIVOS	RIEGO POR GOTEO
Algodón	
Arroz	
Cultivos Bioenergéticos	
Biodiesel	
Bietanol	
Cereales grano de invierno	
Cítricos	X
Cultivos forestales	
Cultivos forrajeros	
Flores y plantas ornamentales	X
Frutales de fruto carnoso no cítricos	X
Frutales de fruto seco	X
Hortalizas aire libre	X
Hortícolas protegidos	X
Leguminosas grano	X
Maíz	
Oleaginosas	
Olivar	X
Patata	
Remolacha	
Viñedo	X
Vivero	X

Tabla 4.2.2.2.1. Cultivos cuya tipología de riego dominante se acomete por goteo

CULTIVOS	DOTACIÓN POR CULTIVO (m <sup>3</sup> /ha/año)	
	NETA (media)	BRUTA
Algodón	7.500	10.000,00
Arroz	10.500	14.000,00
Biodiesel	3.600	4.800,00
Bietanol	5.600	7.466,67
Cereales grano de invierno	2.100	2.800,00
Cultivos forestales	4.400	5.866,67
Cultivos forrajeros	7.900	10.533,33
Maíz	6.200	8.266,67



CULTIVOS	DOTACIÓN POR CULTIVO (m <sup>3</sup> /ha/año)	
	NETA (media)	BRUTA
Oleaginosas	4.000	5.333,33
Patata	3.200	4.266,67
Remolacha	4.400	5.866,67

**Tabla 4.2.2.2.2. Dotaciones brutas estimadas para cultivos cuyo riego se acomete por gravedad y aspersión**

Como la cobertura de usos del suelo disponible, que permitirá obtener superficies de regadío en función del tipo de cultivo, corresponde a la actualización I&CLC2000 del CORINE Land Cover, a partir de los datos anteriores se ha estimado una dotación bruta (m<sup>3</sup>/ha/año) para cada una de las clases individualizadas durante los trabajos de fotointerpretación de terrenos regados realizada en el marco de dicho proyecto.

La primera consideración metodológica asume que las superficies ocupadas por cultivos cuyo riego se acomete por goteo no aportan retornos (o éstos se suponen insignificantes). Por este motivo, y debido a que las clases de usos del suelo identificadas en el CORINE Land Cover agrupan cultivos regados por goteo, gravedad y aspersión, ha sido necesario estimar una demanda bruta para cada clase a partir de las dotaciones destinadas únicamente a riego por gravedad y aspersión (ver tabla 4.2.2.2.3).

Clases de Usos del Suelo destinados a regadío 2000 I&CLC2000		DOTACIONES BRUTAS ESTIMADAS (m <sup>3</sup> /ha/año)	
		Todos los tipos	Gravedad y aspersión
REGADÍO	Cultivos de regadío herbáceos	7.638,10	5.866,67
	Cultivos de regadío. Otros	5.133,34	2.933,34
	Arrozales	14.000,00	14.000,00
	Frutales	4.888,89	0,00
	Olivares	2.666,67	0,00
	Anuales asociados con permanentes	2.800,00	2.800,00
	Mosaicos de cultivos	8.933,33	0,00
	Agrícola pero con vegetación natural	5.866,67	5.866,67
MIXTO	Secano y regadío	4.355,56	3.200,00

**Tabla 4.2.2.2.3. Dotaciones brutas estimadas para las clases de usos del suelo destinadas a regadío según el I&CLC2000 del CORINE Land Cover**

Una vez estimadas las dotaciones brutas destinadas a riego por gravedad y aspersión para cada clase de usos del suelo individualizadas para terrenos de regadío en el proyecto Corine Land Cover, se ha procedido, mediante el empleo de herramientas en entorno GIS, a obtener una aproximación del volumen de agua destinado para este tipo de regadíos en cada masa de agua subterránea.

Para estimar el porcentaje de agua de riego que retorna al acuífero se han tenido en cuenta dos variables: la tipología edáfica del suelo y el grado de permeabilidad de los materiales de la zona no saturada sobre los que se desarrollan las prácticas de regadío. De esta forma, y atendiendo a otros estudios y trabajos de similar naturaleza, se han obtenido los valores reflejados en las tablas adjuntas.

SUELOS EDÁFICOS	
TIPOLOGÍA	% ZNS
Cambisoles	20%
Fluvisoles	25%
Litosoles	30%
Luvisoles	15%
Planosoles	10%
Regosoles	20%
Solonchaks	5%
Vertisoles	5%
Xerosoles	4%

AFLORAMIENTOS	
PERMEABILIDAD	COEFICIENTE CORRECTOR
Muy alta	1
Alta	0,8
Media	0,6
Baja	0,4
Muy baja	0,2

**Tabla 4.2.2.2.4. Valores estimados del porcentaje de agua destinada a regadío que retorna al acuífero**

Como puede observarse, en la tabla situada a la izquierda se estima el porcentaje de agua de riego que, en función de la tipología edáfica, alcanza la zona no saturada (ZNS), y en la situada a la derecha, el factor de corrección a aplicar debido a retornos por flujos hipodérmicos y almacenamiento en acuíferos colgados. La estimación de este último coeficiente se ha basado en el grado de permeabilidad de los afloramientos.

#### 4.2.2.3. Resto de componentes del balance

El resto de componentes del balance hidrológico estimado para las masas de agua subterránea de naturaleza detrítica, mixta y carbonatada identificadas en la DHCMA, tanto las correspondientes a entradas en el sistema (infiltración de la escorrentía superficial, aportes laterales, recarga artificial/inducida y otros), como a salidas (manantiales, volumen de recursos subterráneos extraídos mediante bombeo en aquellas masas en las que no se dispone de datos de explotación, ríos ganadores, descargas laterales o hacia el mar), se han obtenido tras la consulta, filtrado y revisión de los datos disponibles por parte de expertos, ya que las importantes carencias de información y el alto grado de incertidumbre existente sobre la calidad de los datos recopilados con anterioridad a la realización del presente estudio, así como sobre el funcionamiento hidrogeológico de determinados sistemas, han obligado a adecuar las metodologías desarrolladas a estas limitaciones y han puesto de manifiesto la necesidad de mejorar el diseño e implantación de dispositivos de control y seguimiento del estado cuantitativo y cualitativo de las aguas subterráneas.

Del mismo modo, la escasez de datos así como la incertidumbre existente sobre la calidad de los mismos, ha derivado en que:

- ✓ La falta de información relativa a la morfología tridimensional de los acuíferos (cartografías de isopacas, isobatas, etc.) no ha permitido, pese a existir datos (escasos) sobre parámetros hidráulicos, calcular las reservas totales de los sistemas acuíferos que constituyen las distintas masas de agua subterránea.

- ✓ Los datos piezométricos registrados a partir de las redes de seguimiento del estado cuantitativo de las aguas subterráneas actualmente operativas en la DHCMA, no han permitido elaborar cartografías de isopiezas ‘fiables’ en determinadas masas de agua subterránea.
- ✓ El bajo grado de conocimiento sobre el funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos y su interrelación con los sistemas de superficie asociados, imposibilitan aportar cálculos sobre direcciones y tasas de intercambio de flujos entre las masas de agua subterránea y los sistemas de superficie asociados, ni datos suficientes para calcular la tasa media anual de recarga global a largo plazo.
- ✓ La ‘escasa’ fiabilidad de los datos de explotación registrados en el banco documental conocido como TRAMITADOR, condiciona que los cálculos obtenidos sobre los volúmenes de extracción de aguas subterráneas a los que están sometidas las distintas masas, presenten un elevado grado de incertidumbre.

Asimismo, en el apartado relacionado con extracciones de aguas subterráneas incluido en el informe relativo a los artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE (2005), correspondiente a la DHCMA, dentro del análisis de presiones e impactos, se realiza una estimación de los recursos totales y explotables para cada masa de agua subterránea, así como de las extracciones destinadas para abastecimiento, regadío y otros usos. No obstante, estas estimaciones derivan de los datos de explotación otorgados a las obsoletas unidades hidrogeológicas y además, para algunas masas de agua subterránea, en especial las definidas sobre materiales de baja permeabilidad, estos datos son incompletos.

Con el propósito de poder acometer con las máximas garantías los requerimientos estipulados, en materia de aguas subterráneas, en las Directivas 2000/60/CE y 2006/118/CE, Orden ARM/2656/2008, Texto Refundido de la Ley de Aguas y demás disposiciones legales vigentes, se recomienda la puesta en funcionamiento de controles de calidad sobre los datos de explotación, así como la revisión y adecuación de los programas de seguimiento del estado (químico y cuantitativo) de las masas de agua subterránea identificadas en la demarcación.

#### 4.3. RESULTADOS OBTENIDOS

En la DHCMA se han calculado o estimado las diferentes componentes del balance hidrológico (entradas y salidas), para un total de 67 masas de agua subterránea: 29 de naturaleza detrítica, 27 de naturaleza carbonatada y el resto, 11 masas, de naturaleza mixta.

En ocho masas de agua subterránea de naturaleza detrítica y mixta, el valor de recarga por infiltración del agua de lluvia obtenido a partir de los datos suministrados por el modelo SIMPA(2) difiere de manera notable respecto a las estimaciones derivadas de estudios previos; en seis de ellas, los valores aportados por el modelo SIMPA(2) se consideran por defecto, y en las otras dos, por exceso. En estas masas de agua, enumeradas en la tabla 4.3.1, se han considerado más coherentes con el comportamiento hidrogeológico de la masa los valores de recarga por infiltración del agua de lluvia obtenidos en trabajos previos y por tanto, para la estimación del balance hidrológico, se han empleado estos datos.

CÓDIGO	NOMBRE	NATURALEZA	Valor SIMPA(2) (hm <sup>3</sup> /año)	Valor bibliográfico (hm <sup>3</sup> /año)
060.004	CUBETA DE OVERA	Detrítica	0,3	<b>0,5</b>
060.006	BAJO ALMANZORA	Detrítica	0,3	<b>0,5</b>
060.011	CAMPO DE NÍJAR	Detrítica	2,4	<b>10</b>
060.026	RÍO TORROX	Detrítica	0,05	<b>0,2</b>
060.033	LLANOS DE ANTEQUERA-VEGA DE ARCHIDONA	Mixta	14,9	<b>23</b>
060.035	SIERRAS DE TEBA-ALMARGEN-CAMPILLOS	Mixta	2,4	<b>1,2</b>
060.039	RÍO FUENGIROLA	Detrítica	1,0	<b>1,8</b>
060.042	DEPRESIÓN DE RONDA	Detrítica	10,8	<b>5</b>

**Tabla 4.3.1. Masas de agua subterránea de naturaleza detrítica y mixta (sector detrítico) en las que la recarga por infiltración del agua de lluvia obtenida a partir de datos SIMPA(2), se considera infra/sobre-dimensionada**

Por otra parte, se han identificado seis masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada y mixta (sector carbonatado), en las que el valor de precipitación media empleado para el cálculo de la recarga por infiltración del agua de lluvia mediante el método APLIS, no ha sido el proporcionado por el modelo SIMPA(2), al considerarse más coherente con la realidad el dato de precipitación media recogido en los atlas hidrogeológicos de las provincias de Málaga (IGME-DPM, 2007) y Cádiz (IGME-Diputación de Cádiz, 2005). En la tabla adjunta se muestran los valores de precipitación media suministrados por el modelo SIMPA(2), frente a los valores extraídos de los atlas hidrogeológicos para estas masas de agua.

CÓDIGO	NOMBRE	NATURALEZA	Valor SIMPA(2) (mm/año)	Valor bibliográfico (mm/año)
060.024	SIERRA ALMIJARA	Carbonatada	629	<b>750</b>
060.036	SIERRA DEL VALLE DE ABDALAJÍS	Mixta	466	<b>591</b>
060.043	SIERRA HIDALGA-MERINOS-BLANQUILLA	Carbonatada	736	<b>650</b>
060.044	SIERRA DE LÍBAR	Carbonatada	1.077	<b>1.313</b>
060.063	SIERRA ALBERQUILLAS	Carbonatada	552	<b>750</b>
060.064	SIERRA TEJEDA	Carbonatada	746	<b>900</b>

**Tabla 4.3.2. Valores de precipitación aportados por el modelo SIMPA(2), frente a los valores recogidos en los atlas hidrogeológicos de las provincias de Málaga y Cádiz**

Una vez estimada la tasa de recarga y los volúmenes de extracción de aguas subterráneas a los que están sometidas las distintas masas identificadas en la demarcación, se ha procedido a calcular el recurso disponible y el índice de explotación para cada masa.

Según dispone la Orden ARM/2656/2008, el recurso disponible de aguas subterráneas se define como el valor medio interanual de la tasa de recarga total de la masa de agua subterránea, menos el flujo interanual medio requerido para conseguir los objetivos de calidad ecológica para el agua superficial

asociada, para evitar cualquier disminución significativa en el estado ecológico de tales aguas, y cualquier daño significativo a los ecosistemas terrestres asociados. En la práctica, como norma general, se ha asumido que el recurso disponible equivale al 80% del valor de la recarga.

No obstante, en determinadas masas de agua subterránea se ha reducido este porcentaje a la hora de calcular el recurso disponible, puesto que:

- En masas de agua subterránea costeras se ha considerado que un porcentaje de recursos disponibles superior al 70%, podría inducir procesos de intrusión marina por sobreexplotación en determinados sectores próximos a la costa.
- En otros casos, el valor de los recursos disponibles se ha reducido de forma coherente con el funcionamiento hidrogeológico de determinadas masas de agua subterránea, en las que se ha constatado la presencia de flujos subterráneos y transferencias laterales hacia otras masas o bien, debido a la presencia de masas de agua superficiales o ecosistemas terrestres dependientes de los recursos subterráneos de la masa. En este caso, el valor del recurso disponible estimado depende del comportamiento hidráulico de cada masa en particular; por ejemplo:
  - ✓ 060.032. Torcal de Antequera: El principal punto de descarga que presenta el acuífero del Torcal de Antequera, el manantial de la Villa, constituye, a su vez, la principal fuente de alimentación de la masa de agua superficial de La Villa. Por tanto, un régimen de explotación de la masa de agua subterránea que suponga una disminución significativa del caudal del manantial, podría ocasionar un deterioro en el estado de la masa de agua superficial asociada. Por este motivo, se ha considerado oportuno disminuir el volumen de recursos disponibles en esta masa de agua subterránea, los cuales se han valorado en un 60% de la recarga total.
  - ✓ 060.034. Fuente de Piedra: La laguna de Fuente de Piedra recibe parte de sus recursos hídricos a partir de flujos subterráneos. Por tanto, una explotación excesiva de los recursos subterráneos de esta masa podría ocasionar una disminución de los aportes hacia el humedal. Por este motivo, para esta masa en concreto, se propone un valor de recursos disponibles equivalente al 50% de la recarga media anual.

Finalmente, una vez estimados los recursos disponibles para cada masa de agua subterránea, se ha calculado el índice de extracción, el cual viene definido como el porcentaje de extracción respecto al volumen de recursos disponibles.

En las tablas sintéticas 4.3.3 y 4.3.4 se presenta una estimación de las principales componentes que definen el balance hidrológico en las masas de agua subterránea de naturaleza detrítica, mixta y carbonatada, identificadas en la DHCMA, así como los recursos disponibles e índice de explotación obtenidos para cada masa de agua subterránea. Asimismo, en la tabla 4.3.5 se recogen aquellas masas de agua subterránea en las que una de las componentes del balance corresponde a la recarga lateral (entrada de agua) o descarga lateral (salida), indicando las masas de agua subterránea de las que proceden o hacia las que se dirigen los volúmenes de agua asignados a cada una de estas componentes del balance hídrico en la tabla 4.3.3.

Código	Nombre de la masa	Naturaleza	ENTRADAS (hm <sup>3</sup> /año)				SALIDAS (hm <sup>3</sup> /año)				TOTAL				
			Infil. Lluvia	Infiltración Escorrentía	Recarga lateral	Retornos regadío	Otros	TOTAL	Bombeos	Manantiales		Ríos, arroyos y mar	Descarga lateral	Otros	
060.001	Cubeta de El Saltador	Detrítica	0,8	1	0,6	0,6	-	-	-	-	3	3	-	-	3
060.002	Sierra de las Estancias	Carbonatada	26,1	2	-	0,5	-	-	-	-	28,6	6,5	S/D	-	28,6
060.003	Alto-Medio Almazora	Detrítica	6,6	7	-	2,2	-	-	-	-	15,8	13,3	1,8	0,7	15,8
060.004	Cubeta de Oveja	Detrítica	0,5	7	-	0,1	-	-	-	-	7,6	3	4,1	0,5	7,6
060.005	Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas	Detrítica	0,8	1	0,5	2,3	-	-	-	-	4,6	5	-	-	5
060.006	Bajo Almazora	Detrítica	0,5	1,2	-	1,8	-	-	-	-	3,5	4,5	-	-	4,5
060.007	Bédar-Alcornia	Carbonatada	2	1	-	-	-	-	-	3	3	3	-	-	3
060.008	Aguas	Detrítica	4,6	1,5	1,5	2,6	-	-	-	10,2	12,5	-	-	-	12,5
060.009	Campo de Tabernas	Detrítica	0,7	3	-	0,1	-	-	-	3,8	1,8	2	-	-	3,8
060.010	Cuenca del río Nacimiento	Detrítica	2	11,5	-	0,6	-	-	-	14,1	6,1	8	-	-	14,1
060.011	Campo de Níjar	Detrítica	10	5,5	-	2,2	-	-	-	17,7	28	-	1 <sup>1</sup>	-	29
060.012	Medio-Bajo Andarax	Mixta	6,7	12	5	1,7	-	-	-	25,4	14,5	9	-	-	25,4
060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	Mixta	92,3	26	-	3,6	-	-	-	121,9	130	4,5	6	-	146
060.014	Oeste de Sierra de Gádor	Carbonatada	31,7	12	-	0,3	-	-	-	44	10	34	-	-	44
060.015	Delta del Adra	Mixta	2,1	15	-	1,1	-	-	-	18,2	7,2	1,5	-	3 <sup>3</sup>	18,2
060.016	Albuñol	Mixta	3,2	1,5	4,5	0,5	-	-	-	9,7	4,2	2,6	-	-	9,7
060.017	Sierra de Padul Sur	Carbonatada	8,7	-	6,5	0,1	-	-	-	15,3	0,5	-	-	-	15,3
060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	Carbonatada	29,8	13	-	0,9	-	-	-	43,7	3	13,5	4,5	-	43,7
060.019	Sierra de Escalate	Carbonatada	2,8	3,5	-	0,1	-	-	-	6,4	2	-	4,4	-	6,4
060.020	Carchuna-Castell de Ferro	Mixta	3,2	3,5	-	1	-	-	-	7,7	6	-	-	-	7,7
060.021	Motril-Salobreña	Detrítica	1,2	35	6	2,5	8 <sup>2</sup>	-	-	52,7	13	5	-	-	52,7
060.022	Río Verde	Detrítica	0,1	14	-	-	-	-	-	14,1	13	-	-	-	14,1
060.023	Depresión de Padul	Detrítica	3,7	-	24	0,7	-	-	-	28,4	1	-	-	7,4 <sup>3</sup>	28,4
060.024	Sierra Alimijara	Carbonatada	22,2	-	-	-	-	-	-	22,2	0,5	-	-	-	22,2
060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	Carbonatada	44,3	5	-	2,9	-	-	-	52,2	12	12	28,2	-	52,2
060.026	Río Torrox	Detrítica	0,2	0,5	-	-	-	-	-	0,7	0,3	-	-	-	0,7
060.027	Río Vélez	Detrítica	1,6	20	-	2,2	-	-	-	23,8	21	-	-	-	23,8
060.028	Sierra de Gibalto-Arroyo Marín	Mixta	3,2	-	-	0,1	-	-	-	3,3	1,5	0,8	-	-	3,3
060.029	Sierra de Enmedio-Los Tajos	Carbonatada	6,9	-	-	-	-	-	-	6,9	1	-	-	-	6,9
060.030	Sierra de Archidona	Carbonatada	1,2	-	-	-	-	-	-	1,2	1	0,2	-	-	1,2
060.031	Sierra de las Cabras-Camarolos- San Jorge	Carbonatada	17	-	-	-	-	-	-	17	0,4	16,6	-	-	17
060.032	Torca de Antequera	Carbonatada	9,6	-	-	-	-	-	-	9,6	4,5	5,1	-	-	9,6
060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	Mixta	23,6	10	-	7,8	-	-	-	41,4	33,5	-	7,9	-	41,4
060.034	Fuente de Piedra	Mixta	6,5	-	-	0,3	-	-	-	6,8	4,3	-	-	2,5 <sup>5</sup>	6,8
060.035	Sieras de Teba-Almargen- Campillos	Mixta	3,2	0,5	0,5	0,1	-	-	-	4,3	1,2	2,5	-	-	4,3
060.036	Sierra del Valle de Abdalajís	Mixta	7,9	-	-	-	-	-	-	7,9	0,4	-	-	1,5 <sup>6</sup>	7,9
060.037	Bajo Guadalhorce	Detrítica	26,1	15	10	1,4	-	-	-	52,5	31,5	-	21	-	52,5
060.038	Sierra de Mijas	Carbonatada	24	-	-	-	-	-	-	24	35	-	-	-	35



Unión Europea

Fondo Europeo de Desarrollo Regional





Unión Europea

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



Código	Nombre de la masa	Naturaleza	ENTRADAS (hm <sup>3</sup> /año)						SALIDAS (hm <sup>3</sup> /año)						
			Infit. Lluvia	Infiltración Escorrentía	Recarga lateral	Retornos regadío	Otros	TOTAL	Bombeos	Manantiales	Ríos, arroyos y mar	Descarga lateral	Otros	TOTAL	
060.039	Río Fuengirola	Detrítica	1,8	8	-	0,4	-	-	-	7	-	3,2	-	-	10,2
060.040	Marbella-Estepona	Detrítica	9,7	18	-	0,3	-	-	-	21,5	2,5	4,2	-	-	28,2
060.041	Sierra de Cañete Sur	Carbonatada	7	-	-	-	-	-	-	2,5	2,2	-	2,3	-	7
060.042	Depresión de Ronda	Detrítica	5	-	7	0,1	-	-	-	4,5	-	7,6	-	-	12,1
060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla	Carbonatada	29,8	-	-	-	-	-	-	0,1	22	-	7,7	-	29,8
060.044	Sierra de Líbar	Carbonatada	24,6	36,7	38	-	-	-	-	0,5	98,8	-	-	-	99,3
060.045	Sierra de Jarastepar	Carbonatada	18,7	-	-	-	-	-	-	8	10,7	-	-	-	18,7
060.046	Sierra de las Nieves-Prieta	Carbonatada	76,8	-	-	0,3	-	-	-	1	76,1	-	-	-	77,1
060.047	Guadiaro-Genal-Hozgarganta	Detrítica	17,2	7	-	1,4	-	-	-	8,4	3,2	14	-	-	25,6
060.048	Dolomías de Ronda	Carbonatada	6,4	S/D	-	-	-	-	-	3	-	>3,4	-	-	>6,4
060.049	Guadarranque-Palmones	Detrítica	12,4	2	-	1,1	-	-	-	1	-	14,5	-	-	15,5
060.050	Sierra de los Filabres	Carbonatada	12,1	-	-	-	-	-	-	0,3	S/D	-	S/D	-	12,1
060.051	Macael	Carbonatada	3,4	1	-	-	-	-	-	1,5	2,9	-	-	-	4,4
060.052	Sierra de Almagro	Carbonatada	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2
060.053	Puerto de la Virgen	Detrítica	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
060.054	Lubrin-El Marchal	Detrítica	0,3	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	0,3
060.055	Sierra Alhambilla	Carbonatada	6,6	-	-	-	-	-	-	S/D	S/D	-	S/D	-	6,6
060.056	Sierra del Cabo de Gata	Detrítica	0,8	-	-	-	-	-	-	S/D	S/D	-	-	-	0,8
060.057	Laderas Meridionales de Sierra Nevada	Detrítica	5,6	-	-	-	-	-	-	-	5,6	-	-	-	5,6
060.058	Depresión de Ugijar	Detrítica	3,4	S/D	S/D	-	-	-	-	S/D	S/D	S/D	-	-	23,4
060.059	La Contraviesa Oriental	Detrítica	0,3	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	0,3
060.060	La Contraviesa Occidental	Detrítica	1,6	-	-	-	-	-	-	-	1,6	-	-	-	1,6
060.061	Sierra de Albuñuelas	Mixta	28,2	-	-	0,1	-	-	-	1,5	16	-	10,8	-	28,3
060.062	Sierra de las Guájaras	Carbonatada	36,1	-	-	0,3	-	-	-	<1	-	36	-	-	36,4
060.063	Sierra Albarquillas	Carbonatada	23,7	-	S/D	0,2	-	-	-	15	>8,9	-	-	-	>23,9
060.064	Sierra Tejada	Carbonatada	20,7	-	-	-	-	-	-	0,5	15,6	-	4,6	-	20,7
060.065	Metapellitas de Sierras Tejeda-Almijara	Detrítica	6,2	-	-	0,4	-	-	-	-	6,6	-	-	-	6,6
060.066	Corredor Villanueva de la Concepción-Periana	Detrítica	3,5	-	-	-	-	-	-	0,8	S/D	S/D	-	-	3,5
060.067	Sierra Blanca	Carbonatada	31,1	-	-	-	-	-	-	5	26,1	-	-	-	31,1

1: Incluye la evaporación en las salinas

2: Infiltración de escorrentía alóctona

3: Evapotranspiración

4: Recarga artificial

5: Laguna

6: Túneles del AVE

S/D: Sin datos

Tabla 4.3.3. Balance hidrológico estimado para las masas de agua subterránea identificadas en la DHCMA

CÓDIGO	NOMBRE	RECARGA (hm <sup>3</sup> /año)	VOLUMEN EXTRAÍDO (hm <sup>3</sup> /año)	RECURSOS DISPONIBLES (hm <sup>3</sup> /año)	ÍNDICE DE EXPLOTACIÓN (%)
060.001	Cubeta de El Saltador	3	3	2,4	125%
060.002	Sierra de las Estancias	28,6	6,5	22,9	28%
060.003	Alto-Medio Almanzora	15,8	13,3	12,6	105%
060.004	Cubeta de Overa	7,6	3	6,1	49%
060.005	Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas	4,6	5	3,2	155%
060.006	Bajo Almanzora	3,5	4,5	2,5	184%
060.007	Bédar-Alcornia	3	3	2,4	125%
060.008	Aguas	10,2	12,5	7,1	175%
060.009	Campo de Tabernas	3,8	1,8	3,0	59%
060.010	Cuenca del río Nacimiento	14,1	6,1	11,3	54%
060.011	Campo de Níjar	17,7	28	12,4	226%
060.012	Medio-Bajo Andarax	25,4	14,5	17,8	82%
060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	121,9	130	85,3	152%
060.014	Oeste de Sierra de Gádor	44	10	35,2	28%
060.015	Delta del Adra	18,2	7,2	12,7	57%
060.016	Albuñol	9,7	4,2	6,8	62%
060.017	Sierra de Padul Sur	15,3	0,5	12,2	4%
060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	43,7	3	35,0	9%
060.019	Sierra de Escalate	6,4	2	5,1	39%
060.020	Carchuna-Castell de Ferro	7,7	6	5,4	111%
060.021	Motril-Salobreña	52,7	13	36,9	35%
060.022	Río Verde	14,1	13	9,9	132%
060.023	Depresión de Padul	28,4	1	22,7	4%
060.024	Sierra Almajara	22,2	0,5	17,8	3%
060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	52,2	12	41,8	29%
060.026	Río Torrox	0,7	0,3	0,5	61%
060.027	Río Vélez	23,8	21	16,7	126%



CÓDIGO	NOMBRE	RECARGA (hm <sup>3</sup> /año)	VOLUMEN EXTRAÍDO (hm <sup>3</sup> /año)	RECURSOS DISPONIBLES (hm <sup>3</sup> /año)	ÍNDICE DE EXPLOTACIÓN (%)
060.028	Sierra de Gibalto-Arroyo Marín	3,3	1,5	2,6	57%
060.029	Sierra de Enmedio-Los Tajos	6,9	1	5,5	18%
060.030	Sierra de Archidona	1,2	1	1,0	104%
060.031	Sierra de las Cabras-Camarolos-San Jorge	17	0,4	13,6	3%
060.032	Torcal de Antequera	9,6	4,5	5,8	78%
060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	41,4	33,5	33,1	101%
060.034	Fuente de Piedra	6,8	4,3	3,4	126%
060.035	Sierras de Teba-Almargen-Campillos	4,3	1,2	3,4	35%
060.036	Sierra del Valle de Abdalajís	7,9	0,4	6,3	6%
060.037	Bajo Guadalhorce	52,5	31,5	36,8	86%
060.038	Sierra de Mijas	24	35	19,2	182%
060.039	Río Fuengirola	10,2	7	7,1	98%
060.040	Marbella-Estepona	28,2	21,5	19,7	109%
060.041	Sierra de Cañete Sur	7	2,5	5,6	45%
060.042	Depresión de Ronda	12,1	4,5	9,7	46%
060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla	29,8	0,1	23,8	0%
060.044	Sierra de Líbar	99,3	0,5	79,4	1%
060.045	Sierra de Jarastepar	18,7	-	15,0	0%
060.046	Sierra de las Nieves-Prieta	77,1	1	61,7	2%
060.047	Guadiaro-Genal-Hozgarganta	25,6	8,4	17,9	47%
060.048	Dolomías de Ronda	>6,4	3	>5,1	<59%
060.049	Guadarranque-Palmones	15,5	1	10,9	9%
060.050	Sierra de los Filabres	12,1	0,3	9,7	3%
060.051	Macaël	4,4	1,5	3,5	43%
060.052	Sierra de Almagro	2,0	-	1,6	0%
060.053	Puerto de la Virgen	1	S/D	0,8	S/D
060.054	Lubrín-El Marchal	0,3	S/D	0,2	S/D
060.055	Sierra Alhambilla	6,6	S/D	5,3	S/D



**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



CÓDIGO	NOMBRE	RECARGA (hm <sup>3</sup> /año)	VOLUMEN EXTRAÍDO (hm <sup>3</sup> /año)	RECURSOS DISPONIBLES (hm <sup>3</sup> /año)	ÍNDICE DE EXPLOTACIÓN (%)
060.056	Sierra del Cabo de Gata	0,8	S/D	0,6	S/D
060.057	Laderas Meridionales de Sierra Nevada	5,6	S/D	4,5	S/D
060.058	Depresión de Ugijar	≥3,4	S/D	≥2,7	S/D
060.059	La Contraviesa Oriental	0,3	S/D	0,2	S/D
060.060	La Contraviesa Occidental	1,6	S/D	1,3	S/D
060.061	Sierra de Albuñuelas	28,3	1,5	22,6	7%
060.062	Sierra de las Guájaras	36,4	<1	29,1	3%
060.063	Sierra Alberquillas	>23,9	15	>16,7	<90%
060.064	Sierra Tejeda	20,7	0,5	16,6	3%
060.065	Metapelitas de Sierras Tejeda-Almijara	6,6	S/D	5,3	S/D
060.066	Corredor Villanueva de la Concepción-Periana	3,5	0,8	2,8	29%
060.067	Sierra Blanca	31,1	5	24,9	20%

-: Valor próximo a cero

**Tabla 4.3.4. Estimación de los recursos disponibles e índice de explotación, en las masas de agua subterránea identificadas en la DHCMA**

MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA (DHCMA)		RECARGA LATERAL		DESCARGA LATERAL	
CÓDIGO	NOMBRE	VALOR MEDIO (hm <sup>3</sup> /año)	MASA AGUA SUBTERRÁNEA	VALOR MEDIO (hm <sup>3</sup> /año)	MASA AGUA SUBTERRÁNEA
060.001	Cubeta de El Saltador	0,6	070.060 Las Norias (DH del Segura)	-	-
060.003	Alto-Medio Almanzora	0-7	060.002 Sierra de las Estancias, 060.050 Sierra de los Filabres y 060.051 Macael	0,7	060.004 Cubeta de Overa
060.004	Cubeta de Overa	0-7	060.003 Alto Medio Almanzora	0,5	060.005 Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas
060.005	Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas	0,5	060.004 Cubeta de Overa	-	-



**Unión Europea**

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA (DHCMA)		RECARGA LATERAL		DESCARGA LATERAL	
CÓDIGO	NOMBRE	VALOR MEDIO (hm <sup>3</sup> /año)	MASA AGUA SUBTERRÁNEA	VALOR MEDIO (hm <sup>3</sup> /año)	MASA AGUA SUBTERRÁNEA
060.008	Aguas	1,5	060.009 Campo de Tabernas	-	-
060.009	Campo de Tabernas	-	-	2	060.008 Aguas
060.012	Medio-Bajo Andarax	5	060.013 Campo de Dalías-Sierra de Gádor	-	-
060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	-	-	6	060.012 Medio-Bajo Andarax
060.016	Albuñol	4,5	Probablemente de la masa de agua 060.018 Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	-	-
060.017	Sierra de Padul Sur	6,5	05.65 Sierra de Padul (DH del Guadalquivir)	0-14,8	060.023 Depresión de Padul
060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	-	-	4,5	Probablemente hacia la masa de agua 060.016 Albuñol
060.019	Sierra de Escalate	-	-	4,4	060.021 Motril-Salobreña
060.021	Motril-Salobreña	6	060.019 Sierra de Escalate	-	-
060.023	Depresión de Padul	24	060.017 Sierra de Padul Sur y 060.061 Sierra de Albuñuelas	-	-
060.024	Sierra Almirajá	-	-	0-21,7	060.063 Sierra Alberquillas
060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	-	-	28,2	05.40 Sierra Gorda-Zafarraya (DH del Guadalquivir)
060.035	Sierras de Teba-Almargen-Campillos	0,5	Probablemente del afloramiento carbonatado de La Lentejuela	-	-
060.037	Bajo Guadalhorce	10	Acuíferos detríticos colindantes y masa de agua subterránea 060.038 Sierra de Mijas (sólo en los años más húmedos)	-	-
060.041	Sierra de Cañete Sur	-	-	2,3	060.035 Sierras de Teba-Almargen-Campillos y 05.72 Sierra de Cañete (DH del Guadalquivir)



MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA (DHCMA)		RECARGA LATERAL		DESCARGA LATERAL	
CÓDIGO	NOMBRE	VALOR MEDIO (hm <sup>3</sup> /año)	MASA AGUA SUBTERRÁNEA	VALOR MEDIO (hm <sup>3</sup> /año)	MASA AGUA SUBTERRÁNEA
060.042	Depresión de Ronda	7	060.043 Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla y 060.048 Dolomías de Ronda	-	-
060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla	-	-	7,7	060.042 Depresión de Ronda
060.044	Sierra de Líbar	38	062.002 Sierra de Líbar (DH del Guadalete y Barbate)	-	-
060.050	Sierra de los Filabres	-	-	S/D	060.003 Alto-Medio Almazora
060.052	Sierra de Almagro	-	-	0-2	060.001 Cubeta de El Saltador y 070.062 Sierra de Almagro (DH del Segura)
060.055	Sierra Alhamilla	-	-	S/D	060.009 Campo de Tabernas, 060.011 Campo de Níjar y 060.012 Medio-Bajo Andarax
060.058	Depresión de Ugíjar	S/D	060.014 Oeste de Sierra de Gádor	-	-
060.061	Sierra de Albuñuelas	-	-	10,8	060.023 Depresión de Padul y 05.42 Tejeda-Almijara-Las Guájaras (DH del Guadalquivir)
060.062	Sierra de las Guájaras	-	-	0-36	Se desconoce el destino de esta transferencia lateral
060.063	Sierra Alberquillas	S/D	060.024 Sierra Almijara	-	-
060.064	Sierra Tejeda	-	-	4,6	05.42 Tejeda-Almijara-Las Guájaras (DH del Guadalquivir)

DH: Demarcación Hidrográfica

**Tabla 4.3.5. Masas de agua subterránea identificadas en la DHCMA en cuyo balance hídrico se considera una componente de recarga o descarga lateral, e identificación de las masas de agua subterránea de las que proceden o hacia las que se dirigen dichas transferencias laterales**

## 5. ELABORACIÓN DE UNA CARTOGRAFÍA DE VULNERABILIDAD NATURAL A LA CONTAMINACIÓN EN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA IDENTIFICADAS EN LA DEMARCACIÓN

### 5.1. INTRODUCCIÓN

La Directiva 2000/60/CE determina en el artículo 4 que los Estados miembros deberán aplicar las medidas necesarias para evitar o limitar la entrada de contaminantes en las aguas subterráneas y evitar el deterioro del estado de todas las masas de agua subterránea. Esto implica fijar objetivos y criterios sobre la conservación de la calidad y la protección frente a la contaminación y el deterioro de las aguas subterráneas.

En virtud de los requerimientos establecidos en la DMA y sin perjuicio de lo dispuesto en la Sección VI del Título I del Reglamento de la Planificación Hidrológica, aprobado por el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, la Ley de Aguas para Andalucía (Ley 9/2010, de 30 de julio), establece por medio de su artículo 6 los siguientes objetivos medioambientales en materia de aguas:

- a) Prevenir el deterioro del estado de todas las masas de agua, superficiales, subterráneas y de las zonas protegidas, y, en su caso, restaurarlas con objeto de alcanzar el buen estado ecológico de las mismas. Para ello se definirán, implementarán y garantizarán los caudales ambientales necesarios para la conservación o recuperación del buen estado ecológico de las masas de agua.
- b) Conseguir un uso racional y respetuoso con el medio ambiente, que asegure a largo plazo el suministro necesario de agua en buen estado, de acuerdo con el principio de prudencia y teniendo en cuenta los efectos de los ciclos de sequía y las previsiones sobre el cambio climático.
- c) Reducir progresivamente la contaminación procedente de los vertidos o usos que perjudiquen la calidad de las aguas en la fase superficial o subterránea del ciclo hidrológico.
- d) Compatibilizar la gestión de los recursos naturales con la salvaguarda de la calidad de las masas de agua y de los ecosistemas acuáticos.
- e) Integrar en las políticas sectoriales y la planificación urbanística la defensa del dominio público hidráulico, la prevención del riesgo y las zonas inundables.
- f) Y en general los establecidos en el artículo 80 de la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.

La zonificación del territorio, basada en la caracterización del medio físico, constituye una herramienta fundamental para la implantación de medidas de protección de los recursos de agua subterránea. La actividad primordial de dicha zonificación consiste en la elaboración de mapas temáticos en los que se diferencien porciones de territorio con características homogéneas en relación con determinados aspectos cuantitativos del acuífero. Uno de estos aspectos es la *vulnerabilidad del acuífero a la contaminación*, que puede ser definida como la susceptibilidad a la alteración de la calidad de las aguas subterráneas por causas antrópicas. Asimismo, se puede distinguir entre vulnerabilidad intrínseca y específica: la vulnerabilidad *intrínseca* es la susceptibilidad del agua subterránea a la contaminación generada por la actividad humana en función de las características geológicas, hidrológicas e

hidrogeológicas de un área pero independientemente de la naturaleza del contaminante, mientras que la vulnerabilidad *específica* es la susceptibilidad del agua subterránea a un contaminante o grupo de contaminantes concreto en función de las propiedades de éstos y sus relaciones con los componentes de la vulnerabilidad intrínseca.

En la actualidad existe una gran variedad de métodos para evaluar la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, si bien muchos de ellos consisten en modelos de superposición cartográfica basados en la combinación de mapas de diversos atributos de un área concreta. Estos métodos emplean variables o parámetros con un rango definido y dividido en intervalos jerárquicos. A cada intervalo se le asigna un valor o puntuación, que refleja un grado relativo de susceptibilidad a la contaminación.

Con el propósito de mejorar el conocimiento en materia de caracterización de acuíferos y evaluación de la vulnerabilidad natural a la contaminación en las masas de agua subterránea identificadas en la DHCMA, se ha procedido a la elaboración de estas cartografías temáticas. Los mapas de vulnerabilidad obtenidos ofrecen una visión general de las distintas zonas de vulnerabilidad existentes, es decir, suponen una primera aproximación al grado de vulnerabilidad de un territorio, siendo recomendable su utilización únicamente para planteamientos regionales.

## 5.2. TRABAJOS REALIZADOS

### 5.2.1. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA

Con anterioridad al inicio de los trabajos se ha realizado un estudio bibliográfico de todos aquellos documentos que pudiesen incluir información de interés en el análisis, diseño y ejecución de la actividad, en relación con las características y funcionamiento hidrogeológico de las masas de agua subterránea, unidades hidrogeológicas y sistemas acuíferos identificados. Además, se han recopilado las coberturas geográficas de base y usos del suelo actualizados, inventario de presiones, red hidrográfica principal y secundaria, modelo digital de elevaciones, pluviometría, así como mapas temáticos de hidrogeología.

### 5.2.2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

La metodología a emplear para la génesis de estas cartografías varía en función de la naturaleza de las masas de agua subterránea.

Así, en las masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada se ha empleado el método COP, desarrollado por el Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga en el marco de la Acción Europea COST 620 sobre vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos carbonatados.

En las masas de agua subterránea de naturaleza detrítica se ha empleado una versión reducida del método DRASTIC (a cinco factores), que fue desarrollado por Aller et al. en 1987 y patrocinado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés). Se trata de un método empírico que trata de sistematizar la determinación del potencial de los contaminantes para alcanzar la zona saturada.

Asimismo, en las masas de agua subterránea de naturaleza mixta se ha segregado, en entorno GIS, la parte detrítica y la carbonatada, aplicando posteriormente la metodología específica para cada sector en función de su naturaleza (COP para la zona carbonatada y DRASTIC para la detrítica).

Con objeto de aplicar la metodología adecuada en cada una de las masas de agua identificadas en la demarcación, en primer lugar se ha procedido a la clasificación de éstas en función de su naturaleza (predominante). Para ello se ha realizado una revisión de la litología mayoritaria que constituye la masa de agua, basándose en la cartografía del ‘Mapa litoestratigráfico y de permeabilidad de España’ a escala 1:200.000, editada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y el Ministerio de Medio Ambiente (2006). El resultado de esta clasificación se presenta en la siguiente tabla.

CÓDIGO	NOMBRE	SUPERFICIE	NATURALEZA
060.001	CUBETA DE EL SALTADOR	145,0	Detrítica
060.002	SIERRA DE LAS ESTANCIAS	376,9	Carbonatada
060.003	ALTO-MEDIO ALMANZORA	605,1	Detrítica
060.004	CUBETA DE OVERA	53,0	Detrítica
060.005	CUBETA DE BALLABONA-SIERRA LISBONA-RÍO ANTAS	152,2	Detrítica
060.006	BAJO ALMANZORA	49,6	Detrítica
060.007	BÉDAR-ALCORNIA	20,1	Carbonatada
060.008	AGUAS	440,1	Detrítica
060.009	CAMPO DE TABERNAS	165,2	Detrítica
060.010	CUENCA DEL RÍO NACIMIENTO	205,5	Detrítica
060.011	CAMPO DE NÚJAR	582,5	Detrítica
060.012	MEDIO-BAJO ANDARAX	433,3	Mixta
060.013	CAMPO DE DALÍAS-SIERRA DE GÁDOR	1.037,5	Mixta
060.014	OESTE DE SIERRA DE GÁDOR	278,5	Carbonatada
060.015	DELTA DEL ADRA	49,2	Mixta
060.016	ALBUÑOL	34,9	Mixta
060.017	SIERRA DE PADUL SUR	43,8	Carbonatada
060.018	LANJARÓN-SIERRA DE LÚJAR-MEDIO GUADALFEO	263,1	Carbonatada
060.019	SIERRA DE ESCALATE	20,7	Carbonatada
060.020	CARCHUNA-CASTELL DE FERRO	39,3	Mixta
060.021	MOTRIL-SALOBREÑA	50,0	Detrítica
060.022	RÍO VERDE	8,5	Detrítica
060.023	DEPRESIÓN DE PADUL	51,8	Detrítica
060.024	SIERRA ALMIJARA	70,0	Carbonatada
060.025	SIERRA GORDA-ZAFARRAYA	155,2	Carbonatada
060.026	RÍO TORROX	4,5	Detrítica
060.027	RÍO VÉLEZ	43,3	Detrítica



CÓDIGO	NOMBRE	SUPERFICIE	NATURALEZA
060.028	SIERRA DE GIBALTO-ARROYO MARÍN	29,5	Mixta
060.029	SIERRA DE ENMEDIO-LOS TAJOS	27,8	Carbonatada
060.030	SIERRA DE ARCHIDONA	7,6	Carbonatada
060.031	SIERRA DE LAS CABRAS-CAMAROS-SAN JORGE	70,6	Carbonatada
060.032	TORCAL DE ANTEQUERA	28,7	Carbonatada
060.033	LLANOS DE ANTEQUERA-VEGA DE ARCHIDONA	374,4	Mixta
060.034	FUENTE DE PIEDRA	164,2	Mixta
060.035	SIERRAS DE TEBA-ALMARGEN-CAMPILLOS	84,1	Mixta
060.036	SIERRA DEL VALLE DE ABDALAJÍS	45,2	Mixta
060.037	BAJO GUADALHORCE	360,6	Detrítica
060.038	SIERRA DE MIJAS	96,9	Carbonatada
060.039	RÍO FUENGIROLA	25,8	Detrítica
060.040	MARBELLA-ESTEPONA	224,1	Detrítica
060.041	SIERRA DE CAÑETE SUR	40,1	Carbonatada
060.042	DEPRESIÓN DE RONDA	117,8	Detrítica
060.043	SIERRA HIDALGA-MERINOS-BLANQUILLA	140,6	Carbonatada
060.044	SIERRA DE LÍBAR	56,7	Carbonatada
060.045	SIERRA DE JARASTEPAR	44,3	Carbonatada
060.046	SIERRA DE LAS NIEVES-PIETA	219,9	Carbonatada
060.047	GUADIARO-GENAL-HOZGARGANTA	239,9	Detrítica
060.048	DOLOMÍAS DE RONDA	18,2	Carbonatada
060.049	GUADARRANQUE-PALMONES	141,5	Detrítica
060.050	SIERRA DE LOS FILABRES	130,3	Carbonatada
060.051	MACAEL	51,9	Carbonatada
060.052	SIERRA DE ALMAGRO	38,4	Carbonatada
060.053	PUERTO DE LA VIRGEN	110,6	Detrítica*
060.054	LUBRÍN-EL MARCHAL	25,8	Detrítica*
060.055	SIERRA ALHAMILLA	210,6	Carbonatada
060.056	SIERRA DEL CABO DE GATA	203,2	Detrítica
060.057	LADERAS MERIDIONALES DE SIERRA NEVADA	222,4	Detrítica*
060.058	DEPRESIÓN DE UGÚJAR	77,4	Detrítica
060.059	LA CONTRAVIESA ORIENTAL	17,5	Detrítica*



CÓDIGO	NOMBRE	SUPERFICIE	NATURALEZA
060.060	LA CONTRAVIESA OCCIDENTAL	71,3	Detrítica*
060.061	SIERRA DE ALBUÑUELAS	185,5	Mixta
060.062	SIERRA DE LAS GUÁJARAS	179,8	Carbonatada
060.063	SIERRA ALBERQUILLAS	117,0	Carbonatada
060.064	SIERRA TEJEDA	67,4	Carbonatada
060.065	METAPELITAS DE SIERRAS TEJEDA-ALMIJARA	380,3	Detrítica*
060.066	CORREDOR VILLANUEVA DE LA CONCEPCIÓN-PERIANA	267,8	Detrítica*
060.067	SIERRA BLANCA	100,8	Carbonatada

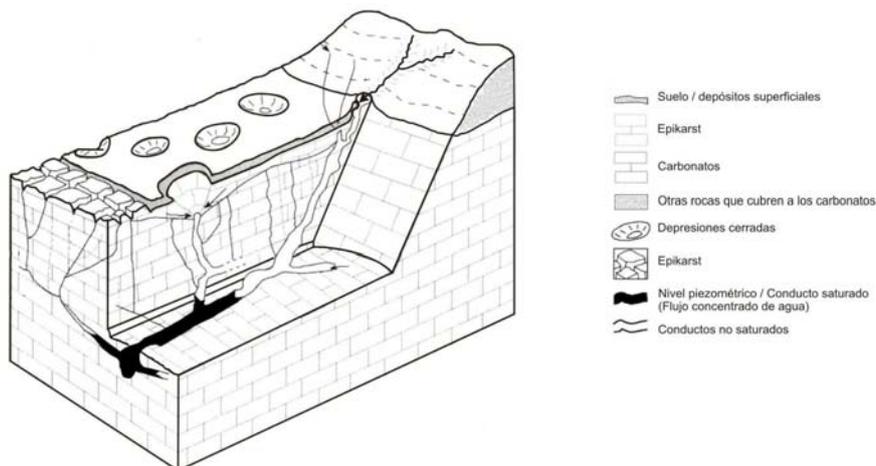
\* En el marco de estos trabajos, las masas de agua subterránea constituidas por materiales de baja permeabilidad (metapelitas o materiales asociados al flysch), se han considerado masas de agua de naturaleza detrítica.

**Tabla 5.2.2.1. Clasificación de las masas de agua subterránea identificadas en la DHCMA, en función de su naturaleza**

#### 5.2.2.1. Cartografía de vulnerabilidad natural a la contaminación en masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada (método COP)

La relevancia de los acuíferos carbonatados radica en su amplia distribución espacial, en la potencialidad de ser explotados, en la buena calidad de sus aguas y en un comportamiento hidrogeológico que los diferencia del resto de acuíferos.

Los sistemas kársticos son heterogéneos y anisótropos, por lo que la interpolación y extrapolación de los datos obtenidos en campo es más problemática que en otros acuíferos. Asimismo, cada sistema kárstico presenta un funcionamiento propio, por lo que se considera conveniente disponer de conocimientos previos para realizar la cartografía de vulnerabilidad y zonificar la recarga. La recarga de estos acuíferos puede ser difusa, a través del suelo, o concentrada, a través de sumideros.



**Figura 5.2.2.1.1. Modelo conceptual de un acuífero kárstico (Gunn, 1986)**

El almacenamiento del agua en el *epikarst* (zona de intensa karstificación y elevada permeabilidad cercana a la superficie), incrementa la protección natural y reduce la recarga del acuífero en profundidad, mientras que la concentración de flujo en formas de absorción del epikarst aumenta la vulnerabilidad y la recarga. La estructura y función del epikarst es difícil de evaluar, en parte, debido a que en muchos casos no es visible. Los acuíferos kársticos presentan doble porosidad debido a las fracturas y a los conductos creados por dilución, y es frecuente que exista una triple porosidad debida a la presencia de poros granulares en la matriz. El agua se almacena en los poros o en las fracturas, mientras que en los conductos se drena rápidamente; por tanto, dentro de un mismo sistema kárstico existe un flujo rápido y un flujo lento. Este hecho es muy importante desde el punto de vista de la vulnerabilidad, ya que un mismo contaminante puede ser transportado rápidamente o quedarse almacenado en el acuífero durante un largo periodo de tiempo, en función de las características del acuífero.

Asimismo, el karst se caracteriza por presentar fluctuaciones del nivel piezométrico rápidas y acusadas, que pueden cifrarse en varias decenas de metros. En muchos casos la superficie piezométrica es discontinua y difícil de determinar, y las áreas de recarga de los distintos manantiales que drenan el acuífero carbonatado son, a menudo, extensas y distantes del punto de descarga. Además, generalmente son difíciles de determinar e incluso pueden variar en el tiempo, ya que dependen de las condiciones hidrológicas. Las áreas de recarga de diferentes manantiales pueden llegar a solaparse y un mismo área puede ser vertiente a un manantial o a otro, dependiendo de la posición del nivel piezométrico.

#### ➤ **Método COP**

El método COP fue desarrollado por el Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (Vías et al. 2002, 2006) para *evaluar la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos carbonatados*, a partir de los tres factores indicados por la Acción COST 620 para la cartografía de vulnerabilidad del agua subterránea en acuíferos kársticos. Estos factores son los siguientes:

- **Factor C** (*Flow Concentration*), relativo a las condiciones superficiales para la concentración de flujos de agua que recargan al acuífero
- **Factor O** (*Overlying layers*), que contempla las capas de protección del agua subterránea
- **Factor P** (*Precipitation*), relativo a las características de la precipitación

El método se basa en dos premisas:

- El contaminante se mueve con el agua a través de la zona no saturada (ZNS)
- El contaminante se infiltra en el acuífero desde la superficie
- **Factor C**: *condiciones superficiales para la concentración de flujos de agua que recargan el acuífero*

El *factor C* permite estimar el modo en que se produce la recarga del acuífero y cómo ésta modifica la protección natural dada por el *factor O*. Así, en zonas donde se produce una recarga concentrada la protección del acuífero será más reducida que en aquellas zonas donde tiene lugar de forma difusa.

Para evaluar el *factor C* se diferencian dos tipos de escenarios: 1) el primer escenario incluye las cuencas vertientes a un sumidero. En estas áreas la vulnerabilidad del recurso aumenta debido a que un contaminante potencial pasaría directamente desde la superficie hasta la zona saturada, sin estar expuesto a los procesos de atenuación que se producen en la zona no saturada; 2) en el segundo escenario la recarga se produce de forma difusa.

En el primer escenario los parámetros que se utilizan para establecer el valor del *factor C* son los siguientes:

- ✓ Distancia al sumidero ( $d_h$ ).

Rangos del parámetro $d_h$ (Distancia al sumidero)	Valor de $d_h$
$\leq 500$	0
(500 - 1.000]	0,1
(1.000 - 1.500]	0,2
(1.500 - 2.000]	0,3
(2.000 - 2.500]	0,4
(2.500 - 3.000]	0,5
(3.000 - 3.500]	0,6
(3.500 - 4.000]	0,7
(4.000 - 4.500]	0,8
(4.500 - 5.000]	0,9
$> 5.000$ m	1

Tabla 5.2.2.1.1. Valores asignados al parámetro  $d_h$

- ✓ Distancia a los arroyos vertientes al sumidero ( $d_s$ ). Tiene en cuenta la distancia, medida perpendicularmente, desde un punto cualquiera de la cuenca al arroyo vertiente.

Rangos del parámetro $d_s$ (Distancia a los arroyos vertientes al sumidero)	Valor de $d_s$
$\leq 10$ m	0
(10 - 100]	0,5
$> 100$ m	1

Tabla 5.2.2.1.2. Valores asignados al parámetro  $d_s$

- ✓ Pendiente y densidad de vegetación ( $sv$ ), que afectan al régimen de escorrentía/infiltración. Así, a mayor pendiente y menor densidad de vegetación, mayor escorrentía y, por tanto, mayor cantidad de agua que llega al sumidero.

Vegetación (v) \ Pendiente (s)	≤ 8%	(8-31%]	(31-76%]	>76%
	Alta densidad	1	0,95	0,85
Baja densidad	1	0,90	0,80	0,75

Tabla 5.2.2.1.3. Valores asignados al parámetro *sv*, para un escenario tipo 1

El valor del *factor C*, para un escenario tipo 1, se obtiene del producto de los tres parámetros anteriores:

$$\text{Factor } C = d_h \cdot d_s \cdot sv$$

Cuando la recarga se produce de forma difusa, escenario tipo 2, el *factor C* se evalúa a partir de los siguientes parámetros:

- ✓ Formas superficiales (*sf*). Vienen determinadas por el modelado kárstico en superficie y las características de permeabilidad de la capa superficial.

Geoformas \ Capa superficial	Ausente	Permeable	Impermeable
	Karst desarrollado: presencia de dolinas, torcas y lapiazes	0,25	0,5
Karst en desarrollo o afloramiento superficial afectado por disolución	0,5	0,75	1
Rocas carbonatadas fisuradas	0,75	0,75	1
Ausencia de formas kársticas	1	1	1

Tabla 5.2.2.1.4. Valores asignados al parámetro *sf*

- ✓ Pendiente y densidad de vegetación (*sv*) que afectan al régimen de escorrentía/infiltración. En este caso, se contempla de forma opuesta al del escenario 1, ya que, a mayor pendiente y menor densidad de vegetación, mayor escorrentía que fluye hacia fuera del acuífero y, por tanto, la vulnerabilidad disminuye.

Vegetación (v) \ Pendiente (s)	≤ 8%	(8-31%]	(31-76%]	>76%
	Alta densidad	0,75	0,80	0,90
Baja densidad	0,75	0,85	0,95	1

Tabla 5.2.2.1.5. Valores asignados al parámetro *sv*, para un escenario tipo 2

En este caso, el valor del *factor C* se obtiene como el producto de los dos parámetros anteriores:

$$\text{Factor } C = sf \cdot sv$$

El *factor C* presenta valores que varían entre 0 y 1 y se agrupan en diferentes clases, según la reducción de protección. El valor 0 indica que se reduce toda la protección natural asociada al *factor O*, mientras que el valor 1 indica que las características de la infiltración (C) no afectan a la protección natural ejercida por las variables contempladas por el *factor O*.

Valores del factor C	Reducción de la protección
[0 - 0,2]	Muy alta
(0,2 - 0,4]	Alta
(0,4 - 0,6]	Moderada
(0,6 - 0,8]	Baja
(0,8 - 1]	Muy baja

Tabla 5.2.2.1.6. Clases del *factor C*

- **Factor O:** capas de protección del agua subterránea

La zona no saturada de los acuíferos constituye una protección para el agua subterránea que en ellos se almacena. Tanto el suelo como la litología de la zona no saturada son aspectos a tener en cuenta a la hora de estudiar la protección de las aguas subterráneas.

- ✓ El grado de desarrollo del suelo (**variable OS**), así como su contenido en microorganismos, lo convierten en un elemento a considerar para la potencial biodegradación de contaminantes, tanto por modificación bioquímica de éstos como por procesos de sorción o intercambio catiónico. Dos aspectos relevantes del suelo para determinar el grado de protección que éste ofrece al agua subterránea son la *textura* y el *espesor*.

Textura \ Espesor	Textura			
	Arcillosa	Limosa	Franca	Arenosa
> 1 m	5	4	3	2
0,5 - 1 m	4	3	2	1
≤ 0,5 m	3	2	1	0

Tabla 5.2.2.1.7. Parámetros y puntuación para la variable suelo (*OS*)

- ✓ Con respecto a la litología de la zona no saturada (**variable OL**), se tienen en cuenta tanto las características hidrogeológicas (*Ly*), principalmente porosidad y conductividad hidráulica, como el grado de fracturación de las capas y el espesor de las mismas. Otro aspecto que se considera en el *parámetro OL* es el grado de confinamiento (*cn*) de los distintos sectores del acuífero. De este modo:

$$OL = Li \cdot cn$$

Siendo  $L_i = \sum (L_y \cdot m)$ , donde  $m$  es el espesor.

Rangos del parámetro $L_y$	Valor de ( $L_y$ )
Arcillas	1.500
Limos	1.200
Margas y rocas ígneas y metamórficas no fisuradas	1.000
Margocalizas	500
Rocas ígneas y metamórficas fisuradas	400
Brechas y conglomerados no fisurados o cementados	100
Areniscas	60
Brechas y conglomerados no fisurados o escasamente cementados	40
Arenas y gravas	10
Basaltos permeables	5
Rocas carbonatadas fisuradas	3
Rocas karstificadas	1

Tabla 5.2.2.1.8. Valores del parámetro  $L_y$

Rango de valores de $L_y \cdot m$	Valor de protección ( $L_i$ )
$\leq 250$ m	1
250 - 1.000	2
1.000 - 2.500	3
2.500 - 10.000	4
$> 10.000$	5

Características del acuífero	Valor de $c_n$
Confinado	2
Semi-confinado	1,5
No confinado	1

Tablas 5.2.2.1.9 y 10. Valores asignados a los parámetros  $L_i$  y  $c_n$

El valor del *factor O* resulta de la suma de las variables  $OS$  y  $OL$ . Este valor final se clasifica según la capacidad de protección que ofrece al acuífero.

$$\text{Factor } O = OS + OL$$

Valores del factor O	Capacidad de protección de la zona no saturada (ZNS)
1	Muy baja
2	Baja
(2 - 4]	Moderada
(4 - 8]	Alta
(8 - 15]	Muy alta

Tabla 5.2.2.1.11. Capacidad de protección del agua subterránea en función del factor O

- **Factor P:** características de la precipitación

El agua de lluvia es el agente que transporta el contaminante hacia el acuífero. A diferencia de los factores C y O, que tienen en cuenta características intrínsecas del acuífero, el factor P contempla un aspecto extrínseco como es la lluvia. En este caso, tanto la cantidad de agua de precipitación como la intensidad, son factores influyentes en la protección del acuífero.

La cantidad de contaminante introducida en el acuífero así como su posible dilución antes de alcanzar el nivel piezométrico o zona saturada, varía en función de la cantidad de agua de lluvia. De este modo se considera que precipitaciones inferiores a 800-1.200 mm/año influyen de forma negativa en la vulnerabilidad, ya que la infiltración del contaminante se ve favorecida. Por el contrario, cuando las precipitaciones son superiores a 800-1.200 mm/año se producen importantes procesos de dilución del contaminante y, por tanto, disminuye la vulnerabilidad.

La variable  $P_Q$  (cantidad de lluvia) se corresponde con la precipitación media de los años húmedos y se puntúa según los intervalos recogidos en la tabla adjunta.

Intervalos de precipitación (mm/año)	Valor $P_Q$
> 1.600	0,4
(1.200 - 1.600]	0,3
(800 - 1.200]	0,2
(400 - 800]	0,3
≤ 400	0,4

Tabla 5.2.2.1.12. Valores de la variable  $P_Q$

La variable  $P_I$  (intensidad de la precipitación) representa la proporción escorrentía/infiltración. Así, precipitaciones muy intensas favorecen la escorrentía y disminuyen la infiltración. La intensidad ( $P_I$ ) se estima a partir de la precipitación media de los años húmedos y del número de días lluviosos.

Intervalos de intensidad de precipitación (mm/día)	Valor $P_i$
$\leq 10$	0,6
(10 - 20]	0,4
$> 20$	0,2

Tabla 5.2.2.1.13. Valores de la variable  $P_i$

Finalmente, el valor del *factor P* es el resultado de la suma de los dos parámetros anteriores:

$$\text{Factor } P = P_Q + P_i$$

Este factor puede variar entre 0,4 (modificación máxima de la protección) y 1 (no modifica la protección asignada por el *factor O*).

Valores del factor P	Reducción de la protección
[0,4 - 0,5]	Muy alta
0,6	Alta
0,7	Moderada
0,8	Baja
[0,9 - 1]	Muy baja

Tabla 5.2.2.1.14. Clases del *factor P*

▪ **Índice de vulnerabilidad intrínseca del método COP**

Del producto de los factores C, O y P obtenidos, resulta el índice de vulnerabilidad intrínseca del método COP. Este índice varía entre 0 y 15: valores próximos a 0 son representativos de una vulnerabilidad máxima (mínima protección), mientras que los valores cercanos a 15 corresponden a una situación de mínima vulnerabilidad (máxima protección). El índice COP se agrupa en 5 clases que representan los diferentes grados de vulnerabilidad considerados.

$$\text{ÍNDICE COP} = C \cdot O \cdot P$$

Intervalos del índice COP	Clases de vulnerabilidad del acuífero
[0 - 0,5]	Muy alta
(0,5 - 1]	Alta
(1 - 2]	Moderada
(2 - 4]	Baja
(4 - 15]	Muy baja

Tabla 5.2.2.1.15. Clases de vulnerabilidad natural a la contaminación establecidas según el índice COP

➤ **Fuentes de información, recopilación, análisis y tratamiento de los datos y capas de información**

Los mapas de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de las aguas subterráneas se basan en el análisis de las variables del medio físico. En el marco de estos trabajos, y siguiendo las directrices del método COP, las variables del medio físico consideradas han sido:

- ✓ Litología de la zona no saturada (ZNS)
- ✓ Suelo: espesor y textura
- ✓ Cobertura vegetal
- ✓ Pendiente
- ✓ Morfología kárstica superficial
- ✓ Precipitación: cantidad de lluvia y número de días con registro de precipitación
- ✓ Espesor de la zona no saturada
- ✓ Grado de confinamiento

Asimismo, las principales fuentes de información consultadas para la evaluación de los diferentes factores incluidos en este método, han sido:

- **Factor C:** condiciones superficiales para la concentración de flujos de agua que recargan al acuífero

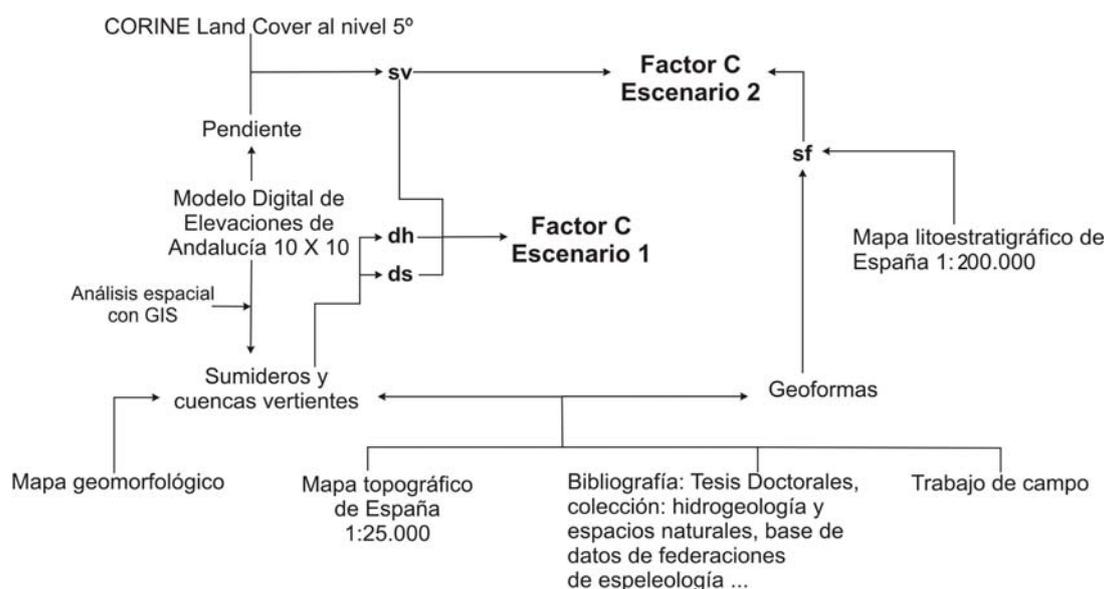


Figura 5.2.2.1.2. Esquema conceptual de la metodología empleada y principales fuentes de información consultadas para la evaluación del factor C

○ *Uso del Territorio (Ocupación del suelo)*

La cartografía temática utilizada ha sido la actualización 2000 I&CLC2000 del CORINE Land Cover (Instituto Geográfico Nacional - Ministerio de Fomento). El mayor grado de detalle que permite esta cartografía, el nivel 5, distingue 85 clases de ocupación del suelo, las cuales fueron revisadas y actualizadas en noviembre de 2001 de cara a la generación del CLC2000-España. En esta cartografía sólo se representan polígonos mayores de 25 Ha, excepto los núcleos urbanos y láminas de agua que aparecen independientemente del tamaño.

○ *Pendiente*

A partir de los ficheros ASCII obtenidos del Modelo Digital del Terreno editado por la Junta de Andalucía en el año 2005, con Golden Software SURFER 8 se ha elaborado un Modelo Digital de Pendientes para las demarcaciones hidrográficas andaluzas de carácter intracomunitario con un salto de malla de 10x10 m en formato .grd.

Este fichero ha sido exportado a ASCII para, con ArcGIS 9.3, ser transformado en ráster y posteriormente reclasificado en los intervalos definidos para el factor *pendiente*.

○ *Formas kársticas en superficie*

La geomorfología kárstica constituye un aspecto básico de la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas en acuíferos carbonatados. La cartografía y estudios existentes sobre las formas kársticas es muy escasa si bien, en el marco de estos trabajos, se han recopilado una serie de documentos elaborados en el marco de diferentes tesis doctorales relacionadas con el desarrollo de procesos kársticos superficiales en las siguientes masas de agua subterránea:

- ✓ Sierra de Líbar
- ✓ Sector sureste de Sierra de Grazalema
- ✓ Sierra Gorda-Zafarraya
- ✓ Sierra de las Nieves-Prieta
- ✓ Torcal de Antequera
- ✓ Sierra de las Cabras-Camarolos-San Jorge
- ✓ Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla

En ocasiones ha sido necesario un proceso de digitalización y georreferenciación de estos mapas geomorfológicos tal y como se muestra en la figura adjunta.

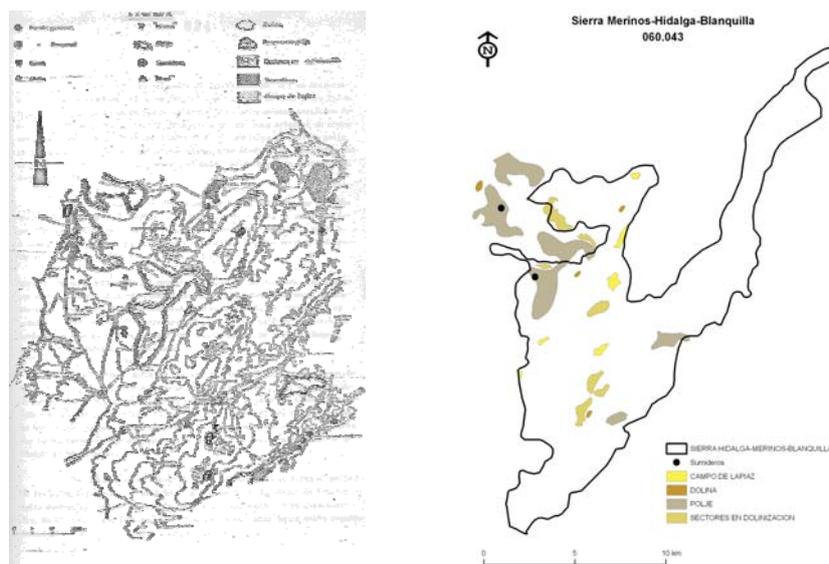


Figura 5.2.2.1.3. Digitalización y georreferenciación de las principales características geomorfológicas de la masa de agua subterránea 060.043 y un sector de la 062.001

○ *Sumideros kársticos*

La aplicación del método COP requiere identificar los sumideros kársticos así como conocer su localización de la forma más precisa posible, con objeto de delimitar el área vertiente. La identificación y localización de estos sumideros kársticos resulta laboriosa y ha requerido, en algunos casos, trabajos de campo complementarios. Asimismo, las principales fuentes de información consultadas han sido:

- ✓ Mapa geomorfológico 1:1.000.000 elaborado por el IGME
- ✓ Base de datos publicada en la Web de la Sociedad Española de Espeleología (<http://www.sedeck.org/web/>)
- ✓ Bases de datos facilitadas por diferentes asociaciones de espeleología regionales
- ✓ Red hidrográfica de España a escala 1:25.000. A partir de esta red se han rastreado todos los flujos de agua superficiales endorreicos, con objeto de localizar el emplazamiento de posibles sumideros

○ *Otras formas exokársticas*

En este grupo de formas kársticas se incluyen las formas endorreicas sin sumidero kárstico (dolinas y uvalas) y los campos de lapiaz. La información relacionada con estas formas del modelado se ha extraído de los mapas geomorfológicos mencionados anteriormente. Por otra parte, a partir de las depresiones identificadas en el mapa topográfico de España, a escala 1:25.000, se ha generado una cobertura en la que se representan las principales dolinas existentes en las masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada.

○ *Arroyos vertientes a sumideros*

La información relacionada con los arroyos vertientes a sumideros se ha extraído del mapa topográfico de España, a escala 1:25.000, del mapa topográfico de Andalucía, a escala 1:10.000 y de los mapas geomorfológicos mencionados con anterioridad.

La delimitación de la cuenca vertiente al arroyo, que en última instancia vierte al sumidero, se ha realizado mediante el análisis de los mapas topográficos y con la ayuda de las herramientas de análisis espacial de ArcGIS.

- **Factor O:** capas de protección del agua subterránea

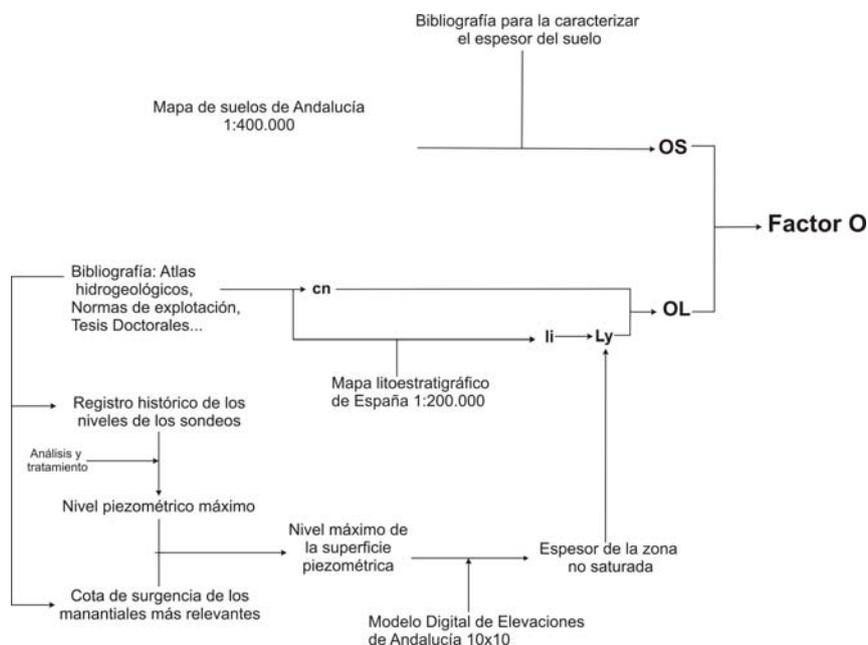


Figura 5.2.2.1.4. Esquema conceptual de la metodología empleada y principales fuentes de información consultadas para la evaluación del factor O

○ *Litología*

La capa de información geográfica que se ha utilizado para evaluar las variables relacionadas con la litología ha sido el ‘Mapa litoestratigráfico y de permeabilidad de España’ a escala 1:200.000, editado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y el Ministerio de Medio Ambiente (2006).

Durante el análisis pormenorizado de esta cartografía se ha observado que presenta diversos errores, en algunos casos derivados de la escala y, en otros, de la interpretación del medio físico. En la medida de lo posible estos errores han sido corregidos, siempre y cuando se trate de reinterpretar la litología existente. Así, para verificar las litologías representadas en el mapa litoestratigráfico se han utilizado los mapas geológicos de la serie MAGNA, a escala 1:50.000, así como las cartografías actualizadas incluidas en los atlas hidrogeológicos más recientes.

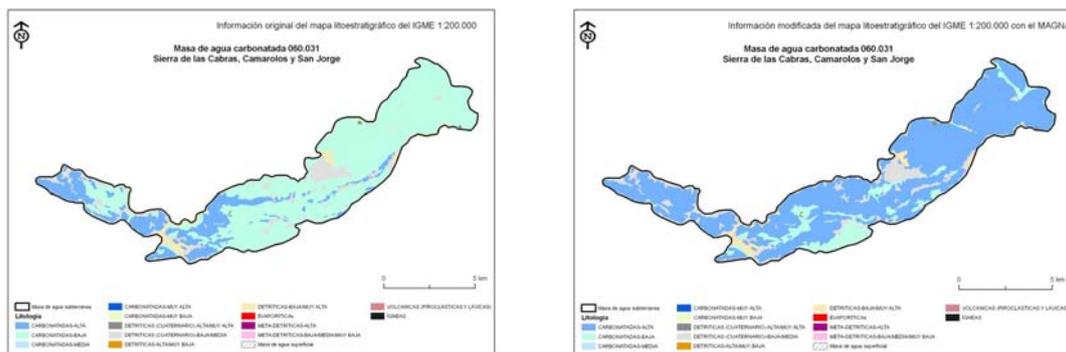


Figura 5.2.2.1.5. Corrección de errores identificados en el mapa litoestratigráfico de España E.:1:200.000, de acuerdo con la cartografía de la serie MAGNA (E.: 1:50.000), para la MASb. 060.031

o Suelo

El método COP tiene en cuenta dos aspectos relacionados con el suelo (*espesor* y *textura*) que afectan a su permeabilidad y, por tanto, a su capacidad de protección del agua subterránea frente a posibles episodios de contaminación.

Las fuentes de información cartográfica utilizadas han sido el Mapa de Suelos de Andalucía, a escala 1:400.000, editado por la Consejería de Agricultura y Pesca y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Sevilla, 1998) y, para aquellas zonas en las que se ha trabajado en el marco del Proyecto LUCDEME, se ha empleado la cartografía edafológica a escala 1:100.000.

Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas	
Código	Nombre de la MASb.
060.024	Sierra Almirajara
060.028	Sierra de Gibalto-Arroyo Marín
060.029	Sierra de Enmedio-Los Tajos
060.030	Sierra de Archidona
060.031	Sierra de Las Cabras-Camarolos-San Jorge
060.032	Torcal de Antequera
060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona
060.034	Fuente de Piedra
060.035	Sierras de Teba-Almargen-Campillos
060.036	Sierra del Valle de Abdalajís
060.038	Sierra de Mijas
060.041	Sierra de Cañete Sur

Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas	
Código	Nombre de la MASb.
060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla
060.044	Sierra de Líbar
060.045	Sierra de Jarastepar
060.046	Sierra de Las Nieves-Prieta
060.048	Dolomías de Ronda
060.050	Sierra de Los Filabres
060.061	Sierra de Albuñuelas
060.062	Sierra de las Guájaras
060.063	Sierra Alberquillas
060.064	Sierra Tejeda
060.067	Sierra Blanca

Tabla 5.2.2.1.16. Listado de masas de agua subterráneas en las que se ha utilizado el mapa edafológico elaborado en el marco del proyecto LUCDEME (E.: 1:100.000)

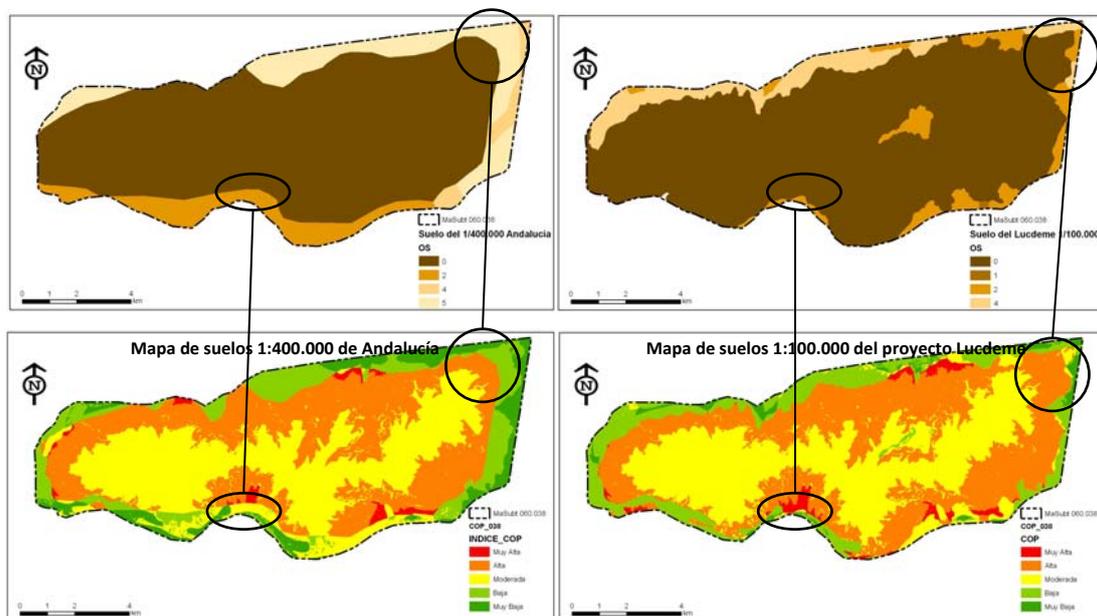


Figura 5.2.2.1.6. Mejora de la cartografía de vulnerabilidad resultante mediante el uso de la cartografía de suelos generada en el marco del proyecto LUCDEME (E.: 1:100.000)

Además, con objeto de valorar los suelos con el mejor criterio posible se ha recurrido a consultar aquellas fuentes bibliográficas donde se describen las principales características de los suelos (textura, profundidad, comportamiento frente a la desecación, porcentaje de arcilla, etc.). A partir de la información recabada se ha valorado el suelo en relación con su *textura y espesor*.

○ *Grado de confinamiento*

Para determinar si una masa de agua subterránea presenta sectores confinados o semiconfinados se han tenido en cuenta los siguientes factores: naturaleza de las formaciones geológicas identificadas, edad, series estratigráficas, estructura geológica y geometría del acuífero.

La capa de información geográfica que se ha utilizado para evaluar las variables relacionadas con el grado de confinamiento ha sido el 'Mapa litoestratigráfico y de permeabilidad de España' a escala 1:200.000, editado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y el Ministerio de Medio Ambiente (2006), así como la cartografía geológica de la serie MAGNA (a escala 1:50.000).

○ *Espesor de la zona no saturada (ZNS)*

Para estimar el espesor de la ZNS se ha determinado la cota piezométrica en los puntos de agua (pozos, sondeos y manantiales) incluidos en las diferentes bases de datos consultadas:

- ✓ Base de datos AGUAS, de la Dirección de Hidrogeología y Aguas Subterráneas. Instituto Geológico y Minero de España.
- ✓ Base de datos facilitada por la Dirección General del Agua. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- ✓ Base de datos facilitada por la Agencia Andaluza del Agua.

El procedimiento seguido para estimar la cota piezométrica en cada punto de agua (*pozo o sondeo*), ha sido el siguiente:

1. Unificar los datos de profundidad del nivel piezométrico procedentes de los diferentes bancos de datos consultados, eliminando aquellos registros que se consideran anómalos o erróneos.
2. Seleccionar los puntos de agua localizados en el interior de las masas de agua subterránea y aquellos puntos que, aún situándose fuera de los límites de una masa de agua subterránea, se consideran representativos de la misma.
3. Revisar las series históricas registradas en cada piezómetro.
4. Calcular la profundidad media y mínima del nivel piezométrico.
5. Representar gráficamente las series de medidas históricas eliminando aquellas que correspondan a niveles dinámicos, datos históricos discordantes con la situación actual del acuífero y aquellos que no se ajusten con la tendencia global de la serie (ascensos y/o descensos bruscos que se produzcan de forma puntual, errores de medida, etc.).
6. Recalcular la profundidad media y mínima del nivel piezométrico.
7. Comprobar la bondad de los datos relativos a la cota absoluta de cada punto recogidos en las diferentes bases de datos consultadas. En numerosos casos esta cota ha sido corregida, asignándole el valor obtenido a partir del Modelo Digital del Terreno editado por la Junta de Andalucía en el año 2005, con un salto de malla de 10x10 m.

8. Finalmente, una vez conocida la cota topográfica y la profundidad mínima alcanzada por el nivel piezométrico en cada punto, se ha obtenido la cota piezométrica máxima o, dicho de otro modo, el menor espesor de la zona no saturada (situación en la que el acuífero es más vulnerable a la contaminación).

Por otro lado, en el caso de los *manantiales* se ha procedido al filtrado de los datos de partida de acuerdo con dos factores: *cota de surgencia* y *caudal*. De este modo, aquellos manantiales que presentan caudales insignificantes y/o una cota piezométrica muy dispar respecto a otros puntos cercanos en los que se han registrado caudales elevados, se han desestimado al considerarse puntos poco representativos del drenaje global de la masa de agua subterránea o bien, representativos de niveles ‘colgados’ respecto al nivel piezométrico regional.

Una vez filtrada la información de partida se han trazado, en entorno GIS, los mapas de isopiezas (o cotas piezométricas en su defecto), para las masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada.

Entre las diferentes aplicaciones de análisis tridimensional que ofrece el software ArcGIS 9.3, se ha empleado la herramienta ‘*topo to raster*’ ya que ésta permite interpolar a partir de puntos, líneas y polígonos. Además, se pueden incorporar -al modelo de interpolación- isopiezas previamente generadas mediante métodos convencionales así como la cota piezométrica de cada punto.

Finalmente, el espesor de la ZNS se ha obtenido restando la superficie piezométrica a la superficie topográfica generada a partir del Modelo Digital de Elevaciones de Andalucía (10x10). Considerando el espesor mínimo de la zona no saturada (cota piezométrica máxima), cuando el acuífero es más vulnerable, simulamos la situación más desfavorable desde el punto de vista de la protección del acuífero frente a un episodio de contaminación.

- **Factor P:** características de la precipitación

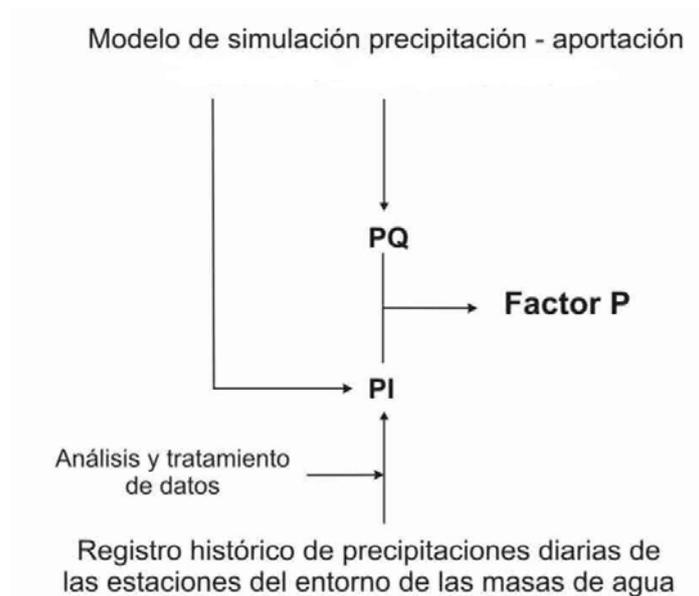


Figura 5.2.2.1.7. Esquema conceptual de la metodología empleada y principales fuentes de información consultadas para la evaluación del *factor P*

- *Cantidad de lluvia*

La información relativa a la cantidad de agua de lluvia se ha extraído del Modelo de Simulación Precipitación-Escorrentía SIMPA(2), elaborado por el Centro de Estudios Hidrográficos y el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Este modelo ofrece una estimación de la precipitación mensual durante el periodo de simulación considerado para cada una de las celdas (tamaño 1.000x1.000 m) en las que se discretizó el territorio nacional. El procedimiento de interpolación seguido para desarrollar el modelo de simulación precipitación-escorrentía tuvo en cuenta los datos registrados en más de 5.000 estaciones meteorológicas operativas en España (Estrela et al., 1999).

Con objeto de depurar los resultados obtenidos así como las salidas gráficas asociadas, previamente al tratamiento de los datos de precipitación se ha procedido a reducir el tamaño de celda, siendo necesario convertir la cobertura ráster a formato de puntos y posteriormente interpolar (de puntos a ráster) con un tamaño de celda de 10x10 m.

A partir de los datos de precipitación mensual se ha estimado la precipitación anual para la serie histórica 1970-2005. Aunque el modelo SIMPA(2) ofrece valores de precipitación anteriores a esta fecha, éstos se han desestimado con objeto de que el período seleccionado sea comparable al utilizado en el caso de la variable intensidad.

- *Intensidad de la lluvia*

Para estimar la intensidad de la lluvia es necesario conocer el número de días de lluvia por año. Para ello, y en primer lugar, se ha solicitado a la Agencia Estatal de Meteorología un listado que recoja las estaciones pluviométricas localizadas en la zona objeto de estudio y, a la Agencia Andaluza del Agua, el número de datos pluviométricos registrados. Posteriormente se ha realizado un filtrado de las estaciones pluviométricas seleccionando únicamente los años hidrológicos completos, desestimando aquellos que presentan meses sin registro. A partir de los datos restantes se ha obtenido el número de días con lluvia acontecidos en años hidrológicos completos y el número medio de días con lluvia al año para cada estación.

Con objeto de disponer de una superficie distribuida que cubra toda el área de estudio, los datos puntuales de días de lluvia se han interpolado mediante el método *kriging*.

Finalmente, la capa de información correspondiente a la variable intensidad de la lluvia, resulta de dividir la precipitación media anual entre el número de días con lluvia.

➤ **Elaboración de mapas temáticos**

La base de la elaboración de los mapas temáticos radica en el análisis espacial mediante la superposición cartográfica de las distintas coberturas asociadas a cada factor COP, en formato vectorial o ráster. Dicha superposición se realiza en el entorno de un Sistema de Información Geográfica y, como resultado, se obtiene la zonificación cartográfica del territorio o distribución espacial en áreas a las que se asignan diferentes grados de vulnerabilidad.

Los valores del índice de vulnerabilidad COP varían entre 0 y 15. Estos valores se agrupan en cinco clases, correspondientes a los distintos grados de vulnerabilidad considerados.

- ✓ Muy alta
- ✓ Alta
- ✓ Moderada
- ✓ Baja
- ✓ Muy baja

Para la representación cartográfica de las clases finales se ha utilizado una gama cromática según la cual, los colores más próximos a rojo indican el mayor grado de vulnerabilidad y los colores próximos a azul representan el menor grado.

FACTOR C		FACTOR O		FACTOR P		INDICE DE VULNERABILIDAD	
Reducción de la protección	Valor factor C	Capacidad de protección de la ZNS	Valor factor O	Reducción de la protección	Valor factor P	Clases de vulnerabilidad del acuífero	Valor COP
Muy alta	(0-0,2]	Muy alta	1	Muy alta	(0,4-0,5]	Muy alta	(0-0,5]
Alta	(0,4-0,4]	Alta	2	Alta	0,6	Alta	(0,5-1]
Moderada	(0,4-0,6]	Moderada	(2-4]	Moderada	0,7	Moderada	(1-2]
Baja	(0,6-0,8]	Baja	(4-8]	Baja	0,8	Baja	(2-4]
Muy baja	(0,8-1]	Muy baja	(8-15]	Muy baja	[0,9-1]	Muy baja	(4-15]

Tabla 5.2.2.1.17. Escala cromática utilizada para la representación del grado de vulnerabilidad

#### 5.2.2.2. Cartografía de vulnerabilidad natural a la contaminación en masas de agua subterránea de naturaleza detrítica (método DRASTIC reducido)

Las masas de agua subterránea de naturaleza detrítica comprenden aquellas cuya litología está constituida fundamentalmente por sedimentos detríticos, así como las constituidas por materiales metapelíticos y otros materiales de baja permeabilidad.

##### ➤ **Método DRASTIC**

El método DRASTIC fue desarrollado por Aller et al. en 1987 y patrocinado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés). Se trata de un método empírico que trata de sistematizar la determinación del potencial de los contaminantes para alcanzar la zona saturada. Esta metodología es denominada así por los siete factores que se tienen en cuenta para la determinación de la vulnerabilidad y su nombre es un acrónimo que responde a las iniciales, en inglés, de las variables utilizadas. Estos factores son:

- Profundidad del agua subterránea (*Depth*)
- Tasa de recarga (*Recharge*)
- Tipo de acuífero (*Aquifer media*)
- Tipo de suelo (*Soil media*)
- Pendiente (*Topography*)
- Impacto de la zona no saturada (*Impact of the vadose zone media*)
- Conductividad hidráulica (Hydraulic Conductivity of the aquifer)

El método asume tres premisas:

- El contaminante es introducido sobre la superficie del terreno
- El contaminante es trasladado al agua subterránea por precipitación
- El contaminante es móvil en el agua

El índice DRASTIC resulta de la suma de estos siete parámetros:

$$D_r D_w + R_r R_w + A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C_w = \text{Contaminación Potencial}$$

Donde los subíndices  $r$  y  $w$  significan factor de 'clasificación' y factor de 'ponderación' respectivamente.

Este método provee una forma simple de asignar la susceptibilidad de ciertas áreas a la contaminación. Los factores de clasificación se establecen del 1 al 10, mientras los factores de ponderación varían según el parámetro implicado.

A continuación se presentan los factores de clasificación asignados a cada variable en función del valor correspondiente.

- *Profundidad del agua (D)*

<i>Profundidad (m)</i>	<i>Clasificación <math>D_r</math></i>
30	1
23 - 30	2
15 - 23	3
9 - 15	5
4,5 - 9	7
1,5 - 4,5	9
< 1,5	10

*Factor de Ponderación  $D_w = 5$*

- *Recarga Neta (R)*

<i>Recarga (mm)</i>	<i>Clasificación <math>R_r</math></i>
0 - 51	1
51 - 102	3
102 - 178	6
178 - 254	8
254	9

*Factor de Ponderación  $R_w = 4$*

- *Medio acuífero (A)*

<i>Tipo de acuífero</i>	<i>Rango de clasificación <math>A_r</math></i>
Lutita masiva	1 - 3
Metamórfica/Ígnea	2 - 5
Metamórfica/Ígnea meteorizada	3 - 5
Till glacial	4 - 6
Secuencias de arenisca, caliza y lutitas	5 - 9
Arenisca masiva	4 - 9
Arena o grava	4 - 9
Basaltos	2 - 10
Calizas kársticas	9 - 10

*Factor de Ponderación  $A_w = 3$*

- *Tipo de suelo (S)*

<i>Tipo de suelo</i>	<i>Clasificación <math>S_r</math></i>
Arcilla no expansiva y desagregada	1
Suelo orgánico	2
Franco-arcilloso	3
Franco-limoso	4
Franco	5
Franco-arenoso	6
Arcilla expansiva y/o agregada	7
Turba	8
Arena	9
Grava	10
Delgado o ausente	10

*Factor de Ponderación  $S_w = 3$*

- *Pendiente (T)*

<i>Pendiente (%)</i>	<i>Clasificación <math>T_r</math></i>
18	1
12 - 18	3
6 - 12	5
2 - 6	9
0 - 2	10

*Factor de Ponderación  $T_w = 1$*

- *Impacto de la zona no saturada (I)*

<i>Tipo de medio</i>	<i>Rango de clasificación <math>I_r</math></i>
Arcillas, margas y limos (A)	1 - 2
Esquistos/pizarras (B)	2 - 5
Calizas y dolomías, y yesos (C)	2 - 7
Areniscas (D)	4 - 8
Alternancia de calizas, areniscas, arcillas, margas y calizas margosas (E)	4 - 8
Arenas y gravas con contenido en arcilla (F)	4 - 8
Rocas metamórficas e ígneas (G)	2 - 8
Arenas, gravas y conglomerados (H)	6 - 9
Basaltos (I)	2 - 10
Calizas y dolomías karstificadas (J)	8 - 10

*Factor de Ponderación  $I_w = 4$*

- *Conductividad Hidráulica (C)*

<i>Conductividad Hidráulica</i>	<i>Clasificación <math>C_r</math></i>
Muy baja	2
Baja	4
Media	6
Alta	8
Muy alta	10

*Factor de Ponderación  $C_w = 3$*

Foster y Skinner (1995) opinan que el método DRASTIC genera un índice de vulnerabilidad de significado poco claro como consecuencia de la interacción de demasiados parámetros con ponderaciones dudosas. Por otra parte, en el estudio MOPTMA-CE (1994) se indica que la consideración de siete factores para evaluar la vulnerabilidad de los acuíferos requiere de un conocimiento muy profundo de la zona de estudio.

La ausencia de información cartográfica previa, unido a la redundancia derivada de la utilización de la misma información de partida para la elaboración de diferentes mapas temáticos, ha derivado en la reducción de los siete factores considerados en el método DRASTIC (original) a cinco. De esta forma, en el marco de estos trabajos se han considerado los siguientes factores:

- Profundidad del agua subterránea (*Depth*)
- Tasa de recarga (*Recharge*)
- Tipo de suelo (*Soil media*)
- Pendiente (*Topography*)
- Impacto de la zona no saturada (*Impact of the vadose zone media*)

➤ **Fuentes de información, recopilación, análisis y tratamiento de los datos y capas de información**

○ *Profundidad del agua subterránea*

Para estimar la profundidad del agua subterránea o espesor de la zona no saturada, se ha seguido la misma metodología empleada en masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada. La cobertura distribuida obtenida ha sido reclasificada según el factor de clasificación  $D_r$ .

○ *Tasa de recarga*

La información relativa a la cantidad de agua de lluvia se ha extraído del Modelo de Simulación Precipitación-Escorrentía SIMPA(2), elaborado por el Centro de Estudios Hidrográficos y el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). A partir de los datos de precipitación mensual se ha estimado la precipitación anual para la serie histórica 1940-2005.

Con objeto de depurar los resultados obtenidos así como las salidas gráficas asociadas, previamente al tratamiento de los datos de precipitación se procedió a clasificar la recarga en 6 clases (mm/año): 0; 0-51; 51-102; 102-178; 178-254; > 254, reclasificar estos valores y reducir el tamaño de celda a 10x10 m.

La cobertura, en formato ráster, ha sido reclasificada según el factor de clasificación  $R_r$ .

○ *Tipo de suelo*

Este factor define el tramo superior de la zona no saturada, caracterizado por una actividad biológica significativa. A efectos prácticos, pueden considerarse espesores de hasta dos metros. Los aspectos de mayor influencia son: contenido y tipo de arcilla, granulometría y cantidad de materia orgánica.

Las fuentes de información cartográfica utilizadas han sido el Mapa de Suelos de Andalucía, a escala 1:400.000, desarrollado por la Consejería de Agricultura y Pesca y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Sevilla, 1998) y, para aquellas zonas en las que se ha trabajado en el marco del Proyecto LUCDEME, se ha empleado la cartografía edafológica a escala 1:100.000.

○ *Pendiente*

A partir de los ficheros ASCII obtenidos del Modelo Digital del Terreno editado por la Junta de Andalucía en el año 2005, con Golden Software SURFER 8 se ha elaborado un Modelo Digital de Pendientes con un salto de malla de 10x10 m en formato .grd.

Este fichero ha sido exportado a ASCII para, con ArcGIS 9.3, ser transformado en ráster y posteriormente reclasificado en los intervalos definidos para el factor *pendiente*.

○ *Impacto de la zona no saturada*

Este factor refleja, por una parte, las condiciones de flujo que influyen en el tiempo disponible para que los procesos atenuantes actúen -adsorción, reactividad y dispersión-, y por otra, las características del terreno en el cual se producen las modificaciones más importantes del contaminante.

La capa de información geográfica que se ha utilizado para evaluar las variables relacionadas con la litología de la zona no saturada ha sido el 'Mapa litoestratigráfico y de permeabilidad de España' a escala 1:200.000, editado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y el Ministerio de Medio Ambiente (2006), así como los mapas geológicos de la serie MAGNA a escala 1:50.000.

➤ **Elaboración de mapas temáticos**

La base de la elaboración de los mapas temáticos radica en el análisis espacial mediante la superposición cartográfica de las distintas coberturas asociadas a cada uno de los factores DRASTIC considerados, en formato vectorial o ráster. Dicha superposición se realiza en el entorno de un Sistema de Información Geográfica y, como resultado, se obtiene la zonificación cartográfica del territorio o distribución espacial en áreas a las que se asignan diferentes grados de vulnerabilidad.

En el marco de estos trabajos los valores del índice de vulnerabilidad DRASTIC (reducido a cinco factores) están comprendidos entre 16 y 166 (a excepción de las zonas urbanizadas, puertos y espigones, a las que se les ha asignado un valor igual a cero). Estos valores se han agrupado en intervalos regulares a los que se asigna un índice DRASTIC tal y como se muestra en la tabla adjunta.

Rango	Índice DRASTIC	
16-32	1	
32-47	2	
47-62	3	
62-77	4	
77-92	5	
92-107	6	
107-122	7	
122-137	8	
137-152	9	
152-166	10	

Tabla 5.2.2.2.1. Intervalos considerados para la asignación del índice DRASTIC y gama cromática utilizada

Para la representación cartográfica de las clases finales se ha utilizado una gama cromática según la cual los colores próximos a rojo indican el mayor grado de vulnerabilidad y los colores próximos a azul representan el menor grado.

Para las masas de agua subterránea de naturaleza mixta, con objeto de realizar una cartografía de vulnerabilidad única para toda la masa, los 10 intervalos de vulnerabilidad (DRASTIC) se han agrupado en 5, coincidiendo con los intervalos obtenidos tras la aplicación del método COP en los sectores carbonatados de estas masas de agua mixtas.

Rango	Valor DRASTIC	Clases de vulnerabilidad
16-47	1 - 2	Muy Baja
47-77	3 - 4	Baja
77-107	5 - 6	Moderada
107-137	7 - 8	Alta
137-166	9 - 10	Muy Alta

Tabla 5.2.2.2.2. Agrupación de rangos y valores del índice de vulnerabilidad para masas de agua subterránea de naturaleza mixta

### 5.3. RESULTADOS OBTENIDOS

La cartografía de vulnerabilidad resultante representa una primera aproximación al grado de vulnerabilidad natural a la contaminación existente en el ámbito de la demarcación.

En la DHCMA se han identificado un total de 27 masas de agua subterránea de naturaleza *carbonatada*, 29 de naturaleza *detrítica* y el resto, 11 masas, presentan naturaleza *mixta* (con un sector carbonatado y un sector detrítico).

En líneas generales se observa cómo, en las masas de agua subterránea de naturaleza *carbonatada* (o sector carbonatado de las masas mixtas), la clase de vulnerabilidad dominante es *moderada*. Por el contrario, en las masas de agua subterránea de naturaleza *detrítica* (o sector detrítico de las masas mixtas), la clase de vulnerabilidad dominante es *baja*.

En la tabla 5.3.1 se puede observar un resumen estadístico del resultado final obtenido tras el proceso de elaboración de la cartografía de vulnerabilidad en la DHCMA. En dicha tabla se muestra la superficie de cada masa de agua subterránea, catalogada en función de su atribución a cada clase de vulnerabilidad. Es preciso matizar que, en estas superficies, no se ha incluido la extensión ocupada por las aguas superficiales identificadas en el ámbito de cada masa de agua subterránea. De este modo se puede obtener una visión general de las extensiones resultantes para las cinco clases de vulnerabilidad consideradas, así como su proporción relativa en cada masa de agua subterránea.

Código	Nombre	Tipo	Superficie (km <sup>2</sup> )					Superficie (%)					Total (km <sup>2</sup> )*
			MA	A	M	B	MB	MA	A	M	B	MB	
060.001	CUBETA DE EL SALTADOR	D	0,00	0,13	11,46	101,39	31,95	0,00	0,09	7,91	69,96	22,05	145,0
060.002	SIERRA DE LAS ESTANCIAS	C	0,01	9,99	124,47	113,63	128,8	0,002	2,65	33,02	30,15	34,17	376,9
060.003	ALTO-MEDIO ALMANZORA	D	0,00	17,48	37,4	365,59	184,54	0,00	2,89	6,18	60,43	30,5	605,1
060.004	CUBETA DE OVERA	D	0,00	0,52	3,73	31,38	15,66	0,00	1,01	7,27	61,19	30,53	53,0
060.005	CUBETA DE BALLABONA-SIERRA LISBONA-RÍO ANTAS	D	0,00	9,19	20,73	77,06	45,05	0,00	6,05	13,64	50,68	29,63	152,2
060.006	BAJO ALMANZORA	D	0,00	3,81	18,43	18,76	5,75	0,00	8,15	39,42	40,12	12,3	49,6
060.007	BÉDAR-ALCORNIA	C	0,00	0,001	8,51	7,92	3,67	0,00	0,002	42,33	39,4	18,27	20,1
060.008	AGUAS	D	0,00	5,44	27,02	205,88	201,46	0,00	1,24	6,14	46,81	45,81	440,1
060.009	CAMPO DE TABERNAS	D	0,00	0,55	26,92	90,36	47,41	0,00	0,33	16,29	54,69	28,69	165,2
060.010	CUENCA DEL RÍO NACIMIENTO	D	0,00	5,32	17,66	132,4	50,13	0,00	2,59	8,59	64,42	24,39	205,5
060.011	CAMPO DE NÚJAR	D	0,00	7,98	27,41	437,87	105,77	0,00	1,38	4,73	75,62	18,27	582,5
060.012	MEDIO-BAJO ANDARAX	M	0,00	12,9	59	216,93	145,02	0,00	2,97	13,6	50	33,43	433,3
060.013	CAMPO DE DALÍAS-SIERRA DE GÁDOR	M	0,19	28,48	322,15	575,74	100,97	0,02	2,77	31,35	56,03	9,83	1.037,5
060.014	OESTE DE SIERRA DE GÁDOR	C	0,09	6,16	110,11	121,08	39,7	0,03	2,22	39,73	43,69	14,32	278,5
060.015	DELTA DEL ADRA	M	0,01	6,88	17,64	20,78	3,46	0,03	14,1	36,16	42,61	7,1	49,2
060.016	ALBUÑOL	M	0,18	9,66	9,19	9,72	6,14	0,52	27,69	26,34	27,85	17,6	34,9
060.017	SIERRA DE PADUL SUR	C	0,00	5,08	27,32	8,3	3,06	0,00	11,61	62,43	18,97	6,99	43,8
060.018	LANJARÓN-SIERRA DE LÚJAR-MEDIO GUADALFEO	C	0,24	17,84	122,37	83,89	35,34	0,09	6,87	47,13	32,3	13,61	263,1
060.019	SIERRA DE ESCALATE	C	0,00	4,33	14,14	2,25	0,02	0,00	20,87	68,22	10,83	0,08	20,7
060.020	CARCHUNA-CASTELL DE FERRO	M	0,2	5,53	16,05	4,33	13,19	0,51	14,07	40,84	11,02	33,55	39,3
060.021	MOTRIL-SALOBREÑA	D	0,00	25,6	9,37	10,69	4,35	0,00	51,18	18,74	21,37	8,7	50,0



Código	Nombre	Tipo	Superficie (km <sup>2</sup> )					Superficie (%)					Total (km <sup>2</sup> )*
			MA	A	M	B	MB	MA	A	M	B	MB	
060.022	RÍO VERDE	D	0,00	1,66	2,41	2,05	2,42	0,00	19,42	28,17	24	28,4	8,5
060.023	DEPRESIÓN DE PADUL	D	0,1	6,72	27,6	13,52	3,49	0,2	13,06	53,66	26,29	6,79	51,8
060.024	SIERRA ALMIJARA	C	12,08	20,89	35,29	1,52	0,23	17,26	29,83	50,4	2,17	0,33	70,0
060.025	SIERRA GORDA-ZAFARRAYA	C	22,61	90,41	9,32	25,19	7,65	14,57	58,26	6,01	16,23	4,93	155,2
060.026	RÍO TORROX	D	0,00	1,48	1,34	1,27	0,39	0,00	32,93	29,85	28,41	8,81	4,5
060.027	RÍO VÉLEZ	D	0,05	15,71	10,16	12,98	3,43	0,12	37,11	24	30,67	8,1	43,3
060.028	SIERRA DE GIBALTO-ARROYO MARÍN	M	1,26	11,09	12,06	4,92	0,15	4,28	37,62	40,9	16,69	0,51	29,5
060.029	SIERRA DE ENMEDIO-LOS TAJOS	C	7,55	6,32	6,69	4,61	2,55	27,23	22,81	24,15	16,61	9,2	27,8
060.030	SIERRA DE ARCHIDONA	C	2,55	0,84	0,97	1,25	1,98	33,58	11,04	12,79	16,44	26,14	7,6
060.031	SIERRA DE LAS CABRAS-CAMAROS-SAN JORGE	C	4,38	37,34	14,72	13,22	0,95	6,21	52,88	20,84	18,73	1,34	70,6
060.032	TORCAL DE ANTEQUERA	C	19,88	4,14	0,73	2,83	1,11	69,28	14,44	2,54	9,88	3,86	28,7
060.033	LLANOS DE ANTEQUERA-VEGA DE ARCHIDONA	M	0,00	14,32	173,24	139,62	45,48	0,00	3,84	46,49	37,47	12,2	374,4
060.034	FUENTE DE PIEDRA	M	1,1	8,21	56,27	74,5	10,16	0,73	5,46	37,46	49,58	6,76	164,2
060.035	SIERRAS DE TEBA-ALMARGEN-CAMPILLOS	M	0,83	19,85	36,34	24,11	2,75	0,99	23,67	43,32	28,75	3,28	84,1
060.036	SIERRA DEL VALLE DE ABDALAJÍS	M	17,44	2,25	6,90	16,67	1,45	39,01	5,04	15,43	37,28	3,25	45,2
060.037	BAJO GUADALHORCE	D	14,5	69,8	84,59	139,91	51,29	4,03	19,38	23,49	38,86	14,24	360,6
060.038	SIERRA DE MIJAS	C	2,18	40,26	37,87	14,38	2,24	2,25	41,53	39,06	14,84	2,31	96,9
060.039	RÍO FUENGIROLA	D	0,91	7,79	5,85	5,85	5,4	3,54	30,19	22,65	22,67	20,94	25,8
060.040	MARBELLA-ESTEPONA	D	5,7	25,77	58,55	102,36	31,4	2,55	11,52	26,16	45,74	14,03	224,1
060.041	SIERRA DE CAÑETE SUR	C	4,83	11,31	7,75	9,96	6,26	12,05	28,19	19,33	24,84	15,6	40,1



Código	Nombre	Tipo	Superficie (km <sup>2</sup> )					Superficie (%)					Total (km <sup>2</sup> )*
			MA	A	M	B	MB	MA	A	M	B	MB	
060.042	DEPRESIÓN DE RONDA	D	0,51	1,42	34,59	81,27	0,03	0,44	1,21	29,36	68,98	0,02	117,8
060.043	SIERRA HIDALGA-MERINOS-BLANQUILLA	C	73,21	11,8	4,22	16,4	34,95	52,08	8,4	3,00	11,66	24,86	140,6
060.044	SIERRA DE LÍBAR	C	16,64	13,3	3,82	16,45	6,49	29,34	23,45	6,74	29,02	11,45	56,7
060.045	SIERRA DE JARASTEPAR	C	20,31	12,72	0,47	9,8	1,03	45,82	28,69	1,07	22,09	2,33	44,3
060.046	SIERRA DE LAS NIEVES-PIETA	C	57,64	96,4	25,97	33,19	6,66	26,21	43,85	11,81	15,09	3,03	219,9
060.047	GUADIARO-GENAL-HOZGARGANTA	D	19,94	38,56	72,95	101,72	6,08	8,33	16,12	30,49	42,52	2,54	239,9
060.048	DOLOMÍAS DE RONDA	C	0,23	11,51	3,05	3,09	0,33	1,27	63,17	16,74	16,98	1,84	18,2
060.049	GUADARRANQUE-PALMONES	D	16,55	21,73	49,52	53,47	0,15	11,71	15,37	35,01	37,81	0,11	141,5
060.050	SIERRA DE LOS FILABRES	C	0,001	1,94	21,8	65,84	40,74	0,0005	1,49	16,73	50,52	31,26	130,3
060.051	MACAEL	C	0,02	2,03	22,39	27,42	0,00	0,04	3,91	43,17	52,88	0,00	51,9
060.052	SIERRA DE ALMAGRO	C	0,00	2,23	5,97	15,53	14,44	0,00	5,84	15,63	40,7	37,83	38,4
060.053	PUERTO DE LA VIRGEN	D	0,00	0,00	0,08	0,49	110,06	0,00	0,00	0,07	0,44	99,49	110,6
060.054	LUBRÍN-EL MARCHAL	D	0,00	0,00	0,11	1,76	23,88	0,00	0,00	0,43	6,84	92,73	25,8
060.055	SIERRA ALHAMILLA	C	0,00	0,27	18,96	84,37	106,99	0,00	0,13	9,00	40,06	50,8	210,6
060.056	SIERRA DEL CABO DE GATA	D	0,00	0,61	7,53	160,74	34,28	0,00	0,3	3,71	79,12	16,87	203,2
060.057	LADERAS MERIDIONALES DE SIERRA NEVADA	D	0,00	0,00	2,37	165,27	54,75	0,00	0,00	1,06	74,32	24,62	222,4
060.058	DEPRESIÓN DE UGÍJAR	D	0,00	0,00	1,63	37,42	38,33	0,00	0,00	2,1	48,36	49,54	77,4
060.059	LA CONTRAVIESA ORIENTAL	D	0,00	0,00	0,87	6,53	10,1	0,00	0,00	4,97	37,34	57,69	17,5
060.060	LA CONTRAVIESA OCCIDENTAL	D	0,00	0,00	0,57	32,68	38,01	0,00	0,00	0,8	45,86	53,33	71,3
060.061	SIERRA DE ALBUÑUELAS	M	3,6	42,64	55,6	52,14	29,99	1,95	23,18	30,22	28,34	16,3	185,5
060.062	SIERRA DE LAS GUÁJARAS	C	0,00	5,78	115,77	46,81	11,45	0,00	3,22	64,38	26,03	6,37	179,8



Código	Nombre	Tipo	Superficie (km <sup>2</sup> )					Superficie (%)					Total (km <sup>2</sup> )*
			MA	A	M	B	MB	MA	A	M	B	MB	
060.063	SIERRA ALBERQUILLAS	C	11,7	38,29	36,24	19,03	11,77	10	32,72	30,97	16,26	10,06	117,0
060.064	SIERRA TEJEDA	C	2,86	15,09	37,72	10,4	1,34	4,24	22,39	55,95	15,43	1,99	67,4
060.065	METAPELITAS DE SIERRAS TEJEDA-ALMIJARA	D	0,00	0,31	6,47	183,86	185,56	0,00	0,08	1,72	48,87	49,32	380,3
060.066	CORREDOR VILLANUEVA DE LA CONCEPCIÓN-PERIANA	D	0,00	0,54	40,14	222,6	4,48	0,00	0,2	14,99	83,13	1,67	267,8
060.067	SIERRA BLANCA	C	20,77	46,08	24,8	7,76	1,41	20,6	45,7	24,6	7,7	1,4	100,8
<b>Total</b>			<b>362,87</b>	<b>942,28</b>	<b>2.213,31</b>	<b>4.702,75</b>	<b>2.125,53</b>	<b>3,51</b>	<b>9,11</b>	<b>21,39</b>	<b>45,45</b>	<b>20,54</b>	<b>10.395,2</b>

Tipo (o naturaleza de la MASb.): C: Carbonatada; D: Detrítica; M: Mixta

Clase de vulnerabilidad: MA: muy alta; A: alta; M: moderada; B: baja; MB: muy baja

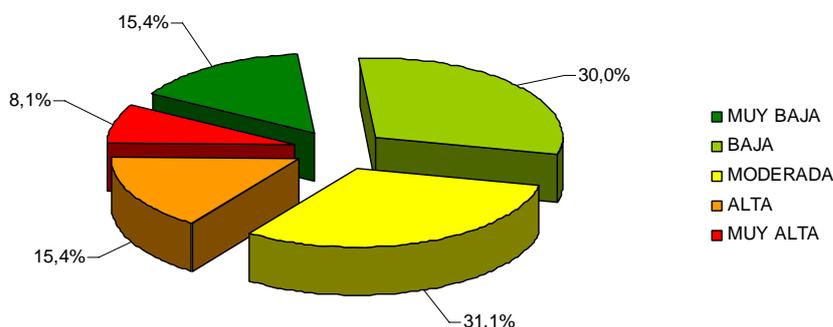
(\*) Incluye el área o extensión ocupada por aguas superficiales (lagos, lagunas y embalses)

**Tabla 5.3.1. Superficie estimada para cada clase de vulnerabilidad, por masa de agua subterránea**

Por otra parte, en los diagramas de sectores que se presentan a continuación se muestra de manera gráfica la distribución areal de cada una de las clases de vulnerabilidad obtenidas, en función de la naturaleza de las masas de agua subterránea.

- **Masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada (método COP):**

Como podemos observar en la figura adjunta, en las masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada (o sectores carbonatados de las masas mixtas), las clases de vulnerabilidad dominantes son *moderadas* y *bajas* (con un 31,1% y un 30,0% respectivamente). Asimismo, las clases de vulnerabilidad *alta* y *muy alta* representan el 23,5% de la extensión total considerada.



**Figura 5.3.1. Distribución areal de las clases de vulnerabilidad natural a la contaminación en masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada**

- **Masas de agua subterránea de naturaleza detrítica (método DRASTIC reducido):**

Como podemos observar en las figuras adjuntas, en las masas de agua subterránea de naturaleza detrítica (o sectores detríticos de las masas mixtas), tanto los índices de vulnerabilidad como las clases de vulnerabilidad claramente dominantes, son *bajas* o *muy bajas* (con un 54,8% y 23,7% respecto a la extensión total considerada). Por el contrario, las clases de vulnerabilidad *alta* o *muy alta* se ven reducidas (frente al resultado obtenido para las masas de agua de naturaleza carbonatada), a un 6,1%, lo cual es indicativo de las características intrínsecas y el comportamiento hidrogeológico tan dispar que presentan unos acuíferos frente a otros, en función de su naturaleza.

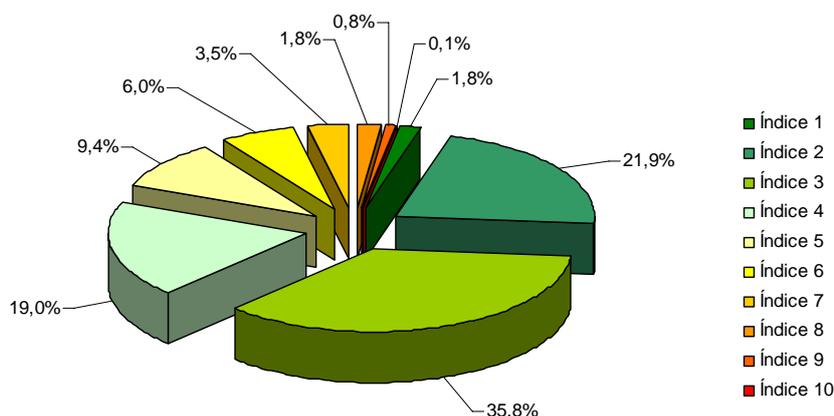


Figura 5.3.2. Distribución areal de los índices de vulnerabilidad DRASTIC obtenidos en masas de agua subterránea de naturaleza detrítica

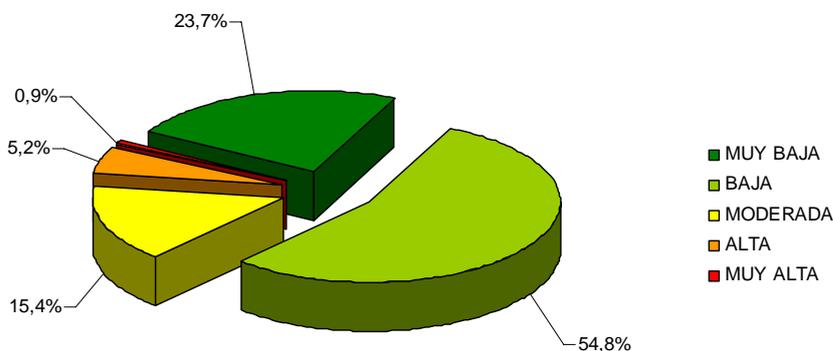


Figura 5.3.3. Distribución areal de las clases de vulnerabilidad natural a la contaminación en masas de agua subterránea de naturaleza detrítica

Finalmente, tras un análisis de los resultados a escala global podemos observar cómo la mitad occidental de la DHCMA presenta, a grandes rasgos, mayor grado de vulnerabilidad que la mitad oriental.

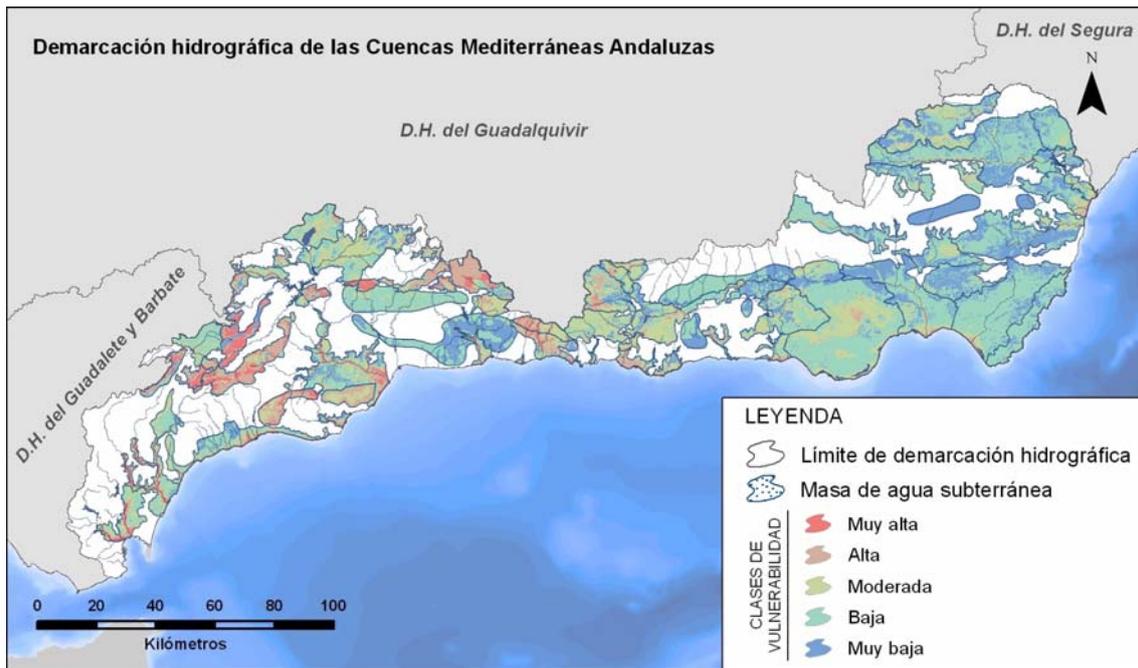


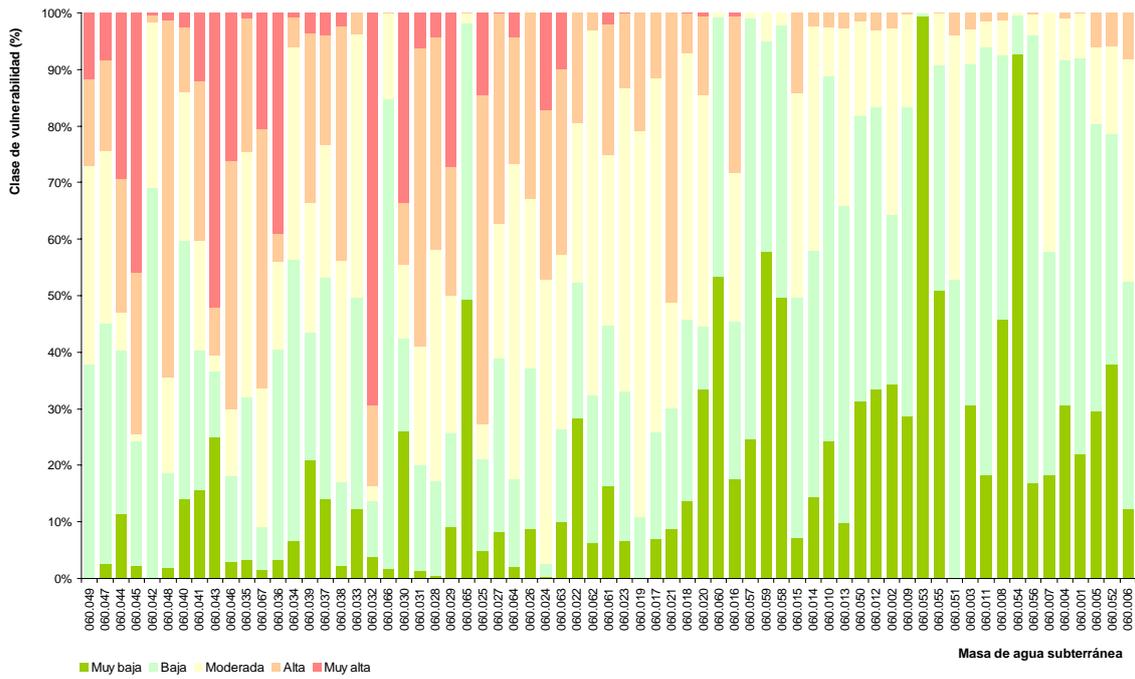
Figura 5.3.4. Cartografía de vulnerabilidad natural a la contaminación en el ámbito de la DHCMA

Este hecho puede estar relacionado, entre otros factores, con la influencia que ejerce la precipitación en la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación. Como hemos comentado con anterioridad, en el apartado metodológico, los factores P y R (métodos COP y DRASTIC, respectivamente), son variables relativas a las características de la precipitación.

Por otra parte, el clima dominante en el ámbito de la DHCMA es quizás uno de los máximos exponentes de variabilidad, y no tanto por las temperaturas -de carácter subtropical en las inmediaciones de la costa y mucho más bajas en las sierras del interior, donde la nieve es un fenómeno frecuente- sino por el régimen de lluvias, muy generoso en el extremo occidental, donde se localiza uno de los máximos nacionales en la cuenca del Guadiaro -llegándose localmente a superar los 2.000 mm de precipitación media anual-, y propio de un ambiente desértico en algunos sectores de la provincia almeriense, con valores inferiores a 200 mm.

Como vemos en el gráfico adjunto, esta gradación tan acusada de la precipitación, con máximos en el sector occidental de la demarcación y mínimos en el sector oriental, parece estar relacionada con el predominio de clases de vulnerabilidad altas o bajas. Así, en aquellas zonas donde la pluviometría es elevada las clases de vulnerabilidad dominantes son altas, frente a las zonas donde la pluviometría es muy baja, donde la vulnerabilidad (a nivel global), disminuye.

Con objeto de visualizar gráficamente esta gradación, en el eje de abscisas se ha representado la coordenada X del centroide de cada una de las masas de agua subterránea identificadas en la demarcación, en orden creciente (esto es, de Oeste a Este). Por su parte, en el eje de ordenadas se representan, porcentualmente, las clases de vulnerabilidad consideradas (Muy baja; Baja; Moderada; Alta y Muy alta).



**Figura 5.3.5. Distribución porcentual de las clases de vulnerabilidad en las masas de agua subterránea identificadas en el ámbito de la DHCMA**

## 6. CUMPLIMENTACIÓN DE LOS CAMPOS PENDIENTES DE LAS FICHAS DE CARACTERIZACIÓN ADICIONAL DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA IDENTIFICADAS EN LA DEMARCACIÓN

### 6.1. INTRODUCCIÓN

La Directiva 2000/60/CE (Directiva Marco del Agua) requiere a los Estados miembros por medio de su artículo 5 la realización de una caracterización inicial de todas las masas de agua subterránea definidas en su territorio, con objeto de valorar en qué medida dichas masas podrían dejar de ajustarse a los objetivos medioambientales establecidos en cumplimiento del artículo 4. Esta caracterización inicial, llevada a cabo por primera vez en el año 2005, permitió identificar aquellas masas de agua subterránea en riesgo de incumplir dichos objetivos. Sobre estas masas, los Estados miembros tenían la obligación de realizar una caracterización adicional con objeto de sentar las bases para el establecimiento de un programa de medidas en el que se tendrán en cuenta los resultados de los estudios realizados, y dará cumplimiento a los requerimientos estipulados en la Directiva 2000/60/CE y a las instrucciones establecidas en la Orden ARM/2656/2008, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica. Estos trabajos incluirán, si procede, información sobre:

- Características geológicas generales: ámbito geoestructural, naturaleza y extensión de los afloramientos permeables, columna litológica tipo, rangos de espesores y descripción cronoestratigráfica.
- Características hidrogeológicas: límites hidrogeológicos de la masa (tipo y sentido del flujo), características del acuífero o acuíferos de la masa (litología, geometría, espesor), régimen hidráulico, rango de permeabilidad y de coeficiente de almacenamiento.
- Características de la zona no saturada: litología, rango de espesor y suelos edáficos.
- Piezometría y almacenamiento: isopiezas tipo correspondientes al año seco y al año húmedo, sentido del flujo y gradiente medio, estado y variación del almacenamiento.
- Inventario y descripción de los sistemas de superficie asociados, incluidos los ecosistemas terrestres y las masas de agua superficial, con los que esté conectada dinámicamente la masa de agua subterránea, y especificando, en su caso, su relación con los espacios incluidos en el registro de zonas protegidas. Se efectuarán estimaciones sobre direcciones, tasas de intercambio de flujos entre la masa de agua subterránea y los sistemas de superficie asociados.
- Recarga: infiltración de lluvia, retornos de riego, aportaciones laterales de otras masas y recarga de ríos.
- Recarga artificial: sistemas e instalaciones, ubicación de los puntos de la masa de agua subterránea en los que tiene lugar directamente la recarga artificial, volumen y tasas de recarga en dichos puntos, origen y composición química del agua de recarga y autorización administrativa.
- Calidad química de referencia: niveles básicos, niveles de referencia y estratificación del agua subterránea.
- Estado químico: contaminantes detectados y valores umbral.
- Tendencias significativas y sostenidas de contaminantes: definición de los puntos de partida de las inversiones.

La Directiva 2006/118/CE, en vigor desde el 16 de enero de 2007, complementa con definiciones, criterios, procedimientos de evaluación y medidas de prevención, los aspectos recogidos en los puntos h), i) y j).

Asimismo, aunque la DMA establece la obligatoriedad de realizar la caracterización adicional únicamente en aquellas masas de agua subterránea calificadas en riesgo, en la DHCMA se ha optado por realizar dicha caracterización en todas las masas de agua subterránea, independientemente de su calificación.

## 6.2. TRABAJOS REALIZADOS

### 6.2.1. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA

Con anterioridad al inicio de los trabajos se ha realizado un estudio bibliográfico de todos aquellos documentos que pudiesen incluir información de interés en el análisis, diseño y ejecución de la actividad, en relación con las características y funcionamiento hidrogeológico de las masas de agua subterránea identificadas en la demarcación. Además, se han recopilado las coberturas geográficas de base, red hidrográfica principal y secundaria, así como mapas temáticos de hidrogeología.

### 6.2.2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

La Guía de Caracterización Adicional redactada en el marco del convenio de colaboración suscrito entre la Dirección General del Agua y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) para acometer los trabajos técnicos para la aplicación de la Directiva Marco del Agua en materia de aguas subterráneas, tiene por objeto servir de orientación y apoyo a los Organismos de cuenca en el desarrollo de los trabajos de recopilación de información relativa a los aspectos anteriormente reseñados.

Usando como modelo de referencia el Anejo 1 de esta Guía y atendiendo a las características específicas, grado de conocimiento e información disponible sobre los acuíferos existentes en las cuencas mediterráneas andaluzas, se diseñó una ficha de caracterización adicional que pretende recopilar de manera sistemática la información requerida y disponer de datos representativos para su utilización en modelos que permitan diagnosticar el estado de las masas y diseñar, de acuerdo al artículo 11 de la Directiva 2000/60/CE, unos programas de medidas adecuados.

Esta ficha se compone de una serie de apartados temáticos que, con el objeto de desagregar la información sintetizada, contiene distintos campos, entre los que se incluyen las cartografías temáticas correspondientes.

A continuación se presenta un listado con los apartados en que se ha estructurado la ficha de caracterización adicional para las masas de agua subterránea de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas:

- ✓ Información sobre la masa de agua subterránea
- ✓ Localización geográfica y ámbito administrativo
- ✓ Características intrínsecas
- ✓ Presiones e impactos
- ✓ Análisis del estado
- ✓ Diagnóstico de los problemas

La metodología empleada durante la realización de los trabajos de caracterización adicional de las masas de agua subterránea de la demarcación ha sido desarrollada con el propósito de alcanzar los

objetivos perseguidos. Para ello, se han establecido metodologías específicas basadas en los distintos apartados en los que se ha estructurado la ficha de caracterización adicional, la información disponible y las herramientas informáticas empleadas para el análisis, gestión e interpretación de la información recopilada.

A petición de la Dirección General de Planificación y Participación de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, en el marco de estos trabajos se ha procedido a la cumplimentación de los siguientes subapartados incluidos en las fichas de caracterización adicional de las masas de agua subterránea de la DHCMA:

- ✓ Límites hidrogeológicos de la masa de agua subterránea
- ✓ Características hidráulicas
- ✓ Características piezométricas
- ✓ Flujos. Estimación de las componentes de recarga

### 6.3. RESULTADOS OBTENIDOS

Los trabajos de caracterización adicional se han acometido, con independencia de los resultados derivados del estudio de caracterización inicial, sobre todas las masas de agua subterránea definidas en el ámbito de la DHCMA. Asimismo, la escasez de información disponible sobre algunas masas de agua subterránea no ha permitido cumplimentar la totalidad de estos campos. Los resultados obtenidos se adjuntan en el anexo 5 de la memoria.

El apartado correspondiente a los *límites hidrogeológicos* de las masas de agua subterránea consta, a su vez, de los siguientes elementos:

- ✓ Límite: hace referencia a cada uno de los límites geográficos de la masa de agua subterránea, expresados según su posición respecto a los puntos cardinales (norte, sur, nordeste, etc.).
- ✓ Tipo: describe el comportamiento hidrogeológico de cada límite de la masa de agua subterránea. Puede ser *abierto*, si a través de él existe continuidad hidrogeológica; *cerrado*, si corresponde a un límite impermeable o *semipermeable* si permite parcialmente la transferencia de recursos hídricos.
- ✓ Sentido de flujo: puede ser de *entrada*, *salida*, *nulo* o *condicionado* en función de otros factores (época del año, cota del nivel piezométrico, bombeos).
- ✓ Naturaleza: se refiere a la discontinuidad geológica o hidrogeológica que ha motivado la delimitación del límite según su trazado actual. Puede coincidir con un contacto mecánico (falla, cabalgamiento), con un límite entre materiales de diferente permeabilidad o con un umbral piezométrico, o bien no corresponder a ninguno de los anteriores.

La información necesaria para completar estos apartados se ha obtenido, por un lado, de la bibliografía consultada y, por otro, del análisis de la cartografía geológica a escala 1:50.000 editada por el IGME.

## 1.- LÍMITES HIDROGEOLÓGICOS DE LA MASA

LÍMITE (1)	TIPO (2)	SENTIDO DE FLUJO (3)	NATURALEZA (4)

(1) límite geográfico: norte, sur, este, oeste, noreste...

(2) tipo: abierto, cerrado, semipermeable.

(3) sentido de flujo: entrada, salida, flujo nulo, condicionado, entrada-salida dependiendo de circunstancias (precipitaciones, bombeos, funcionamiento cursos fluviales).

(4) naturaleza: contacto mecánico, impemeable de muro a techo, umbral piezométrico, convencional.

Se han estimado las *características hidráulicas* del acuífero o acuíferos (en su caso) que constituyen cada masa de agua subterránea de la demarcación. Los parámetros evaluados en cada acuífero han sido los siguientes:

- ✓ Régimen hidráulico (libre o confinado)
- ✓ Porosidad (expresada en porcentaje)
- ✓ Coeficiente de almacenamiento (expresado en porcentaje)
- ✓ Permeabilidad (m/día)
- ✓ Transmisividad (m<sup>2</sup>/día)

Los valores asignados se han obtenido, por lo general, a partir de datos bibliográficos; no obstante, en aquellos casos en los que no existe información de tipo hidrogeológico, estos valores (rangos) se han estimado en función de la litología dominante y del comportamiento hidrogeológico de cada acuífero.

## 2.- CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

NOMBRE DEL ACUÍFERO	REG. HIDRÁULICO	POROSIDAD (%)	COEF. ALMACENAMIENTO (%)	PERMEABILIDAD (m/día)	TRANSMISIVIDAD (m <sup>2</sup> /día)

Los *mapas y esquemas piezométricos* se han elaborado a partir de los registros de piezometría extraídos de las bases de datos facilitadas por el Instituto Geológico y Minero de España y la Agencia Andaluza del Agua. Con estos datos ha sido posible esbozar un mapa de isopiezas o, en su defecto, un esquema piezométrico simplificado, en 52 de las 67 masas de agua subterránea definidas en la DHCMA. En el resto de masas, 15 en total, no se dispone de información piezométrica suficiente.

En la mayor parte de las masas de agua de naturaleza carbonatada se ha optado por representar únicamente las cotas piezométricas de sondeos y manantiales ya que, generalmente, estos acuíferos se encuentran compartimentados o bien, los puntos de medida se sitúan casi exclusivamente en zonas periféricas. Ello obligaría, en el supuesto de representar líneas isopiezas, a realizar interpolaciones poco fiables. El valor que se muestra en los mapas o esquemas piezométricos se corresponde con el registro más reciente disponible.

Para el cálculo de las isopiezas se han interpolado los valores de piezometría recogidos en las diferentes bases de datos consultadas. Normalmente, a la hora de representar isopiezas se suelen utilizar los datos correspondientes a un intervalo temporal concreto, que expresen el estado del nivel piezométrico en

ese momento. No obstante, en el marco de estos trabajos determinar un marco temporal único para cada masa de agua subterránea ha resultado prácticamente inviable, debido a la heterogeneidad (temporal) de los registros disponibles: existen numerosas lagunas temporales, series cuyo registro comienza o finaliza en periodos no coincidentes, etc. Por este motivo y con objeto de incorporar al estudio el conjunto de datos históricos registrados en cada estación de seguimiento, se ha procedido a calcular un valor piezométrico medio con el que poder generar un mapa de isopiezas ‘medias’, que den una idea general y orientativa sobre el comportamiento hidrogeológico de estos acuíferos.

Adicionalmente, estos mapas van acompañados de *gráficas de evolución piezométrica* correspondientes a aquellas estaciones de seguimiento cuyo registro resulta ser más completo y representativo de la evolución general de la masa de agua subterránea.

### 3.- PIEZOMETRÍA Y VARIACIÓN DE ALMACENAMIENTO

#### 3.1.- PUNTOS DE CONTROL

CÓDIGO	COORDENADAS UTM		COTA (m)	PROFUNDIDAD (m)
	LONGITU D	LATITUD		

#### 3.2.- CARACTERÍSTICAS PIEZOMÉTRICAS

CÓDIGO PIEZOMÉTRICO	PERIODO	NIVEL PIEZOMÉTRICO (m.s.n.m.)		DIFERENCIA (MÁX-MÍN) (m)
		MÁX.	MÍN	

#### • GRÁFICAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

#### • MAPAS DE ISOPIEZAS

El cuarto y último apartado corresponde a los *flujos de agua subterránea*, referido en concreto a la cuantificación de las diferentes componentes de entrada del balance hídrico considerado para cada masa de agua subterránea. Las componentes de recarga evaluadas han sido las siguientes:

- ✓ Infiltración del agua de lluvia
- ✓ Retornos de riego
- ✓ Recarga desde ríos, lagos o embalses
- ✓ Aportación lateral de otras masas de agua subterránea
- ✓ Otras componentes

Para cada una de estas componentes se expresa el valor medio anual, expresado en  $\text{hm}^3/\text{año}$ , el periodo de tiempo considerado para obtener dicho valor medio, el método de cálculo utilizado y las fuentes de información consultadas, así como el valor medio interanual de la tasa de recarga, resultante de la suma de todas las componentes de entrada.

#### 4.- FLUJOS

##### 4.1.- RECARGA

COMPONENTE	hm <sup>3</sup> /año	PERÍODO	MÉTODO DE CALCULO	FUENTE DE INFORMACIÓN
INFILTRACIÓN DE LLUVIA				
RETORNO DE RIEGO				
RECARGA DESDE RÍOS, LAGOS Y EMBALSES				
APORTACIÓN LATERAL DE OTRAS MASAS				
OTROS				
TASA RECARGA (VALOR MEDIO INTERANUAL)				

Los valores de recarga que se recogen en estas fichas coinciden con los presentados en el Capítulo 4 de la memoria, en el que se realiza una estimación del balance hídrico para cada una de las masas de agua subterránea definidas en la DHCMA. En este mismo capítulo se describen las metodologías, procedimientos y fuentes de información consultadas para el cálculo de cada una de las componentes de entrada del balance.



## 7. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA COMPARTIDAS ENTRE DEMARCAACIONES HIDROGRÁFICAS LIMÍTROFES

### 7.1. INTRODUCCIÓN

La entrada en vigor de la Directiva 2000/60/CE (Directiva Marco del Agua) en diciembre del año 2000 establece la *masa de agua subterránea* como unidad geográfica de referencia para la gestión de las aguas subterráneas en el marco comunitario.

La DMA define en su artículo 2 el término masa de agua subterránea como *un volumen claramente diferenciado de aguas subterráneas en un acuífero o acuíferos*. Esta definición, sin embargo, no viene acompañada de ninguna aclaración acerca del procedimiento o de los criterios que han de seguirse para llevar a cabo la identificación y posterior delimitación de las masas de agua subterránea, lo cual convierte la aplicación práctica de este término en una de las tareas más complejas de entre las requeridas por la DMA.

Con el fin de orientar a los Estados miembros en el proceso de delimitación de las masas de agua subterránea, la Comisión Europea elaboró en el marco de la estrategia común de implementación (*Common Implementation Strategy*) un documento guía -el número 2 de una serie de 26 que se han publicado hasta la fecha- en el que se aclara el concepto de masa de agua subterránea y se establecen una serie de pautas y recomendaciones para llevar a cabo su delimitación, de forma coherente con las exigencias y filosofía de la Directiva.

En el caso concreto de España este documento guía se completó con un manual elaborado por la Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, denominado *Criterios para la identificación y delimitación de masas de agua subterránea*, en el que, basándose en las recomendaciones plasmadas en el documento guía de la Comisión Europea, se establecen una serie de indicaciones para delimitar las masas de agua subterránea en nuestro país.

La primera delimitación de masas de agua subterránea realizada en la DHCMA se plasmó en el *Informe relativo a los artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE*, remitido a la Comisión Europea en el año 2005 (figura 7.1.1).

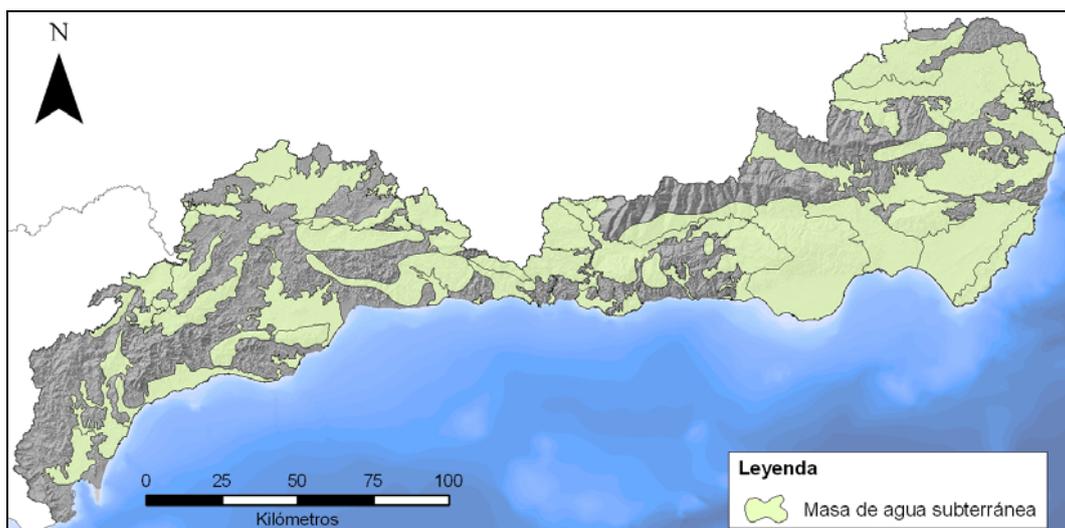


Figura 7.1.1. Masas de agua subterránea definidas en la D.H. de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas

Al igual que en el resto de demarcaciones hidrográficas (inter e intracomunitarias), la delimitación de masas de agua subterránea se llevó a cabo de modo que ninguna de ellas sobrepasara los límites de su correspondiente demarcación. Ello supuso que, en algunos casos, se delimitasen varias masas de agua subterránea en un único acuífero ya que éste se extiende a través del territorio incluido en dos o más demarcaciones limítrofes. Este hecho contradice, al menos aparentemente, el contenido del artículo 3 de la DMA, que señala que *en caso de que las aguas subterráneas no correspondan plenamente a ninguna cuenca hidrográfica en particular, se especificarán e incluirán en la demarcación hidrográfica más próxima o más apropiada*. A pesar de ello, la interpretación por la que ha optado la Administración española ha sido la de declarar una masa de agua subterránea diferenciada en cada demarcación hidrográfica, considerando que esta inclusión es la más apropiada desde el punto de vista de una gestión eficaz de los recursos hídricos.

El objetivo de este capítulo se centra en identificar las masas de agua subterránea *compartidas* existentes en la DHCMA. Esto es, aquellas que se definieron en acuíferos cuya extensión sobrepasa los límites de la demarcación y que actualmente limitan con masas de agua subterránea definidas en alguna de las tres demarcaciones limítrofes con las cuencas mediterráneas (DD.HH. del Guadalete y Barbate, Guadalquivir y Segura), con las cuales comparten, en mayor o menor medida, recursos hídricos subterráneos (figura 7.1.2). Estas masas de agua subterránea *compartidas* representan, por tanto, sectores de un mismo acuífero entre los cuales existen o podrían existir transferencias laterales de agua.



Figura 7.1.2. Demarcaciones hidrográficas limítrofes con la D.H. de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas

## 7.2. BASE NORMATIVA

### 7.2.1. DIRECTIVA MARCO DEL AGUA (DIRECTIVA 2000/60/CE)

A pesar de las numerosas referencias a las masas de agua subterránea que contiene esta Directiva, ninguno de sus artículos recoge de manera explícita la obligación de realizar su delimitación. No obstante, la necesidad de comprobar en las masas de agua subterránea varias de las exigencias de la DMA, tales como el cumplimiento de los objetivos medioambientales, el establecimiento de los programas de seguimiento o el análisis de presiones e impactos, entre otras, requiere necesariamente de su previa identificación y delimitación.

La interpretación que hace la Directiva respecto de la asignación de las aguas subterráneas compartidas entre dos o más demarcaciones hidrográficas se recoge en su artículo 3, en el que se establece que estas aguas *se especificarán e incluirán en la demarcación hidrográfica más próxima o más apropiada*.

#### 7.2.2. LEY DE AGUAS

En el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas, aún no se hace referencia al concepto *masa de agua subterránea* dado el poco tiempo transcurrido entre la entrada en vigor de la DMA (diciembre de 2000) y la fecha de publicación de este Real Decreto (julio de 2001). El término *masa de agua subterránea* es introducido en el ordenamiento jurídico español mediante la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social, por la que se modifica el texto refundido de la Ley de Aguas con objeto de que ésta incorpore la DMA.

La definición de *masa de agua subterránea* contenida en la Ley 62/2003 coincide con la de la DMA. Sin embargo, el contenido del artículo 3 de la Directiva referente a la asignación de las aguas subterráneas compartidas entre demarcaciones distintas varía ligeramente, en el sentido de que permite que dichas aguas sean incluidas en masas de agua subterránea diferentes, una por demarcación: *Los acuíferos que no correspondan plenamente a ninguna demarcación en particular, se incluirán en la demarcación más próxima o más apropiada, pudiendo atribuirse a cada una de las demarcaciones la parte de acuífero correspondiente a su respectivo ámbito territorial [...]*.

#### 7.2.3. REGLAMENTO DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA

El Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Planificación Hidrológica (modificado parcialmente por el Real Decreto 1161/2010, de 17 de septiembre), define el término *masa de agua subterránea* de manera idéntica a la DMA y la Ley de Aguas. A diferencia de estas últimas, no obstante, el Reglamento de Planificación Hidrológica contiene un artículo dedicado específicamente a la identificación y delimitación de masas de agua subterránea (artículo 9), en el que se precisa la forma en que las distintas autoridades de demarcación deben identificar sus respectivas masas de agua subterránea. En concreto, este artículo establece, por un lado, que en cada demarcación hidrográfica se deben identificar las masas de agua subterránea comprendidas íntegramente en su territorio, y por otro que, aparte de esta delimitación, debe elaborarse una propuesta de masas de agua subterránea compartidas con otras demarcaciones, que será incluida en los planes hidrológicos de cuenca y que será tomada en cuenta en el Plan Hidrológico Nacional para su delimitación y caracterización.

#### 7.2.4. INSTRUCCIÓN DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA

La Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica, incluye también la definición de *masa de agua subterránea* (apartado 1.2, definición número 43), así como un listado de criterios que pretenden guiar a los organismos de cuenca en el proceso de identificación y delimitación de las masas de agua subterránea, tales como el uso de las unidades hidrogeológicas como punto de partida para delimitar las masas de agua o los límites impermeables como primer criterio de delimitación.

### 7.2.5. LEY DE AGUAS PARA ANDALUCÍA

Esta norma, recientemente aprobada mediante la Ley 9/2010, de 30 de julio, de Aguas para Andalucía, contiene también la definición de *masa de agua subterránea* (artículo 4, definición número 15), pero no hace ninguna referencia al procedimiento de identificación y delimitación de las masas de agua subterránea o a la asignación de las aguas subterráneas compartidas entre demarcaciones hidrográficas distintas.

## 7.3. TRABAJOS REALIZADOS

### 7.3.1. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA

Con anterioridad al inicio de los trabajos se ha realizado un estudio bibliográfico de todos aquellos documentos que pudiesen incluir información de interés en el análisis, diseño y ejecución de la actividad, en relación con las características y funcionamiento hidrogeológico de las masas de agua subterránea 'compartidas' identificadas en la demarcación. Además, se han recopilado las coberturas geográficas de base, red hidrográfica principal y secundaria, así como mapas temáticos de hidrogeología.

### 7.3.2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

El procedimiento que se ha seguido para identificar las masas de agua subterránea compartidas de la DHCMA ha sido el siguiente:

1. Identificación de las masas de agua subterránea limítrofes: el primer paso ha consistido en la identificación de las masas de agua subterránea que, habiendo sido definidas en demarcaciones hidrográficas diferentes, presentan algún contacto en común.
2. Análisis de cada pareja de masas de agua subterránea limítrofes: mediante este análisis se ha pretendido clasificar en dos grupos las masas de agua subterránea limítrofes identificadas en la etapa anterior: las que se consideran *compartidas*, entendiéndose como tales aquellas que representan sectores diferentes dentro de un mismo acuífero cuyos recursos hídricos están compartidos entre las dos masas de agua, y las que no lo son. Los criterios que se han utilizado para calificar como *compartidas* dos masas de agua subterránea limítrofes han sido básicamente dos:
  - Unidades hidrogeológicas compartidas: la inclusión de una masa de agua subterránea en el listado de unidades hidrogeológicas compartidas del anexo I del Plan Hidrológico Nacional (Ley 10/2001, de 5 de julio), se ha considerado un factor determinante a la hora de calificarla de *compartida*.
  - Recursos hídricos compartidos: para que dos masas de agua subterránea se consideren *compartidas* se ha considerado condición sine qua non que sus recursos hídricos estén compartidos, es decir, que exista o, con la información disponible, se considere de una manera razonada que pueda existir una transferencia de recursos subterráneos de una masa hacia la otra. Los criterios que se han tenido en cuenta para realizar esta valoración han sido los siguientes:
    - ✓ Permeabilidad de los materiales que afloran en la zona de contacto entre las dos masas de agua subterránea limítrofes.

- ✓ Distribución de las cotas piezométricas del acuífero (mapa de isopiezas) o, en su defecto, direcciones y sentido del flujo subterráneo.
- ✓ Coincidencia del límite actual entre las dos masas de agua subterránea con una divisoria hidrogeológica.
- ✓ Existencia de transferencias laterales de agua subterránea de una masa a la otra.

La información necesaria para realizar este análisis se ha obtenido principalmente de la consulta de informes, comunicaciones y otros documentos (atlas hidrogeológicos, por ejemplo) en los que se describen las características hidrogeológicas de los acuíferos que constituyen las diferentes masas de agua subterránea (en el anexo 1 se presenta un listado de los documentos consultados). También se ha empleado el ‘Mapa litoestratigráfico y de permeabilidad de España’ a escala 1:200.000, editado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y el Ministerio de Medio Ambiente (2006), y los mapas geológicos de España a escala 1:50.000 de la serie MAGNA editados por el IGME.

3. Estimación de los recursos hídricos compartidos: en aquellas masas de agua subterránea compartidas en las que ha sido posible, se ha realizado una estimación cuantitativa de los recursos hídricos que son transferidos de una masa a otra; en las masas de agua en las que no ha sido posible realizar esta estimación, se ha intentado valorar el volumen total de recursos compartidos entre las dos masas de agua subterránea, con independencia del destino de dichos recursos. El objetivo perseguido con ello ha sido facilitar la gestión de estas masas de agua subterránea compartidas en lo que respecta a la distribución o asignación de sus respectivos recursos hídricos subterráneos.

### 7.3.3. MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA LIMÍTROFES

En la DHCMA se han definido 67 masas de agua subterránea (figura 7.1.1), de las cuales 18 limitan con masas de agua subterránea definidas en alguna de las tres demarcaciones hidrográficas limítrofes (Guadalete y Barbate, Guadalquivir o Segura; figura 7.1.2). En la tabla 7.3.3.1 se muestra el listado de estas 18 masas de agua subterránea, con indicación de las masas limítrofes y en la figura 7.3.3.1, la posición que ocupa cada una de ellas.

MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA (D.H. Cuencas Mediterráneas Andaluzas)		MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA (DD.HH. limítrofes)		
Código	Nombre MASb.	Código	Nombre MASb.	Demarcación
060.001	Cubeta de El Saltador	070.060	Las Norias	Segura
060.002	Sierra de las Estancias	070.056	Sierra de las Estancias	Segura
		05.08	Sierra de las Estancias	Guadalquivir
060.003	Alto-Medio Almanzora	05.09	Baza-Caniles	Guadalquivir
060.010	Cuenca del Río Nacimiento	05.12	Guadix-Marquesado	Guadalquivir
060.017	Sierra de Padul Sur	05.65	Sierra de Padul	Guadalquivir

MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA (D.H. Cuencas Mediterráneas Andaluzas)		MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA (DD.HH. limítrofes)		
Código	Nombre MASb.	Código	Nombre MASb.	Demarcación
060.023	Depresión de Padul	05.32	Depresión de Granada	Guadalquivir
060.024	Sierra Almirajara	05.42	Tejeda-Almirajara-Las Guájaras	Guadalquivir
060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	05.40	Sierra Gorda-Zafarraya	Guadalquivir
		05.42	Tejeda-Almirajara-Las Guájaras	Guadalquivir
060.028	Sierra de Gíbalto-Arroyo Marín	05.40	Sierra Gorda-Zafarraya	Guadalquivir
060.034	Fuente de Piedra	05.43	Sierra y Mioceno de Estepa	Guadalquivir
060.041	Sierra de Cañete Sur	05.72	Sierra de Cañete	Guadalquivir
060.042	Depresión de Ronda	062.001	Setenil	Guadalete y Barbate
060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla			
060.044	Sierra de Líbar	062.002	Sierra de Líbar	Guadalete y Barbate
060.052	Sierra de Almagro	070.062	Sierra de Almagro	Segura
060.061	Sierra de Albuñuelas	05.42	Tejeda-Almirajara-Las Guájaras	Guadalquivir
060.062	Sierra de Las Guájaras			
060.064	Sierra Tejeda			

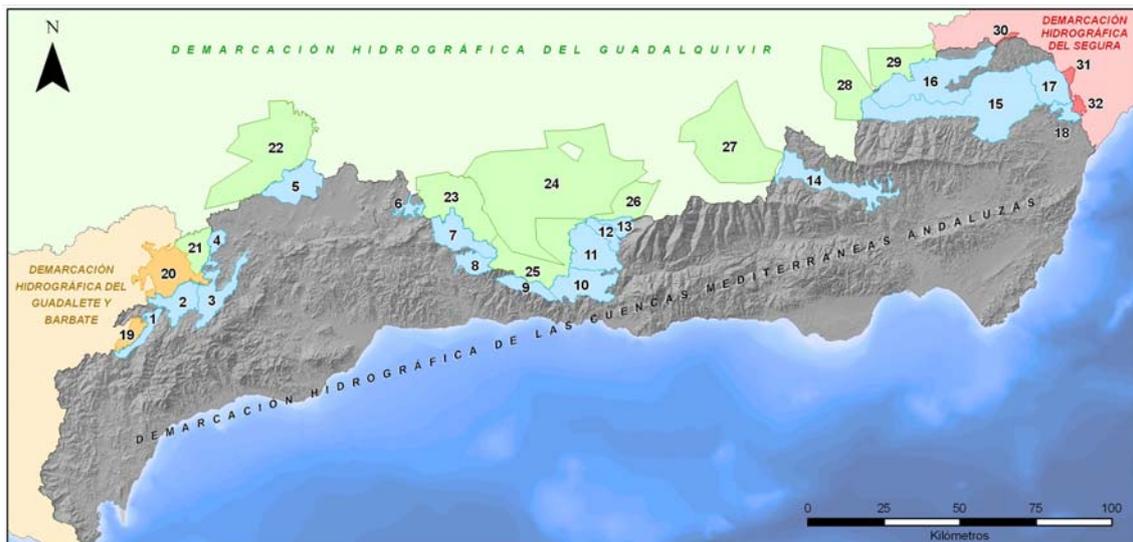
**Tabla 7.3.3.1. Masas de agua subterránea identificadas en la DHCMA que limitan con masas de agua subterránea definidas en DD.HH. adyacentes**

Los criterios que se han considerado para calificar de ‘limítrofes’ dos masas de agua subterránea han sido los siguientes:

- ✓ Que las masas de agua subterránea estén en contacto
- ✓ Que la longitud de dicho contacto sea significativa respecto al perímetro de las masas de agua subterránea
- ✓ Que dicha zona de contacto esté constituida por materiales permeables, de modo que no pueda descartarse la existencia de transferencias laterales de agua entre las masas de agua subterránea limítrofes

De las 18 masas de agua subterránea limítrofes identificadas en la DHCMA (tabla 7.3.3.1), cuatro están incluidas en el listado de unidades hidrogeológicas compartidas del Plan Hidrológico Nacional (Ley 10/2001, de 5 de julio)<sup>2</sup>: Sierra de Líbar, Sierra de Cañete, Sierra Gorda-Polje de Zafarraya y Tejeda-Almirajara-Las Guájaras.

<sup>2</sup> El Plan Hidrológico Nacional considera acuíferos compartidos los que, estando situados en ámbitos territoriales de dos o más Planes Hidrológicos de cuenca, se enumeran en su anexo I.



D. H. de las Cuenas Mediterráneas Andaluzas		D. H. del Guadalete y Barbate		D. H. del Guadalquivir		D. H. del Segura	
1. 060.044 Sierra de Libar	10. 060.062 Sierra de Las Guájaras	19. 062.002 Sierra de Libar	21. 05.72 Sierra de Cañete	30. 070.056 Sierra de las Estancias			
2. 060.042 Depresión de Ronda	11. 060.061 Sierra de Albuñuelas	20. 062.001 Setenil	22. 05.43 Sierra y Mioceno de Estepa	31. 070.060 Las Norias			
3. 060.043 Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla	12. 060.023 Depresión de Padul		23. 05.40 Sierra Gorda-Zafarraya	32. 070.062 Sierra de Almagro			
4. 060.041 Sierra de Cañete Sur	13. 060.017 Sierra de Padul Sur		24. 05.32 Depresión de Granada				
5. 060.034 Fuente de Piedra	14. 060.010 Cuenca del Río Nacimiento		25. 05.42 Tejeda-Almijara-Las Guájaras				
6. 060.028 Sierra de Gibalto-Arroyo Marín	15. 060.003 Alto-Medio Almanzora		26. 05.65 Sierra de Padul				
7. 060.025 Sierra Gorda-Zafarraya	16. 060.002 Sierra de las Estancias		27. 05.12 Guadix-Marquesado				
8. 060.064 Sierra Tejada	17. 060.001 Cubeta de El Saltador		28. 05.09 Baza-Caniles				
9. 060.024 Sierra Almijara	18. 060.052 Sierra de Almagro		29. 05.08 Sierra de las Estancias				

Figura 7.3.3.1. Localización de las masas de agua subterránea limítrofes identificadas en la DHCMA

#### 7.4. RESULTADOS OBTENIDOS

En este apartado se ha procedido a analizar de manera individualizada cada pareja de masas de agua subterránea limítrofes identificadas en el apartado anterior, con objeto de avanzar en el conocimiento de aquellas que se consideren *compartidas*. Una vez identificadas, se ha realizado un análisis de cada una de ellas con el fin de precisar, en la medida de lo posible, la cuantía de las transferencias laterales entre cada par de masas de agua subterránea compartidas; si esto no es posible, el volumen de recursos que comparten, y si no, al menos el sentido del flujo subterráneo entre ambas. En definitiva, con esta actividad se pretende aportar datos que faciliten la gestión de las masas de agua subterránea compartidas, especialmente en términos de asignación de recursos hídricos.

##### 7.4.1. CUBETA DE EL SALTADOR (060.001)-LAS NORIAS (070.060)

Las masas de agua subterránea Cubeta de El Saltador y Las Norias se localizan en los extremos oriental y suroccidental de las demarcaciones hidrográficas de las Cuenas Mediterráneas Andaluzas y del Segura, respectivamente (números 17 y 31 en la figura 7.3.3.1), y constituyen las dos masas de agua subterránea en que se dividió el acuífero detrítico de la Cubeta de El Saltador al situarse éste en terrenos pertenecientes a ambas demarcaciones hidrográficas (figura 7.4.1.1). La desigual extensión de estas dos masas de agua subterránea (145 km<sup>2</sup> la Cubeta de El Saltador frente a los escasos 18 km<sup>2</sup> de Las Norias) se explica por el criterio de separación utilizado, esto es, el límite entre las demarcaciones hidrográficas.

Las masas de agua Cubeta de El Saltador y Las Norias se han definido sobre materiales detríticos de edad Mioceno, Plioceno y Cuaternario (principalmente arenas y conglomerados) que descansan sobre rocas alpujárrides permotriásicas.



Figura 7.4.1.1. Detalle de las masas de agua subterránea Cubeta de El Saltador (060.001) y Las Norias (070.060)

El límite entre ambas se corresponde con un contacto permeable a través del cual se produce previsiblemente una transferencia de recursos desde la masa de agua subterránea Las Norias hacia la Cubeta del El Saltador, tal como se deduce de la disposición de las isopiezas (figura 7.4.1.2), por lo que deben considerarse masas de agua subterránea compartidas. En base a los datos de balance disponibles, esta transferencia se ha cuantificado, de media, en unos  $0,6 \text{ hm}^3/\text{año}$ . No obstante, esta transferencia de recursos está condicionada a los bombeos existentes en la masa de agua de Las Norias: cuanto mayores sean éstos, menor será el volumen de recursos transferidos hacia la masa de agua subterránea Cubeta de El Saltador, pudiendo llegar a ser nula en caso de que el volumen bombeado en Las Norias iguale el volumen transferido hacia la cuenca Mediterránea.

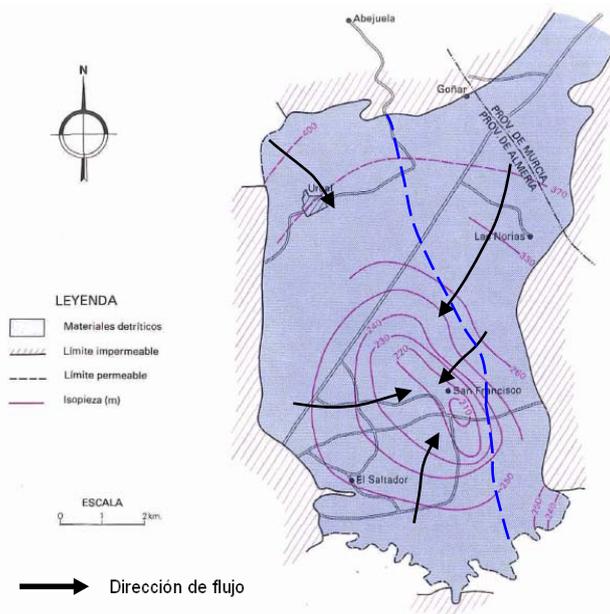


Figura 7.4.1.2. Mapa de isopiezas del acuífero de la Cubeta de El Saltador (Fte. Las aguas subterráneas en España. IGME, 1993), líneas de flujo principales y límite entre las masas de agua subterránea limítrofes

Las entradas de agua en la masa de agua subterránea Cubeta de El Saltador se han valorado en 3 hm<sup>3</sup>/año por lo que, dando por válida la cifra de 0,6 hm<sup>3</sup>/año para la transferencia de agua desde la cuenca del Segura, se obtienen unos recursos propios para la Cubeta de El Saltador de unos 2,4 hm<sup>3</sup>/año.

#### 7.4.2. SIERRA DE LAS ESTANCIAS (060.002)-SIERRA DE LAS ESTANCIAS (05.08)- SIERRA DE LAS ESTANCIAS (070.056)

Las tres masas de agua subterránea que se tratan en este apartado presentan el mismo nombre, pero diferente código. Se han definido en una serie de elevaciones montañosas constituidas en parte por materiales carbonatados permeables, que se extienden por la zona central de las provincias de Granada y Almería, en terrenos pertenecientes a las demarcaciones hidrográficas de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, Guadalquivir y Segura (números 16, 29 y 30 en la figura 7.3.3.1). La más extensa de las tres es la definida en la cuenca mediterránea (060.002), cuya superficie supera los 375 km<sup>2</sup>. Esta masa de agua presenta contactos en común tanto con su homóloga en la cuenca del Guadalquivir (05.08), de 185 km<sup>2</sup> de extensión, como con la definida en la cuenca del Segura (070.056), de tan sólo 7 km<sup>2</sup> de superficie (figura 7.4.2.1).

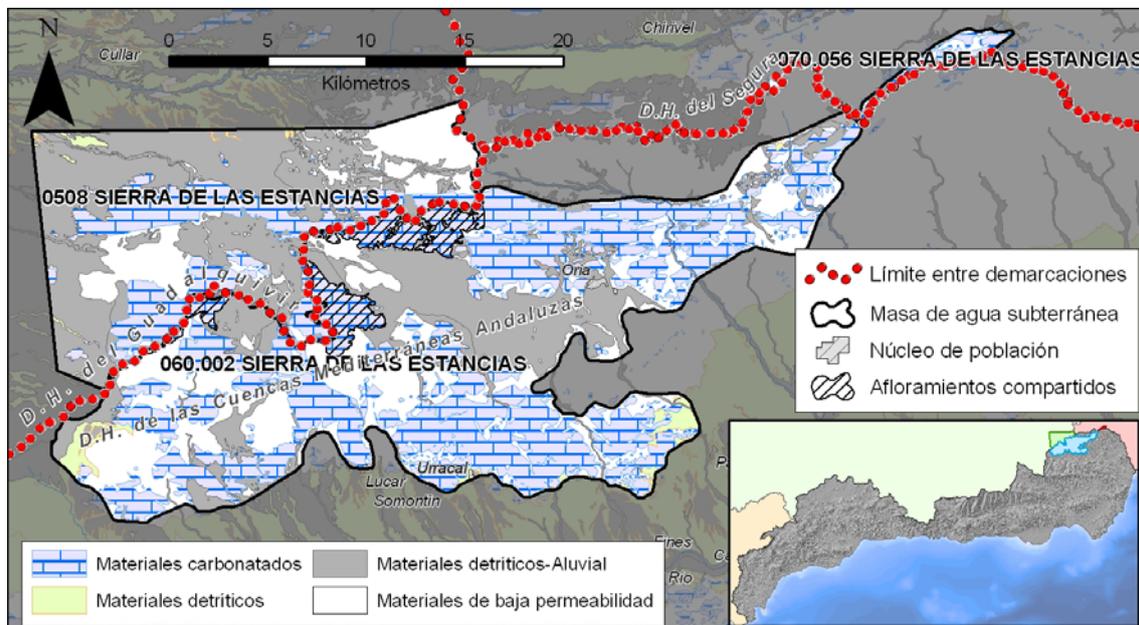


Figura 7.4.2.1. Detalle de las masas de agua subterránea 060.002, 05.08 y 070.056, Sierra de las Estancias

El acuífero de la Sierra de las Estancias está constituido por dolomías, calizas y mármoles de edad triásica pertenecientes al Complejo Alpujárride, que presentan una compleja estructura interna afectada por estructuras cabalgantes y fallas inversas. En los núcleos de los pliegues anticlinales afloran las filitas que constituyen el sustrato impermeable del acuífero, el cual ha sido dividido en numerosas unidades de comportamiento hidrogeológico más o menos independiente por razones fundamentalmente geológicas. En algunos sectores los materiales triásicos alpujárrides aparecen cubiertos por depósitos más recientes, fundamentalmente aluviales, coluviales y pies de monte cuaternarios.

El límite entre las masas de agua subterránea definidas en las demarcaciones mediterránea (060.002) y del Segura (070.056) corresponde a un contacto permeable, si bien de tan poca entidad (se extiende a

través de una franja de apenas 500 m), que no permite la existencia de traspasos significativos de recursos de la una a la otra.

El límite entre las masas de agua definidas en las demarcaciones de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (060.002) y Guadalquivir (05.08) es más complejo que el anterior. Dicho límite divide en dos varios afloramientos carbonatados de extensión variable cuyos recursos, por tanto, deben considerarse compartidos entre ambas masas de agua.

La superficie de estos afloramientos carbonatados compartidos en la masa de agua subterránea 060.002 (cuenca mediterránea) es de unos 22 km<sup>2</sup> (figura 7.4.2.1). Si se considera una precipitación media de 355 mm/año y un coeficiente de infiltración del 41,4% (obtenido a través de la aplicación del método APLIS), se obtiene para esta masa de agua un valor aproximado de recursos compartidos con la demarcación del Guadalquivir de 3 hm<sup>3</sup>/año. Por tanto, de los 28,6 hm<sup>3</sup>/año de recursos medios estimados para la masa de agua subterránea 060.002, 3 hm<sup>3</sup>/año habría que considerarlos compartidos con la masa de agua subterránea 05.08 (demarcación del Guadalquivir), en tanto que los 25,6 hm<sup>3</sup>/año restantes podrían calificarse como recursos propios.

No obstante, teniendo en cuenta la complejidad estructural del acuífero de la Sierra de las Estancias, el escaso grado de conocimiento que se tiene acerca de su funcionamiento y la poca información de la que se ha dispuesto para realizar este análisis, parece razonable recomendar que los valores de recursos estimados se consideren como una primera aproximación al valor real.

#### 7.4.3. ALTO-MEDIO ALMANZORA (060.003)–BAZA-CANILES (05.09)

Las masas de agua subterránea Alto-Medio Almanzora (DHCMA) y Baza-Caniles (demarcación del Guadalquivir) están situadas, respectivamente, en las provincias de Almería y Granada (masas de agua número 15 y 28 en la figura 7.3.3.1). La masa de agua subterránea Alto-Medio Almanzora presenta una superficie de 605 km<sup>2</sup> y está constituida por un conjunto de materiales permeables de edad terciaria y cuaternaria (depósitos aluviales, arenas y conglomerados) que se distribuyen de manera más o menos paralela al cauce del río Almanzora a lo largo de su cuenca media y alta (figura 7.4.3.1).

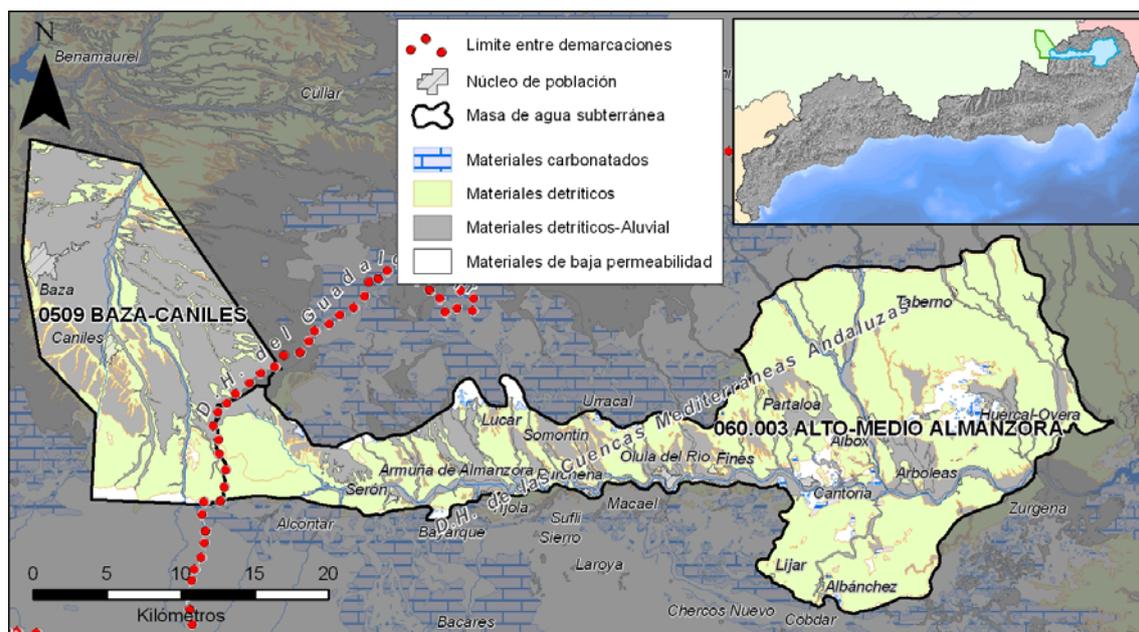


Figura 7.4.3.1. Detalle de las masas de agua subterránea Alto-Medio Almanzora (060.003) y Baza-Caniles (05.09)

Por otra parte, la masa de agua subterránea Baza-Caniles tiene una superficie de 265 km<sup>2</sup> y está constituida por depósitos detríticos de edad Mio-Plioceno (conglomerados, calcarenitas y arenas, con intercalaciones de limos, arcillas y margas) y por depósitos de terraza de la margen izquierda del río Baza, de edad Cuaternario.

El límite entre ambas masas de agua subterránea, coincidente con la divisoria entre las cuencas mediterránea y del Guadalquivir, se extiende a lo largo de una distancia aproximada de 10,5 km sobre materiales permeables. Aunque no se puede descartar la existencia de conexión hidrogeológica entre ambas al no coincidir su contacto con ninguna barrera hidrogeológica, no parece probable que ocurra, o de hacerlo debe ser muy limitada, debido a las siguientes razones:

- ✓ En acuíferos detríticos con porosidad intergranular como los que constituyen estas masas de agua subterránea, las divisorias hidrogeológicas suelen coincidir, a grandes rasgos, con las hidrográficas.
- ✓ Las principales direcciones de flujo en los dos acuíferos pueden considerarse prácticamente opuestas: hacia el Este en el Alto-Medio Almanzora, y hacia el Norte en Baza-Caniles. Por tanto, se supone que entre ambos sectores existe una divisoria hidrogeológica que, como se indicaba con anterioridad, probablemente coincida con la divisora hidrográfica.

Así pues, puede considerarse que las masas de agua subterránea Alto-Medio Almanzora y Baza-Caniles no comparten recursos hídricos subterráneos.

---

#### 7.4.4. CUENCA DEL RÍO NACIMIENTO (060.010)–GUADIX-MARQUESADO (05.12)

Las masas de agua subterránea Cuenca del Río Nacimiento (definida en la DHCMA) y Guadix-Marquesado (demarcación del Guadalquivir) están situadas en el límite entre las provincias de Granada y Almería (números 14 y 27 en la figura 7.3.3.1).

La masa de agua subterránea Cuenca del Río Nacimiento, de 205 km<sup>2</sup> de superficie, está constituida principalmente por las arenas, gravas y limos cuaternarios que configuran el acuífero aluvial del río, si bien incluye otros materiales de edad Cuaternario con un interés hidrogeológico menor (figura 7.4.4.1). La masa de agua subterránea Guadix-Marquesado, por su parte, presenta una superficie de 618 km<sup>2</sup> y se extiende por los Llanos del Marquesado y la Vega de Guadix. Está formada por un conjunto de materiales detríticos de origen fluvial de edad Plioceno-Cuaternario, dentro de los cuales predominan las arenas y los conglomerados de matriz arenosa.

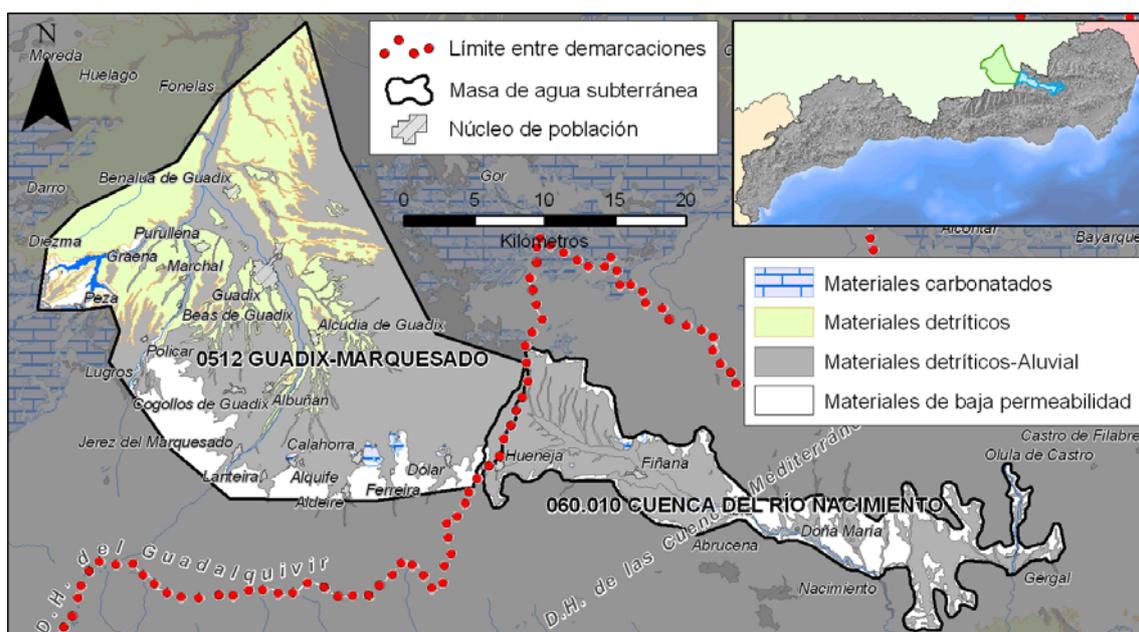


Figura 7.4.4.1. Detalle de las masas de agua subterránea Cuenca del Río Nacimiento (060.010) y Guadix-Marquesado (05.12)

La zona de contacto entre estas masas de agua subterránea, coincidente con la divisoria hidrográfica entre las cuencas mediterránea y del Guadalquivir, consiste en un sustrato de edad Paleozoico-Triásico constituido por micasquitos de baja permeabilidad, sobre el cual se asientan materiales cuaternarios de permeabilidad media (gravas, arcillas y conos de deyección) que, dada la proximidad del sustrato, no deben presentar gran espesor. Así pues, se trata de una zona con un interés hidrogeológico limitado que, además, es probable que coincida con una divisoria hidrogeológica que separe un flujo subterráneo dirigido al Sureste (Cuenca del Río Nacimiento) de un flujo dirigido hacia el Oeste (Guadix-Marquesado).

En definitiva, puede afirmarse que las masas de agua subterránea Cuenca del Río Nacimiento (060.010) y Guadix-Marquesado (05.12) no comparten recursos hídricos subterráneos.

#### 7.4.5. SIERRA DE PADUL SUR (060.017)-SIERRA DE PADUL (05.65)

Las masas de agua subterránea Sierra de Padul Sur (DHCMA) y Sierra de Padul (demarcación del Guadalquivir), son el resultado de la división en dos masas de agua subterránea del acuífero de la Sierra de Padul al situarse éste en la divisoria entre las cuencas mediterránea y del Guadalquivir (números 13 y 26 en la figura 7.3.3.1).

La masa de agua subterránea Sierra de Padul Sur presenta una superficie de 44 km<sup>2</sup> y está constituida por el sector del acuífero que queda incluido en el ámbito de la DHCMA; si bien, la franja más meridional de sus afloramientos se ha incluido en la masa de agua subterránea Depresión de Padul (060.023), con la que limita por el Sur (figura 7.4.5.1). La masa de agua subterránea Sierra de Padul, por su parte, presenta una extensión de 147 km<sup>2</sup> y está constituida por el sector del acuífero localizado dentro de la cuenca del Guadalquivir, que se extiende desde la divisoria atlántico-mediterránea (al sur) hasta el embalse de Canales (al norte).

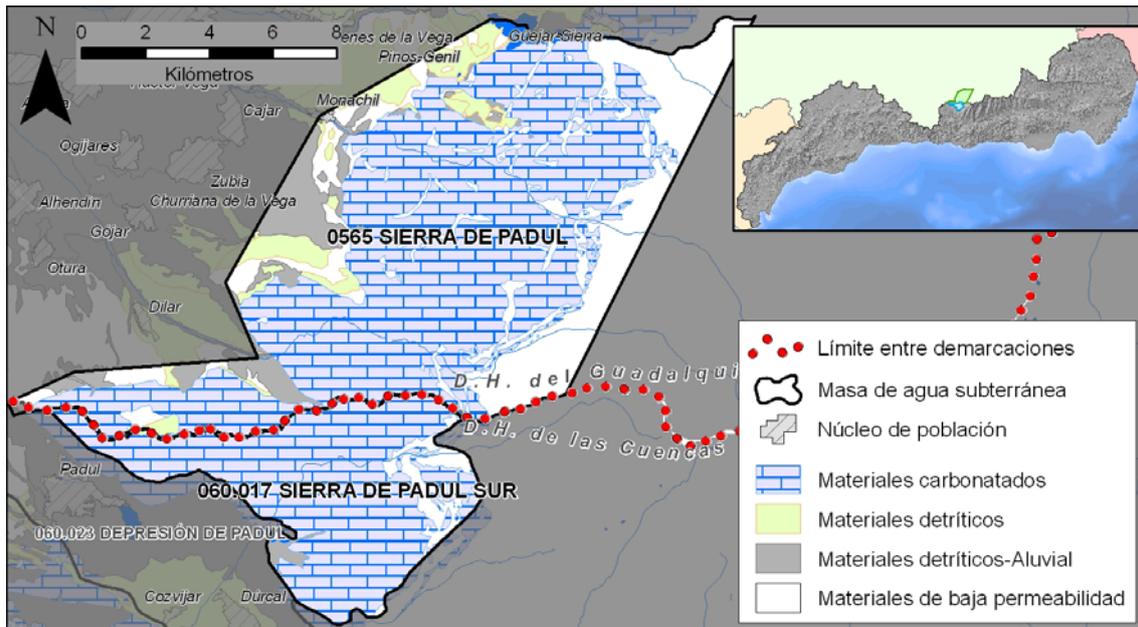


Figura 7.4.5.1. Detalle de las masas de agua subterránea Sierra de Padul Sur (060.017) y Sierra de Padul (05.65)

El acuífero de la Sierra de Padul está compuesto por la formación carbonatada del manto del Trevenque, de edad triásica y fundamentalmente dolomítica, que en algunos sectores muestra un considerable grado de brechificación. Presenta una estructura interna compleja debido a la superposición de mantos de origen tectónico, lo que ha favorecido que su funcionamiento hidrogeológico sea poco conocido en el detalle.

El contacto entre estas dos masas de agua subterránea corresponde a un límite permeable situado sobre los materiales carbonatados que constituyen el acuífero, a través del cual, por tanto, existe continuidad hidrogeológica y podrían producirse transferencias laterales de agua subterránea.

El grado de conocimiento que se tiene del acuífero de la Sierra de Padul es insuficiente para determinar si a través del límite entre estas masas de agua subterránea se producen transferencias laterales de agua representativas. Hay ocasiones en que estas transferencias pueden deducirse del balance hídrico de la masa de agua; sin embargo, en el caso de la masa de agua subterránea Sierra de Padul Sur (060.017) esto no es posible debido a la incertidumbre en la cuantificación de las diferentes componentes del balance, como consecuencia, a su vez, del funcionamiento que presenta el acuífero de la Sierra de Padul cuyas salidas de agua se producen principalmente -de acuerdo con la interpretación tradicional- de manera oculta (subterránea) hacia la Depresión de Padul (con la que limita por el sur).

Según los datos de balances estimados para la masa de agua subterránea Sierra de Padul Sur (060.017), se considera una recarga lateral procedente de la masa de agua subterránea Sierra de Padul (05.65) de unos 6,5 hm<sup>3</sup>/año, la cual, no obstante, se ha obtenido por cierre de balance, por lo que no constituye un valor fiable.

En definitiva, se considera probable la existencia de recursos hídricos compartidos entre las masas de agua subterránea Sierra de Padul Sur (060.017) y Sierra de Padul (05.65), debido, por un lado, a que el límite entre ambas es permeable, y por otro a una previsible descarga desde la masa de agua subterránea 060.017 hacia la Depresión de Padul en una cuantía que supera la recarga por infiltración de agua de lluvia en dicha masa. Estos recursos hídricos compartidos quedarían reflejados en una

transferencia lateral desde la masa de agua subterránea Sierra de Padul (05.65) hacia la masa de agua Sierra de Padul Sur (060.017) que, no obstante, con los datos disponibles, no ha podido ser cuantificada.

#### 7.4.6. DEPRESIÓN DE PADUL (060.023)-DEPRESIÓN DE GRANADA (05.32)

Las masas de agua subterránea Depresión de Padul (DHCMA) y Depresión de Granada (demarcación del Guadalquivir) se ponen en contacto a través de una estrecha franja de unos pocos kilómetros de longitud coincidente con la divisoria hidrográfica atlántico-mediterránea (números 12 y 24 en la figura 7.3.3.1).

La masa de agua subterránea Depresión de Padul (52 km<sup>2</sup>) está constituida por los depósitos detríticos de edad Mioceno-Cuaternario del relleno de la depresión del mismo nombre, así como por una estrecha franja de materiales dolomíticos triásicos pertenecientes a la Sierra de Padul (situada inmediatamente al norte).

La masa de agua subterránea Depresión de Granada, con una extensión de 1.357 km<sup>2</sup>, representa un conjunto detrítico muy permeable formado principalmente por los depósitos aluviales del río Genil y de sus afluentes de cabecera que dan lugar a la Vega de Granada, la cual constituye el acuífero principal de esta masa de agua. También muestran interés hidrogeológico los conglomerados, areniscas, calcarenitas y calizas del Mioceno y los conglomerados, arenas y limos del Pliocuatrnario.

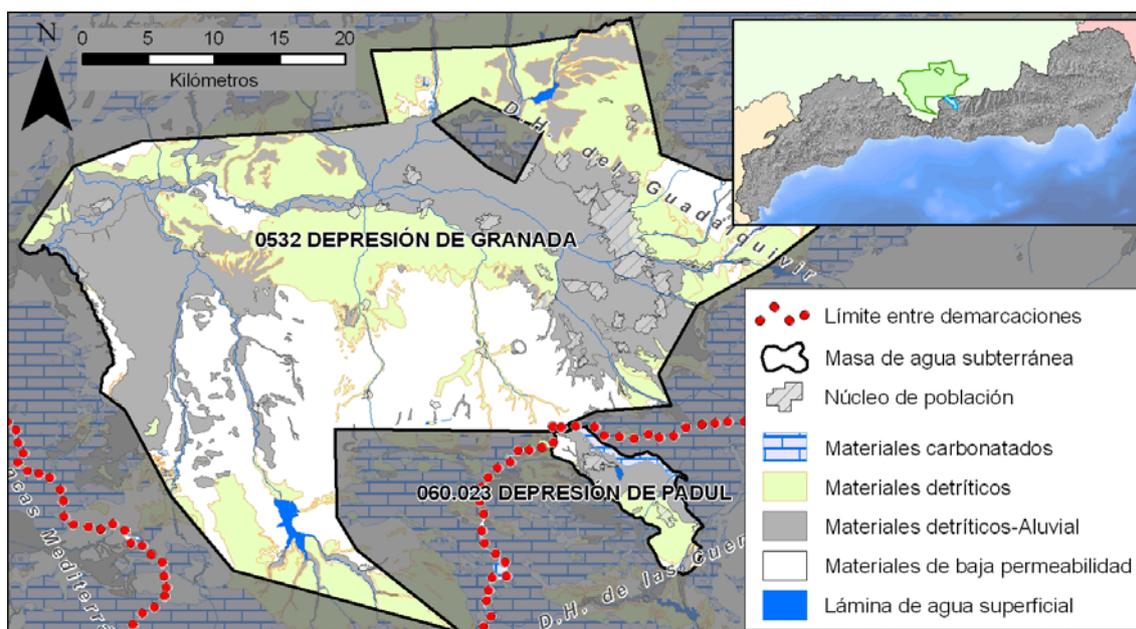


Figura 7.4.6.1. Detalle de las masas de agua subterránea Depresión de Padul (060.023) y Depresión de Granada (05.32)

El límite entre estas dos masas de agua subterránea se sitúa sobre materiales terciarios y cuaternarios que permiten la continuidad hidrogeológica entre ambas. Aunque no se puede descartar la existencia de conexión hidrogeológica entre ellas, no parece probable que ocurra debido:

- ✓ Por un lado, a que el límite entre estas masas de agua subterránea, correspondiente a una divisoria hidrográfica, probablemente coincida, al menos de manera aproximada, con una divisoria hidrogeológica tal y como sucede con frecuencia en acuíferos con porosidad intergranular.

- ✓ Por otro lado, a que las direcciones principales de flujo en la zona de contacto entre ambas parecen ser opuestas: hacia el Sureste en la Depresión de Padul y hacia el Noroeste en la Depresión de Granada.

En conclusión, puede afirmarse que las masas de agua subterránea Depresión de Padul (060.023) y Depresión de Granada (05.32), no comparten recursos hídricos subterráneos.

#### 7.4.7. SIERRA ALMIJARA (060.024)–TEJEDA-ALMIJARA-LAS GUÁJARAS (05.42)

Entre las provincias de Málaga y Granada, a través de una superficie que supera los 800 km<sup>2</sup>, se extienden una serie de elevaciones montañosas entre las que destacan las sierras de Tejeda y Almirajara, algunas de las cuales constituyen acuíferos de naturaleza carbonatada constituidos por mármoles triásicos. Estos acuíferos fueron incluidos en varias masas de agua subterránea en 2005, algunas de las cuales son limítrofes al situarse próximas a la divisoria entre las demarcaciones hidrográficas del Guadalquivir y de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas. En concreto, en la cuenca del Guadalquivir se definió una sola masa de agua subterránea, denominada Tejeda-Almirajara-Las Guájaras (05.42), en tanto que en la vertiente mediterránea se definieron cinco: Sierra Almirajara (060.024), Sierra de Albuñuelas (060.061), Sierra de Las Guájaras (060.062), Sierra Alberquillas (060.063) y Sierra Tejeda (060.064), de las cuales todas menos Sierra Alberquillas presentan algún contacto en común con la masa de agua subterránea Tejeda-Almirajara-Las Guájaras, definida en la cuenca del Guadalquivir (figura 7.3.3.1). En este apartado sólo se van a tratar las masas de agua subterránea Sierra Almirajara (060.024) y Tejeda-Almirajara-Las Guájaras (05.42; números 9 y 25 en la figura 7.3.3.1).

La masa de agua subterránea Sierra Almirajara presenta una superficie de 70 km<sup>2</sup> y la parte correspondiente de esta sierra incluida en la masa de agua subterránea Tejeda-Almirajara-Las Guájaras, 85 km<sup>2</sup> (figura 7.4.7.1).

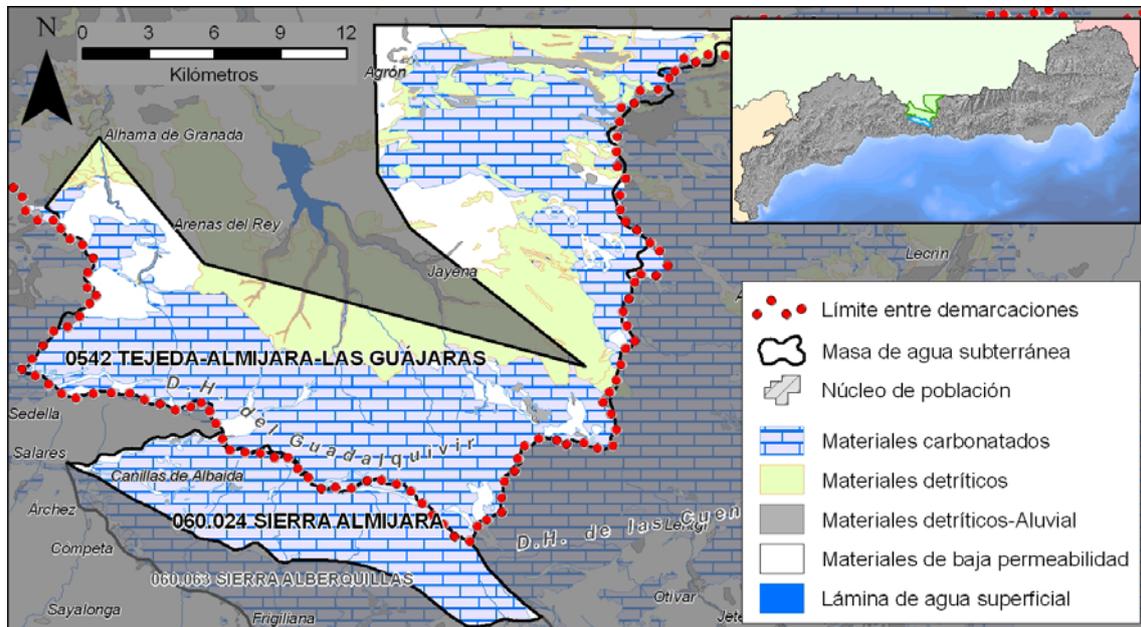


Figura 7.4.7.1. Detalle de las masas de agua subterránea Sierra Almirajara (060.024) y Tejeda-Almirajara-Las Guájaras (05.42)

Parte de la información que se presenta a continuación, relativa al funcionamiento hidrogeológico del acuífero de Sierra Almirajara, se ha extraído de una tesis doctoral que se está realizando en el seno del Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga, actualmente en fase de redacción.

El contacto que separa estas dos masas de agua subterránea coincide, a grandes rasgos, con una divisoria hidrogeológica existente en el acuífero de Sierra Almirajara. El sector meridional del acuífero (coincidente con la masa de agua subterránea Sierra Almirajara) presenta un flujo subterráneo dirigido desde el Norte hacia el Sur, que en su mayor parte es transferido a la masa de agua subterránea Sierra Alberquillas (060.063). El sector septentrional del acuífero de Sierra Almirajara, incluido en la masa de agua subterránea Tejada-Almirajara-Las Guájaras, presenta, por el contrario, un flujo subterráneo de componente norte que se acaba drenando tanto de forma visible (manantiales) como oculta (descarga subterránea), hacia el acuífero de la Depresión de Granada.

En definitiva, puede considerarse que las masas de agua subterránea Sierra Almirajara (060.024) y Tejada-Almirajara-Las Guájaras (05.40) no comparten recursos hídricos subterráneos.

#### 7.4.8. SIERRA GORDA-ZAFARRAYA (060.025)–SIERRA GORDA-ZAFARRAYA (05.40)–TEJEDA-ALMIJARA-LAS GUÁJARAS (05.42)

La masa de agua subterránea Sierra Gorda-Zafarraya (060.025), definida en la Cuenca Mediterránea Andaluza, presenta límites comunes con las masas de agua subterránea de la demarcación del Guadalquivir: Sierra Gorda-Zafarraya (05.40) y Tejada-Almirajara-Las Guájaras (05.42; números 7, 23 y 25 en la figura 7.3.3.1). Todas ellas se sitúan en el extremo occidental de la provincia de Granada, si bien una parte de la masa 060.025 queda incluida en la provincia de Málaga. Sus superficies están comprendidas entre los 155 km<sup>2</sup> de la masa de agua 060.025 y los 340 km<sup>2</sup> de cada una de las otras dos (figura 7.4.8.1).

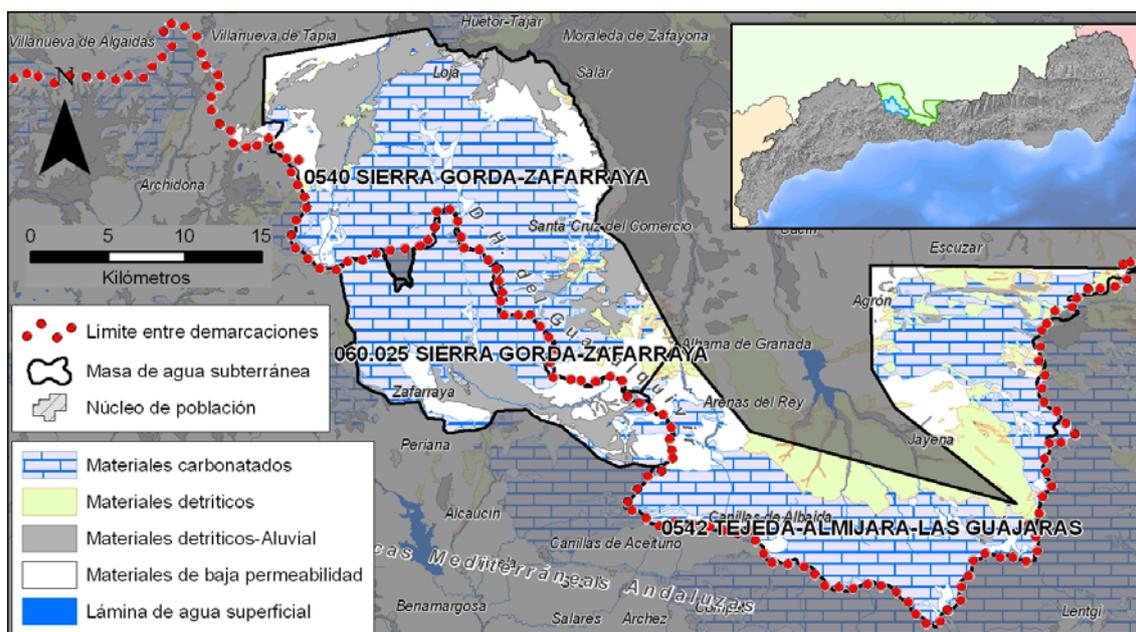


Figura 7.4.8.1. Detalle de las masas de agua subterránea Sierra Gorda-Zafarraya (060.025; DHCMA), Sierra Gorda-Zafarraya (05.40) y Tejada-Almirajara-Las Guájaras (05.42), Demarcación hidrográfica del Guadalquivir

Las dos masas de agua subterránea denominadas Sierra Gorda-Zafarraya (codificadas como 060.025 y 05.40) son el resultado de la división del acuífero de Sierra Gorda en dos masas de agua subterránea, al situarse éste en territorio perteneciente a la demarcaciones de las Cuenca Mediterránea Andaluza y del Guadalquivir. Los acuíferos que constituyen la masa de agua subterránea Tejada-Almirajara-Las Guájaras, por el contrario, no guardan relación con el acuífero de Sierra Gorda. Sin embargo, dicha masa

se considera también en este apartado puesto que presenta un contacto común con la masa de agua subterránea Sierra Gorda-Zafarraya definida en la cuenca mediterránea (figura 7.4.8.1).

El contacto entre las masas de agua subterránea Sierra Gorda-Zafarraya (060.025) y Tejeda-Almijara-Las Guájaras (05.42), de algo más de 6 km de longitud, atraviesa dos afloramientos permeables de escasa extensión constituidos por mármoles triásicos alpujárrides, cuyos recursos, a pesar de estar compartidos entre ambas masas, pueden considerarse insignificantes frente a los algo más de 50 hm<sup>3</sup>/año estimados para el conjunto de la masa de agua subterránea 060.025 según los últimos datos del balance considerados. El límite entre las masas de agua subterránea 060.025 y 05.40 coincide con la divisoria hidrográfica entre las cuencas mediterráneas y del Guadalquivir y divide en dos el amplio afloramiento carbonatado que constituye el acuífero de Sierra Gorda. Se trata, por tanto, de un contacto permeable a través del cual existe continuidad hidrogeológica.

En la figura 7.4.8.2 se presenta un mapa con las cotas piezométricas estimadas en el acuífero de Sierra Gorda, en el que se ha superpuesto el límite entre las masas de agua subterránea 060.025 y 05.40 así como las principales líneas de flujo. De acuerdo con él, una parte de los recursos de la masa de agua 060.025 (cuenca mediterránea) se transfieren a la masa de agua 05.40 (cuenca del Guadalquivir).

Los recursos medios anuales de la masa de agua subterránea 060.025 se han valorado en 52,2 hm<sup>3</sup>/año. Las salidas por manantiales ascienden a 12 hm<sup>3</sup>/año (manantial de Guaro) y los bombeos a 12 hm<sup>3</sup>/año, de lo que resulta un excedente de recursos de unos 28 hm<sup>3</sup>/año aproximadamente. Los 28 hm<sup>3</sup>/año restantes, por cierre de balance, constituirían el volumen de agua transferido desde ésta hacia la masa de agua subterránea 05.40 definida en la demarcación del Guadalquivir. En consecuencia, los recursos propios de la masa de agua subterránea 060.025 se obtienen de la diferencia entre las entradas totales (52,2 hm<sup>3</sup>/año) y el volumen transferido a la cuenca del Guadalquivir (28 hm<sup>3</sup>/año), que da como resultado unos 24 hm<sup>3</sup>/año.

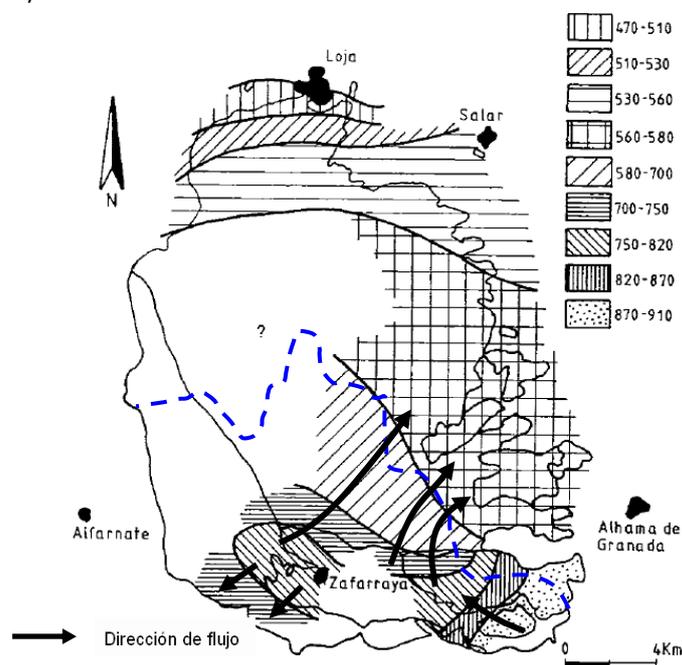


Figura 7.4.8.2. Disposición de los niveles piezométricos del acuífero carbonatado de Sierra Gorda, expresados en m.s.n.m. (Fte. Síntesis hidrogeológica de los acuíferos de Sierra Gorda, polje de Zafarraya y Hacho de Loja. López-Chicano y Pulido-Bosch, 2002), límite aproximado entre las masas de agua 060.025 (al sur) y 05.40 (al norte) y principales líneas de flujo

Resulta conveniente precisar que, cualquier incremento en el volumen extraído a través de pozos y sondeos en la masa de agua subterránea 060.025, iría en detrimento del volumen drenado por el manantial de Guaro así como del transferido a la masa de agua subterránea 05.40.

#### 7.4.9. SIERRA DE GIBALTO-ARROYO MARÍN (060.028)–SIERRA GORDA-ZAFARRAYA (05.40)

Las masas de agua subterránea Sierra de Gibalto-Arroyo Marín (DHCMA) y Sierra Gorda-Zafarraya (demarcación del Guadalquivir) se localizan respectivamente en el extremo oriental de la provincia de Málaga y en el occidental de la de Granada (números 6 y 23 en la figura 7.3.3.1). Presentan una extensión muy dispar (29 km<sup>2</sup> de Sierra de Gibalto-Arroyo Marín frente a los 344 km<sup>2</sup> de Sierra Gorda-Zafarraya) y su contacto se extiende a lo largo de una distancia próxima a los 5,5 km (figura 7.4.9.1).

La masa de agua subterránea Sierra de Gibalto-Arroyo Marín está constituida por el sector occidental de la Sierra de Gibalto (en la cuenca mediterránea), varios afloramientos carbonatados de menor extensión y un conjunto de depósitos detríticos pliocuaternarios localizados al oeste de la Sierra de Gibalto (figura 7.4.9.1).

La masa de agua Sierra Gorda-Zafarraya, por su parte, está constituida esencialmente por las calizas y dolomías jurásicas del acuífero de Sierra Gorda, si bien incluye otros afloramientos permeables de menor entidad entre los cuales destaca el sector oriental de la Sierra de Gibalto, incluido en la demarcación del Guadalquivir.

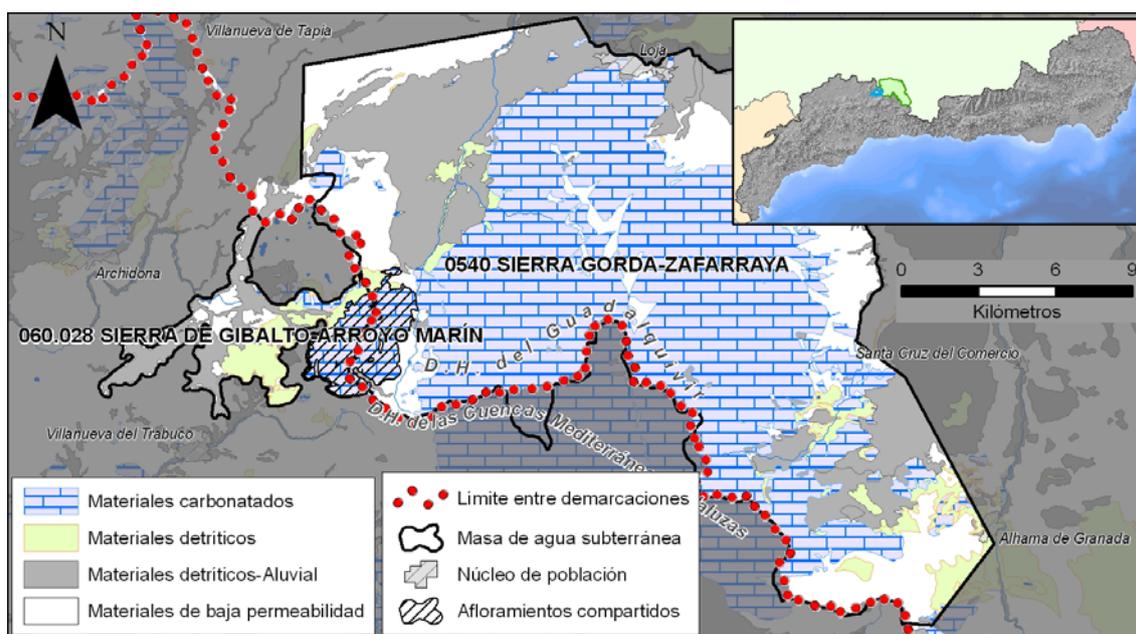


Figura 7.4.9.1. Detalle de las masas de agua subterránea S<sup>a</sup> de Gibalto-Arroyo Marín (060.028) y S<sup>a</sup> Gorda-Zafarraya (05.40)

Así pues, los únicos afloramientos acuíferos que comparten estas dos masas de agua subterránea son los correspondientes a la Sierra de Gibalto que, por tanto, son los que se tratan en este apartado.

El sector occidental de la Sierra de Gibalto, incluido en la vertiente mediterránea, presenta una superficie permeable de 5,3 km<sup>2</sup> en los que, considerando una precipitación media de 788 mm/año y un coeficiente de infiltración del 36,8% (obtenido mediante la aplicación del método APLIS), se obtienen unas entradas por infiltración de agua de lluvia en torno a 1,5 hm<sup>3</sup>/año. La superficie permeable

correspondiente al sector oriental (cuenca del Guadalquivir) es de 6 km<sup>2</sup> en los que, considerando los mismos valores de precipitación y coeficiente de infiltración, se obtienen unos recursos medios de 1,7 hm<sup>3</sup>/año.

En la siguiente tabla se presentan las salidas de agua estimadas para la Sierra de Gibalto, agrupadas según se produzcan hacia la cuenca mediterránea o del Guadalquivir:

SALIDAS (hm <sup>3</sup> /año)	
Cuencas Mediterráneas Andaluzas	Guadalquivir
Manantial de La Lana (0,85)	Manantial del Charcón (0,85)
Bombeos para abastecimiento a población (0,2)	
Descarga lateral oculta hacia otros acuíferos (1,9)	

**Tabla 7.4.9.1. Componentes de salida del acuífero de la Sierra de Gibalto según el balance hídrico incluido en el Atlas hidrogeológico de la provincia de Málaga (IGME-DPM, 2007)**

Como se puede observar, las únicas salidas asignadas a la cuenca del Guadalquivir son las que se producen a través del manantial del Charcón, estimadas en 0,85 hm<sup>3</sup>/año. La diferencia entre esta cifra y la correspondiente a las entradas de agua en el sector del acuífero situado en la cuenca del Guadalquivir (1,7 hm<sup>3</sup>/año), arroja un resultado de 0,85 hm<sup>3</sup>/año que deberían asignarse, a la vista de estos resultados, a una transferencia de recursos desde el sector oriental del acuífero al sector occidental o, dicho de otra forma, desde la cuenca del Guadalquivir a la mediterránea. Así pues, los recursos propios de la masa de agua subterránea Sierra de Gibalto-Arroyo Marín (060.028) se verían incrementados en 0,85 hm<sup>3</sup>/año procedentes de la masa de agua subterránea Sierra Gorda-Zafarraya (05.40).

#### 7.4.10. FUENTE DE PIEDRA (060.034)–SIERRA Y MIOCENO DE ESTEPA (05.43)

Las masas de agua subterránea Fuente de Piedra (DHCMA) y Sierra y Mioceno de Estepa (demarcación del Guadalquivir) se localizan en el límite entre las provincias de Málaga y Sevilla (números 5 y 22 en la figura 7.3.3.1).

La masa de agua subterránea Fuente de Piedra tiene una superficie de 164 km<sup>2</sup> y coincide, a grandes rasgos, con la cuenca endorreica de la laguna del mismo nombre (figura 7.4.10.1). Está constituida por un conjunto de materiales permeables de diferente naturaleza y edad, entre los cuales, no obstante, existe continuidad hidrogeológica: calizas y dolomías jurásicas de las sierras de Humilladero y Molina, calcarenitas del Mioceno superior y otros materiales cuaternarios de génesis diversa (aluvial, glaci, terraza lagunar y coluvión). El sustrato de todos ellos corresponde a los materiales arcilloso-evaporíticos del Trías.

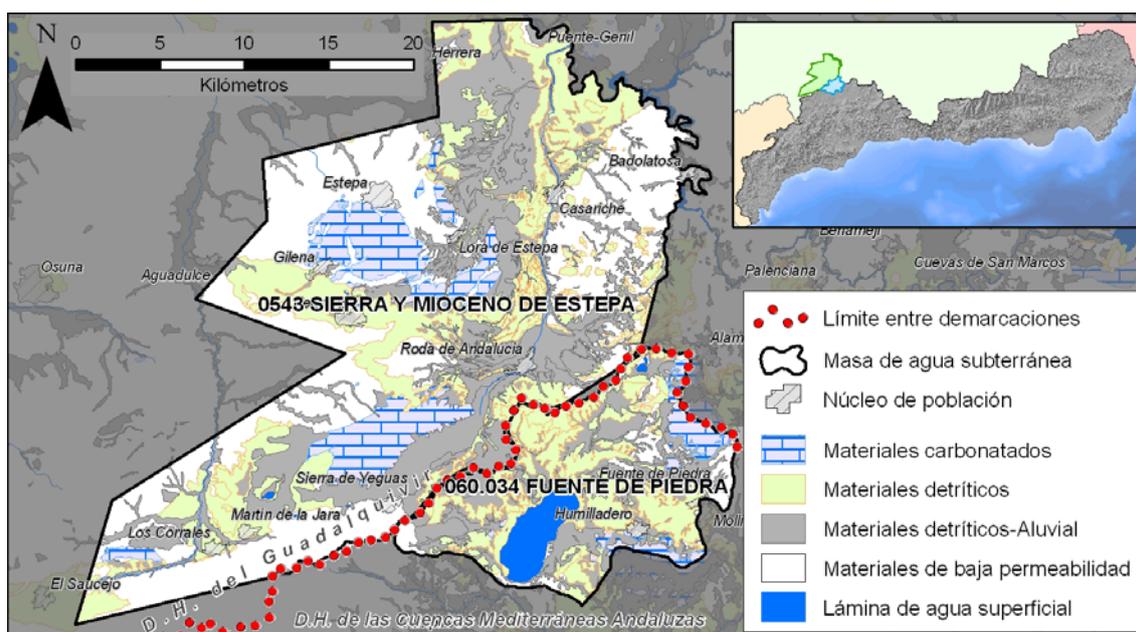


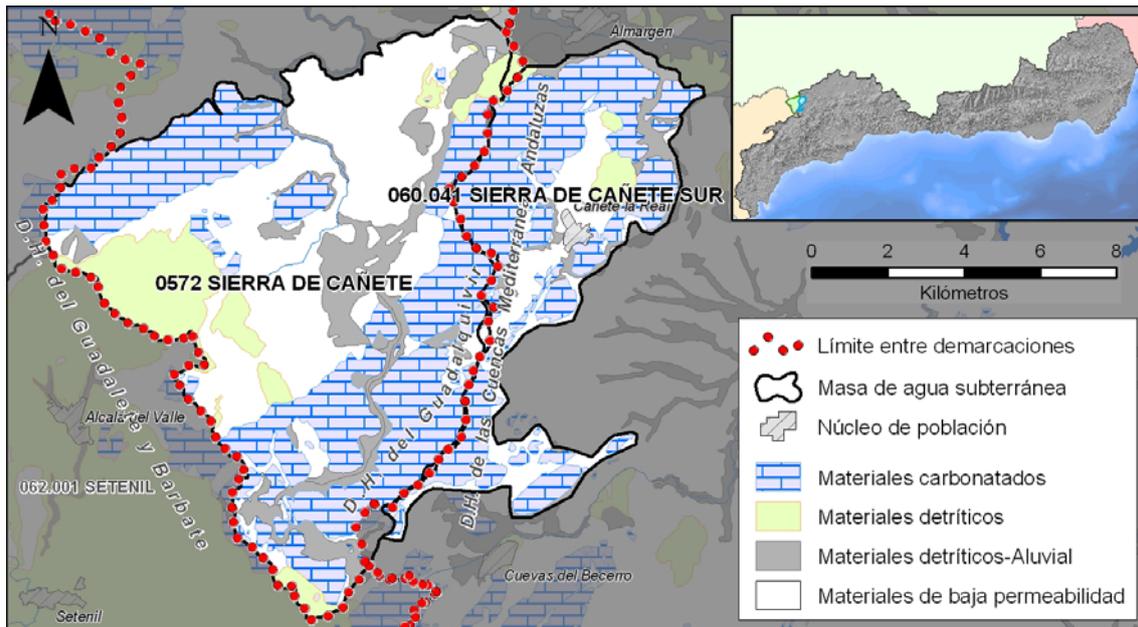
Figura 7.4.10.1. Detalle de las masas de agua subterránea Fuente de Piedra (060.034) y Sierra y Mioceno de Estepa (05.43)

Por otra parte, la masa de agua subterránea Sierra y Mioceno de Estepa (con 627 km<sup>2</sup> de extensión) incluye los acuíferos carbonatados de la Sierra de Estepa y Sierra de los Caballos, constituidos por calizas y dolomías jurásicas, y los acuíferos detríticos desarrollados sobre los materiales miocenos, formados por areniscas, arenas, calizas y margas. El sustrato impermeable de estos materiales corresponde también a las arcillas y margas con evaporitas del Triás.

El límite entre estas masas de agua subterránea se extiende a través de los materiales miocenos y cuaternarios permeables, por lo que se trata de un contacto abierto desde un punto de vista hidrogeológico. Sin embargo, no hay ningún argumento que respalde la existencia de transferencias laterales de una a otra masa de agua subterránea. En materiales permeables con porosidad intergranular como los que afloran en el contacto entre estas dos masas de agua subterránea, las divisorias hidrogeológicas suelen adaptarse a las divisorias hidrográficas. Así pues, el límite entre estas masas de agua subterránea (que corresponde a la divisoria entre el Guadalquivir y cuenca mediterránea) debe coincidir aproximadamente con una divisoria hidrogeológica a partir de la cual los flujos subterráneos se van a dirigir, por una parte, hacia el Noroeste (Sierra y Mioceno de Estepa), y por otro hacia el Sureste (Fuente de Piedra). Por tanto, puede considerarse que entre estas masas de agua no existen transferencias laterales de agua subterránea ni, en consecuencia, recursos hídricos compartidos.

#### 7.4.11. SIERRA DE CAÑETE SUR (060.041)-SIERRA DE CAÑETE (05.72)

El acuífero de la Sierra de Cañete se localiza en la zona de contacto entre las demarcaciones hidrográficas de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, Guadalquivir y Guadalete-Barbate, motivo por el cual sus afloramientos están actualmente incluidos en tres masas de agua subterránea diferentes: Sierra de Cañete Sur (Cuencas Mediterráneas Andaluzas), Sierra de Cañete (Guadalquivir) y Setenil (Guadalete y Barbate, identificada con el código 062.001; figura 7.4.11.1). En este informe, no obstante, sólo se van a tratar las dos primeras puesto que la masa de agua subterránea Setenil no presenta ningún contacto en común con la masa de agua subterránea Sierra de Cañete Sur, definida en la cuenca mediterránea.



**Figura 7.4.11.1. Detalle de las masas de agua subterránea Sierra de Cañete Sur (060.041) y Sierra de Cañete (05.72)**

Las masas de agua subterránea Sierra de Cañete Sur y Sierra de Cañete están situadas, respectivamente, en el tercio más occidental de la DHCMA y en el borde meridional de la del Guadalquivir (números 4 y 21 en la figura 7.3.3.1). La primera de ellas presenta una extensión de 40 km<sup>2</sup> y está constituida básicamente por los afloramientos carbonatados del acuífero incluidos en la DHCMA, si bien, el compartimento del Pílon del Zorro situado al noroeste de la localidad de Cuevas del Becerro, no estaría incluido (figura 7.4.11.1).

La masa de agua subterránea Sierra de Cañete, por su parte, presenta una superficie de 107 km<sup>2</sup> e incluye, aparte de los afloramientos carbonatados del acuífero que se localizan en el ámbito del Guadalquivir, otros de menor importancia como son las areniscas del Aljibe y algunos afloramientos de escasa extensión constituidos por calizas, dolomías y calcarenitas.

La característica hidrogeológica principal del acuífero de la Sierra de Cañete (uno de los considerados como unidades hidrogeológicas compartidas en el Plan Hidrológico Nacional) es su fragmentación en una decena de compartimentos de complejas interrelaciones entre sí (figura 7.4.11.2). Cinco de estos compartimentos están incluidos íntegramente en la DHCMA (La Nina, Valparaiso, Canalejas, Sierra de Viján y Pílon del Zorro, si bien este último queda fuera de la masa de agua subterránea Sierra de Cañete Sur), en tanto que cuatro de ellos presentan una parte en esta demarcación y otra en la del Guadalquivir (Almargen, La Atalaya, Berrillo-Fuencaliente y Fuentepeones); por el contrario, ninguno de los compartimentos ha sido definido íntegramente en el ámbito del Guadalquivir.

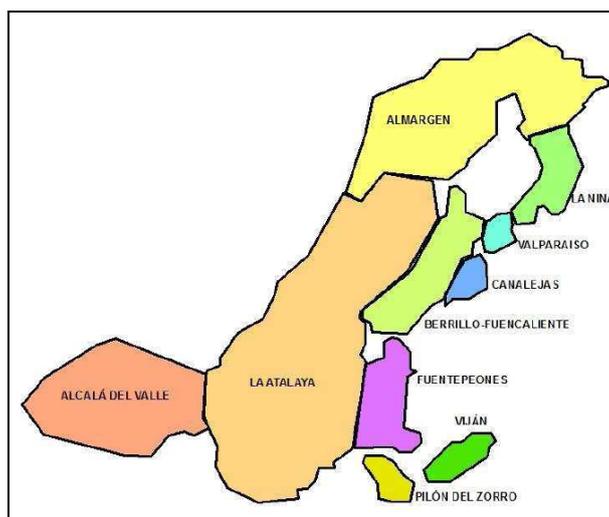


Figura 7.4.11.2. Compartimentos definidos en el acuífero de la Sierra de Cañete  
(Fte. Estudio Hidrogeológico de la S<sup>a</sup> de Cañete. Consejería de Obras Públicas y Transportes, 2002)

Los recursos hídricos correspondientes a los cuatro compartimentos incluidos íntegramente en la masa de agua subterránea Sierra de Cañete Sur (La Nina, Valparaíso, Canalejas y Sierra de Viján), cuyo valor asciende aproximadamente a 1,1 hm<sup>3</sup>/año (tabla 7.4.11.1), se infiltran y se drenan en su totalidad en la DHCMA, por lo que pueden considerarse recursos ‘propios’, esto es, no compartidos con la demarcación del Guadalquivir. Por el contrario, los recursos hídricos de los compartimentos de Almargen, La Atalaya, Berrillo-Fuencaliente y Fuentepeones, situados próximos a la divisoria entre las demarcaciones del Guadalquivir y mediterránea, deben considerarse recursos compartidos. Estos recursos alcanzan un valor promedio conjunto de unos 10,7 hm<sup>3</sup>/año (tabla 7.4.11.1).

Compartimentos localizados íntegramente en la D.H. de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas			Compartimentos ‘compartidos’		
Compartimento	Superficie (km <sup>2</sup> )	Entradas (hm <sup>3</sup> /año)	Compartimento	Superficie (km <sup>2</sup> )	Entradas (hm <sup>3</sup> /año)
La Nina	2,48	0,55	Almargen	18,81	4,19
Valparaíso	0,60	0,15	La Atalaya	24,13	5,37
La Canaleja	0,75	0,16	Fuentepeones	3,43	0,76
Viján	1,20	0,26	Berrillo-Fuencaliente	1,80	0,40
TOTAL	5,03	1,12	TOTAL	48,17	10,72

Tabla 7.4.11.1. Datos de superficie y entradas medias anuales de los compartimentos de la Sierra de Cañete.  
(Fte. Estudio hidrogeológico de la S. de Cañete. Junta de Andalucía. Consejería de Obras y Transportes, 2002)

El compartimento de Almargen se drena por su borde septentrional en forma de descargas visibles (manantiales de Majavea, Majaborrego y del Almirón, todos ellos situados en la DHCMA) y ocultas (descargas subterráneas hacia el aluvial del río Almargen). Teniendo en cuenta que la mayor parte de la superficie de este compartimento está incluida en la demarcación mediterránea y que el flujo de agua subterránea presenta una componente norte, podría considerarse que la mayor parte de los recursos

medios anuales de este compartimento (estimados en 4,2 hm<sup>3</sup>/año) corresponden a la DHCMA, sin que sea posible, hasta el momento, precisar en qué proporción.

El compartimento de La Atalaya, que con sus 24 km<sup>2</sup> constituye el de mayor extensión de los definidos en la Sierra de Cañete, se drena principalmente a través de su borde occidental, donde se localizan los manantiales Ojo de la Laguna, Cortijo Grande y Pleito. Esto apunta, por tanto, a un flujo subterráneo dirigido desde el Este hacia el Oeste y, por consiguiente, a una transferencia de recursos desde la parte del compartimento incluida en la cuenca mediterránea hacia la parte del compartimento que se sitúa en la cuenca del Guadalquivir. De cumplirse este modelo de funcionamiento hidrogeológico, el volumen de agua de lluvia que se infiltra en el sector del compartimento adscrito a la cuenca mediterránea, el cual se estima en unos 0,5-1 hm<sup>3</sup>/año, serían difícilmente aprovechables en la DHCMA y, por tanto, sería más apropiado asignarlos a la demarcación hidrográfica del Guadalquivir.

El compartimento de Fuentepeones se descarga por medio de varios manantiales, el más significativo de los cuales es el de Fuentepeones, situado en su borde oriental (dentro de la cuenca mediterránea). Este hecho sugiere un flujo subterráneo de componente este y, en consecuencia, que el agua de lluvia que se infiltra en la parte del compartimento situada en la cuenca del Guadalquivir acaba siendo drenada por los manantiales situados en la cuenca mediterránea. De acuerdo con este modelo, sería posible asignar los recursos de este compartimento (0,76 hm<sup>3</sup>/año) a la DHCMA (masa de agua subterránea 060.041).

La descarga del último de los compartimentos compartidos entre las cuencas del Guadalquivir y mediterránea, el de Berrillo-Fuencaliente, se produce fundamentalmente por los manantiales de El Berrillo y Fuencaliente, situados en su extremo oriental. En línea con el razonamiento aplicado en los compartimentos anteriores, esto sugiere que el agua de lluvia que se infiltra en el sector del compartimento situado en la cuenca del Guadalquivir acaba siendo drenada por los manantiales localizados en la cuenca mediterránea, y que, en consecuencia, los recursos de este compartimento, cuantificados en torno a 0,4 hm<sup>3</sup>/año, puedan asignarse a la DHCMA.

De acuerdo con las conclusiones alcanzadas en párrafos anteriores, y considerando como válidos los valores de recursos por compartimento indicados en la tabla 7.4.11.1, los recursos medios para la masa de agua subterránea Sierra de Cañete (060.041) corresponderían a la suma de los recursos de los cuatro compartimentos incluidos íntegramente en ella (La Nina, Valparaiso, Canalejas y Sierra de Viján), estimados en conjunto en 1,1 hm<sup>3</sup>/año aproximadamente, con los correspondientes a los tres compartimentos compartidos cuyo drenaje se produce hacia la cuenca mediterránea (Almargen, Fuentepeones y Berrillo-Fuencaliente), que ascienden a 5,4 hm<sup>3</sup>/año (suma de 4,2, 0,8 y 0,4); lo que arroja una cifra final de 6,5 hm<sup>3</sup>/año.

#### 7.4.12. DEPRESIÓN DE RONDA (060.042)-SETENIL (062.001)

Las masas de agua subterránea Depresión de Ronda (DHCMA) y Setenil (demarcación del Guadalete y Barbate) se localizan entre las provincias de Málaga (sector occidental) y Cádiz (sector oriental), y son el resultado de la división del acuífero detrítico de la depresión de Ronda en dos masas de agua subterránea, una por demarcación (números 2 y 20 en la figura 7.3.3.1).

La masa de agua Depresión de Ronda presenta una superficie de 118 km<sup>2</sup> y está constituida por los depósitos detríticos miocenos de la depresión de Ronda, calcarenitas y conglomerados fundamentalmente.

Por otra parte, la masa de agua Setenil (con 223 km<sup>2</sup> de superficie), está constituida también por estos materiales miocenos, si bien incluye además algunos afloramientos de areniscas del mioceno inferior y varios afloramientos carbonatados compuestos por calizas y dolomías jurásicas: el extremo suroeste de la Sierra de Cañete (borde centro-oriental de la masa de agua), la Sierra de Carrasco (en el sector más oriental de la masa) y los hachos de Lagarín y Malaver, situados al sur y sureste de El Gastor respectivamente (figura 7.4.12.1).

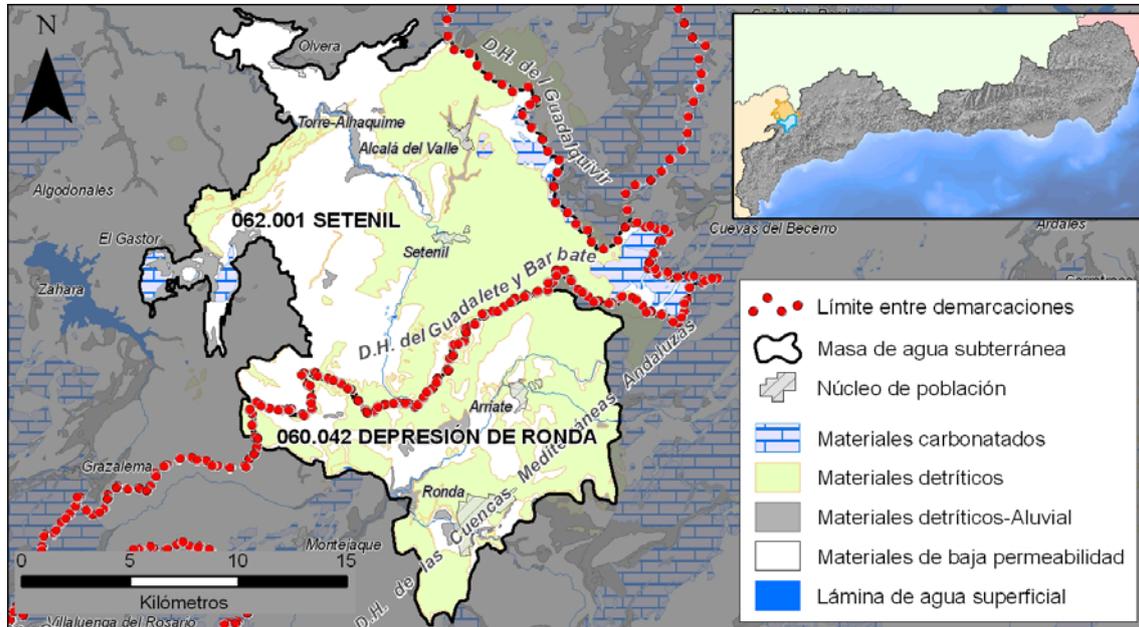


Figura 7.4.12.1. Detalle de las masas de agua subterránea Depresión de Ronda (060.042) y Setenil (062.001)

El límite entre estas dos masas de agua subterránea corresponde a la divisoria hidrográfica entre las demarcaciones mediterránea y atlántica, y coincide en gran medida con una divisoria hidrogeológica relacionada con la elevación del sustrato triásico del acuífero (figura 7.4.12.2). Así, el agua de lluvia que se infiltra en la masa de agua Depresión de Ronda se dirige con componente sur y este hacia el río Guadiaro, en tanto que la que se infiltra en la masa de agua Setenil se dirige, con componente norte, hacia el río Trejo. En consecuencia, puede considerarse que no existen transferencias laterales significativas entre ambas masas de agua subterránea y, por tanto, que entre ellas no hay recursos hídricos compartidos.

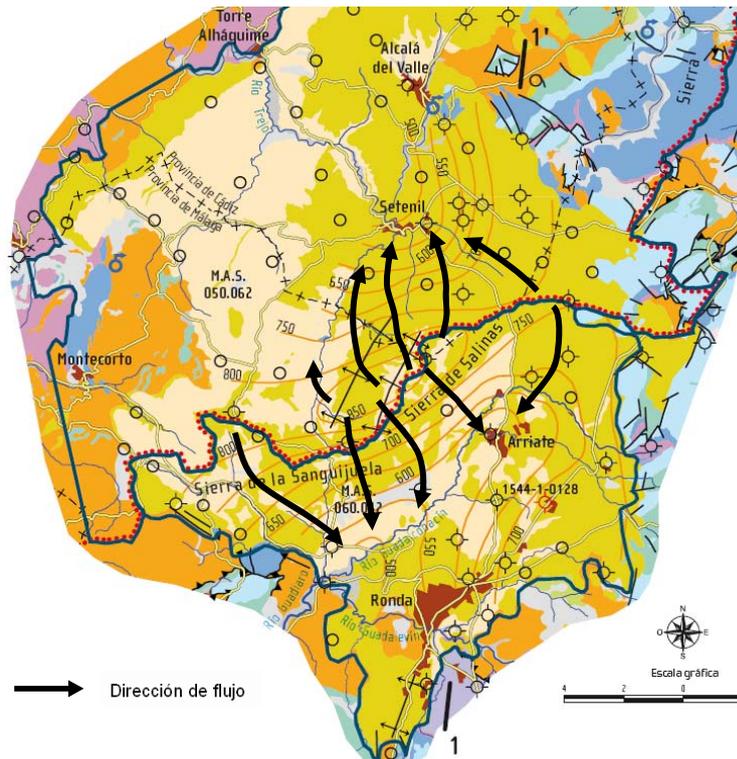


Figura 7.4.12.2. Mapa piezométrico del acuífero de la depresión de Ronda en el que se incluyen las principales direcciones del flujo subterráneo. (Fte. Modificado del Atlas hidrogeológico de la provincia de Málaga. IGME-DPM, 2007)

#### 7.4.13. SIERRA HIDALGA-MERINOS-BLANQUILLA (060.043)-SETENIL (062.001)

Estas masas de agua subterránea ocupan los extremos oriental y occidental de las provincias de Cádiz y Málaga, respectivamente (números 3 y 20 en la figura 7.3.3.1). La masa de agua subterránea Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla, incluida en la DHCMA, presenta una superficie de 140 km<sup>2</sup> y está constituida por dolomías y calizas jurásicas, permeables por fisuración y karstificación. La masa de agua subterránea Setenil, por su parte, se ha definido en la demarcación del Guadalete y Barbate, tiene una extensión de 223 km<sup>2</sup> y está constituida principalmente por calcarenitas y conglomerados miocenos del relleno de la depresión de Ronda, si bien incluye también algunos afloramientos carbonatados entre los cuales se encuentra la Sierra de Carrasco, que es la que pone en contacto estas dos masas de agua (figura 7.4.13.1).

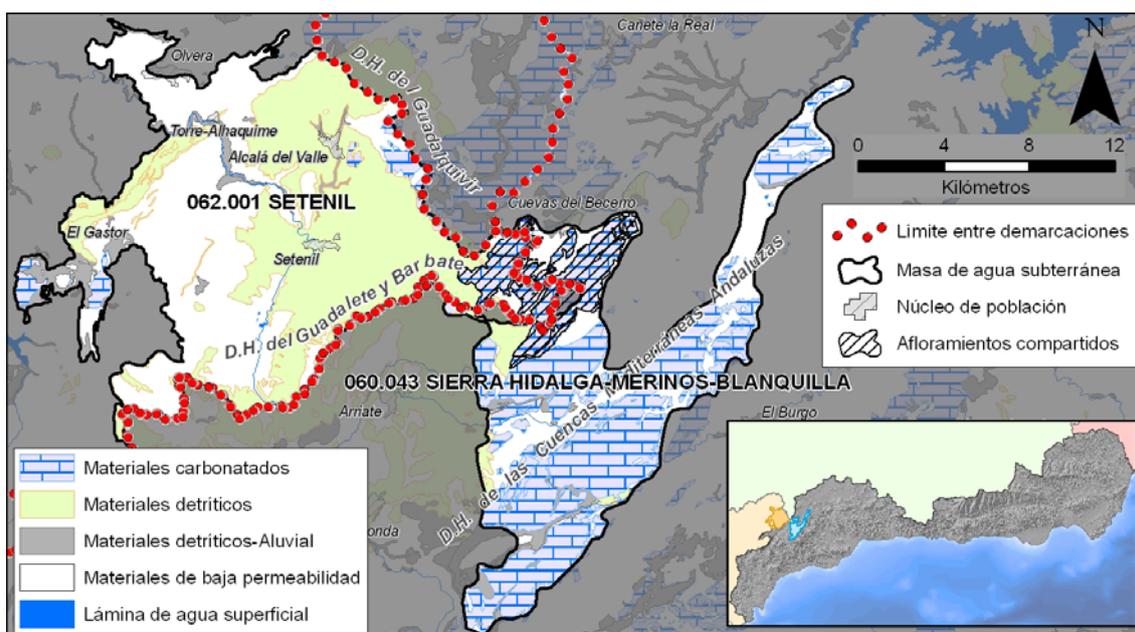


Figura 7.4.13.1. Detalle de las masas de agua subterránea Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla (060.043) y Setenil (062.001)

El contacto entre las masas de agua subterránea Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla y Setenil, que se extiende a lo largo de una distancia próxima a los 16 km, divide en dos varios afloramientos carbonatados que, de acuerdo con la división realizada en el Atlas hidrogeológico de la provincia de Málaga (IGME-DPM, 2007), pertenecen a los compartimentos Sierras de Colorado-Merinos y Llanos de Carrasco.

Los afloramientos carbonatados del compartimento de las Sierras de Colorado-Merinos que están incluidos en la masa de agua subterránea Setenil presentan una superficie de 2,9 km<sup>2</sup>, en los que, considerando una precipitación media de 650 mm/año y un coeficiente de infiltración del 55,3% (estimado mediante la aplicación del método APLIS), se obtiene una recarga media por infiltración de agua de lluvia próxima a 1 hm<sup>3</sup>/año. Este volumen de agua se descarga a través de los manantiales de Cañamero y Barranco de Palomeras, situados en la cuenca mediterránea, que son los puntos de drenaje natural del compartimento de las Sierras de Colorado-Merinos. Este hecho implica una transferencia de recursos desde la masa de agua subterránea Setenil (demarcación del Guadalete y Barbate) a la masa de agua Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla (DHCMA) equivalente a las entradas estimadas para el afloramiento carbonatado anterior, en torno a 1 hm<sup>3</sup>/año.

La distribución de los recursos hídricos del compartimento de los Llanos de Carrasco es más compleja. Las salidas de agua de este compartimento se producen por los manantiales del Carrizal y Fuentezuela, localizados en las proximidades de Cuevas del Becerro (DHCMA; figura 7.4.13.1), cuyo caudal medio conjunto -de acuerdo con los datos incluidos en el Atlas hidrogeológico de la provincia de Málaga- se aproxima a los 65 l/s (2 hm<sup>3</sup>/año). La superficie de afloramientos permeables de este compartimento incluida en la masa de agua subterránea Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla es de 2,5 km<sup>2</sup>, en los que, aplicando los mismos valores de precipitación media y coeficiente de infiltración del párrafo anterior (650 mm/año y 55,3%) se obtienen unas entradas por infiltración de agua de lluvia de 0,9 hm<sup>3</sup>/año. La diferencia entre las entradas (0,9 hm<sup>3</sup>/año) y las salidas por manantiales (2 hm<sup>3</sup>/año) deben atribuirse a una transferencia de recursos desde la masa de agua subterránea Setenil a la masa de agua subterránea Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla, estimable en 1 hm<sup>3</sup>/año. Esta cifra, sumada a la obtenida previamente para el compartimento de las Sierras de Colorado-Merinos (1 hm<sup>3</sup>/año), resulta en una

transferencia total desde la masa de agua subterránea Setenil (demarcación del Guadalete y Barbate) a la masa de agua subterránea Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla (DHCMA) de aproximadamente 2 hm<sup>3</sup>/año.

No obstante, teniendo en cuenta el escaso conocimiento que se tiene relativo al funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos que integran la masa de agua subterránea Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla, así como la incertidumbre acerca de la bondad de algunos de los datos (caudal medio de los manantiales, entre otros), a partir de los cuales se ha obtenido el valor de recursos transferidos, parece razonable recomendar que este valor se considere como una primera aproximación al valor real.

#### 7.4.14. SIERRA DE LÍBAR (060.044)-SIERRA DE LÍBAR (062.002)

El acuífero carbonatado de la Sierra de Líbar está situado en la divisoria de las demarcaciones hidrográficas de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas y del Guadalete y Barbate, motivo por el cual se dividió en dos masas de agua subterránea, una por demarcación (números 1 y 4 en la figura 7.3.3.1), a las cuales se les asignó el mismo nombre (Sierra de Líbar) pero diferente código (figura 7.4.14.1). La Sierra de Líbar está incluida en el listado de unidades hidrogeológicas compartidas del Plan Hidrológico Nacional.

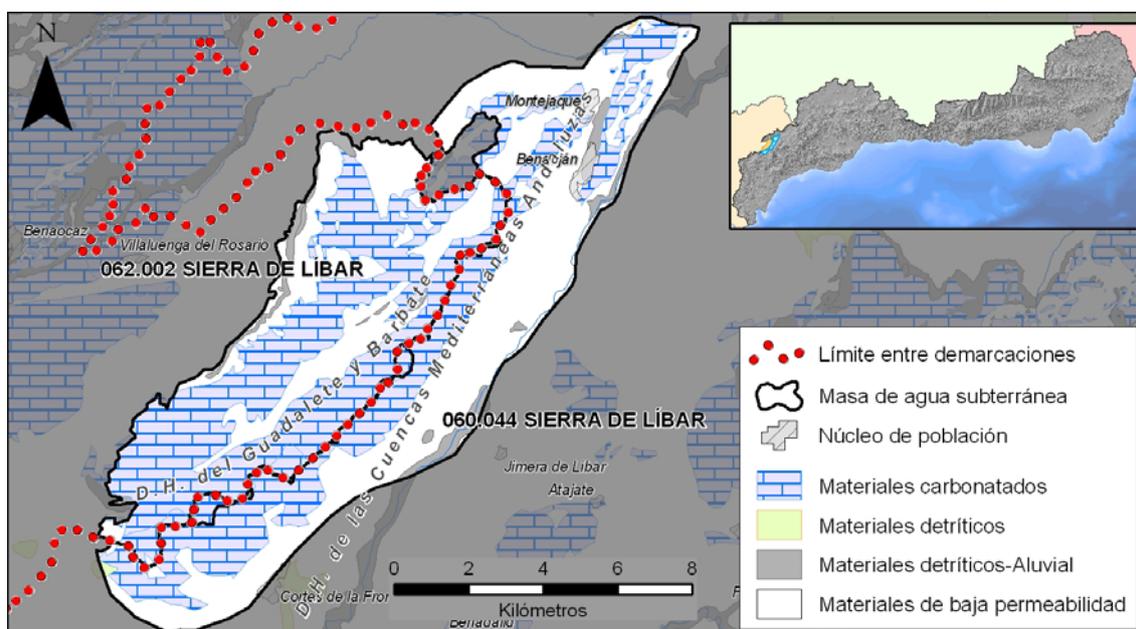
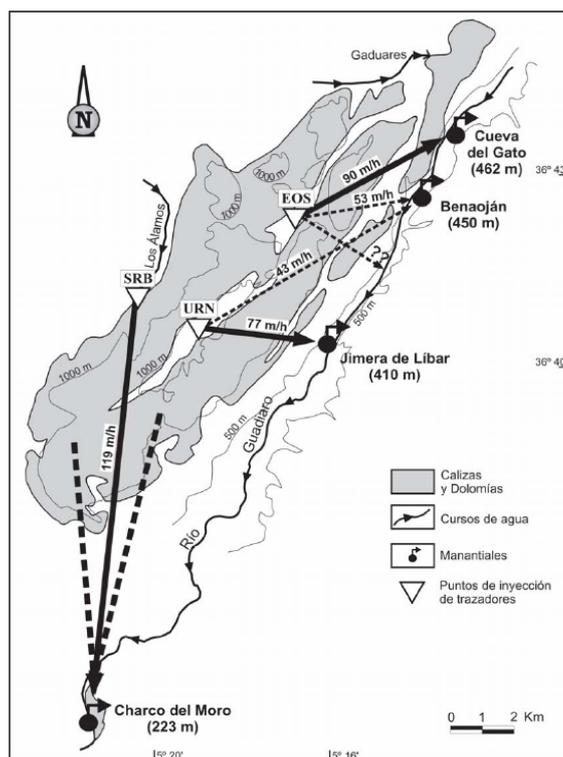


Figura 7.4.14.1. Detalle de las masas de agua subterránea 060.044 y 062.002, Sierra de Líbar

Estas dos masas de agua subterránea, que presentan una superficie similar (57 km<sup>2</sup> la definida en la vertiente mediterránea y 49 km<sup>2</sup> la perteneciente a la cuenca del Guadalete y Barbate), integran en realidad un único acuífero cuya recarga se produce por infiltración tanto del agua de lluvia (a través de los afloramientos carbonatados) como de parte de la escorrentía superficial que discurre hacia las simas o sumideros kársticos existentes en el entorno. Las salidas de agua se producen principalmente a través de varios manantiales, todos ellos situados en la vertiente mediterránea del acuífero, como son: Cueva del Gato, Benaoján, Jímera de Líbar y Charco del Moro. La posición de estos puntos de descarga ha permitido considerar, tradicionalmente, tres direcciones de flujo: una principal hacia el Nordeste y dos menores hacia el Este y Sur, hecho corroborado por un ensayo de trazadores realizado en 2002 (figura 7.4.14.2).



**Figura 7.4.14.2. Principales direcciones de flujo en el acuífero de la Sierra de Líbar (Fte. Precisiones sobre el funcionamiento hidrodinámico y la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero kárstico de la Sierra de Líbar (provincias de Málaga y Cádiz, Sur de España) a partir de un ensayo de trazadores. Andreo et al., 2004)**

De todo lo anterior se deduce que entre las dos masas de agua subterránea definidas en el acuífero de la Sierra de Líbar existe, no sólo continuidad hidrogeológica, sino transferencia de recursos desde la parte del acuífero situada en la cuenca del Guadalete y Barbate hacia la situada en las Cuencas Mediterráneas Andaluzas. Todas las salidas del acuífero de la Sierra de Líbar (en su conjunto), equivalentes a las entradas y cuantificables en unos  $100 \text{ hm}^3/\text{año}$ , se drenan hacia la DHCMA (masa de agua subterránea 060.044), a pesar de que aproximadamente la mitad de la infiltración de agua de lluvia sobre los afloramientos permeables y la recarga en los sumideros kársticos de los poljes se produzcan en la cuenca hidrográfica del Guadalete y Barbate (masa de agua subterránea 062.002). Así pues, los recursos hídricos de esta última son transferidos prácticamente en su totalidad a la masa de agua subterránea 060.044 por medio de flujos subterráneos que pueden alcanzar velocidades de flujo elevadas (hasta  $100 \text{ m/h}$ ), lo que hace que, en la práctica, los recursos aprovechables o ‘explotables’ en la masa de agua subterránea definida en la cuenca del Guadalete y Barbate puedan ser considerados prácticamente nulos. De este modo, los recursos hídricos estimados para el acuífero de la Sierra de Líbar en su conjunto (unos  $100 \text{ hm}^3/\text{año}$ ) deberían asignarse a la masa de agua subterránea definida en la DHCMA (060.044).

#### 7.4.15. SIERRA DE ALMAGRO (060.052)-SIERRA DE ALMAGRO (070.062)

Las masas de agua subterránea 060.052 (DHCMA) y 070.062 (demarcación del Segura), ambas denominadas Sierra de Almagro, son el resultado de la división en dos masas de agua subterránea del acuífero del mismo nombre, al situarse éste en la divisoria entre las mencionadas demarcaciones hidrográficas (figura 7.4.15.1). Estas masas localizan en los extremos oriental y suroccidental de las demarcaciones de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas y del Segura respectivamente (números 18 y 32

en la figura 7.3.3.1), dentro de la provincia de Almería, y sus superficies son de 38 km<sup>2</sup> (060.052) y 20 km<sup>2</sup> (070.062).

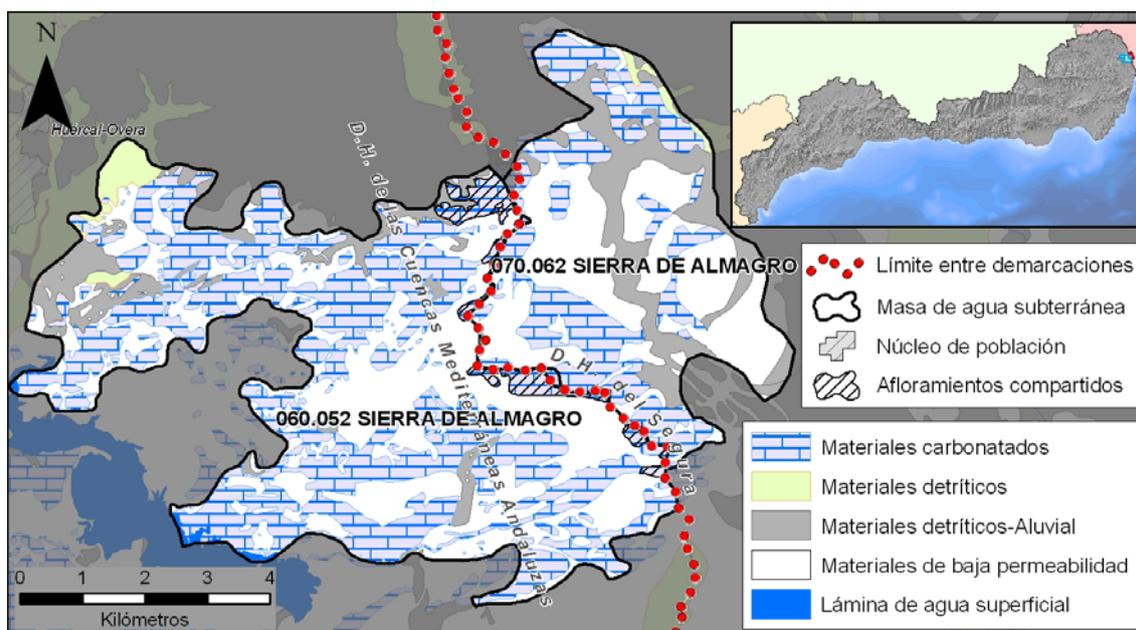


Figura 7.4.15.1. Detalle de las masas de agua subterránea 060.052 y 070.062, ambas denominadas Sierra de Almagro

El acuífero de la Sierra de Almagro está constituido por calizas y dolomías triásicas pertenecientes a los complejos Alpujárride y Ballabona-Cucharón que, debido a condicionantes estructurales y de afloramiento, se encuentran en gran medida desconectadas entre sí. Descansan sobre un sustrato impermeable de edad permotriásica y en algunos sectores aparecen recubiertas por depósitos detríticos cuaternarios.

El contacto entre las masas de agua subterránea 060.052 y 070.062 divide en dos algunos de los afloramientos carbonatados que constituyen el acuífero de la Sierra de Almagro, cuyos recursos, por tanto, pueden considerarse compartidos entre ambas masas de agua. La superficie de estos afloramientos carbonatados compartidos en la masa de agua subterránea 060.052 (definida en la cuenca mediterránea) es de 1,3 km<sup>2</sup> aproximadamente (figura 7.4.15.1). Si se considera una precipitación media en la zona de 271 mm/año y un coeficiente de infiltración en las calizas y dolomías del 39,7% (calculado mediante la aplicación del método APLIS), se obtienen unos recursos medios para esos 1,3 km<sup>2</sup> de 0,15 hm<sup>3</sup>/año aproximadamente. De acuerdo con estos datos, puede considerarse que de los recursos medios totales estimados para la masa de agua subterránea 060.052 (aproximadamente 2 hm<sup>3</sup>/año), sólo una pequeña parte (unos 0,15 hm<sup>3</sup>/año) habría que considerarlos compartidos con la masa de agua subterránea 070.062 definida en la demarcación hidrográfica del Segura.

#### 7.4.16. S<sup>a</sup> DE ALBUÑUELAS (060.061)–TEJEDA-ALMIJARA-LAS GUÁJARAS (05.42)

Las masas de agua subterránea Sierra de Albuñuelas (DHCMA) y Tejada-Almijara-Las Guájaras (demarcación hidrográfica del Guadalquivir), se localizan en el extremo suroccidental de la provincia de Granada (números 11 y 25 en la figura 7.3.3.1). En ellas se han incluido los afloramientos carbonatados que se extienden con orientación NO-SE desde la localidad de Ízbor hasta la de Agrón (figura 7.4.16.1). La masa de agua subterránea Tejada-Almijara-Las Guájaras, no obstante, incluye además los

afloramientos permeables correspondientes al sector oriental de Sierra Tejeda y a la vertiente septentrional de Sierra Almijara (figura 7.4.16.1).

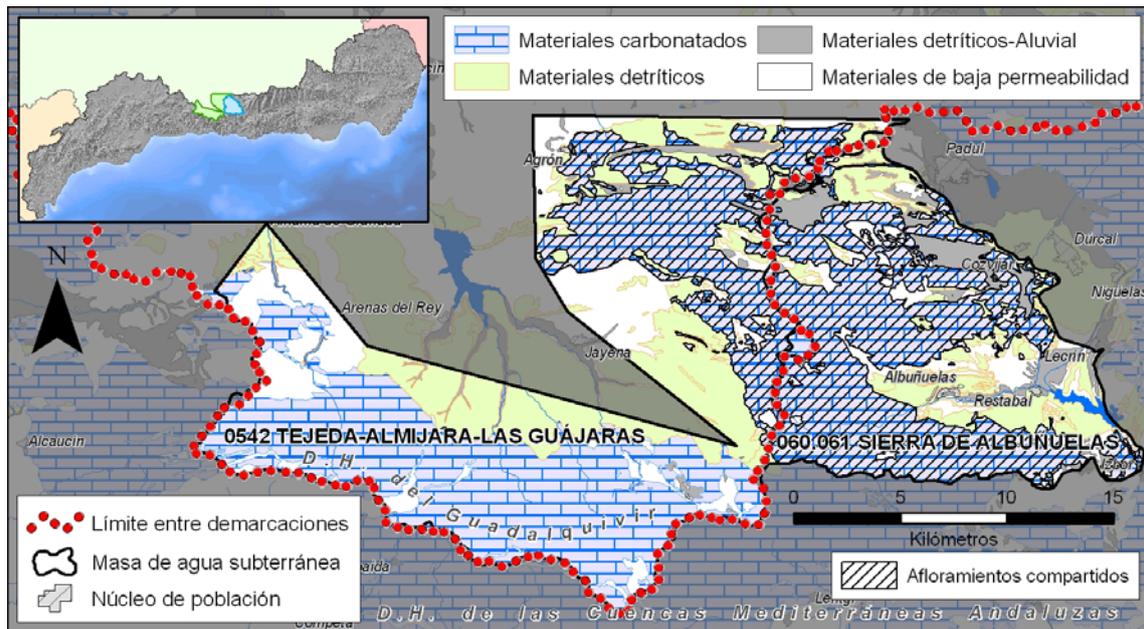


Figura 7.4.16.1. Detalle de las masas de agua subterránea Sierra de Albuñuelas (060.061) y Tejada-Almijara-Las Guájaras (05.42)

Los materiales acuíferos que constituyen la masa de agua subterránea Sierra de Albuñuelas y la parte correspondiente de la masa de agua Tejada-Almijara-Las Guájaras son principalmente mármoles triásicos pertenecientes al Dominio Alpujarride, si bien ambas masas incluyen asimismo algunos afloramientos de materiales detríticos terciarios y cuaternarios (aluviones, travertinos, calcarenitas, conglomerados y limos).

El contacto entre estas dos masas de agua subterránea, que prácticamente coincide con el trazado de la divisoria hidrográfica, separa en dos los materiales permeables que las constituyen. Se trata, por tanto, de un contacto abierto desde un punto de vista hidrogeológico, que no impide la existencia de flujos subterráneos de una masa hacia la otra.

La descarga del acuífero de la Sierra de Albuñuelas (en su conjunto, considerando las dos masas de agua subterránea identificadas) se produce principalmente a través de los manantiales situados en su borde oriental (el más importante de los cuales es el manantial de Cijancos) y mediante descargas ocultas hacia los acuíferos detríticos de borde, principalmente la Depresión de Granada. Este modelo implica la existencia, en el acuífero, de flujos subterráneos de componente Este (manantiales), Norte y Oeste (Depresión de Granada) y, por consiguiente, la posible presencia de un domo piezométrico a partir del cual el flujo subterráneo se dirige en estas direcciones.

Así pues, la Sierra de Albuñuelas funciona como un único acuífero con diferentes direcciones de flujo y zonas de descarga, pero con continuidad hidrogeológica en todo su conjunto. El límite entre las dos masas de agua subterránea definidas corresponde a un contacto permeable que no parece coincidir con ninguna discontinuidad hidrogeológica. Por otro lado, la unidad hidrogeológica Tejada-Almijara-Las Guájaras, en la cual queda incluida este acuífero, es una de las consideradas *compartidas* en el Plan Hidrológico Nacional.

Los recursos medios anuales estimados para la masa de agua subterránea Sierra de Albuñuelas, ascienden a 28,3 hm<sup>3</sup>/año. Si se prescinde de la componente correspondiente a la infiltración de agua de lluvia en la parte detrítica de la masa de agua (unos 2 hm<sup>3</sup>/año) y de los retornos de regadío (0,1 hm<sup>3</sup>/año), se obtienen los recursos procedentes de la infiltración del agua de lluvia en los materiales carbonatados: unos 26 hm<sup>3</sup>/año, obtenidos mediante la aplicación del método APLIS para una precipitación media de 566 mm/año, un coeficiente de infiltración del 42,4% y una superficie de materiales permeables de 109,3 km<sup>2</sup>. Aplicando estos valores a los 69,1 km<sup>2</sup> de materiales carbonatados que afloran en la parte de la Sierra de Albuñuelas incluida en la masa de agua subterránea Tejada-Almijara-Las Guájaras, se obtienen unos recursos medios aproximados de 16 hm<sup>3</sup>/año. Por tanto, se puede considerar la cifra de 42 hm<sup>3</sup>/año (suma de 26 y 16 hm<sup>3</sup>/año) como una primera aproximación a los recursos hídricos que comparten estas dos masas de agua subterránea. Sin embargo, con la información de que se dispone en la actualidad no es posible precisar en qué proporción se distribuyen esos 42 hm<sup>3</sup>/año entre las dos masas de agua subterránea. No obstante, si se da por válida la suposición de que la divisoria hidrogeológica entre los dos sectores del acuífero no debe diferir demasiado de la divisoria hidrográfica -y, por tanto, del límite entre las dos masas de agua subterránea-, podría considerarse que la mayor parte del agua de lluvia infiltrada en cada masa de agua se dirige hacia su respectiva cuenca y, por consiguiente, que los recursos ‘propios’ de cada masa de agua serían similares a los calculados previamente, es decir, unos 26 hm<sup>3</sup>/año para la masa de agua subterránea Sierra de Albuñuelas (060.061) y unos 16 hm<sup>3</sup>/año para la parte del acuífero incluida en la masa de agua subterránea Tejada-Almijara-Las Guájaras (05.42).

#### 7.4.17. S<sup>a</sup> DE LAS GUÁJARAS (060.062)–TEJEDA-ALMIJARA-LAS GUÁJARAS (05.42)

Las masas de agua subterránea Sierra de Las Guájaras (DHCMA) y Tejada-Almijara-Las Guájaras (demarcación hidrográfica del Guadalquivir) están situadas en el extremo suroccidental de la provincia de Granada (números 10 y 25 en la figura 7.3.3.1). El contacto entre ambas, que se extiende a lo largo de una distancia de 13 km, separa afloramientos de mármoles triásicos entre los que existe continuidad hidrogeológica (figura 7.4.17.1).

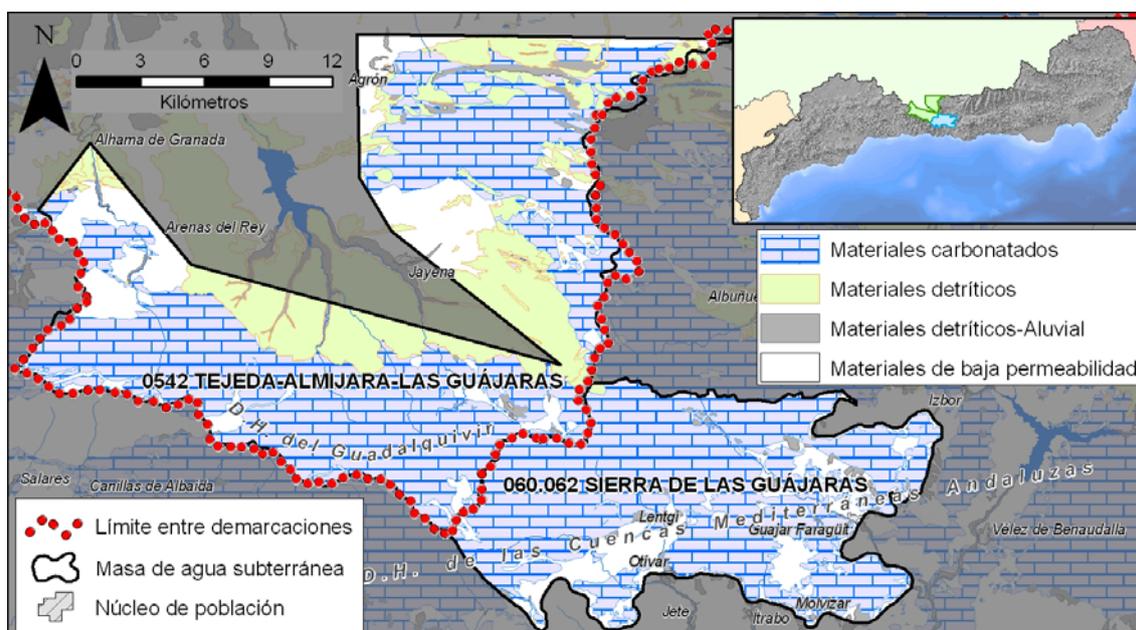


Figura 7.4.17.1. Detalle de las masas de agua subterránea S<sup>a</sup> de Las Guájaras (060.062) y Tejada-Almijara-Las Guájaras (05.42)

La información que se presenta a continuación, relativa a la dirección y sentido del flujo subterráneo en el acuífero, se ha extraído de una tesis doctoral que se está realizando en el seno del Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga, actualmente en fase de redacción.

El contacto entre estas dos masas de agua subterránea coincide aproximadamente con una divisoria hidrogeológica que separa sectores del acuífero con diferente dirección y sentido del flujo subterráneo: hacia el norte, en el sector occidental, y hacia el sureste, en el sector oriental. Así pues, puede considerarse que las masas de agua subterránea Sierra de Las Guájaras (060.062) y Tejada-Almijara-Las Guájaras (05.42) no comparten recursos hídricos subterráneos, al menos, de manera significativa.

#### 7.4.18. SIERRA TEJEDA (060.064)–TEJEDA-ALMIJARA-LAS GUÁJARAS (05.42)

El acuífero carbonatado de Sierra Tejada se extiende por territorios comprendidos dentro del ámbito de las demarcaciones hidrográficas del Guadalquivir y de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (figura 7.4.18.1), lo que motivó que sus afloramientos se asignaran a dos masas de agua subterránea diferenciadas: Sierra Tejada, en la cuenca mediterránea, y Tejada-Almijara-Las Guájaras, en la del Guadalquivir (números 8 y 25 en la figura 7.3.3.1). La primera de ellas presenta una superficie de 67 km<sup>2</sup> y la segunda de 342 km<sup>2</sup>, de los cuales, no obstante, sólo 46 km<sup>2</sup> corresponden a Sierra Tejada.

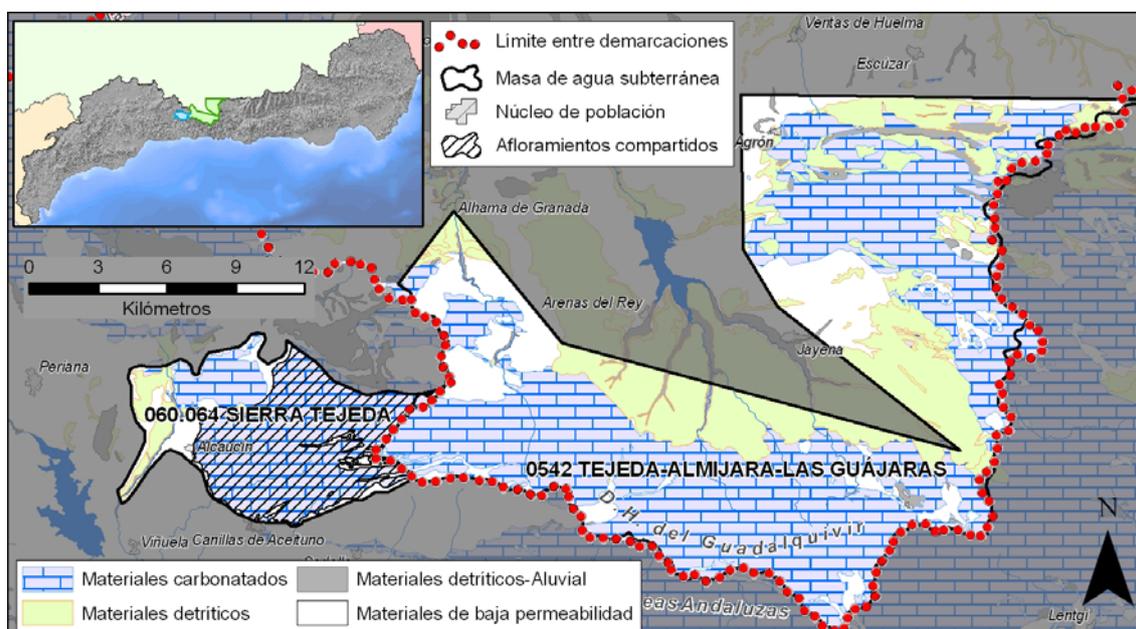


Figura 7.4.18.1. Detalle de las masas de agua subterránea Sierra Tejada (060.064) y Tejada-Almijara-Las Guájaras (05.42)

Sierra Tejada, en conjunto, constituye un único acuífero que se recarga por la infiltración del agua de lluvia y cuya descarga se produce mediante el drenaje a través de manantiales (localizados tanto en la cuenca del Guadalquivir como en la mediterránea), así como por drenaje lateral subterráneo hacia el acuífero detrítico de la Depresión de Granada. Así pues, el límite entre las masas de agua subterránea Sierra Tejada y Tejada-Almijara-Las Guájaras no es más que un contacto permeable localizado en el seno de este acuífero, a través del cual existe continuidad hidrogeológica.

La unidad hidrogeológica Tejada-Almijara-Las Guájaras, en la cual queda incluida este acuífero, es una de las consideradas *compartidas* en el Plan Hidrológico Nacional.

La masa de agua subterránea Sierra Tejeda (060.064) está constituida por los afloramientos de este acuífero incluidos en la DHCMA, junto con un pequeño afloramiento carbonatado y algunos depósitos cuaternarios menores situados al oeste, independientes del acuífero de Sierra Tejeda. Los recursos medios anuales estimados para el conjunto de la masa de agua subterránea 060.064 ascienden a 20,7 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales 17,3 hm<sup>3</sup>/año corresponden a la infiltración del agua de lluvia en los afloramientos carbonatados de Sierra Tejeda, es decir, excluyendo los recursos del afloramiento carbonatado y de los depósitos cuaternarios del sector occidental de la masa de agua. Este valor se ha obtenido considerando una precipitación media de 900 mm/año, un coeficiente de infiltración del 44,9% (obtenido mediante la aplicación del método APLIS) y una superficie permeable de 42,7 km<sup>2</sup> (figura 7.4.18.1).

Según la información recogida en el Atlas hidrogeológico de la provincia de Málaga (IGME-DPM, 2007), las salidas de agua a través de los manantiales situados en la cuenca mediterránea ascienden a 12 hm<sup>3</sup>/año, en tanto que los bombeos y derivaciones en manantiales en todo el acuífero (Guadalquivir y mediterránea) son del orden de 2 hm<sup>3</sup>/año.

Así pues, si a los 17,3 hm<sup>3</sup>/año obtenidos previamente se le restan los 12 hm<sup>3</sup>/año que se drenan a través de manantiales y la mitad de las salidas asociadas a bombeos y derivaciones en manantiales (en torno a 1 hm<sup>3</sup>/año), resulta un excedente de 4-5 hm<sup>3</sup>/año para la masa de agua subterránea Sierra Tejeda (060.064) que probablemente sea transferido hacia la cuenca del Guadalquivir, esto es, hacia la masa de agua subterránea Tejeda-Almijara-Las Guájaras (05.42). Por tanto, los recursos hídricos aprovechables en la masa de agua subterránea Sierra Tejeda serían los 20,7 hm<sup>3</sup>/año (según los datos de balance estimados) menos los transferidos a la cuenca del Guadalquivir (4-5 hm<sup>3</sup>/año), lo que arroja una cifra final aproximada de 15,7-16,7 hm<sup>3</sup>/año.



**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



## 8. DOCUMENTO DE SÍNTESIS

### 8.1. TRABAJOS REALIZADOS

La primera tarea acometida en el marco de estos trabajos (**capítulo 1**) ha consistido en la recopilación bibliográfica de todos aquellos documentos de diferente naturaleza (informes técnicos, libros, guías metodológicas, textos jurídicos, comunicaciones científicas, memorias, tesinas, etc.), que se han considerado necesarios para el correcto cumplimiento de los objetivos establecidos en cada una de las actividades a desarrollar. Asimismo, en el anexo 1 se presenta un listado con todos los documentos recopilados, con indicación del autor, título, año de elaboración o publicación, tipo de documento y referencia al archivo en formato .pdf (*portable document format*) en el que se presenta.

Por otro lado se han recopilado las coberturas digitales de base (masas de agua subterránea y superficial, red hidrográfica, zonas vulnerables y sensibles, humedales, modelo digital de elevaciones, cartografía de permeabilidad, geológica e hidrogeológica, usos y tipo de suelo), utilizadas tanto para la realización de análisis estadísticos con información georreferenciada, como para la elaboración de las diferentes salidas gráficas incluidas en la memoria y anexos.

Del mismo modo, para la ejecución de algunas de las actividades, tales como la evaluación del estado de las aguas subterráneas o la revisión de los programas de seguimiento, ha sido necesaria la recopilación y consulta de información relativa a la profundidad del nivel piezométrico en pozos y sondeos, caudal registrado en manantiales o quimismo de las aguas.

El **capítulo 2** de la memoria se centra en la protección de las aguas subterráneas destinadas al consumo humano, para lo cual se han llevado a cabo las siguientes tareas:

- ✓ *Delimitación de perímetros* que protejan las captaciones de agua subterránea destinadas al consumo humano que proporcionen un promedio de más de 10 m<sup>3</sup> diarios o que abastecen a más de cincuenta personas, y cuya explotación se localiza en terrenos no catalogados como masa de agua subterránea.
- ✓ *Delimitación de zonas de salvaguarda* en aquellas masas de agua subterránea que proporcionan un promedio de más de 100 m<sup>3</sup> diarios utilizados para la captación de agua potable, que permitan focalizar en ellas las medidas de protección de aguas subterráneas utilizadas para tal fin.

Para cada captación de agua subterránea destinada al consumo humano y cuya explotación se localiza en terrenos no catalogados como masa de agua subterránea, se han delimitado dos tipos de perímetros: uno para la protección de la *calidad* y otro para la protección de la *cantidad* del recurso.

La metodología propuesta para la delimitación de perímetros de protección de la calidad depende de la naturaleza de la captación. De este modo, en aquellas captaciones en las que existe drenaje mediante bombeo, es decir, *pozos y sondeos*, la delimitación se ha basado en el *método de Wyssling* (Wyssling, 1979, en Moreno Merino *et al.*, 1991), en tanto que en las captaciones cuyo drenaje se produce por gravedad, es decir, *manantiales, diques, drenes y galerías*, el perímetro se ha delimitado siguiendo criterios hidrogeológicos.

El método de Wyssling se basa en el cálculo de la zona de llamada de una captación, es decir, de la parte del área de alimentación en la cual puede apreciarse un descenso piezométrico originado como

consecuencia del bombeo, donde las líneas de corriente se dirigen hacia la captación, y la identificación posterior de las elipses o poligonales delimitadas por isocronas para distintos tiempos de tránsito: 1 día, 50 días y 1.460 días (figura 8.1.1). En dichas elipses se establecerán medidas de protección, más restrictivas cuanto menor sea el tiempo de tránsito considerado. Estas medidas son aditivas, es decir, las zonas interiores, más restrictivas, contemplan todas las medidas fijadas en las zonas exteriores, además de las propias.

Las restricciones recomendadas para cada una de estas zonas, a nivel global, son las siguientes (IGME, 2003):

- **Zona inmediata:** tiempo de tránsito de 1 día. Restricciones absolutas. La zona permanecerá vallada para impedir el acceso de personal no autorizado.
- **Zona próxima:** tiempo de tránsito de 50 días. Restricciones máximas. Enfocada a proteger la captación de la contaminación microbiológica.
- **Zona alejada:** tiempo de tránsito de 4 años (1.460 días). Restricciones moderadas. Permite proteger la captación de contaminantes de larga persistencia.

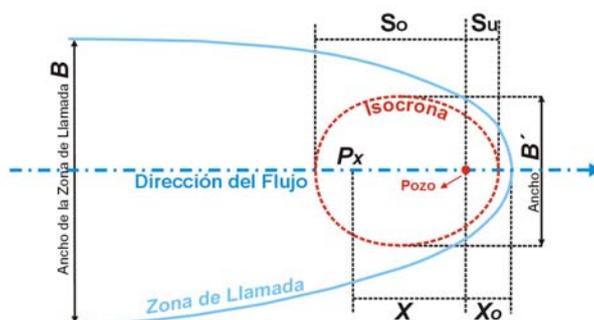


Figura 8.1.1. Determinación de las isocronas mediante la aplicación del método de Wyssling

Por lo que respecta a los perímetros de protección de la cantidad, la metodología empleada para su delimitación también ha dependido de la naturaleza de la captación. En *pozos* y *sondeos* se ha delimitado un área en torno a la captación, de radio variable en función de las características de la misma, así como del comportamiento hidráulico del acuífero captado. Se ha optado por la *fórmula de Jacob* como método para dimensionar dichas áreas de protección, considerando aquel radio cuyo descenso es igual a cero. Con ello se puede delimitar el área teórica donde tendría lugar el descenso del nivel piezométrico como consecuencia del bombeo en la captación.

Para la aplicación de ambos métodos (Wyssling y Jacob) es necesario conocer las características hidráulicas de los acuíferos captados. Por este motivo, previamente a la delimitación de los perímetros, se ha procedido a estimar el valor de los siguientes parámetros:

- $i$  = Gradiente hidráulico
- $Q$  = Caudal bombeado
- $K$  = Conductividad hidráulica
- $m_e$  = Porosidad eficaz
- $b$  = Espesor saturado del acuífero

En el caso de *manantiales*, *diques*, *drenes* y *galerías* se ha procedido, en primer término, a delimitar el área de alimentación de la captación, la cual se ha considerado, en su conjunto, como perímetro de

protección de la cantidad. Esta delimitación se ha realizado mediante criterios hidrogeológicos considerando, entre otros, los siguientes factores: límites del acuífero captado, cartografía hidrogeológica del entorno de la captación, isopiezas y direcciones de flujo, relación río-acuífero y zonas de emergencia de aguas subterráneas. Dado que las áreas de alimentación de estas captaciones pueden llegar a presentar gran extensión, se plantea la necesidad de realizar una zonación interior aplicando distintos grados de protección en función de la casuística de cada captación.

Para la delimitación de zonas de salvaguarda se ha empleado la metodología desarrollada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), basada en la superposición espacial de capas en un Sistema de Información Geográfica. Concretamente, se parte de la distribución espacial de la cartografía de vulnerabilidad natural a la contaminación y las coberturas de presiones, cuyos valores se reclasifican a componentes binarias para, posteriormente, sumar el resultado. Ello da lugar a cuatro posibles zonas de salvaguarda (tipificadas como A, B, C y D), a las que se asignan distintos grados de restricción tal y como se muestra en la figura adjunta.

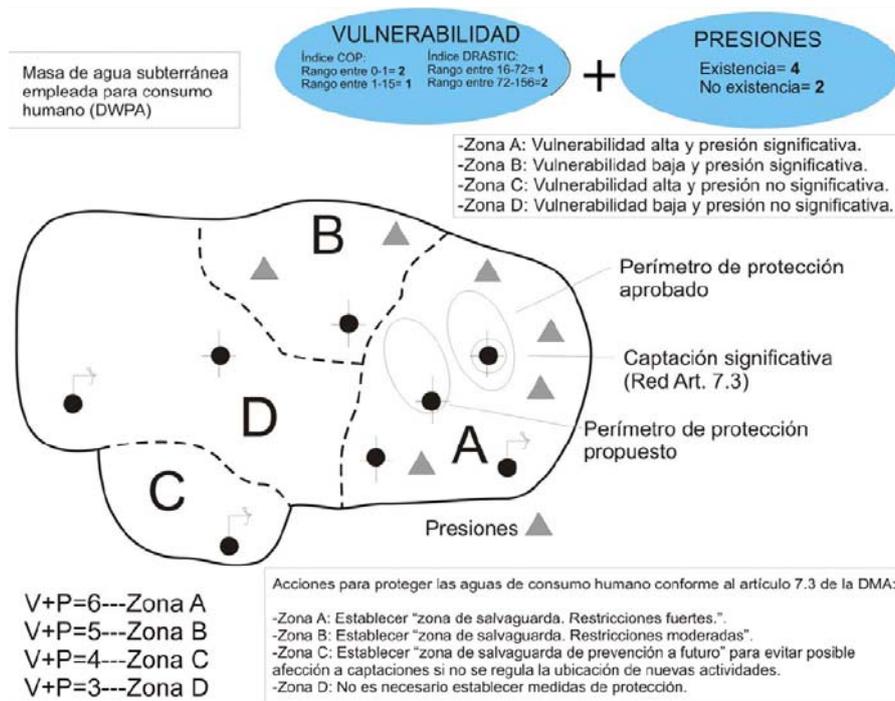


Figura 8.1.2. Metodología empleada para la delimitación de zonas de salvaguarda

La cartografía de vulnerabilidad empleada, generada en el marco de estos trabajos, proviene de la aplicación del método *COP* en el caso de las masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada y del método *DRASTIC reducido* en las masas de agua de naturaleza detrítica. Asimismo, las coberturas de presiones utilizadas se han generado a partir de la información recogida en el Plan Hidrológico de la Demarcación (Consejería de Medio Ambiente, 2011).

El resultado final comprende, por tanto, cuatro posibles situaciones de las cuales dependerán las restricciones o medidas a tomar en el futuro, de cara a la gestión de las masas de agua en materia de protección de la calidad del agua para consumo humano.

En un principio la metodología propuesta contempla una serie de medidas a considerar, de un modo genérico, de acuerdo a cada una de las cuatro situaciones posibles:

- **Zona A:** vulnerabilidad alta y presión significativa. Establecer zonas de salvaguarda con restricciones fuertes.
- **Zona B:** vulnerabilidad baja y presión significativa. Establecer zonas de salvaguarda con restricciones moderadas.
- **Zona C:** vulnerabilidad alta y presión no significativa. Establecer zonas de salvaguarda de prevención a futuro, para evitar posible afección a captaciones si no se regula la ubicación de nuevas actividades.
- **Zona D:** vulnerabilidad baja y presión no significativa. No es necesario establecer medidas de protección.

En el **capítulo 3** de la memoria se ha procedido a evaluar el grado de representatividad de las estaciones o puntos de control incluidos en los programas de seguimiento del estado químico y estado cuantitativo, actualmente operativos en las masas de agua subterránea definidas en la DHCMA. El objeto de esta revisión se centra en identificar las posibles carencias existentes en las redes de control actualmente operativas y realizar diferentes propuestas para su mejora, entre ellas: inclusión de nuevas estaciones de seguimiento en aquellas zonas que presentan una densidad de puntos insuficiente (prestando especial atención a aquellas masas de agua subterránea en las que no existe ninguno), exclusión o sustitución de aquellos que no se consideren representativos y evaluación de la idoneidad del programa de control en el que se incluye cada punto (vigilancia/operativo).

Durante la primera etapa del proceso de revisión y mejora de los programas de seguimiento de las aguas subterráneas se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo de las redes de control actualmente operativas: estado *cuantitativo* y estado *químico*. Con ello se ha pretendido, por un lado, adquirir un conocimiento adecuado del estado actual de las redes de control previamente al proceso de revisión y mejora y, por otro, identificar las carencias más significativas en su diseño, por ejemplo la ausencia de puntos de control en algunas masas de agua subterránea.

El siguiente paso ha consistido en el establecimiento de los criterios en los que se debe basar el diseño de los programas de seguimiento de las aguas subterráneas. Estos criterios se han obtenido fundamentalmente del contenido y recomendaciones recogidas en el documento Guía nº 15 de la Comisión Europea, sobre el seguimiento de las aguas subterráneas, que fue elaborado en 2007 en el marco de la estrategia común para la implementación de la Directiva Marco del Agua (DMA). En el caso concreto del programa de seguimiento del estado cuantitativo, las dos premisas fundamentales en las que se ha basado su diseño han sido las siguientes:

- ✓ Modelo conceptual de funcionamiento del acuífero.
- ✓ Distribución y características de las presiones.

Se ha propuesto que el seguimiento del estado cuantitativo de las masas de agua subterránea se realice sobre la base de las medidas tomadas en alguno de los siguientes cuatro elementos:

- ✓ Nivel piezométrico en pozos, sondeos y piezómetros.
- ✓ Caudal aforado en manantiales.
- ✓ Caudal aforado en ríos y arroyos en estiaje; (esto es, cuando sus aguas proceden de la descarga de los acuíferos).
- ✓ Nivel del agua registrado en lagos y humedales, cuando éste representa la cota piezométrica del acuífero.

Por lo que respecta a la revisión de la red de seguimiento del estado químico de las aguas subterráneas, los criterios utilizados han sido los siguientes:

- ✓ Existencia de, al menos, un punto de control por masa de agua subterránea.
- ✓ Calificación de la masa de agua respecto al riesgo y al estado químico, de modo que en aquellas definidas *en riesgo* respecto a su estado químico o en mal estado químico, se ha incluido al menos un punto perteneciente a la red de control operativo.
- ✓ Relación proporcional entre el número o concentración de presiones significativas en el ámbito de la masa de agua subterránea y el número de puntos de control necesarios para llevar a cabo el seguimiento de su estado químico.
- ✓ Seguimiento especial de las zonas protegidas de acuerdo con el artículo 6 y el anexo IV de la DMA: durante la revisión y mejora de la red de seguimiento del estado químico se ha prestado una atención especial a las aguas subterráneas destinadas al consumo humano, a aquellos sectores identificados en el ámbito de la masa de agua que hayan sido definidos como zonas vulnerables o sensibles, y a los humedales y masas de agua superficial dependientes de la masa de agua subterránea.
- ✓ Integración, en la medida de lo posible, de las redes de control del estado químico y estado cuantitativo de las aguas subterráneas mediante la elección de los mismos manantiales para realizar ambos controles.
- ✓ Permeabilidad de los materiales.
- ✓ Prioridad de los puntos de control históricos a la hora de proponer ampliaciones de las redes de control actuales.

En el **capítulo 4** de la memoria se presenta una aproximación al balance hídrico estimado para las 67 masas de agua subterránea definidas en la DHCMA. Las componentes de *entrada* consideradas han sido:

- ✓ Infiltración del agua de lluvia
- ✓ Infiltración de la escorrentía de superficie
- ✓ Recarga lateral procedente de masas de agua subterránea limítrofes
- ✓ Retornos de regadío
- ✓ Otros

Por lo que respecta a las componentes de *salida*:

- ✓ Bombes de agua subterránea a través de pozos o sondeos
- ✓ Manantiales
- ✓ Descarga difusa hacia ríos, arroyos o el mar
- ✓ Descarga lateral hacia otras masas de agua subterránea limítrofes
- ✓ Otros

La componente de entrada correspondiente a la *infiltración del agua de lluvia* se ha calculado de manera diferente en función de la naturaleza de la masa de agua subterránea (detrítica o carbonatada), debido a que los procesos que controlan la infiltración en cada una de ellas son diferentes. Por lo que respecta a las primeras, esta componente se ha calculado a partir de una metodología específica desarrollada en el marco de los trabajos de *Adecuación de las masas de agua subterránea de la cuenca del Guadalete y Barbate a los requerimientos de la Directiva 2000/60/CE* (Agencia Andaluza del Agua, 2008).

De este modo, el cálculo de la recarga por infiltración del agua de lluvia en las masas de agua subterránea de naturaleza detrítica, así como en la parte análoga de las masas mixtas (aquellas constituidas por un sector detrítico y otro carbonatado), se ha realizado mediante la aplicación del Modelo de Simulación Precipitación-Aportaciones SIMPA(2), elaborado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX y la Subdirección General de Planificación Hidrológica de la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. Como información de partida se ha utilizado el ráster correspondiente al valor medio anual de infiltración para el periodo 1940/1941-2005/2006 para, posteriormente (con ayuda de un Sistema de Información Geográfica), seguir un procedimiento que comprende las siguientes fases:

- ✓ Suavizado del ráster original reduciendo el tamaño de celda a 50x50 metros.
- ✓ Transformación del ráster a puntos.
- ✓ Interpolación de la capa de puntos para obtener una superficie continua.
- ✓ Recorte de la capa resultante acorde a los límites actuales de cada masa de agua subterránea.

El valor medio de infiltración obtenido para cada masa de agua subterránea (en mm/año) se ha multiplicado por su superficie, con el fin de obtener la recarga por infiltración de agua de lluvia, expresada en hm<sup>3</sup>/año.

En las masas de agua subterránea en cuyo interior se han identificado amplios afloramientos de materiales de baja permeabilidad se ha incorporado una modificación al método anteriormente descrito, con objeto de evitar la sobrestimación de esta componente de recarga, consistente en una ponderación de los valores de infiltración en función del grado de permeabilidad de los materiales aflorantes.

Para el cálculo de la recarga por infiltración del agua de lluvia en las masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada (así como en la parte análoga de las masas mixtas), se ha aplicado el método APLIS; en concreto una versión revisada que supone una mejora en la aplicabilidad y salva algunas limitaciones que presentaba el método APLIS en su versión original (Marín, 2009). El objetivo de este método se centra en desarrollar un procedimiento sencillo que permita estimar la tasa de recarga en acuíferos carbonatados asociada a la infiltración del agua de lluvia (expresada como porcentaje de la precipitación) mediante la combinación de diferentes variables, y establecer el reparto zonal de la recarga en estos acuíferos.

Las variables que contempla el método APLIS modificado son:

- ✓ Altitud (**A**)
- ✓ Pendiente (**P**)
- ✓ Litología (**L**)
- ✓ Formas de Infiltración preferencial (**I**)
- ✓ Suelo (**S**)
- ✓ Características hidrogeológicas: factor de corrección (**F<sub>h</sub>**)

A cada variable se le ha asignado un valor comprendido entre 1 y 10 y, generalmente, sigue una progresión aritmética. De este modo, el valor 1 indica la mínima incidencia de los valores de esa variable en la recarga del acuífero, mientras que el valor 10 expresa la máxima influencia en la recarga. Finalmente, el algoritmo utilizado para estimar el porcentaje de recarga es el siguiente:

$$R = [(A + P + 3L + 2I + S) / 0,9] \cdot F_h$$

Una vez estimada la recarga, ésta se representa agrupada en cinco intervalos regulares, a cada uno de los cuales se le asigna una categoría según el porcentaje de lluvia que recarga el acuífero.

INTERVALO	CLASE DE RECARGA
≤ 20 %	Muy Baja
20 - 40 %	Baja
40 - 60 %	Moderada
60 - 80 %	Alta
> 80 %	Muy Alta

**Tabla 8.1.1. Categorías del porcentaje de recarga del acuífero**

La componente de recarga correspondiente a los *retornos por regadío* se ha estimado a partir de los tipos de cultivos existentes sobre la superficie de cada masa de agua subterránea y de la dotación de riego media estimada para cada uno de ellos. La metodología empleada, que se desarrolló en el marco de los trabajos de *Adecuación de las masas de agua subterránea de la cuenca del Guadalete y Barbate a los requerimientos de la Directiva 2000/60/CE* (Agencia Andaluza del Agua, 2008), ha sido la misma para todas las masas de agua subterránea, independientemente de su naturaleza.

El *volumen de recursos extraídos mediante bombeo* se ha estimado a partir de los datos de explotación registrados en el banco documental conocido como TRAMITADOR, así como en el registro de concesiones de aguas para el aprovechamiento de las aguas subterráneas.

El resto de componentes del balance hídrico, tanto de entrada (*infiltración de la escorrentía de superficie, recarga lateral*) como de salida (*manantiales, descarga hacia ríos, arroyos o el mar, descarga lateral*), se han estimado tras la consulta y revisión de numerosos documentos de diversa naturaleza (atlas hidrogeológicos, comunicaciones y artículos científicos e informes técnicos).

Además de las principales componentes del balance hídrico, en el capítulo 4 se incluye una estimación de los recursos disponibles considerados para cada masa de agua subterránea, entendiendo como tal el valor medio interanual de la recarga total, menos el flujo interanual medio requerido para conseguir los objetivos de calidad ecológica en las masas de agua superficial y ecosistemas terrestres asociados, así como una estimación del *índice de explotación*, definido como el porcentaje que representa la extracción total respecto al volumen de recursos disponibles.

En el **capítulo 5** de la memoria se describen los trabajos relativos a la elaboración de la cartografía de vulnerabilidad natural a la contaminación de las masas de agua subterránea definidas en la DHCMA. El método utilizado para la elaboración de esta cartografía depende de la naturaleza de las masas de agua subterránea. De este modo, en masas de agua de naturaleza detrítica, así como en la parte correspondiente de las masas mixtas, se ha aplicado el *método DRASTIC reducido* (a cinco factores), en tanto que en las masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada y en la parte análoga de las mixtas, se ha utilizado el *método COP*.

El método DRASTIC (Aller *et al.*, 1987) ha sido ampliamente utilizado para la confección de mapas de vulnerabilidad. Este método, que en su versión original utiliza siete parámetros para la estimación de la vulnerabilidad, recibe su nombre del acrónimo constituido por las iniciales, en inglés, de las siete variables utilizadas:

- ✓ Profundidad del agua subterránea (*Depth groundwater*)
- ✓ Recarga del acuífero (*net Recharge*)
- ✓ Material de la zona saturada (*media Aquifer*)
- ✓ Tipo de suelo (*Soil media*)
- ✓ Pendiente (*Topography*)
- ✓ Material de la zona no saturada (*Impact of the vadose zone media*)
- ✓ Conductividad hidráulica del acuífero (*hydraulic Conductivity of the aquifer*)

Cada parámetro está dividido en diferentes rangos a los cuales se les asigna una puntuación, en una escala del 1 al 10, determinada por su capacidad de atenuar la contaminación, a excepción de la recarga del acuífero cuyo valor máximo es 9.

El índice de vulnerabilidad final se obtiene tras la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{ÍNDICE DRASTIC} = \sum W_i \cdot R_i$$

donde R es el factor de puntuación y W el factor de ponderación. El resultado es un índice numérico que varía entre los valores 23 y 226, que se agrupa en 8 intervalos regulares (tabla 8.1.2).

Intervalos del índice DRASTIC
≥ 200
180 - 200
160 - 180
140 - 160
120 - 140
100 - 120
80 - 100
< 80

Tabla 8.1.2. Intervalos del índice DRASTIC

La ausencia de información cartográfica previa, unido a la redundancia derivada de la utilización de la misma información de partida para la elaboración de diferentes mapas temáticos, ha derivado en la reducción de los siete factores considerados en el método DRASTIC (original) a cinco. De esta forma, en el marco de estos trabajos se han considerado los siguientes factores:

- ✓ Profundidad del agua subterránea (*Depth*)
- ✓ Tasa de recarga (*Recharge*)
- ✓ Tipo de suelo (*Soil media*)
- ✓ Pendiente (*Topography*)
- ✓ Impacto de la zona no saturada (*Impact of the vadose zone media*)

En este caso, los valores del índice de vulnerabilidad DRASTIC están comprendidos entre 16 y 166 (a excepción de las zonas urbanizadas, puertos y espigones, a las que se les ha asignado un valor igual a cero). Estos valores se han agrupado en intervalos regulares a los que se asigna un índice DRASTIC tal y como se muestra en la tabla adjunta.

Rango	Índice DRASTIC	
16-32	1	
32-47	2	
47-62	3	
62-77	4	
77-92	5	
92-107	6	
107-122	7	
122-137	8	
137-152	9	
152-166	10	

Tabla 8.1.3. Intervalos del índice DRASTIC reducido

El procedimiento utilizado para evaluar la vulnerabilidad natural a la contaminación en las masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada ha sido el método COP, desarrollado por el Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (Vías *et al.* 2002) para evaluar la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos carbonatados a partir de tres factores:

- ✓ Factor C (*flow Concentration*), relativo a las condiciones superficiales para la concentración de flujos de agua que recargan el acuífero.
- ✓ Factor O (*Overlying layers*), que depende de las capas de protección del agua subterránea.
- ✓ Factor P (*Precipitation*), relativo a las características de la precipitación.

El *factor O* depende a su vez de las características del suelo que cubre el acuífero (variable OS), y de la litología de la zona no saturada (variable OL). Mediante la suma de las variables OS y OL se obtiene el valor final del factor O:

$$\text{Factor O} = \text{OS} + \text{OL}$$

El *factor C* permite estimar el modo en que se produce la recarga del acuífero y cómo ésta modifica la protección natural proporcionada por el factor O. Así, en zonas donde se produce una recarga concentrada, la protección del acuífero es más reducida que en aquellas zonas donde se produce de forma difusa.

Para evaluar el factor C se diferencian dos tipos de escenarios. El escenario tipo-1 incluye las cuencas vertientes a un sumidero, en cuyo caso los parámetros que se utilizan son:

- ✓ Distancia al sumidero ( $d_n$ )
- ✓ Distancia a los arroyos vertientes al sumidero ( $d_s$ )
- ✓ Pendiente y densidad de vegetación ( $sv$ )

Finalmente, el valor del factor C para este escenario se obtiene del producto de los tres parámetros anteriores:

$$\text{Factor C} = d_h \cdot d_s \cdot sv$$

El escenario tipo-2 considera una recarga de tipo difuso, en cuyo caso el factor C se evalúa a partir de los siguientes parámetros:

- ✓ Formas superficiales (sf), que vienen determinadas por el modelado kárstico en superficie y las características de permeabilidad de la capa superficial.
- ✓ Pendiente y densidad de vegetación (sv).

En este escenario, el valor del factor C se obtiene a partir del producto de los dos parámetros anteriores:

$$\text{Factor C} = sf \cdot sv$$

Por último, el *factor P* se ha evaluado en función de las variables  $P_Q$  (cantidad de lluvia), evaluada como la precipitación media de los años húmedos, y  $P_I$  (intensidad de la precipitación), que se estima a partir de la precipitación media de los años húmedos y del número de días con lluvia.

Finalmente, el valor del factor P se obtiene de la suma de los dos parámetros anteriores:

$$\text{Factor P} = P_Q + P_I$$

Del producto de los factores C, O y P resulta el índice de vulnerabilidad intrínseca del método COP.

$$\text{ÍNDICE COP} = C \cdot O \cdot P$$

Este índice varía entre 0 y 15: valores próximos a 0 indican vulnerabilidad máxima (mínima protección), mientras que los valores cercanos a 15 corresponden a la mínima vulnerabilidad (máxima protección).

Intervalos del índice COP	Clases de vulnerabilidad del acuífero	
[0 - 0,5]	Muy alta	
(0,5 - 1]	Alta	
(1 - 2]	Moderada	
(2 - 4]	Baja	
(4 - 15]	Muy baja	

Tabla 8.1.4. Clases de vulnerabilidad natural a la contaminación establecidas según el índice COP

En el **capítulo 6** se ha procedido a la cumplimentación de los siguientes subapartados incluidos en las fichas de caracterización adicional de las masas de agua subterránea definidas en la DHCMA:

- ✓ Límites hidrogeológicos de las masas de agua subterránea
- ✓ Características hidráulicas
- ✓ Flujos. Estimación de las componentes de recarga
- ✓ Características piezométricas

Aunque la DMA establece la obligación realizar dicha caracterización únicamente en las masas de agua en las que se haya identificado un riesgo de incumplir los objetivos medioambientales, en la DHCMA se ha optado por realizar esta caracterización en las 67 masas de agua subterránea identificadas.

Los objetivos planteados en el **capítulo 7** de la memoria son esencialmente dos: en primer lugar, identificar las masas de agua subterránea compartidas existentes en el ámbito de la DHCMA, esto es, aquellas que se definieron sobre acuíferos cuya extensión sobrepasa los límites de la demarcación y que actualmente están en contacto con masas de agua subterránea definidas en alguna de las tres demarcaciones limítrofes (Guadalete y Barbate, Guadalquivir y/o Segura), con las cuales comparten recursos hídricos subterráneos; y en segundo lugar, evaluar el modo en que se distribuyen los recursos hídricos compartidos entre las dos masas de agua subterránea limítrofes, o lo que es lo mismo, entre las demarcaciones hidrográficas colindantes.

El procedimiento seguido para cumplir estos objetivos ha sido el siguiente:

1. Identificación de las masas de agua subterránea limítrofes, es decir, aquellas que, habiendo sido definidas en demarcaciones hidrográficas adyacentes, presentan algún contacto en común.
2. Análisis de cada pareja de masas de agua subterránea limítrofes con objeto de identificar las que se consideran compartidas, entendiendo como tales aquellas que representan sectores diferentes dentro de un mismo acuífero, cuyos recursos hídricos están compartidos entre las dos masas de agua. Los criterios que se han utilizado, a su vez, para calificar de compartidas dos masas de agua subterránea limítrofes han sido básicamente dos:
  - a. Listado de unidades hidrogeológicas compartidas incluidas en el anexo I del Plan Hidrológico Nacional (Ley 10/2001, de 5 de julio).
  - b. Que exista, o bien, que con la información disponible se considere razonadamente que pueda existir, una transferencia de recursos subterráneos significativa entre las dos masas de agua subterránea. Los elementos que se han tenido en cuenta para realizar esta valoración han sido los siguientes:
    - i. Permeabilidad de los materiales aflorantes en la zona de contacto entre las dos masas de agua subterránea limítrofes.
    - ii. Distribución de las cotas piezométricas del acuífero o, en su defecto, direcciones y sentido del flujo subterráneo.
    - iii. Coincidencia del límite actual entre las dos masas de agua subterránea con una divisoria hidrogeológica.
    - iv. Existencia de transferencias laterales de agua subterránea de una masa a la otra.
3. Estimación cuantitativa de los recursos hídricos transferidos de una masa a la otra o, en su defecto, valoración del volumen total de recursos compartidos entre las dos masas de agua subterránea, con independencia del 'destino' de dichos recursos (a una u otra masa de agua).

## 8.2. RESULTADOS OBTENIDOS

### 8.2.1. DELIMITACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN Y ZONAS DE SALVAGUARDA

#### 8.2.1.1. Delimitación de perímetros de protección

Tras la delimitación de los perímetros de protección de la calidad del agua utilizando los métodos descritos en el apartado anterior, se han obtenido un total de 432 recintos, correspondientes a los tiempos de tránsito de 1, 50 y 1.460 días. Tras el proceso de revisión y ajuste de estos perímetros en función de las características hidrogeológicas del medio, su número se ha reducido a 348 debido a que muchos de ellos, especialmente los correspondientes a un tiempo de tránsito de 1.460 días, son coalescentes entre sí. El resultado final se muestra en la tabla 8.2.1.1.1.

		1	50	1.460	Total
Nº de perímetros		136	119	93	348
Área (Km <sup>2</sup> )	Total	0,81	25,27	157,41	183,49
	Media	0,006	0,212	1,69	-
	Máxima	0,14	4,72	31,05	-
	Mínima	0,000026	0,0015	0,038	-

Tabla 8.2.1.1.1. Parámetros estadísticos de los perímetros de protección obtenidos

Se han obtenido 136 perímetros de protección para un tiempo de tránsito de 1 día, cuya superficie útil total asciende a unos 0,8 km<sup>2</sup>. El tamaño medio es de unos 6.000 m<sup>2</sup>, aunque este valor se ve fuertemente influenciado por la existencia de varios perímetros, localizados en acuíferos carbonáticos de alta transmisividad y elevada velocidad de flujo, donde ha sido necesaria la delimitación de poligonales de gran tamaño. Si se excluyen dichos perímetros, el tamaño medio se vería reducido a unos 2.000-3.000 m<sup>2</sup> de media.

Para un tiempo de tránsito de 50 días se han obtenido un total de 119 perímetros, que ocupan una superficie aproximada de 25 km<sup>2</sup>. El tamaño medio es de unos 0,2 km<sup>2</sup>, aunque, al igual que en el caso anterior, la gran extensión de unos pocos recintos localizados sobre acuíferos carbonatados, incrementa la media de un modo considerable. Si se excluyen estos perímetros, el tamaño medio es < 50.000 m<sup>2</sup>.

Por último, los recintos correspondientes a un tiempo de tránsito de 1.460 días, 93 en total, presentan un tamaño medio de 1,7 km<sup>2</sup> y una superficie total de 157 km<sup>2</sup>.

Ocasionalmente, en acuíferos carbonatados con velocidad de flujo elevada, la distancia correspondiente a un tiempo de tránsito de 4 años supera ampliamente los límites del acuífero, por lo que en la mayoría de los casos, el perímetro de 1.460 días se ha hecho corresponder con los límites físicos del afloramiento permeable. Asimismo, en acuíferos de menor extensión, el perímetro de protección de 50 días ha coincidido en algunos casos con el de 1.460 días.

Las *metapelitas* y las *rocas carbonatadas* son las formaciones que afloran con mayor frecuencia en el ámbito de los perímetros delimitados (tabla 8.2.1.1.2). En el caso de las rocas metamórficas, la vasta superficie resultante se debe a que existe un número de captaciones considerable emplazadas sobre



Unión Europea

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



esta litología, lo que supone un área total significativa. En el caso de las rocas carbonatadas el número de captaciones es menor, aunque este hecho se compensa con un mayor tamaño medio de los perímetros delimitados, puesto que las velocidades de flujo en estos acuíferos son muy altas.

Litología	Superficie (km <sup>2</sup> )			Superficie (%)			Total
	1	50	1460	1	50	1460	
Rocas detríticas y metadetríticas maláguides	0,01	1,16	2,18	0,30	34,60	65,10	3,35
Metapelitas	0,34	7,92	56,34	0,53	12,26	87,21	64,60
Mármoles, dolomías y calizas	0,32	10,66	72,63	0,38	12,75	86,87	83,61
Margocalizas subbéticas	0,00	1,74	4,78	0,00	26,69	73,31	6,52
Flysch	0,01	0,29	3,55	0,13	7,54	92,33	3,85
Coluvial	0,00	0,69	6,18	0,03	10,04	89,93	6,87
Calcarenitas, conglomerados, arenas y limos marinos	0,00	0,07	1,81	0,08	3,72	96,20	1,88
Arcillas y yesos	0,08	1,95	1,95	2,08	48,96	48,96	3,98
Aluvial	0,05	0,79	7,99	0,57	8,95	90,49	8,83
<b>Total</b>	<b>0,81</b>	<b>25,27</b>	<b>157,41</b>	<b>0,44</b>	<b>13,77</b>	<b>85,79</b>	<b>183,50</b>

Tabla 8.2.1.1.2. Distribución litológica de los perímetros de protección de la calidad delimitados

El diagrama de sectores representado en la figura 8.2.1.1.1 muestra la proporción areal de cada litología para el caso de los perímetros de protección obtenidos para un tiempo de tránsito de 1 día. Se observa que casi la mitad del área corresponde a *metapelitas*, seguido de acuíferos *carbonatados*, *arcillas* y *yesos triásicos* y *aluvial*.

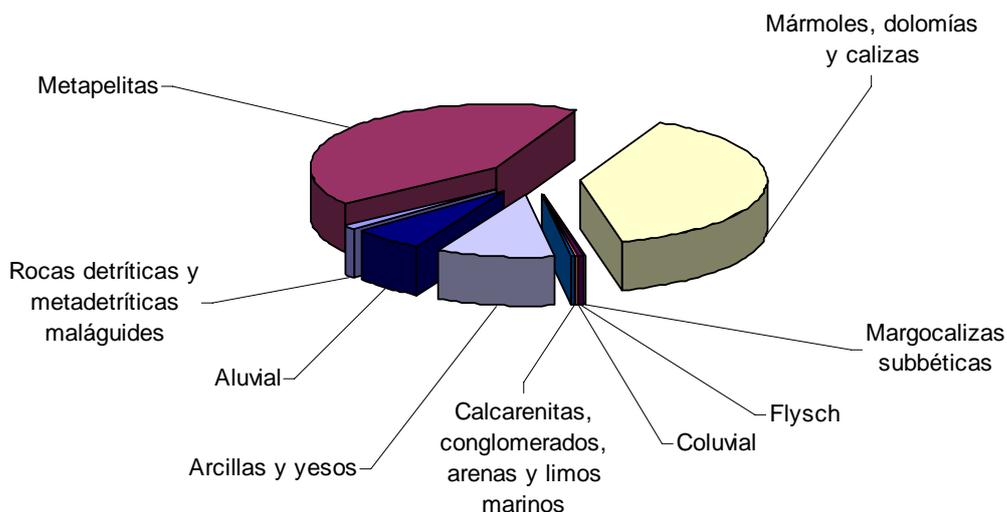
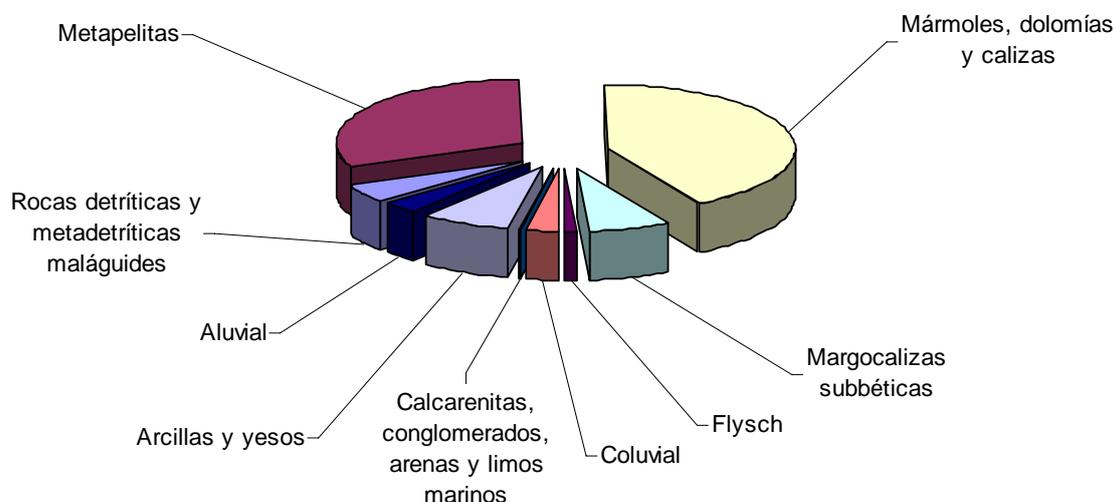


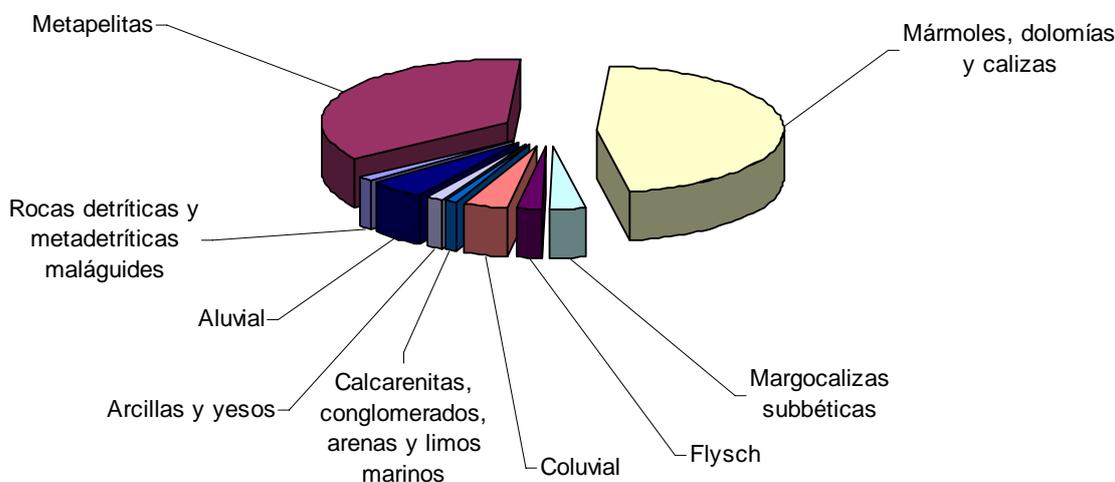
Figura 8.2.1.1.1. Distribución litológica de los perímetros de protección delimitados, para un tiempo de tránsito de 1 día

El diagrama de la figura 8.2.1.1.2, equivalente al de la figura anterior pero para un tiempo de tránsito de 50 días, muestra una proporción similar de *rocas carbonatadas* y metapelitas, mientras que *margocalizas* y *coluviales* son ahora mucho más importantes.



**Figura 8.2.1.1.2. Distribución litológica de los perímetros de protección delimitados, para un tiempo de tránsito de 50 días**

Finalmente, si representamos las superficies de los perímetros de protección delimitados para un tiempo de tránsito de 1.460 días (figura 8.2.1.1.3) se observa, una vez más, que las *rocas carbonatadas* y las *metapelitas* dominan claramente sobre el resto de litologías.



**Figura 8.2.1.1.3. Distribución litológica de los perímetros de protección delimitados, para un tiempo de tránsito de 1.460 días**

Por lo que respecta a los perímetros de protección de la cantidad, inicialmente se han delimitado un total de 144 perímetros, uno para cada captación, utilizando los métodos descritos en el apartado 8.1. Posteriormente, la revisión de estos perímetros puso de manifiesto que algunos de ellos eran parcialmente coincidentes en el espacio, por lo que, en la medida de lo posible, se han integrado en una sola poligonal que engloba grupos de perímetros coalescentes. Como consecuencia de ello, el número

final de perímetros se ha visto reducido a 99 (tabla 8.2.1.1.3), cuyas superficies media y total ascienden a 1,4 y 140 km<sup>2</sup> respectivamente.

Nº de perímetros		99
Área (km <sup>2</sup> )	Total	140
	Media	1,4
	Máxima	31,0
	Mínima	0,03

Tabla 8.2.1.1.3. Parámetros estadísticos de los perímetros de protección delimitados

En la tabla 8.2.1.1.4 y en la figura 8.2.1.1.4 se muestra el área ocupada por el conjunto de los perímetros delimitados en función de la litología aflorante. Tal y como ocurre en el caso de los perímetros de protección de la calidad del agua, las litologías dominantes son los carbonatos y las metapelitas, con un 45% y un 30% de la superficie respectivamente.

Litología	Superficie (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)
Rocas detríticas y metadetríticas maláguides	2,0	1,4
Metapelitas	42,6	30,4
Mármoles, dolomías y calizas	62,9	44,9
Margocalizas subbéticas	5,2	3,7
Flysch	5,0	3,5
Coluvial	6,4	4,6
Calcarenitas, conglomerados, arenas y limos marinos	2,4	1,7
Arcillas y yesos	3,0	2,2
Aluvial	10,5	7,5
<b>Total</b>	<b>140,0</b>	<b>100,0</b>

Tabla 8.2.1.1.4. Distribución litológica de los perímetros de protección de la cantidad delimitados

La siguiente litología, por orden de importancia, está constituida por *depósitos aluviales* con 10,5 km<sup>2</sup>, lo que representa prácticamente el 8% de la superficie total. El resto de litologías resultan ser minoritarias, con extensiones que no llegan al 5%.

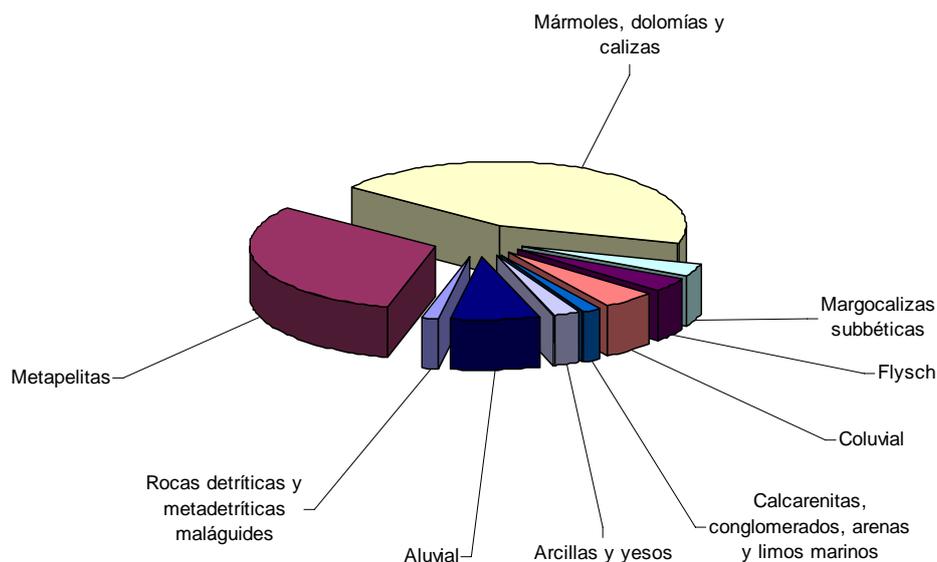


Figura 8.2.1.1.4. Distribución litológica de los perímetros de protección de la cantidad delimitados

Al listado inicial de captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano facilitado por el Servicio de Planificación de la Agencia Andaluza del Agua, se han añadido siete puntos singulares inventariados por el IGME en el ámbito de la DHCMA, en los cuales también se han delimitado zonaciones (perímetros) para la protección de la calidad y cantidad de sus recursos hídricos. Estos puntos singulares o *lugares de interés hidrogeológico*, identificados en el marco del *Plan de conservación, recuperación y puesta en valor de manantiales y lugares de interés hidrogeológico de Andalucía* se presentan en la tabla 8.2.1.1.5, en la que se han incluido, además, dos captaciones adicionales consideradas igualmente *lugares de interés hidrogeológico* por el IGME pero que, a diferencia de las otras siete, sí están incluidas en el listado inicial de captaciones suministrado por la Agencia Andaluza del Agua (manantiales identificados con un asterisco en la citada tabla).

Nombre	UTM X(ED50)	UTM Y(ED50)	Provincia	Municipio	Masa de agua subterránea
Fuente de Alcaudique	505894	4077013	Almería	Berja	MASb. 060.014. Oeste de Sierra de Gádor
Fuentes de Marbella	498398	4076280	Almería	Berja	MASb. 060.014. Oeste de Sierra de Gádor
Manantial-arroyo de Celín	512537	4076891	Almería	Dalías	MASb. 060.014. Oeste de Sierra de Gádor
Vélez de Benaudalla y travertinos	454465	4077081	Granada	Vélez Benaudalla	MASb. 060.018. Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo
Manantial de los Cien Caños	386233	4099131	Málaga	Villanueva del Trabuco	MASb. 060.031. Sierra de las Cabras-Camorolos-San Jorge
Fuente de la Yedra	370330	4093999	Málaga	Antequera	MASb. 060.031. Sierra de las Cabras-Camorolos-San Jorge
Nacimiento de Cuevas del Becerro-El Carrizal	317864	4082750	Málaga	Cuevas del Becerro	MASb. 060.043. Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla

Nombre	UTM X(ED50)	UTM Y(ED50)	Provincia	Municipio	Masa de agua subterránea
Manantial de la Villa (*)	363627	4094374	Málaga	Antequera	Fuera de MASb. (Representativo de la MASb. 060.032. Torcal de Antequera)
Manantial de la Zúa (*)	305638	4055985	Málaga	Júzcar	Fuera de MASb.

(\*) Puntos coincidentes entre el listado inicial de captaciones de abastecimiento facilitado por la Agencia Andaluza del Agua y el inventario de Lugares de Interés Hidrogeológico elaborado por el Instituto Geológico y Minero de España.

**Tabla 8.2.1.1.5. Lugares de interés hidrogeológico incorporados al listado de captaciones objeto de estudio**

El IGME ha establecido alrededor de cada una de estas captaciones una serie de zonaciones que, al igual que los perímetros de protección de la calidad y de la cantidad, tienen por objeto controlar la extracción de agua subterránea así como las actividades potencialmente contaminantes en el entorno de la captación. La zonación elaborada por el IGME para la protección de la calidad de las aguas consiste en tres sectores (elipses) cuya extensión depende del tiempo de tránsito (ver apartado 2.1.2.2 de la memoria), en tanto que la zona delimitada para la protección de la cantidad se ha dividido, si procede, en varios sectores en función del tipo y grado de restricciones recomendadas; estas subzonas han sido catalogadas como A, B, C y D. En la tabla 8.2.1.1.6 se presenta una breve descripción de las restricciones impuestas en cada una de estas zonas.

TIPO DE ZONA
<p><b><u>Zona Tipo A (Restricciones fuertes)</u></b></p> <p>La Autoridad competente deberá valorar la viabilidad de NO AUTORIZAR captaciones adicionales ni actividades potencialmente contaminantes.</p>
<p><b><u>Zona Tipo B (Limitaciones específicas)</u></b></p> <p>Limitaciones específicas condicionantes de volúmenes de explotación, distancias y máxima explotación a añadir a las concesiones ya existentes. Valorar la viabilidad de no autorizar actividades potencialmente contaminantes.</p>
<p><b><u>Zona Tipo C (Masa en riesgo de sobreexplotación)</u></b></p> <p>No autorizadas captaciones adicionales; valorar la viabilidad de no autorizar actividades potencialmente contaminantes.</p>
<p><b><u>Zona Tipo D (Sector de la masa de agua con riesgo de sobreexplotación)</u></b></p> <p>No autorizadas captaciones adicionales; valorar la viabilidad de no autorizar actividades potencialmente contaminantes.</p>

**Tabla 8.2.1.1.6. Tipología de zonaciones y recomendaciones propuestas en cada zona**

Las rocas carbonatadas constituyen la litología más frecuente identificada en el ámbito de las zonaciones delimitadas para la protección de la calidad, seguidas de las *rocas metamórficas* y *depósitos cuaternarios* (tabla 8.2.1.1.7). Este hecho es coherente con la naturaleza carbonatada de la mayoría de los acuíferos en los que se localizan estos puntos de interés hidrogeológico (tabla 8.2.1.1.5).



**Unión Europea**

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



Litología	Superficie (km <sup>2</sup> )			Superficie (%)		
	1	50	1.460	1	50	1.460
Calcarenitas, arenas, gravas, limos y arcillas (Neógeno)	0,00	0,01	0,21	1,20	2,43	96,37
Calizas, dolomías y mármoles	0,27	20,05	187,13	0,13	9,66	90,21
Flysch	0,03	1,50	2,29	0,81	39,24	59,95
Gravas, arenas, arcillas y limos (Cuaternario)	0,12	2,06	12,61	0,82	13,93	85,25
Margas y margocalizas	0,06	2,27	11,19	0,45	16,79	82,76
Margas, arenas y limos (Plioceno)	-	-	0,23	-	-	100,00
Rocas metamórficas	0,25	6,80	21,44	0,87	23,87	75,26
(*) Aguas superficiales	-	0,20	4,11	-	4,63	95,37
<b>Total</b>	<b>0,73</b>	<b>32,88</b>	<b>239,20</b>	<b>0,27</b>	<b>12,05</b>	<b>87,68</b>

Tabla 8.2.1.1.7. Distribución litológica de las zonaciones delimitadas para la protección de la calidad en los lugares de interés hidrogeológico

En las figuras 8.2.1.1.5, 8.2.1.1.6 y 8.2.1.1.7 se muestra la distribución de las litologías incluidas en estas zonaciones en función de la superficie que ocupan, para tiempos de tránsito de 1, 50 y 1.460 días respectivamente. En los tres casos se observa el dominio de las *rocas carbonatadas* frente al resto, más acusado cuanto mayor es el tiempo de tránsito considerado. La siguiente litología más frecuente en el ámbito de estas zonaciones son las *rocas metamórficas*.

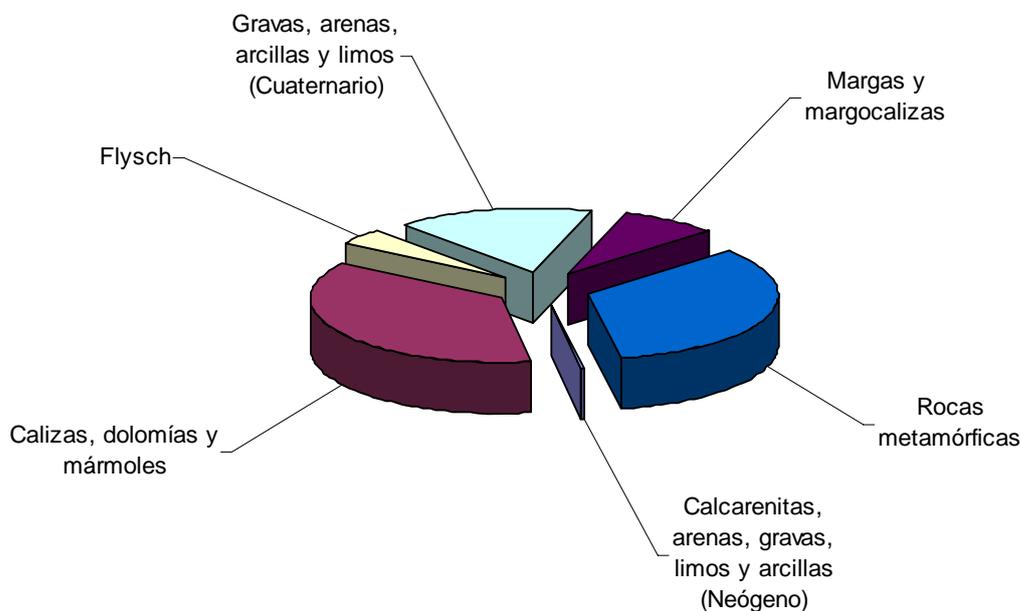


Figura 8.2.1.1.5. Distribución litológica de la zona de protección delimitada, para un tiempo de tránsito de 1 día

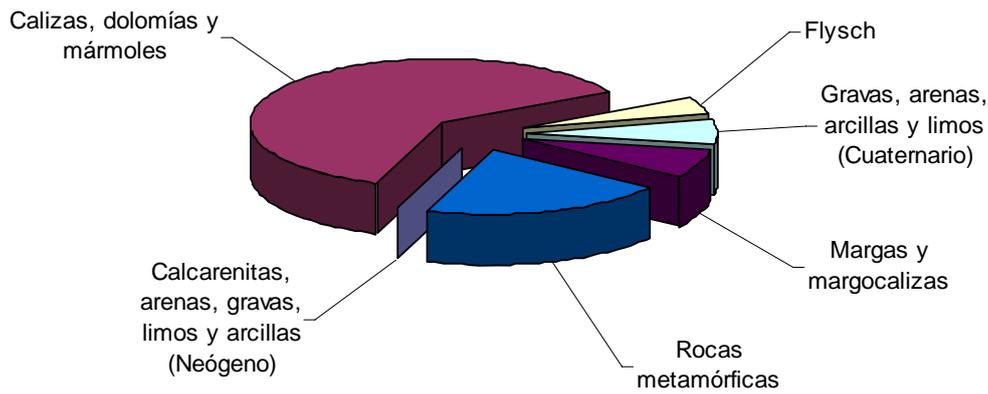


Figura 8.2.1.1.6. Distribución litológica de la zona de protección delimitada, para un tiempo de tránsito de 50 días

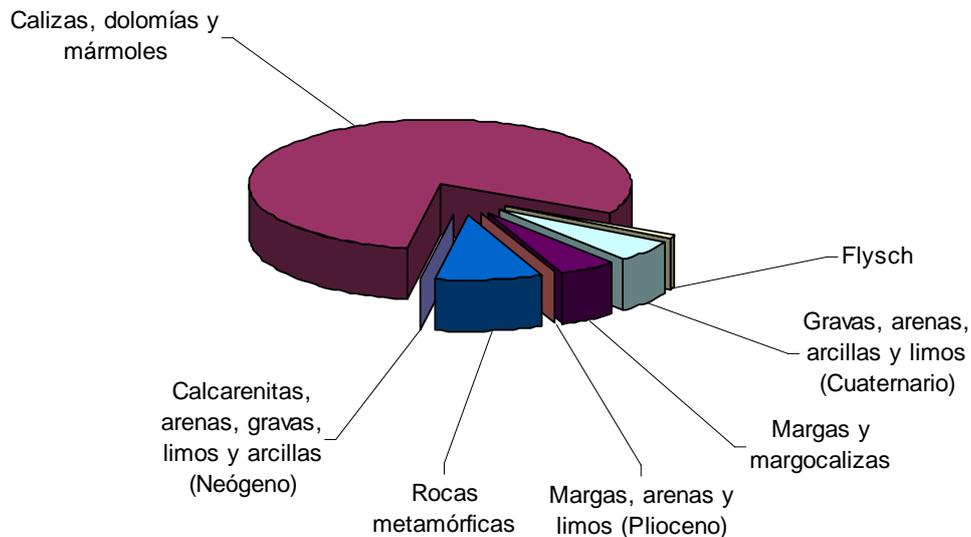


Figura 8.2.1.1.7. Distribución litológica de la zona de protección delimitada, para un tiempo de tránsito de 1.460 días

Por lo que respecta a las zonaciones para la protección de la cantidad en los lugares de interés hidrogeológico, se observa, al igual que en las zonaciones para la protección de la calidad del agua, que las litologías dominantes son las *carbonatadas*, con un 78% del total, seguidas, muy de lejos, por las *rocas metamórficas* (9%); (tabla 8.2.1.1.8 y figura 8.2.1.1.8).

Litología	Superficie (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)
Calcarenitas, arenas, gravas, limos y arcillas (Neógeno)	0,2	0,1
Calizas, dolomías y mármoles	187,1	78,2
Flysch	2,3	1,0
Gravas, arenas, arcillas y limos (Cuaternario)	12,6	5,3
Margas y margocalizas	11,2	4,7
Margas, arenas y limos (Plioceno)	0,2	0,1

Litología	Superficie (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)
Rocas metamórficas	21,4	9,0
(*) Aguas superficiales	4,1	1,7
<b>Total</b>	<b>239,2</b>	<b>100,0</b>

Tabla 8.2.1.1.8. Distribución litológica de las zonaciones delimitadas

Como puede observarse en la tabla anterior, además de las litologías aflorantes en el ámbito de las zonaciones delimitadas se ha considerado oportuno incorporar un apartado correspondiente a las aguas superficiales, ya que en varios casos éstas representan un área considerable respecto a la extensión total de la envolvente generada (por ejemplo, el embalse de Benínar en la zonación delimitada para las Fuentes de Marbella).

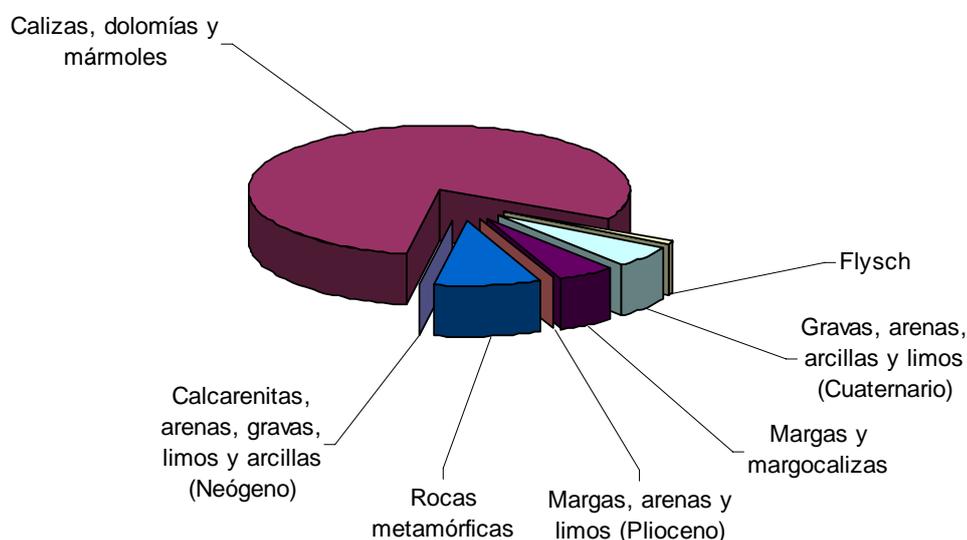


Figura 8.2.1.1.8. Distribución litológica de las zonaciones establecidas para la protección de la cantidad

#### 8.2.1.2. Delimitación de zonas de salvaguarda

En la tabla 8.2.1.2.1 se muestra la superficie de cada masa de agua subterránea catalogada en función de su atribución a cada tipo de zona de salvaguarda (A, B, C y D). Hay que recordar que toda la superficie de las masas de agua subterránea se ha incluido en alguna de estas cuatro categorías de zonas de salvaguarda, a excepción de la correspondiente a las masas de agua superficial (embalses, lagos, lagunas y aguas de transición).

Código	Nombre	Superficie (km <sup>2</sup> )				Superficie (%)				Total (km <sup>2</sup> )*
		A	B	C	D	A	B	C	D	
060.001	CUBETA DE EL SALTADOR	10,8	108,7	0,0	25,5	7,4	75,0	0,0	17,6	145,0
060.002	SIERRA DE LAS ESTANCIAS	0,7	9,3	8,1	358,8	0,2	2,5	2,2	95,2	376,9
060.003	ALTO-MEDIO ALMANZORA	40,8	88,5	13,0	462,7	6,7	14,6	2,2	76,5	605,1
060.004	CUBETA DE OVERA	3,2	13,7	0,9	33,5	6,0	25,9	1,7	63,1	53,0
060.005	CUBETA DE BALLABONA-SIERRA LISBONA-RÍO ANTAS	11,4	40,0	18,8	81,8	7,5	26,3	12,3	53,8	152,2
060.006	BAJO ALMANZORA	21,0	15,9	1,2	8,7	42,3	32,1	2,4	17,5	49,6
060.007	BÉDAR-ALCORNIA	0,0	0,4	0,0	19,7	0,0	2,2	0,0	97,8	20,1
060.008	AGUAS	14,6	32,5	17,7	375,0	3,3	7,4	4,0	85,2	440,1
060.009	CAMPO DE TABERNAS	2,5	5,0	24,0	133,7	1,5	3,0	14,5	80,9	165,2
060.010	CUENCA DEL RÍO NACIMIENTO	14,2	21,9	8,5	160,8	6,9	10,7	4,2	78,3	205,5
060.011	CAMPO DE NÍJAR	7,3	140,1	27,5	404,1	1,3	24,1	4,7	69,4	582,5
060.012	MEDIO-BAJO ANDARAX	45,3	106,2	4,5	277,3	10,5	24,5	1,0	64,0	433,3
060.013	CAMPO DE DALÍAS-SIERRA DE GÁDOR	46,0	298,6	37,0	645,8	4,4	28,8	3,6	62,3	1.037,5
060.014	OESTE DE SIERRA DE GÁDOR	0,0	20,2	6,0	251,0	0,0	7,2	2,1	90,1	278,5
060.015	DELTA DEL ADRA	12,1	10,0	1,8	24,8	24,6	20,4	3,8	50,4	49,2
060.016	ALBUÑOL	2,0	3,4	9,1	20,4	5,7	9,7	26,0	58,6	34,9
060.017	SIERRA DE PADUL SUR	0,0	4,9	5,0	33,8	0,0	11,3	11,5	77,2	43,8
060.018	LANJARÓN-SIERRA DE LÚJAR-MEDIO GUADALFEO	1,4	39,4	16,6	202,3	0,5	15,0	6,3	76,9	263,1
060.019	SIERRA DE ESCALATE	1,2	2,2	3,1	14,3	5,9	10,5	14,8	68,9	20,7
060.020	CARCHUNA-CASTELL DE FERRO	6,3	5,4	2,3	25,3	16,0	13,8	5,8	64,4	39,3
060.021	MOTRIL-SALOBREÑA	34,6	11,3	0,4	3,7	69,2	22,7	0,7	7,4	50,0
060.022	RÍO VERDE	4,1	4,2	0,1	0,2	47,8	48,8	0,6	2,7	8,5
060.023	DEPRESIÓN DE PADUL	28,2	9,4	6,2	7,7	54,3	18,2	11,9	14,8	51,8
060.024	SIERRA ALMIJARA	0,0	0,0	33,9	36,1	0,0	0,0	48,4	51,6	70,0
060.025	SIERRA GORDA-ZAFARRAYA	7,8	19,8	105,2	22,4	5,0	12,8	67,8	14,4	155,2
060.026	RÍO TORROX	2,6	1,6	0,3	0,0	57,0	36,4	6,6	0,0	4,5



Unión Europea

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



Código	Nombre	Superficie (km <sup>2</sup> )				Superficie (%)				Total (km <sup>2</sup> )*
		A	B	C	D	A	B	C	D	
060.027	RÍO VÉLEZ	25,3	13,7	0,7	2,7	58,3	31,5	1,6	6,3	43,3
060.028	SIERRA DE GIBALTO-ARROYO MARÍN	0,9	0,0	21,4	7,1	3,2	0,0	72,6	24,2	29,5
060.029	SIERRA DE ENMEDIO-LOS TAJOS	1,0	1,7	12,8	12,3	3,5	6,0	46,0	44,3	27,8
060.030	SIERRA DE ARCHIDONA	0,8	1,7	2,6	2,4	10,4	23,0	34,3	32,3	7,6
060.031	SIERRA DE LAS CABRAS-CAMAROS-SAN JORGE	0,5	0,3	41,3	28,5	0,7	0,5	58,4	40,4	70,6
060.032	TORCAL DE ANTEQUERA	2,4	0,5	21,6	4,1	8,5	1,7	75,5	14,3	28,7
060.033	LLANOS DE ANTEQUERA-VEGA DE ARCHIDONA	42,3	26,9	144,0	159,5	11,3	7,2	38,5	42,6	374,4
060.034	FUENTE DE PIEDRA	8,9	6,4	50,7	84,2	5,4	3,9	30,9	51,3	164,2
060.035	SIERRAS DE TEBA-ALMARGEN-CAMPILLOS	42,4	21,8	14,2	5,4	50,4	25,9	16,9	6,5	84,1
060.036	SIERRA DEL VALLE DE ABDALAJÍS	0,1	0,0	26,1	18,5	0,3	0,0	57,7	41,0	45,2
060.037	BAJO GUADALHORCE	139,6	107,2	28,8	84,5	38,7	29,7	8,0	23,4	360,6
060.038	SIERRA DE MIJAS	10,8	11,8	32,7	41,6	11,2	12,1	33,7	43,0	96,9
060.039	RÍO FUENGIROLA	13,8	7,6	0,9	3,5	53,5	29,6	3,5	13,4	25,8
060.040	MARBELLA-ESTEPONA	57,7	38,2	31,7	96,1	25,8	17,0	14,2	42,9	224,1
060.041	SIERRA DE CAÑETE SUR	9,6	13,7	6,5	10,4	23,9	34,1	16,1	25,9	40,1
060.042	DEPRESIÓN DE RONDA	15,6	27,8	19,9	54,5	13,3	23,6	16,9	46,3	117,8
060.043	SIERRA HIDALGA-MERINOS-BLANQUILLA	0,3	0,3	84,7	55,3	0,2	0,2	60,3	39,3	140,6
060.044	SIERRA DE LÍBAR	10,6	10,8	19,2	16,0	18,7	19,1	33,9	28,3	56,7
060.045	SIERRA DE JARASTEPAR	0,0	0,0	33,0	11,3	0,0	0,0	74,4	25,6	44,3
060.046	SIERRA DE LAS NIEVES-PRIETA	9,7	9,7	145,2	55,3	4,4	4,4	66,1	25,2	219,9
060.047	GUADIARO-GENAL-HOZGARGANTA	56,8	16,6	74,0	91,8	23,7	6,9	30,9	38,3	239,9
060.048	DOLOMÍAS DE RONDA	0,0	1,8	11,7	4,7	0,0	9,8	64,4	25,7	18,2
060.049	GUADARRANQUE-PALMONES	37,8	7,3	48,6	47,8	26,7	5,2	34,3	33,7	141,5
060.050	SIERRA DE LOS FILABRES	0,2	3,5	1,6	125,0	0,2	2,7	1,2	95,9	130,3
060.051	MACAEL	1,6	33,0	0,1	17,2	3,0	63,6	0,2	33,2	51,9
060.052	SIERRA DE ALMAGRO	0,5	7,8	1,5	28,3	1,3	20,4	4,0	73,8	38,4



Unión Europea

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



Código	Nombre	Superficie (km <sup>2</sup> )				Superficie (%)				Total (km <sup>2</sup> )*
		A	B	C	D	A	B	C	D	
060.053	PUERTO DE LA VIRGEN	0,1	1,9	0,0	108,6	0,1	1,7	0,0	98,2	110,6
060.054	LUBRÍN-EL MARCHAL	0,1	0,6	0,1	25,1	0,2	2,2	0,2	97,4	25,8
060.055	SIERRA ALHAMILLA	0,1	0,8	0,2	209,6	0,0	0,4	0,1	99,5	210,6
060.056	SIERRA DEL CABO DE GATA	2,2	5,7	4,3	190,9	1,1	2,8	2,1	93,9	203,2
060.057	LADERAS MERIDIONALES DE SIERRA NEVADA	0,4	46,1	1,8	174,2	0,2	20,7	0,8	78,3	222,4
060.058	DEPRESIÓN DE UGÍJAR	1,0	11,2	0,3	64,9	1,3	14,4	0,4	83,8	77,4
060.059	LA CONTRAVIESA ORIENTAL	0,0	1,2	0,8	15,6	0,0	6,7	4,4	88,9	17,5
060.060	LA CONTRAVIESA OCCIDENTAL	0,0	2,9	0,5	67,9	0,0	4,1	0,7	95,2	71,3
060.061	SIERRA DE ALBUÑUELAS	2,0	17,8	47,4	116,8	1,1	9,6	25,6	63,0	185,5
060.062	SIERRA DE LAS GUÁJARAS	0,9	6,8	4,8	167,3	0,5	3,8	2,6	93,0	179,8
060.063	SIERRA ALBERQUILLAS	1,4	16,2	50,5	48,9	1,2	13,9	43,1	41,7	117,0
060.064	SIERRA TEJEDA	0,6	0,9	17,6	48,3	1,0	1,3	26,1	71,7	67,4
060.065	METAPELITAS DE SIERRAS TEJEDA-ALMIJARA	2,1	45,8	3,4	324,8	0,6	12,0	0,9	85,4	380,3
060.066	CORREDOR VILLANUEVA DE LA CONCEPCIÓN-PERIANA	9,2	32,4	29,0	197,2	3,4	12,1	10,8	73,7	267,8
060.067	SIERRA BLANCA	4,0	2,3	63,7	30,8	3,9	2,3	63,2	30,6	100,8

<b>TOTAL</b>	831,3	1.575,4	1.451,0	6.488,4	8,0	15,2	14,0	62,4	10.395,2
--------------	-------	---------	---------	---------	-----	------	------	------	----------

(\*) Incluye el área o extensión ocupada por aguas superficiales

**Tabla 8.2.1.2.1. Superficie de las zonas de salvaguarda delimitadas, por masa de agua subterránea**

En la figura 8.2.1.2.1 se presenta un mapa de la demarcación con las zonas de salvaguarda delimitadas, distribuidas en según las cuatro categorías consideradas.



**Unión Europea**

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



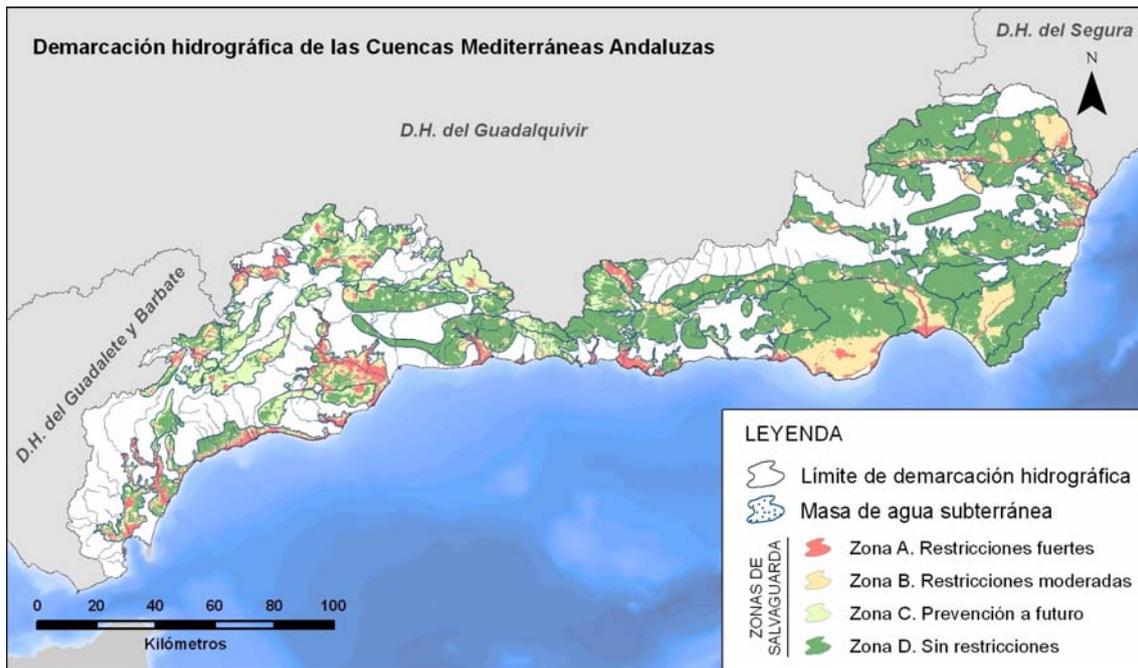


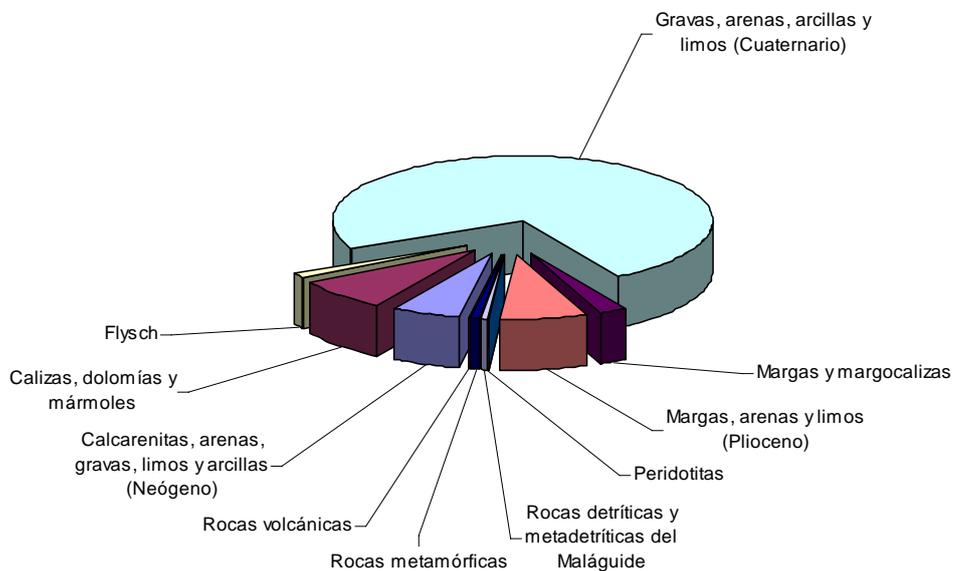
Figura 8.2.1.2.1. Delimitación de zonas de salvaguarda en la DHCMA

En la tabla 8.2.1.2.2 se muestra la superficie de los cuatro tipos de zonas de salvaguarda delimitadas y su proporción relativa, referidas a las litologías aflorantes.

Litología	Superficie (km <sup>2</sup> )				Superficie (%)				Total (km <sup>2</sup> )
	A	B	C	D	A	B	C	D	
Calcarenitas, arenas, gravas, limos y arcillas (Neógeno)	49,0	268,1	87,0	1.053,3	3,4	18,4	6,0	72,3	1.457,4
Calizas, dolomías y mármoles	65,5	76,2	810,8	1.781,8	2,4	2,8	29,7	65,2	2.734,3
Flysch	13,4	34,6	34,1	221,1	4,4	11,4	11,2	72,9	303,2
Gravas, arenas, arcillas y limos (Cuaternario)	610,9	754,6	404,0	1.141,8	21,0	25,9	13,9	39,2	2.911,3
Margas y margocalizas	18,7	52,4	52,3	224,6	5,4	15,1	15,0	64,5	347,9
Margas, arenas y limos (Plioceno)	62,7	145,9	38,1	295,8	11,6	26,9	7,0	54,5	542,5
Peridotitas	0,1	4,4	1,3	23,1	0,3	15,3	4,4	80,0	28,8
Rocas detríticas y metadetríticas del Maláguide	4,4	30,7	11,5	200,5	1,8	12,4	4,7	81,1	247,2
Rocas metamórficas	6,5	205,4	11,0	1.385,8	0,4	12,8	0,7	86,1	1.608,7
Rocas volcánicas	0,2	3,0	0,9	160,7	0,1	1,8	0,6	97,5	164,8
<b>Total</b>	<b>831,3</b>	<b>1.575,4</b>	<b>1.451,0</b>	<b>6.488,4</b>	<b>8,0</b>	<b>15,2</b>	<b>14,0</b>	<b>62,7</b>	<b>10.346,1</b>

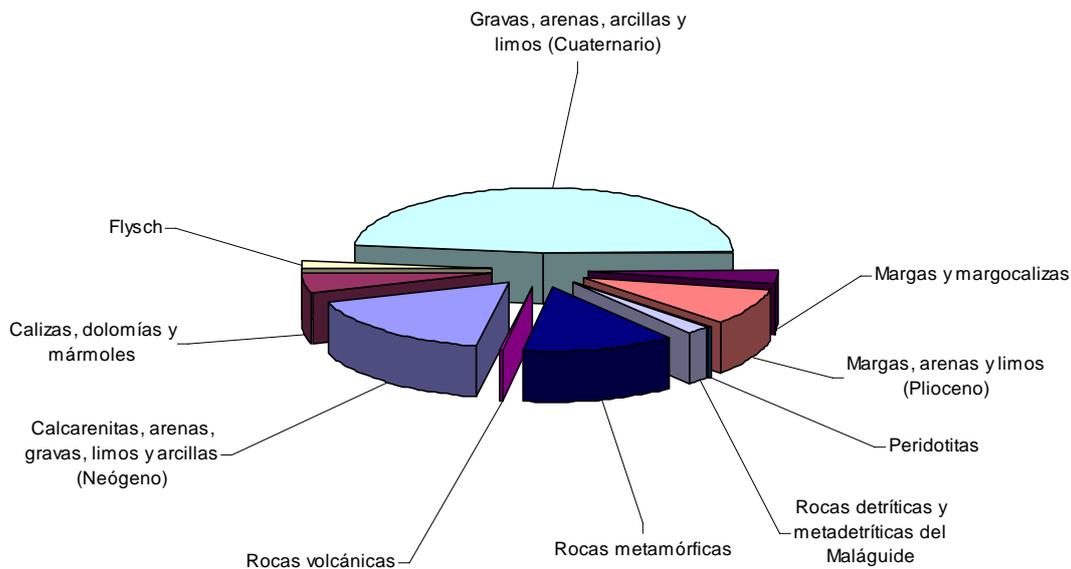
Tabla 8.2.1.2.2. Superficie de las zonas de salvaguarda delimitadas respecto a las litologías aflorantes

En las zonas de salvaguarda tipo A (figura 8.2.1.2.2) la litología dominante corresponde a los *sedimentos detríticos cuaternarios*, lo cual no debe sorprender si se tiene en cuenta la elevada vulnerabilidad a la contaminación natural que presentan estos materiales y su disposición, por lo general, en relieves suaves que permiten el desarrollo y proliferación de actividades humanas susceptibles de constituir presiones significativas.



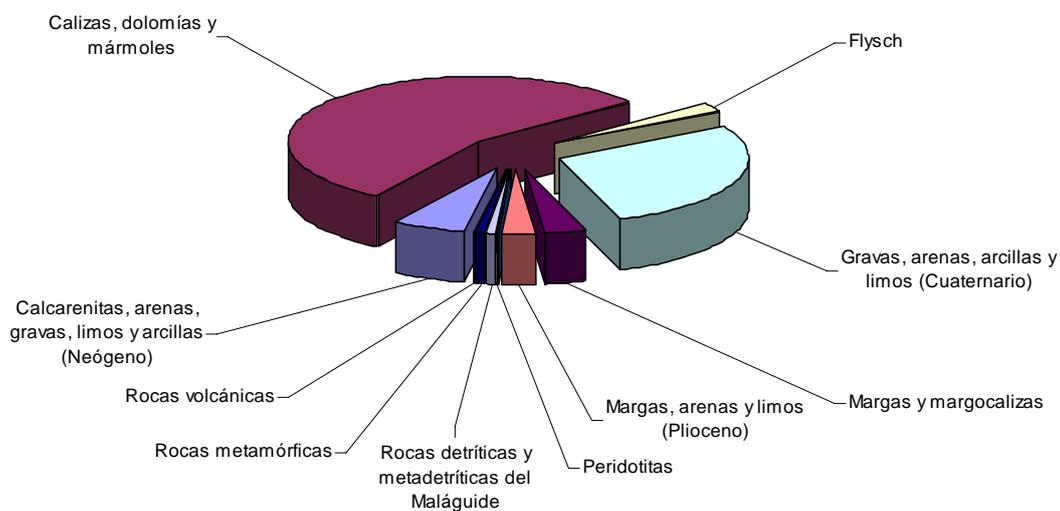
**Figura 8.2.1.2.2. Distribución relativa de las litologías en las zonas de salvaguarda tipo A**

En la figura 8.2.1.2.3, relativa a las zonas de salvaguarda tipo B, se aprecia que los afloramientos más frecuentes son de nuevo los *depósitos cuaternarios*, seguidos de los *materiales marinos del Terciario* (calcarenitas y margas, fundamentalmente) y de las *rocas metamórficas*.



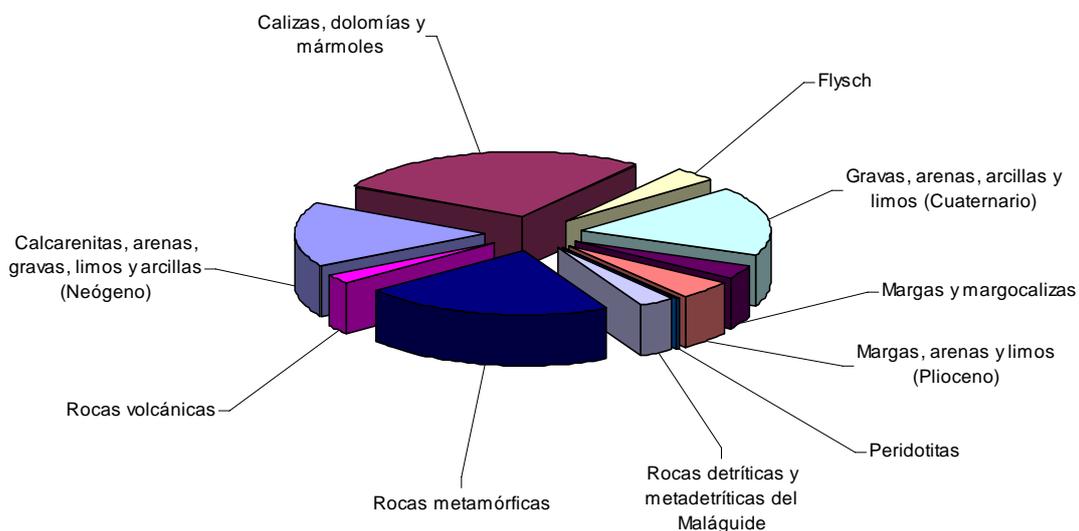
**Figura 8.2.1.2.3. Distribución relativa de las litologías en las zonas de salvaguarda tipo B**

Por lo que respecta a la distribución litológica de las zonas tipo C (figura 8.2.1.2.4), se observa un claro dominio de las áreas ocupadas por *materiales carbonatados*. Ello se debe, por un lado, a que se trata de materiales acuíferos vulnerables a la contaminación, y por otro, a que no son frecuentes en ellos las actividades susceptibles de generar presiones debido al dominio de relieves abruptos.



**Figura 8.2.1.2.4. Distribución relativa de las litologías en las zonas de salvaguarda tipo C**

Finalmente, en la figura 8.2.1.2.5, relativa a las zonas de salvaguarda tipo D, se observa una distribución algo más homogénea, con predominio de los materiales *carbonatados* y las *metapelitas*.



**Figura 8.2.1.2.5. Distribución relativa de las litologías en las zonas de salvaguarda tipo D**

## 8.2.2. REVISIÓN Y ADECUACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO DE LAS AGUAS A LOS MODELOS CONCEPTUALES DEDUCIDOS PARA LOS ACUÍFEROS QUE CONSTITUYEN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

En la tabla 8.2.2.1 se presenta la propuesta de adecuación y mejora de la red de control del *estado químico* para cada una de las masas de agua subterránea definidas en la DHCMA.

CÓDIGO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA	Nº DE PUNTOS DE CONTROL				CAMBIO VIGILANCIA/ OPERATIVO*
		ACTUAL	PROPUESTOS		ACTUAL+ PROPUESTOS	
			Prioritarios	No Prioritarios		
060.001	Cubeta de El Saltador	2	-	2	4	-
060.002	Sierra de las Estancias	2	2	1	5	-
060.003	Alto-Medio Almanzora	2	3	2	7	-
060.004	Cubeta de Overa	3	-	-	3	-
060.005	Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas	3	2	1	6	-
060.006	Bajo Almanzora	3	1	-	4	-
060.007	Bédar-Alcornia	3	-	1	4	-
060.008	Aguas	2	2	2	6	-
060.009	Campo de Tabernas	2	-	-	2	Sí
060.010	Cuenca del río Nacimiento	3	-	1	4	-
060.011	Campo de Níjar	5	2	2	9	-
060.012	Medio-Bajo Andarax	8	-	2	10	-
060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	16	-	1	17	-
060.014	Oeste de Sierra de Gádor	3	0	1	4	-
060.015	Delta del Adra	3	-	-	3	-
060.016	Albuñol	-	2	1	3	-
060.017	Sierra de Padul Sur	2	-	1	3	-
060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	5	-	1	6 ***	-
060.019	Sierra de Escalate	-	1	-	1	-
060.020	Carchuna-Castell de Ferro	2	1	-	3	-
060.021	Motril-Salobreña	3	-	1	4	-
060.022	Río Verde	2	-	-	2	-



CÓDIGO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA	Nº DE PUNTOS DE CONTROL				CAMBIO VIGILANCIA/ OPERATIVO*
		ACTUAL	PROPUESTOS		ACTUAL+ PROPUESTOS	
			Prioritarios	No Prioritarios		
060.023	Depresión de Padul	2	1	1	4	-
060.024	Sierra Almirajara	3	-	-	3	-
060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	1	1	1	3	-
060.026	Río Torrox	4	-	-	4	Sí
060.027	Río Vélez	3	1	-	4	-
060.028	Sierra de Gibalto-Arroyo Marín	2	-	-	2	Sí
060.029	Sierra de Enmedio-Los Tajos	3	-	-	3	-
060.030	Sierra de Archidona	2	-	-	2	-
060.031	Sierra de las Cabras-Camarolos-San Jorge	3	-	1	4	-
060.032	Torcal de Antequera	2	-	1	3	-
060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	4	2	3	9	-
060.034	Fuente de Piedra	3	1	1	5	-
060.035	Sierras de Teba-Almargen-Campillos	2	1	1	4	-
060.036	Sierra del Valle de Abdalajís	3	-	-	3	-
060.037	Bajo Guadalhorce	7	-	5	12	-
060.038	Sierra de Mijas	3	-	-	3	Sí
060.039	Río Fuengirola	3	-	-	3	-
060.040	Marbella-Estepona	5	-	-	5	-
060.041	Sierra de Cañete Sur	2	0	2	4	-
060.042	Depresión de Ronda	1	2	1	4	-
060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla	3	-	1	4	-
060.044	Sierra de Líbar	2	1	-	3	Sí
060.045	Sierra de Jarastepar	2	1	-	3	-
060.046	Sierra de las Nieves-Prieta	3	-	1	4	Sí
060.047	Guadiaro-Genal-Hozgarganta	3	-	-	3	-



CÓDIGO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA	Nº DE PUNTOS DE CONTROL				CAMBIO VIGILANCIA/ OPERATIVO*
		ACTUAL	PROPUESTOS		ACTUAL+ PROPUESTOS	
			Prioritarios	No Prioritarios		
060.048	Dolomías de Ronda	3	-	-	3	-
060.049	Guadarranque-Palmones	3	-	1	4	Sí
060.050	Sierra de los Filabres	2	-	-	2	-
060.051	Macael	2	-	-	2	Sí
060.052	Sierra de Almagro	-	1	-	1	-
060.053	Puerto de la Virgen	4	-	-	4	-
060.054	Lubrín-El Marchal	3	-	-	3	-
060.055	Sierra Alhamilla	-	1	1	2	-
060.056	Sierra del Cabo de Gata	4	-	1	5	Sí
060.057	Laderas Meridionales de Sierra Nevada	4	-	-	4	-
060.058	Depresión de Ugíjar	-	2	-	2	-
060.059	La Contraviesa Oriental	2	-	-	2	-
060.060	La Contraviesa Occidental	3	-	-	3	-
060.061	Sierra de Albuñuelas	4	-	-	4	Sí
060.062	Sierra de Las Guájaras	4	-	-	4	-
060.063	Sierra Alberquillas	3	-	1	4	Sí
060.064	Sierra Tejada	4	-	-	4	-
060.065	Metapelitas de Sierras Tejada-Almijara	-	3	-	3	-
060.066	Corredor Villanueva de la Concepción Periana	2	-	2	4	-
060.067	Sierra Blanca	3	-	-	3	-
<b>TOTAL</b>		<b>195 **</b>	<b>34</b>	<b>45</b>	<b>274</b>	<b>-</b>

\* En esta columna se señalan aquellas masas de agua subterránea en las que se ha propuesto un cambio en la asignación de los puntos de control al programa de vigilancia o al programa operativo.

\*\* El número total de puntos de la red de control actual contabilizados en esta tabla (195) no coincide con el de la tabla 3.3.1.1 (196), debido a que no se ha tenido en cuenta el punto de control asignado a la masa de agua subterránea 060.055 (Sierra Alhamilla) por situarse fuera de los límites tanto de la masa de agua subterránea como de la propia demarcación.

\*\*\* Si se tiene en cuenta la propuesta de reducción de los cinco puntos de control actuales de esta masa de agua subterránea a sólo dos, tal como se recoge en la tabla 3.5.18.1.2, la suma de los puntos de control actuales y propuestos no sería 6, sino 3.

**Tabla 8.2.2.1. Síntesis de la propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado químico de las masas de agua subterránea identificadas en la DHCMA**



**Unión Europea**

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



La red de seguimiento -actual- del estado químico de las masas de agua subterránea de la demarcación está constituida por un total de 195 puntos de control (tabla 8.2.2.1). La propuesta de adecuación y mejora de esta red de seguimiento se ha hecho en forma de:

- ✓ Propuestas para la inclusión de nuevos puntos de control en aquellos sectores del acuífero que no están cubiertos por la red de control actual, o bien que requieren de un mayor control dada la existencia de zonas protegidas (aguas destinadas al consumo humano, zonas vulnerables, zonas sensibles) o de masas de agua superficial asociadas (ríos, lagos, aguas de transición). Los puntos de control propuestos se han clasificado en dos clases, prioritarios y no prioritarios, en función de la representatividad de cada uno de ellos para el estricto cumplimiento de las exigencias de la DMA en lo que respecta al diseño de los programas de seguimiento del estado químico de las aguas subterráneas.
- ✓ Propuestas para la exclusión de puntos de control de la red de seguimiento actual. Se trata, en todos los casos, de puntos de control que cumplen alguna de las siguientes condiciones:
  - Situados fuera de los límites de las masas de agua subterránea definidas en la demarcación hidrográfica.
  - Emplazados sobre materiales de baja permeabilidad, sin que exista (de acuerdo con la cartografía geológica y la información de tipo hidrogeológico disponible), posibilidad de captar niveles acuíferos.
  - Escasa representatividad para el seguimiento del estado químico de la masa de agua subterránea, por ejemplo, por emplazarse en una posición marginal respecto al ámbito de la masa de agua.

El resultado de la revisión de la red de seguimiento del estado químico de la DHCMA ha sido la propuesta de inclusión de 79 nuevos puntos de control, distribuidos de la siguiente manera: 34 de ellos se han considerado *prioritarios* y los 45 restantes *no prioritarios*. En el caso de aceptar esta propuesta de adecuación y mejora, la red de seguimiento del estado químico de las aguas subterráneas de la demarcación pasaría a tener 274 puntos de control en lugar de los 195 actuales (tabla 8.2.2.1).

En algunas masas de agua subterránea de la demarcación se recomienda, asimismo, cambiar la asignación de los puntos de seguimiento de un programa de control a otro: del de vigilancia al operativo o al contrario (tabla 8.2.2.1). Esto ha sido necesario en los siguientes casos:

- ✓ Masas de agua subterránea definidas en riesgo tras la caracterización inicial llevada a cabo en 2005 en las que, por tanto, se estableció una red de control operativa pero que, posteriormente, en el Plan Hidrológico de Cuenca han sido definidas en buen estado químico, por lo que ya no requieren de esta red.
- ✓ Masas de agua subterránea definidas en 2005 sin riesgo de incumplir los objetivos de la DMA, en las que se estableció, por tanto, una red de control de vigilancia, pero que, posteriormente, en el Plan Hidrológico de Cuenca se considera que muestran mal estado químico, lo que obliga a la implantación de una red de control operativo.

En la tabla 8.2.2.2 se presenta, por su parte, un resumen de la propuesta de adecuación y mejora de la red de control del *estado cuantitativo* para cada una de las masas de agua subterránea definidas en la DHCMA.

CÓDIGO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA	Nº DE PUNTOS DE CONTROL			
		ACTUAL	PROPUESTOS		ACTUAL+ PROPUESTOS
			Piezométricos	Hidrométricos	
060.001	Cubeta de El Saltador	3	1	0	4
060.002	Sierra de las Estancias	6	(-1)	0	5
060.003	Alto-Medio Almanzora	2	1, (+1)	0	4
060.004	Cubeta de Overa	0	1	0	1
060.005	Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas	2	2	0	4
060.006	Bajo Almanzora	19	0	0	19
060.007	Bédar-Alcornia	0	1	0	1
060.008	Aguas	2	1	0	3
060.009	Campo de Tabernas	1	2	0	3
060.010	Cuenca del Río Nacimiento	5	0	0	5
060.011	Campo de Níjar	6	0	0	6
060.012	Medio-Bajo Andarax	9	0	0	9
060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	24	(+1)	0	25
060.014	Oeste de Sierra de Gádor	14	(-1)	0	13
060.015	Delta del Adra	16	0	0	16
060.016	Albuñol	2	1, (-1)	2	4
060.017	Sierra de Padul Sur	0	1	1	2
060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	12	(+1)	0	13
060.019	Sierra de Escalate	0	1	1	2
060.020	Carchuna-Castell de Ferro	7	1	0	8
060.021	Motril-Salobreña	5	0	0	5
060.022	Río Verde	20	0	0	20
060.023	Depresión de Padul	3	1	0	4
060.024	Sierra Almijara	2	0	0	2
060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	14	0	0	14
060.026	Río Torrox	0	1	0	1
060.027	Río Vélez	25	0	0	25
060.028	Sierra de Gibalto-Arroyo Marín	2	1	1	4
060.029	Sierra de Enmedio-Los Tajos	5	0	0	5



CÓDIGO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA	Nº DE PUNTOS DE CONTROL			
		ACTUAL	PROPUESTOS		ACTUAL+ PROPUESTOS
			Piezométricos	Hidrométricos	
060.030	Sierra de Archidona	3	0	0	3
060.031	Sierra de las Cabras-Camarolos-San Jorge	6	-1, (+1)	0	6
060.032	Torcal de Antequera	2	0	0	2
060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	8	1	1	10
060.034	Fuente de Piedra	4	1	0	5
060.035	Sierras de Teba-Almargen-Campillos	2	2	0	4
060.036	Sierra del Valle de Abdalajís	4	-1	1	4
060.037	Bajo Guadalhorce	26	0	0	26
060.038	Sierra de Mijas	25	0	0	25
060.039	Río Fuengirola	3	2	0	5
060.040	Marbella-Estepona	15	0	0	15
060.041	Sierra de Cañete Sur	2	(-2)	4	4
060.042	Depresión de Ronda	0	2	0	2
060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla	5	(+2)	1	8
060.044	Sierra de Líbar	3	0	0	3
060.045	Sierra de Jarastepar	0	0	1	1
060.046	Sierra de las Nieves-Prieta	10	0	0	10
060.047	Guadiaro-Genal-Hozgarganta	6	0	0	6
060.048	Dolomías de Ronda	1	0	1	2
060.049	Guadarranque-Palmones	12	1, -1	0	12
060.050	Sierra de los Filabres	0	0	2	2
060.051	Macael	0	1	0	1
060.052	Sierra de Almagro	0	1	0	1
060.053	Puerto de la Virgen	0	1	0	1
060.054	Lubrín-El Marchal	0	1	0	1
060.055	Sierra Alhamilla	0	0	1	1
060.056	Sierra del Cabo de Gata	0	1	0	1
060.057	Laderas Meridionales de Sierra Nevada	0	0	2	2
060.058	Depresión de Ugijar	0	2	0	2



Unión Europea

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



CÓDIGO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA	Nº DE PUNTOS DE CONTROL			
		ACTUAL	PROPUESTOS		ACTUAL+ PROPUESTOS
			Piezométricos	Hidrométricos	
060.059	La Contraviesa Oriental	0	0	1	1
060.060	La Contraviesa Occidental	0	0	1	1
060.061	Sierra de Albuñuelas	3	0	0	3
060.062	Sierra de Las Guájaras	2	0	1	3
060.063	Sierra Alberquillas	5	1	0	6
060.064	Sierra Tejada	1	0	1	2
060.065	Metapelitas de Sierras Tejada-Almijara	0	2	0	2
060.066	Corredor Villanueva de la Concepción Periana	1	-1	1	1
060.067	Sierra Blanca	19	0	0	19
<b>TOTAL</b>		<b>374</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>430</b>

**Tabla 8.2.2.2. Síntesis de la propuesta de adecuación y mejora de la red de control del estado cuantitativo de las masas de agua subterránea identificadas en la DHCMA**

La red de seguimiento -actual- del estado cuantitativo de las masas de agua subterránea de la demarcación está constituida por un total de 374 puntos de control (tabla 8.2.2.2). La propuesta de mejora y adecuación de esta red ha consistido en la inclusión de 32 nuevos sondeos (puntos de control piezométrico) y 24 nuevos puntos de control hidrométrico (23 manantiales y una estación de aforo), de modo que el número total de puntos para el control del estado cuantitativo de las aguas subterráneas pasaría a ser de 430 (tabla 8.2.2.2).

### 8.2.3. ESTIMACIÓN DE BALANCES HIDROLÓGICOS EN MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA DE NATURALEZA DETRÍTICA, MIXTA Y CARBONATADA

Se han estimado las diferentes componentes del balance hidrológico (entradas y salidas) en las 67 masas de agua subterránea definidas en la DHCMA: 29 de naturaleza detrítica, 27 de naturaleza carbonatada y el resto, 11 masas, de naturaleza mixta. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 8.2.3.1.

Las componentes de entrada consideradas han sido la *infiltración del agua de lluvia*, la *infiltración de la escorrentía superficial*, la *recarga lateral* procedente de acuíferos adyacentes, los *retornos de regadío* y *otros* (en esta última categoría se han incluido las componentes de entrada que no corresponden a ninguna de las anteriores). Por lo que respecta a las salidas, las componentes consideradas han sido los *bombes* de agua en pozos y sondeos, las salidas por *manantiales*, las *descargas directas hacia cauces* de agua superficial (ríos y arroyos) o el *mar*, las *descargas laterales* hacia masas de agua subterráneas adyacentes y *otros*, en el que, al igual que antes, se han incluido aquellas componentes de salida que no corresponden a ninguna de las anteriores.

En ocho masas de agua subterránea de naturaleza detrítica y mixta, el valor de recarga por infiltración del agua de lluvia obtenido a partir de los datos suministrados por el modelo SIMPA(2) difiere de

manera notable respecto a las estimaciones derivadas de estudios previos; en seis de ellas, los valores aportados por el modelo SIMPA(2) se consideran por defecto, y en las otras dos, por exceso. En estas masas de agua, enumeradas en la tabla 8.2.3.2, se han considerado más coherentes con el comportamiento hidrogeológico de la masa los valores de recarga por infiltración del agua de lluvia obtenidos en trabajos previos y por tanto, para la estimación del balance hidrológico, se han empleado estos datos.

CÓDIGO	NOMBRE	NATURALEZA	Valor SIMPA(2) (hm <sup>3</sup> /año)	Valor bibliográfico (hm <sup>3</sup> /año)
060.004	CUBETA DE OVERA	Detrítica	0,3	0,5
060.006	BAJO ALMANZORA	Detrítica	0,3	0,5
060.011	CAMPO DE NÍJAR	Detrítica	2,4	10
060.026	RÍO TORROX	Detrítica	0,05	0,2
060.033	LLANOS DE ANTEQUERA-VEGA DE ARCHIDONA	Mixta	14,9	23
060.035	SIERRAS DE TEBA-ALMARGEN-CAMPILLOS	Mixta	2,4	1,2
060.039	RÍO FUENGIROLA	Detrítica	1,0	1,8
060.042	DEPRESIÓN DE RONDA	Detrítica	10,8	5

**Tabla 8.2.3.2. Masas de agua subterránea de naturaleza detrítica y mixta (sector detrítico) en las que la recarga por infiltración del agua de lluvia obtenida a partir de datos SIMPA(2), se considera infra/sobre-dimensionada**

Por otra parte, se han identificado seis masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada y mixta (sector carbonatado), en las que el valor de precipitación media empleado para el cálculo de la recarga por infiltración del agua de lluvia mediante el método APLIS, no ha sido el proporcionado por el modelo SIMPA(2), al considerarse más coherente con la realidad el dato de precipitación media recogido en los atlas hidrogeológicos de las provincias de Málaga (IGME-DPM, 2007) y Cádiz (IGME-Diputación de Cádiz, 2005). En la tabla 8.2.3.2 se muestran los valores de precipitación media suministrados por el modelo SIMPA(2), frente a los valores extraídos de los atlas hidrogeológicos para estas masas de agua.

CÓDIGO	NOMBRE	NATURALEZA	Valor SIMPA(2) (mm/año)	Valor bibliográfico (mm/año)
060.024	SIERRA ALMIJARA	Carbonatada	629	750
060.036	SIERRA DEL VALLE DE ABDALAJÍS	Mixta	466	591
060.043	SIERRA HIDALGA-MERINOS-BLANQUILLA	Carbonatada	736	650
060.044	SIERRA DE LÍBAR	Carbonatada	1.077	1.313
060.063	SIERRA ALBERQUILLAS	Carbonatada	552	750
060.064	SIERRA TEJEDA	Carbonatada	746	900

**Tabla 8.2.3.3. Valores de precipitación aportados por el modelo SIMPA(2), frente a los valores recogidos en los atlas hidrogeológicos de las provincias de Málaga y Cádiz**



**Unión Europea**

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



Una vez estimado el balance hídrico de las distintas masas identificadas en la demarcación, se ha procedido a calcular el *recurso disponible* y el *índice de explotación* para cada masa, cuyos resultados se presentan en la tabla 8.2.3.4.

Según dispone la Orden ARM/2656/2008, el recurso disponible de aguas subterráneas se define como el valor medio interanual de la tasa de recarga total de la masa de agua subterránea, menos el flujo interanual medio requerido para conseguir los objetivos de calidad ecológica para el agua superficial asociada, para evitar cualquier disminución significativa en el estado ecológico de tales aguas y cualquier daño significativo a los ecosistemas terrestres asociados. En la práctica, como norma general, se ha asumido que el recurso disponible equivale al 80% del valor de la recarga.

No obstante, en determinadas masas de agua subterránea se ha modificado este porcentaje a la hora de calcular el recurso disponible, puesto que:

- En masas de agua subterránea costeras se ha considerado que un porcentaje de recursos disponibles superior al 70%, podría inducir procesos de intrusión marina por sobreexplotación en determinados sectores próximos a la costa.
- En otros casos, el valor de los recursos disponibles se ha ajustado de forma coherente con el funcionamiento hidrogeológico de determinadas masas de agua subterránea, en las que se ha constatado la presencia de flujos subterráneos y transferencias laterales hacia otras masas o bien, debido a la presencia de masas de agua superficiales o ecosistemas terrestres dependientes de los recursos subterráneos de la masa. En este caso, el valor del recurso disponible estimado depende del comportamiento hidráulico de cada masa en particular; por ejemplo:
  - ✓ 060.032. Torcal de Antequera: El principal punto de descarga que presenta el acuífero del Torcal de Antequera, el manantial de la Villa, constituye, a su vez, la principal fuente de alimentación de la masa de agua superficial de La Villa. Por tanto, un régimen de explotación de la masa de agua subterránea que suponga una disminución significativa del caudal del manantial, podría ocasionar un deterioro en el estado de la masa de agua superficial asociada. Por este motivo, se ha considerado oportuno disminuir el volumen de recursos disponibles en esta masa de agua subterránea, los cuales se han valorado en un 60% de la recarga total.
  - ✓ 060.034. Fuente de Piedra: La laguna de Fuente de Piedra recibe parte de sus recursos hídricos a partir de flujos subterráneos. Por tanto, una explotación excesiva de los recursos subterráneos de esta masa podría ocasionar una disminución de los aportes hacia el humedal. Por este motivo, para esta masa en concreto, se propone un valor de recursos disponibles equivalente al 50% de la recarga media anual.

Una vez estimados los recursos disponibles para cada masa de agua subterránea, se ha calculado el *índice de extracción*, el cual viene definido como el porcentaje de extracción respecto al volumen de recursos disponibles (tabla 8.2.3.4). Finalmente, en la tabla 8.2.3.5 se recogen aquellas masas de agua subterránea en las que una de las componentes del balance corresponde a la recarga lateral (entrada de agua) o descarga lateral (salida), indicando las masas de agua subterránea de las que proceden o hacia las que se dirigen los volúmenes de agua asignados a cada una de estas componentes del balance hídrico en la tabla 8.2.3.1.



Unión Europea

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



Código	Nombre de la masa	Naturaleza	ENTRADAS (hm <sup>3</sup> /año)					SALIDAS (hm <sup>3</sup> /año)					TOTAL	
			Infiltr. Lluvia	Infiltración Escorrentia	Recarga lateral	Retornos regadío	Otros	TOTAL	Bombeos	Manantiales	Ríos, arroyos y mar	Descarga lateral		Otros
060.001	Cubeta de El Saltador	Detrítica	0,8	1	0,6	0,6	-	3	-	-	-	-	-	3
060.002	Sierra de las Estancias	Carbonatada	26,1	2	-	0,5	-	28,6	S/D	-	S/D	-	-	28,6
060.003	Alto-Medio Almazora	Detrítica	6,6	7	-	2,2	-	15,8	1,8	-	0,7	-	-	15,8
060.004	Cubeta de Overa	Detrítica	0,5	7	-	0,1	-	7,6	-	4,1	0,5	-	-	7,6
060.005	Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Rio Antas	Detrítica	0,8	1	0,5	2,3	-	4,6	-	-	-	-	-	5
060.006	Bajo Almazora	Detrítica	0,5	1,2	-	1,8	-	3,5	-	-	-	-	-	4,5
060.007	Bédar-Alcornia	Carbonatada	2	1	-	-	-	3	-	-	-	-	-	3
060.008	Aguas	Detrítica	4,6	1,5	1,5	2,6	-	10,2	12,5	-	-	-	-	12,5
060.009	Campo de Tabernas	Detrítica	0,7	3	-	0,1	-	3,8	1,8	-	2	-	-	3,8
060.010	Cuenca del río Nacimiento	Detrítica	2	11,5	-	0,6	-	14,1	6,1	8	-	-	-	14,1
060.011	Campo de Níjar	Detrítica	10	5,5	-	2,2	-	17,7	28	-	-	-	-	29
060.012	Medio-Bajo Andarax	Mixta	6,7	12	5	1,7	-	25,4	14,5	9	1 <sup>1</sup>	-	-	25,4
060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	Mixta	92,3	26	-	3,6	-	121,9	130	4,5	5,5	-	-	146
060.014	Oeste de Sierra de Gádor	Carbonatada	31,7	12	-	0,3	-	44	10	34	-	-	-	44
060.015	Delta del Adra	Mixta	2,1	15	-	1,1	-	18,2	7,2	1,5	6,5	-	3 <sup>3</sup>	18,2
060.016	Albuñol	Mixta	3,2	1,5	4,5	0,5	-	9,7	4,2	2,6	2,9	-	-	9,7
060.017	Sierra de Padul Sur	Carbonatada	8,7	-	6,5	0,1	-	15,3	0,5	-	14,8	-	-	15,3
060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalejo	Carbonatada	29,8	13	-	0,9	-	43,7	3	13,5	22,7	-	-	43,7
060.019	Sierra de Escalate	Carbonatada	2,8	3,5	-	0,1	-	6,4	2	-	-	-	-	6,4
060.020	Carchuna-Castell de Ferro	Mixta	3,2	3,5	-	1	-	7,7	6	-	1,7	-	-	7,7
060.021	Motril-Salobreña	Detrítica	1,2	35	6	2,5	8 <sup>2</sup>	52,7	13	5	34,7	-	-	52,7
060.022	Río Verde	Detrítica	0,1	14	-	-	-	14,1	13	-	1,1	-	-	14,1
060.023	Depresión de Padul	Detrítica	3,7	-	24	0,7	-	28,4	1	-	20	-	7,4 <sup>3</sup>	28,4
060.024	Sierra Almirajara	Carbonatada	22,2	-	-	-	-	22,2	0,5	-	21,7	-	-	22,2
060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	Carbonatada	44,3	5	-	2,9	-	52,2	12	12	-	-	28,2	52,2
060.026	Río Torrox	Detrítica	0,2	0,5	-	-	-	0,7	0,3	-	0,4	-	-	0,7
060.027	Río Vélez	Detrítica	1,6	20	-	2,2	-	23,8	21	-	2,8	-	-	23,8
060.028	Sierra de Gibalto-Arroyo Marín	Mixta	3,2	-	-	0,1	-	3,3	1,5	0,8	1	-	-	3,3
060.029	Sierra de Enmedio-Los Tajos	Carbonatada	6,9	-	-	-	-	6,9	1	5,9	-	-	-	6,9
060.030	Sierra de Archidona	Carbonatada	1,2	-	-	-	-	1,2	1	0,2	-	-	-	1,2
060.031	Sierra de las Cabras-Camarolos-San Jorge	Carbonatada	17	-	-	-	-	17	0,4	16,6	-	-	-	17
060.032	Torcal de Antequera	Carbonatada	9,6	-	-	-	-	9,6	4,5	5,1	-	-	-	9,6
060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	Mixta	23,6	10	-	7,8	-	41,4	33,5	-	7,9	-	-	41,4
060.034	Fuente de Piedra	Mixta	6,5	-	-	0,3	-	6,8	4,3	-	-	-	2,5 <sup>5</sup>	6,8
060.035	Sieras de Teba-Almargen-Campillos	Mixta	3,2	0,5	0,5	0,1	-	4,3	1,2	2,5	0,6	-	-	4,3
060.036	Sierra del Valle de Abdalajís	Mixta	7,9	-	-	-	-	7,9	0,4	-	6	-	1,5 <sup>6</sup>	7,9
060.037	Bajo Guadilhorce	Detrítica	26,1	15	10	1,4	-	52,5	31,5	-	21	-	-	52,5



Unión Europea

Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Código	Nombre de la masa	Naturaleza	ENTRADAS (hm <sup>3</sup> /año)				SALIDAS (hm <sup>3</sup> /año)				TOTAL	
			Infiltración Escorrentía	Recarga lateral	Retornos regadío	Otros	TOTAL	Bombeos	Manantiales	Ríos, arroyos y mar		Descarga lateral
060.038	Sierra de Mijas	Carbonatada	24	-	-	-	24	35	-	-	-	35
060.039	Rio Fuengirola	Detritica	1,8	8	0,4	-	10,2	7	-	3,2	-	10,2
060.040	Marbella-Estepona	Detritica	9,7	18	0,3	0,2 <sup>4</sup>	28,2	21,5	2,5	4,2	-	28,2
060.041	Sierra de Cañete Sur	Carbonatada	7	-	-	-	7	2,5	2,2	-	2,3	7
060.042	Depresión de Ronda	Detritica	5	-	0,1	-	12,1	4,5	-	7,6	-	12,1
060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla	Carbonatada	29,8	-	-	-	29,8	0,1	22	-	7,7	29,8
060.044	Sierra de Líbar	Carbonatada	24,6	36,7	-	-	99,3	0,5	98,8	-	-	99,3
060.045	Sierra de Jarastepar	Carbonatada	18,7	-	-	-	18,7	-	8	10,7	-	18,7
060.046	Sierra de las Nieves-Prieta	Carbonatada	76,8	-	0,3	-	77,1	1	76,1	-	-	77,1
060.047	Guadiaro-Genal-Hozgarganta	Detritica	17,2	7	1,4	-	25,6	8,4	3,2	14	-	25,6
060.048	Dolomías de Ronda	Carbonatada	6,4	S/D	-	-	>6,4	3	-	>3,4	-	>6,4
060.049	Guadarranque-Palmones	Detritica	12,4	2	1,1	-	15,5	1	-	14,5	-	15,5
060.050	Sierra de los Filabres	Carbonatada	12,1	-	-	-	12,1	0,3	S/D	-	S/D	12,1
060.051	Macael	Carbonatada	3,4	1	-	-	4,4	1,5	2,9	-	-	4,4
060.052	Sierra de Almagro	Carbonatada	2	-	-	-	2	-	-	2	-	2
060.053	Puerto de la Virgen	Detritica	1	-	-	-	1	1	-	-	-	1
060.054	Lubrin-El Marchal	Detritica	0,3	-	-	-	0,3	0,3	-	-	-	0,3
060.055	Sierra Alhamilla	Carbonatada	6,6	-	-	-	6,6	S/D	S/D	-	S/D	6,6
060.056	Sierra del Cabo de Gata	Detritica	0,8	-	-	-	0,8	S/D	S/D	S/D	-	0,8
060.057	Laderas Meridionales de Sierra Nevada	Detritica	5,6	-	-	-	5,6	5,6	-	-	-	5,6
060.058	Depresión de Ugijar	Detritica	3,4	S/D	-	-	3,4	S/D	S/D	S/D	-	3,4
060.059	La Contraviesa Oriental	Detritica	0,3	-	-	-	0,3	0,3	-	-	-	0,3
060.060	La Contraviesa Occidental	Detritica	1,6	-	-	-	1,6	1,6	-	-	-	1,6
060.061	Sierra de Albuñuelas	Mixta	28,2	-	0,1	-	28,3	1,5	16	-	10,8	28,3
060.062	Sierra de los Guajares	Carbonatada	36,1	-	0,3	-	36,4	<1	-	36	-	36,4
060.063	Sierra Alberquillas	Carbonatada	23,7	-	0,2	-	>23,9	15	>8,9	-	-	>23,9
060.064	Sierra Tejeda	Carbonatada	20,7	-	-	-	20,7	0,5	15,6	-	4,6	20,7
060.065	Metapilitas de Sierras Tejeda-Almijara	Detritica	6,2	-	0,4	-	6,6	6,6	-	-	-	6,6
060.066	Corredor Villanueva de la Concepción-Perliana	Detritica	3,5	-	-	-	3,5	0,8	S/D	S/D	-	3,5
060.067	Sierra Blanca	Carbonatada	31,1	-	-	-	31,1	5	26,1	-	-	31,1

- 1: Incluye la evaporación en las salinas  
 2: Infiltración de escorrentía alóctona  
 3: Evapotranspiración  
 4: Recarga artificial  
 5: Laguna  
 6: Túneles del AVE  
 S/D: Sin datos

Tabla 8.2.3.1. Balance hidrológico estimado para las masas de agua subterránea identificadas en la DHCMA

CÓDIGO	NOMBRE	RECARGA (hm <sup>3</sup> /año)	VOLUMEN EXTRAÍDO (hm <sup>3</sup> /año)	RECURSOS DISPONIBLES (hm <sup>3</sup> /año)	ÍNDICE DE EXPLOTACIÓN (%)
060.001	Cubeta de El Saltador	3	3	2,4	125%
060.002	Sierra de las Estancias	28,6	6,5	22,9	28%
060.003	Alto-Medio Almazora	15,8	13,3	12,6	105%
060.004	Cubeta de Overa	7,6	3	6,1	49%
060.005	Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas	4,6	5	3,2	155%
060.006	Bajo Almazora	3,5	4,5	2,5	184%
060.007	Bédar-Alcornia	3	3	2,4	125%
060.008	Aguas	10,2	12,5	7,1	175%
060.009	Campo de Tabernas	3,8	1,8	3,0	59%
060.010	Cuenca del río Nacimiento	14,1	6,1	11,3	54%
060.011	Campo de Níjar	17,7	28	12,4	226%
060.012	Medio-Bajo Andarax	25,4	14,5	17,8	82%
060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	121,9	130	85,3	152%
060.014	Oeste de Sierra de Gádor	44	10	35,2	28%
060.015	Delta del Adra	18,2	7,2	12,7	57%
060.016	Albuñol	9,7	4,2	6,8	62%
060.017	Sierra de Padul Sur	15,3	0,5	12,2	4%
060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	43,7	3	35,0	9%
060.019	Sierra de Escalate	6,4	2	5,1	39%
060.020	Carchuna-Castell de Ferro	7,7	6	5,4	111%
060.021	Motril-Salobreña	52,7	13	36,9	35%
060.022	Río Verde	14,1	13	9,9	132%
060.023	Depresión de Padul	28,4	1	22,7	4%
060.024	Sierra Almijara	22,2	0,5	17,8	3%
060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	52,2	12	41,8	29%
060.026	Río Torrox	0,7	0,3	0,5	61%
060.027	Río Vélez	23,8	21	16,7	126%
060.028	Sierra de Gibalto-Arroyo Marín	3,3	1,5	2,6	57%



**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



CÓDIGO	NOMBRE	RECARGA (hm <sup>3</sup> /año)	VOLUMEN EXTRAÍDO (hm <sup>3</sup> /año)	RECURSOS DISPONIBLES (hm <sup>3</sup> /año)	ÍNDICE DE EXPLOTACIÓN (%)
060.029	Sierra de Enmedio-Los Tajos	6,9	1	5,5	18%
060.030	Sierra de Archidona	1,2	1	1,0	104%
060.031	Sierra de las Cabras-Camarolos-San Jorge	17	0,4	13,6	3%
060.032	Torcal de Antequera	9,6	4,5	5,8	78%
060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	41,4	33,5	33,1	101%
060.034	Fuente de Piedra	6,8	4,3	3,4	126%
060.035	Sierras de Teba-Almargen-Campillos	4,3	1,2	3,4	35%
060.036	Sierra del Valle de Abdalajís	7,9	0,4	6,3	6%
060.037	Bajo Guadalhorce	52,5	31,5	36,8	86%
060.038	Sierra de Mijas	24	35	19,2	182%
060.039	Río Fuengirola	10,2	7	7,1	98%
060.040	Marbella-Estepona	28,2	21,5	19,7	109%
060.041	Sierra de Cañete Sur	7	2,5	5,6	45%
060.042	Depresión de Ronda	12,1	4,5	9,7	46%
060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla	29,8	0,1	23,8	0%
060.044	Sierra de Líbar	99,3	0,5	79,4	1%
060.045	Sierra de Jarastepar	18,7	-	15,0	0%
060.046	Sierra de las Nieves-Prieta	77,1	1	61,7	2%
060.047	Guadiaro-Genal-Hozgarganta	25,6	8,4	17,9	47%
060.048	Dolomías de Ronda	>6,4	3	>5,1	<59%
060.049	Guadarranque-Palmones	15,5	1	10,9	9%
060.050	Sierra de los Filabres	12,1	0,3	9,7	3%
060.051	Macael	4,4	1,5	3,5	43%
060.052	Sierra de Almagro	2,0	-	1,6	0%
060.053	Puerto de la Virgen	1	S/D	0,8	S/D
060.054	Lubrín-El Marchal	0,3	S/D	0,2	S/D
060.055	Sierra Alhamilla	6,6	S/D	5,3	S/D
060.056	Sierra del Cabo de Gata	0,8	S/D	0,6	S/D



Unión Europea

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



CÓDIGO	NOMBRE	RECARGA (hm <sup>3</sup> /año)	VOLUMEN EXTRAÍDO (hm <sup>3</sup> /año)	RECURSOS DISPONIBLES (hm <sup>3</sup> /año)	ÍNDICE DE EXPLOTACIÓN (%)
060.057	Laderas Meridionales de Sierra Nevada	5,6	S/D	4,5	S/D
060.058	Depresión de Ugíjar	≥3,4	S/D	≥2,7	S/D
060.059	La Contraviesa Oriental	0,3	S/D	0,2	S/D
060.060	La Contraviesa Occidental	1,6	S/D	1,3	S/D
060.061	Sierra de Albuñuelas	28,3	1,5	22,6	7%
060.062	Sierra de las Guájaras	36,4	<1	29,1	3%
060.063	Sierra Alberquillas	>23,9	15	>16,7	<90%
060.064	Sierra Tejeda	20,7	0,5	16,6	3%
060.065	Metapelitas de Sierras Tejeda-Almijara	6,6	S/D	5,3	S/D
060.066	Corredor Villanueva de la Concepción-Periana	3,5	0,8	2,8	29%
060.067	Sierra Blanca	31,1	5	24,9	20%

--: Valor próximo a cero

**Tabla 8.2.3.4. Estimación de los recursos disponibles e índice de explotación, en las masas de agua subterránea identificadas en la DHCMa**

MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA (DHCMa)		RECARGA LATERAL		DESCARGA LATERAL	
CÓDIGO	NOMBRE	VALOR MEDIO (hm <sup>3</sup> /año)	MASA AGUA SUBTERRÁNEA	VALOR MEDIO (hm <sup>3</sup> /año)	MASA AGUA SUBTERRÁNEA
060.001	Cubeta de El Saltador	0,6	070.060 Las Norias (DH del Segura)	-	-
060.003	Alto-Medio Almanzora	0-7	060.002 Sierra de las Estancias, 060.050 Sierra de los Filabres y 060.051 Macael	0,7	060.004 Cubeta de Overa
060.004	Cubeta de Overa	0-7	060.003 Alto Medio Almanzora	0,5	060.005 Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas
060.005	Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas	0,5	060.004 Cubeta de Overa	-	-
060.008	Aguas	1,5	060.009 Campo de Tabernas	-	-
060.009	Campo de Tabernas	-	-	2	060.008 Aguas



**Unión Europea**

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA (DHCMA)		RECARGA LATERAL		DESCARGA LATERAL	
CÓDIGO	NOMBRE	VALOR MEDIO (hm <sup>3</sup> /año)	MASA AGUA SUBTERRÁNEA	VALOR MEDIO (hm <sup>3</sup> /año)	MASA AGUA SUBTERRÁNEA
060.012	Medio-Bajo Andarax	5	060.013 Campo de Dalías-Sierra de Gádor	-	-
060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	-	-	6	060.012 Medio-Bajo Andarax
060.016	Albuñol	4,5	Probablemente de la masa de agua 060.018 Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	-	-
060.017	Sierra de Padul Sur	6,5	05.65 Sierra de Padul (DH del Guadalquivir)	0-14,8	060.023 Depresión de Padul
060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	-	-	4,5	Probablemente hacia la masa de agua 060.016 Albuñol
060.019	Sierra de Escalate	-	-	4,4	060.021 Motril-Salobreña
060.021	Motril-Salobreña	6	060.019 Sierra de Escalate	-	-
060.023	Depresión de Padul	24	060.017 Sierra de Padul Sur y 060.061 Sierra de Albuñuelas	-	-
060.024	Sierra Almirajara	-	-	0-21,7	060.063 Sierra Alberquillas
060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	-	-	28,2	05.40 Sierra Gorda-Zafarraya (DH del Guadalquivir)
060.035	Sierras de Teba-Almargen-Campillos	0,5	Probablemente del afloramiento carbonatado de La Lentejuela	-	-
060.037	Bajo Guadalhorce	10	Acuíferos detríticos colindantes y masa de agua subterránea 060.038 Sierra de Mijas (sólo en los años más húmedos)	-	-
060.041	Sierra de Cañete Sur	-	-	2,3	060.035 Sierras de Teba-Almargen-Campillos y 05.72 Sierra de Cañete (DH del Guadalquivir)
060.042	Depresión de Ronda	7	060.043 Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla y 060.048 Dolomías de Ronda	-	-
060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla	-	-	7,7	060.042 Depresión de Ronda



MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA (DHCMA)		RECARGA LATERAL		DESCARGA LATERAL	
CÓDIGO	NOMBRE	VALOR MEDIO (hm <sup>3</sup> /año)	MASA AGUA SUBTERRÁNEA	VALOR MEDIO (hm <sup>3</sup> /año)	MASA AGUA SUBTERRÁNEA
060.044	Sierra de Líbar	38	062.002 Sierra de Líbar (DH del Guadalete y Barbate)	-	-
060.050	Sierra de los Filabres	-	-	S/D	060.003 Alto-Medio Almazora
060.052	Sierra de Almagro	-	-	0-2	060.001 Cubeta de El Saltador y 070.062 Sierra de Almagro (DH del Segura)
060.055	Sierra Alhamilla	-	-	S/D	060.009 Campo de Tabernas, 060.011 Campo de Níjar y 060.012 Medio-Bajo Andarax
060.058	Depresión de Ugíjar	S/D	060.014 Oeste de Sierra de Gádor	-	-
060.061	Sierra de Albuñuelas	-	-	10,8	060.023 Depresión de Padul y 05.42 Tejeda-Almijara-Las Guájaras (DH del Guadalquivir)
060.062	Sierra de las Guájaras	-	-	0-36	Se desconoce el destino de esta transferencia lateral
060.063	Sierra Alberquillas	S/D	060.024 Sierra Almijara	-	-
060.064	Sierra Tejeda	-	-	4,6	05.42 Tejeda-Almijara-Las Guájaras (DH del Guadalquivir)

DH: Demarcación Hidrográfica

**Tabla 8.2.3.5. Masas de agua subterránea identificadas en la DHCMA en cuyo balance hídrico se considera una componente de recarga o descarga lateral, e identificación de las masas de agua subterránea de las que proceden o hacia las que se dirigen dichas transferencias laterales**

#### 8.2.4. CARTOGRAFÍA DE VULNERABILIDAD NATURAL A LA CONTAMINACIÓN EN MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA DE NATURALEZA DETRÍTICA, MIXTA Y CARBONATADA

En la tabla 8.2.4.1 se muestra la distribución de la superficie de cada masa de agua subterránea en función de la clase de vulnerabilidad a la que ha sido asignada, expresada tanto en extensión (km<sup>2</sup>) como en porcentaje.

Código	Nombre	Tipo	Superficie (km <sup>2</sup> )					Superficie (%)					Total (km <sup>2</sup> )*
			MA	A	M	B	MB	MA	A	M	B	MB	
060.001	CUBETA DE EL SALTADOR	D	0,00	0,13	11,46	101,39	31,95	0,00	0,09	7,91	69,96	22,05	145,0



Unión Europea

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



Código	Nombre	Tipo	Superficie (km <sup>2</sup> )					Superficie (%)					Total (km <sup>2</sup> )*
			MA	A	M	B	MB	MA	A	M	B	MB	
060.002	SIERRA DE LAS ESTANCIAS	C	0,01	9,99	124,47	113,63	128,8	0,002	2,65	33,02	30,15	34,17	376,9
060.003	ALTO-MEDIO ALMANZORA	D	0,00	17,48	37,4	365,59	184,54	0,00	2,89	6,18	60,43	30,5	605,1
060.004	CUBETA DE OVERA	D	0,00	0,52	3,73	31,38	15,66	0,00	1,01	7,27	61,19	30,53	53,0
060.005	CUBETA DE BALLABONA-SIERRA LISBONA-RÍO ANTAS	D	0,00	9,19	20,73	77,06	45,05	0,00	6,05	13,64	50,68	29,63	152,2
060.006	BAJO ALMANZORA	D	0,00	3,81	18,43	18,76	5,75	0,00	8,15	39,42	40,12	12,3	49,6
060.007	BÉDAR-ALCORNIA	C	0,00	0,001	8,51	7,92	3,67	0,00	0,002	42,33	39,4	18,27	20,1
060.008	AGUAS	D	0,00	5,44	27,02	205,88	201,46	0,00	1,24	6,14	46,81	45,81	440,1
060.009	CAMPO DE TABERNAS	D	0,00	0,55	26,92	90,36	47,41	0,00	0,33	16,29	54,69	28,69	165,2
060.010	CUENCA DEL RÍO NACIMIENTO	D	0,00	5,32	17,66	132,4	50,13	0,00	2,59	8,59	64,42	24,39	205,5
060.011	CAMPO DE NÚJAR	D	0,00	7,98	27,41	437,87	105,77	0,00	1,38	4,73	75,62	18,27	582,5
060.012	MEDIO-BAJO ANDARAX	M	0,00	12,9	59	216,93	145,02	0,00	2,97	13,6	50	33,43	433,3
060.013	CAMPO DE DALÍAS-SIERRA DE GÁDOR	M	0,19	28,48	322,15	575,74	100,97	0,02	2,77	31,35	56,03	9,83	1.037,5
060.014	OESTE DE SIERRA DE GÁDOR	C	0,09	6,16	110,11	121,08	39,7	0,03	2,22	39,73	43,69	14,32	278,5
060.015	DELTA DEL ADRA	M	0,01	6,88	17,64	20,78	3,46	0,03	14,1	36,16	42,61	7,1	49,2
060.016	ALBUÑOL	M	0,18	9,66	9,19	9,72	6,14	0,52	27,69	26,34	27,85	17,6	34,9
060.017	SIERRA DE PADUL SUR	C	0,00	5,08	27,32	8,3	3,06	0,00	11,61	62,43	18,97	6,99	43,8
060.018	LANJARÓN-SIERRA DE LÚJAR-MEDIO GUADALFE	C	0,24	17,84	122,37	83,89	35,34	0,09	6,87	47,13	32,3	13,61	263,1
060.019	SIERRA DE ESCALATE	C	0,00	4,33	14,14	2,25	0,02	0,00	20,87	68,22	10,83	0,08	20,7
060.020	CARCHUNA-CASTELL DE FERRO	M	0,2	5,53	16,05	4,33	13,19	0,51	14,07	40,84	11,02	33,55	39,3
060.021	MOTRIL-SALOBREÑA	D	0,00	25,6	9,37	10,69	4,35	0,00	51,18	18,74	21,37	8,7	50,0
060.022	RÍO VERDE	D	0,00	1,66	2,41	2,05	2,42	0,00	19,42	28,17	24	28,4	8,5
060.023	DEPRESIÓN DE PADUL	D	0,1	6,72	27,6	13,52	3,49	0,2	13,06	53,66	26,29	6,79	51,8
060.024	SIERRA ALMIJARA	C	12,08	20,89	35,29	1,52	0,23	17,26	29,83	50,4	2,17	0,33	70,0
060.025	SIERRA GORDA-ZAFARRAYA	C	22,61	90,41	9,32	25,19	7,65	14,57	58,26	6,01	16,23	4,93	155,2
060.026	RÍO TORROX	D	0,00	1,48	1,34	1,27	0,39	0,00	32,93	29,85	28,41	8,81	4,5
060.027	RÍO VÉLEZ	D	0,05	15,71	10,16	12,98	3,43	0,12	37,11	24	30,67	8,1	43,3
060.028	SIERRA DE GIBALTO-ARROYO	M	1,26	11,09	12,06	4,92	0,15	4,28	37,62	40,9	16,69	0,51	29,5



Código	Nombre	Tipo	Superficie (km <sup>2</sup> )					Superficie (%)					Total (km <sup>2</sup> )*
			MA	A	M	B	MB	MA	A	M	B	MB	
	MARÍN												
060.029	SIERRA DE ENMEDIO-LOS TAJOS	C	7,55	6,32	6,69	4,61	2,55	27,23	22,81	24,15	16,61	9,2	27,8
060.030	SIERRA DE ARCHIDONA	C	2,55	0,84	0,97	1,25	1,98	33,58	11,04	12,79	16,44	26,14	7,6
060.031	SIERRA DE LAS CABRAS-CAMAROS- SAN JORGE	C	4,38	37,34	14,72	13,22	0,95	6,21	52,88	20,84	18,73	1,34	70,6
060.032	TORCAL DE ANTEQUERA	C	19,88	4,14	0,73	2,83	1,11	69,28	14,44	2,54	9,88	3,86	28,7
060.033	LLANOS DE ANTEQUERA-VEGA DE ARCHIDONA	M	0,00	14,32	173,24	139,62	45,48	0,00	3,84	46,49	37,47	12,2	374,4
060.034	FUENTE DE PIEDRA	M	1,1	8,21	56,27	74,5	10,16	0,73	5,46	37,46	49,58	6,76	164,2
060.035	SIERRAS DE TEBA-ALMARGEN-CAMPILLOS	M	0,83	19,85	36,34	24,11	2,75	0,99	23,67	43,32	28,75	3,28	84,1
060.036	SIERRA DEL VALLE DE ABDALAJÍS	M	17,44	2,25	6,90	16,67	1,45	39,01	5,04	15,43	37,28	3,25	45,2
060.037	BAJO GUADALHORCE	D	14,5	69,8	84,59	139,91	51,29	4,03	19,38	23,49	38,86	14,24	360,6
060.038	SIERRA DE MIJAS	C	2,18	40,26	37,87	14,38	2,24	2,25	41,53	39,06	14,84	2,31	96,9
060.039	RÍO FUENGIROLA	D	0,91	7,79	5,85	5,85	5,4	3,54	30,19	22,65	22,67	20,94	25,8
060.040	MARBELLA-ESTEPONA	D	5,7	25,77	58,55	102,36	31,4	2,55	11,52	26,16	45,74	14,03	224,1
060.041	SIERRA DE CAÑETE SUR	C	4,83	11,31	7,75	9,96	6,26	12,05	28,19	19,33	24,84	15,6	40,1
060.042	DEPRESIÓN DE RONDA	D	0,51	1,42	34,59	81,27	0,03	0,44	1,21	29,36	68,98	0,02	117,8
060.043	SIERRA HIDALGA-MERINOS-BLANQUILLA	C	73,21	11,8	4,22	16,4	34,95	52,08	8,4	3,00	11,66	24,86	140,6
060.044	SIERRA DE LÍBAR	C	16,64	13,3	3,82	16,45	6,49	29,34	23,45	6,74	29,02	11,45	56,7
060.045	SIERRA DE JARASTEPAR	C	20,31	12,72	0,47	9,8	1,03	45,82	28,69	1,07	22,09	2,33	44,3
060.046	SIERRA DE LAS NIEVES- PRIETA	C	57,64	96,4	25,97	33,19	6,66	26,21	43,85	11,81	15,09	3,03	219,9
060.047	GUADIARO-GENAL-HOZGARGANTA	D	19,94	38,56	72,95	101,72	6,08	8,33	16,12	30,49	42,52	2,54	239,9
060.048	DOLOMIAS DE RONDA	C	0,23	11,51	3,05	3,09	0,33	1,27	63,17	16,74	16,98	1,84	18,2
060.049	GUADARRANQUE-PALMONES	D	16,55	21,73	49,52	53,47	0,15	11,71	15,37	35,01	37,81	0,11	141,5
060.050	SIERRA DE LOS FILABRES	C	0,001	1,94	21,8	65,84	40,74	0,0005	1,49	16,73	50,52	31,26	130,3
060.051	MACAEL	C	0,02	2,03	22,39	27,42	0,00	0,04	3,91	43,17	52,88	0,00	51,9
060.052	SIERRA DE	C	0,00	2,23	5,97	15,53	14,44	0,00	5,84	15,63	40,7	37,83	38,4



Código	Nombre	Tipo	Superficie (km <sup>2</sup> )					Superficie (%)					Total (km <sup>2</sup> )*
			MA	A	M	B	MB	MA	A	M	B	MB	
	ALMAGRO												
060.053	PUERTO DE LA VIRGEN	D	0,00	0,00	0,08	0,49	110,06	0,00	0,00	0,07	0,44	99,49	110,6
060.054	LUBRÍN-EL MARCHAL	D	0,00	0,00	0,11	1,76	23,88	0,00	0,00	0,43	6,84	92,73	25,8
060.055	SIERRA ALHAMILLA	C	0,00	0,27	18,96	84,37	106,99	0,00	0,13	9,00	40,06	50,8	210,6
060.056	SIERRA DEL CABO DE GATA	D	0,00	0,61	7,53	160,74	34,28	0,00	0,3	3,71	79,12	16,87	203,2
060.057	LADERAS MERIDIONALES DE SIERRA NEVADA	D	0,00	0,00	2,37	165,27	54,75	0,00	0,00	1,06	74,32	24,62	222,4
060.058	DEPRESIÓN DE UGÚJAR	D	0,00	0,00	1,63	37,42	38,33	0,00	0,00	2,1	48,36	49,54	77,4
060.059	LA CONTRAVIESA ORIENTAL	D	0,00	0,00	0,87	6,53	10,1	0,00	0,00	4,97	37,34	57,69	17,5
060.060	LA CONTRAVIESA OCCIDENTAL	D	0,00	0,00	0,57	32,68	38,01	0,00	0,00	0,8	45,86	53,33	71,3
060.061	SIERRA DE ALBUÑUELAS	M	3,6	42,64	55,6	52,14	29,99	1,95	23,18	30,22	28,34	16,3	185,5
060.062	SIERRA DE LAS GUÁJARAS	C	0,00	5,78	115,77	46,81	11,45	0,00	3,22	64,38	26,03	6,37	179,8
060.063	SIERRA ALBERQUILLAS	C	11,7	38,29	36,24	19,03	11,77	10	32,72	30,97	16,26	10,06	117,0
060.064	SIERRA TEJEDA	C	2,86	15,09	37,72	10,4	1,34	4,24	22,39	55,95	15,43	1,99	67,4
060.065	METAPELITAS DE SIERRAS TEJEDA-ALMIJARA	D	0,00	0,31	6,47	183,86	185,56	0,00	0,08	1,72	48,87	49,32	380,3
060.066	CORREDOR VILLANUEVA DE LA CONCEPCIÓN-PERIANA	D	0,00	0,54	40,14	222,6	4,48	0,00	0,2	14,99	83,13	1,67	267,8
060.067	SIERRA BLANCA	C	20,77	46,08	24,8	7,76	1,41	20,6	45,7	24,6	7,7	1,4	100,8
<b>Total</b>			<b>362,87</b>	<b>942,28</b>	<b>2.213,31</b>	<b>4.702,75</b>	<b>2.125,53</b>	<b>3,51</b>	<b>9,11</b>	<b>21,39</b>	<b>45,45</b>	<b>20,54</b>	<b>10.395,2</b>

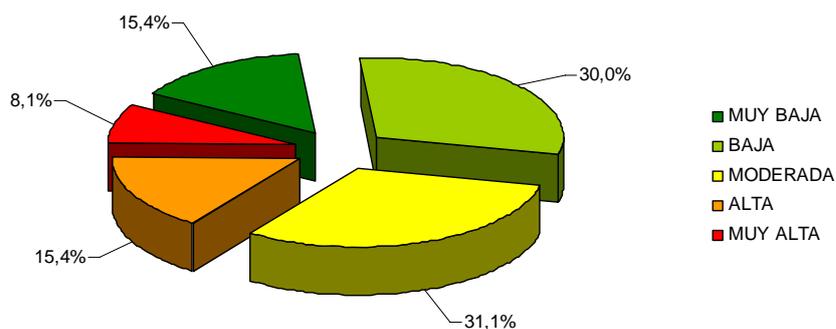
Tipo (o naturaleza de la MASb.): C: Carbonatada; D: Detrítica; M: Mixta

MA: muy alta; A: alta; M: moderada; B: baja; MB: muy baja

(\*) Incluye el área o extensión ocupada por aguas superficiales (lagos, lagunas y embalses)

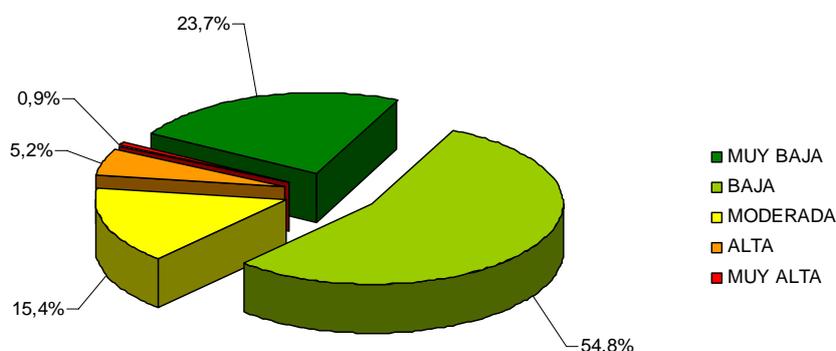
**Tabla 8.2.4.1. Superficie estimada para cada clase de vulnerabilidad, por masa de agua subterránea**

En las masas de agua subterránea de naturaleza *carbonatada* y en el sector carbonatado de las masas mixtas las clases de vulnerabilidad dominantes son las *moderadas* y las *bajas*, ocupando un 31,1% y un 30% respectivamente de la superficie total de estas masas de agua (figura 8.2.4.1). Las clases de vulnerabilidad *alta* y *muy alta*, por su parte, representan en conjunto el 23,5% de la extensión total.



**Figura 8.2.4.1. Distribución areal de las clases de vulnerabilidad natural a la contaminación en masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada**

En las masas de agua subterránea de naturaleza *detrítica* y en el sector detrítico de las masas mixtas las clases de vulnerabilidad dominantes son las *bajas* y *muy bajas*, con unos porcentajes respecto a la extensión total de las masas de agua de un 54,8% y un 23,7%, respectivamente (figura 8.2.4.2). Por el contrario, las clases de vulnerabilidad *alta* y *muy alta* solo representan el 6,1% en estas masas de agua subterránea.



**Figura 8.2.4.2. Distribución areal de las clases de vulnerabilidad natural a la contaminación en masas de agua subterránea de naturaleza detrítica**

En la figura 8.2.4.3 se presenta un mapa de la demarcación con las masas de agua subterránea definidas y la distribución de las clases de vulnerabilidad en el ámbito de cada una de ellas. Se observa que en la mitad occidental de la demarcación las clases de vulnerabilidad *alta* y *muy alta* (tonalidades rojizas) son más frecuentes que en la mitad oriental, en la que predominan principalmente vulnerabilidades *bajas* y *muy bajas* (tonalidades verde-azuladas). Este hecho parece estar relacionado con la distribución espacial de la precipitación en la demarcación, con máximos cercanos a los 2.000 mm/año en su borde occidental y mínimos de 200 mm/año en algunos sectores de la provincia almeriense. Tanto en el método COP como en el DRASTIC (reducido), ambos utilizados para la elaboración de la cartografía de vulnerabilidad natural a la contaminación, valores bajos de precipitación como los registrados en el tercio oriental de la demarcación conllevan una vulnerabilidad menor, puesto que el agente que moviliza el contaminante desde la superficie hacia la zona saturada del acuífero, esto es, el agua de lluvia, presenta tasas muy bajas.

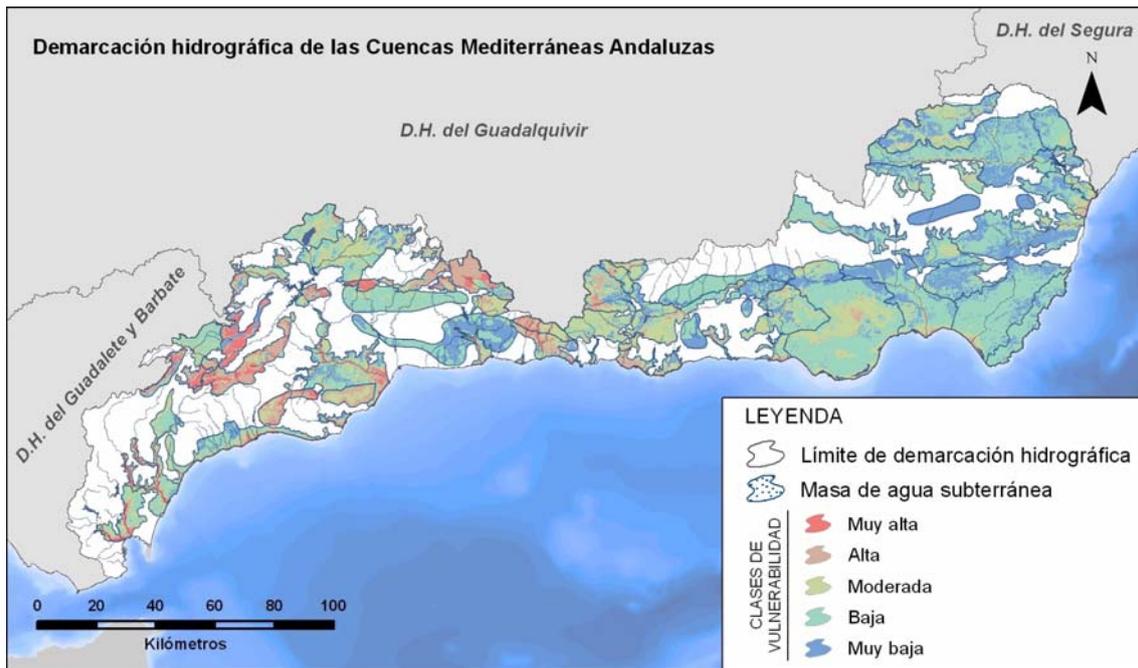
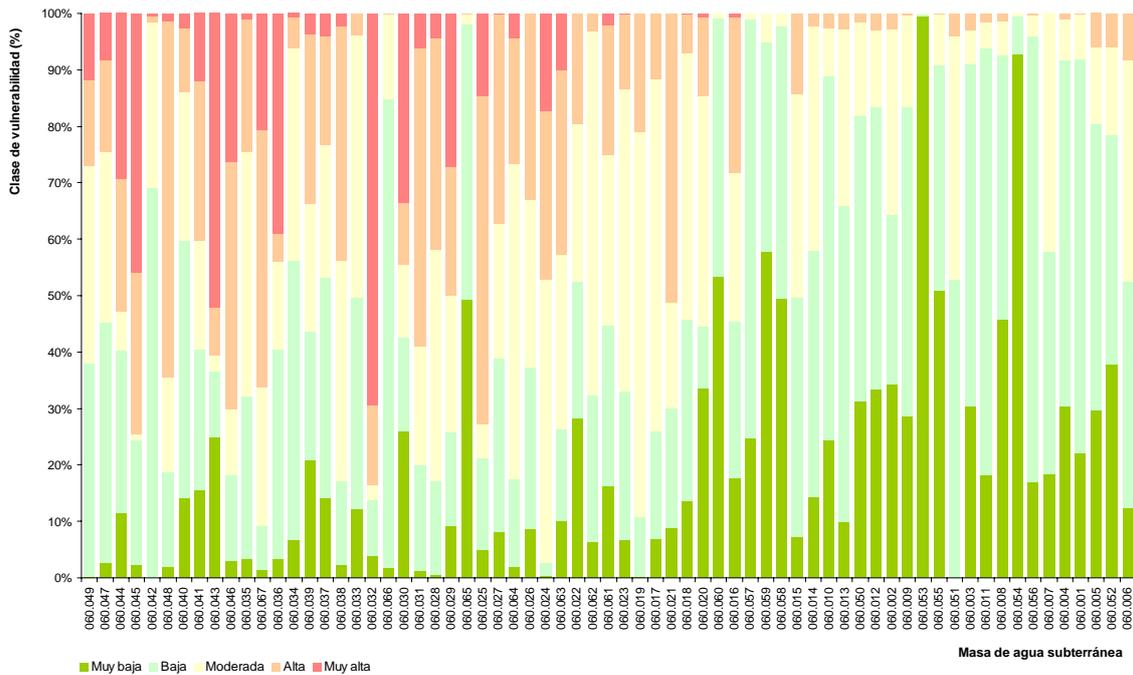


Figura 8.2.4.3. Cartografía de vulnerabilidad natural a la contaminación en el ámbito de la DHCMA

En la figura 8.2.4.4 se ilustra gráficamente la relación entre la distribución espacial de la precipitación registrada en el ámbito de la DHCMA y las clases de vulnerabilidad más frecuentes: en el eje de abscisas se ha representado la coordenada X (longitud) del centroide de cada una de las masas de agua subterránea definidas en la demarcación, en orden creciente (esto es, de Oeste a Este), y en el eje de ordenadas la proporción (en porcentaje) que representa cada clase de vulnerabilidad en cada masa de agua subterránea. El resultado obtenido muestra que en las masas de agua subterránea situadas más al oeste (lado izquierdo del gráfico), donde las precipitaciones son mayores, las clases de vulnerabilidad más frecuentes son las *altas* y *muy altas* (tonalidades rojizas). Por el contrario, en las masas de agua subterránea que ocupan una posición más oriental dentro de la demarcación (lado derecho del gráfico), donde las precipitaciones son inferiores, se observa una predominancia de las tonalidades verdosas, propias de las clases de vulnerabilidad *baja* y *muy baja*.



**Figura 8.2.4.4. Distribución porcentual de las clases de vulnerabilidad en las masas de agua subterránea identificadas en el ámbito de la DHCMA**

### 8.2.5. CUMPLIMENTACIÓN DE LOS CAMPOS PENDIENTES DE LAS FICHAS DE CARACTERIZACIÓN ADICIONAL DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

La caracterización adicional se ha llevado a cabo en todas las masas de agua subterránea definidas en la DHCMA, con independencia del resultado obtenido tras el estudio de caracterización inicial (*en riesgo*, *sin riesgo* o *en estudio*). Es necesario señalar, no obstante, que la escasez de información disponible sobre algunas masas de agua subterránea no ha permitido cumplimentar la totalidad de los campos considerados:

- ✓ Límites hidrogeológicos de la masa de agua subterránea
- ✓ Características hidráulicas
- ✓ Características piezométricas
- ✓ Flujos. Estimación de las componentes de recarga

El resultado obtenido tras la finalización de esta actividad consiste en una ficha descriptiva para cada masa de agua subterránea. A continuación se adjuntan, a modo de ejemplo, los apartados cumplimentados en cada ficha; en este caso relativos a la masa de agua 060.012. Medio-Bajo Andarax. El resto de fichas generadas, además de ésta, se incluyen en el anexo 5 de la memoria.

## Masa de agua subterránea 060.012 - MEDIO-BAJO ANDARAX

### 1. LÍMITES HIDROGEOLÓGICOS DE LA MASA

LÍMITE <sup>(1)</sup>	TIPO <sup>(2)</sup>	SENTIDO DE FLUJO <sup>(3)</sup>	NATURALEZA <sup>(4)</sup>
Norte	Cerrado	Flujo nulo	Convencional
Sur	Abierto	Condicionado	Potencial constante
Este	Abierto	Entrada	Convencional-Potencial constante
Oeste	Abierto	Entrada	Convencional

(1) límite geográfico: norte, sur, este, oeste, noreste...

(2) tipo: abierto, cerrado, semipermeable.

(3) sentido de flujo: entrada, salida, flujo nulo, condicionado, entrada-salida dependiendo de circunstancias (precipitaciones, bombeos, funcionamiento cursos fluviales).

(4) naturaleza: contacto mecánico, impermeable de muro a techo, umbral piezométrico, convencional.

### 2. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

NOMBRE DEL ACUÍFERO	REG. HIDRÁULICO	POROSIDAD (%)	COEF. ALMACENAMIENTO (%)	PERMEABILIDAD (m/día)	TRANSMISIVIDAD (m <sup>2</sup> /día)
Detrítico mioceno y plioceno	Libre	5-10	5-15	1-250	1-1.000
Aluvial Cuaternario	Libre	10-20	5-15	10-150	50-1.200
Carbonatado triásico	Libre	0,1-5	2-10	1-1.000	1-1.000

### 3. PIEZOMETRÍA Y VARIACIÓN DE ALMACENAMIENTO

3.1. PUNTOS DE CONTROL					3.2. CARACTERÍSTICAS PIEZOMÉTRICAS				
CÓDIGO	COORDENADAS UTM		COTA (m)	PROFUNDIDAD (m)	CODIGO PIEZOMETRICO	PERIODO	NIVEL PIEZOMÉTRICO (m.s.n.m.)		DIFERENCIA (MÁX-MÍN) (m)
	LONGITUD	LATITUD					MÁX.	MÍN	
2243.4.0034	538775	4092616	240	-	2243.4.0034	17/02/1972	237,4	230,7	6,7
2343.1.0090	546650	4089175	154	-	2343.1.0090	02/03/1972	128,3	90,7	37,6
2343.5.0101	547959	4081368	192	-	2343.5.0101	05/05/1972	64,9	40,3	24,6
2344.2.0060	550874	4074802	6	-	2344.2.0060	01/04/1969	1,0	-0,5	1,5

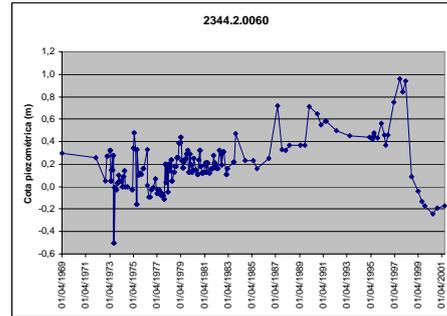
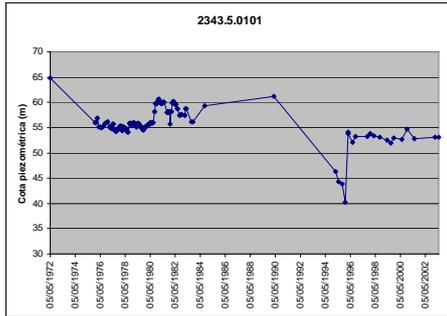
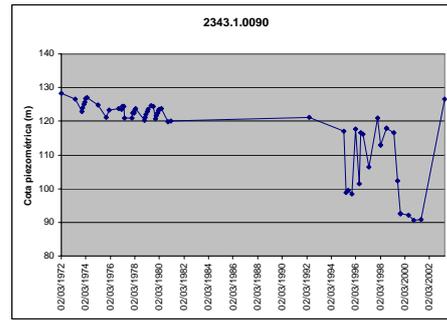
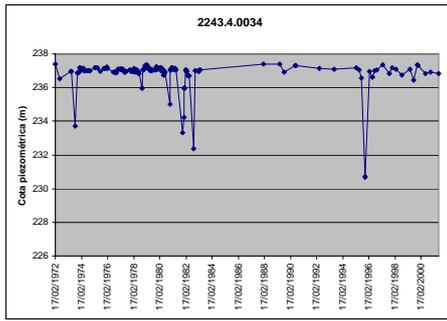


Unión Europea

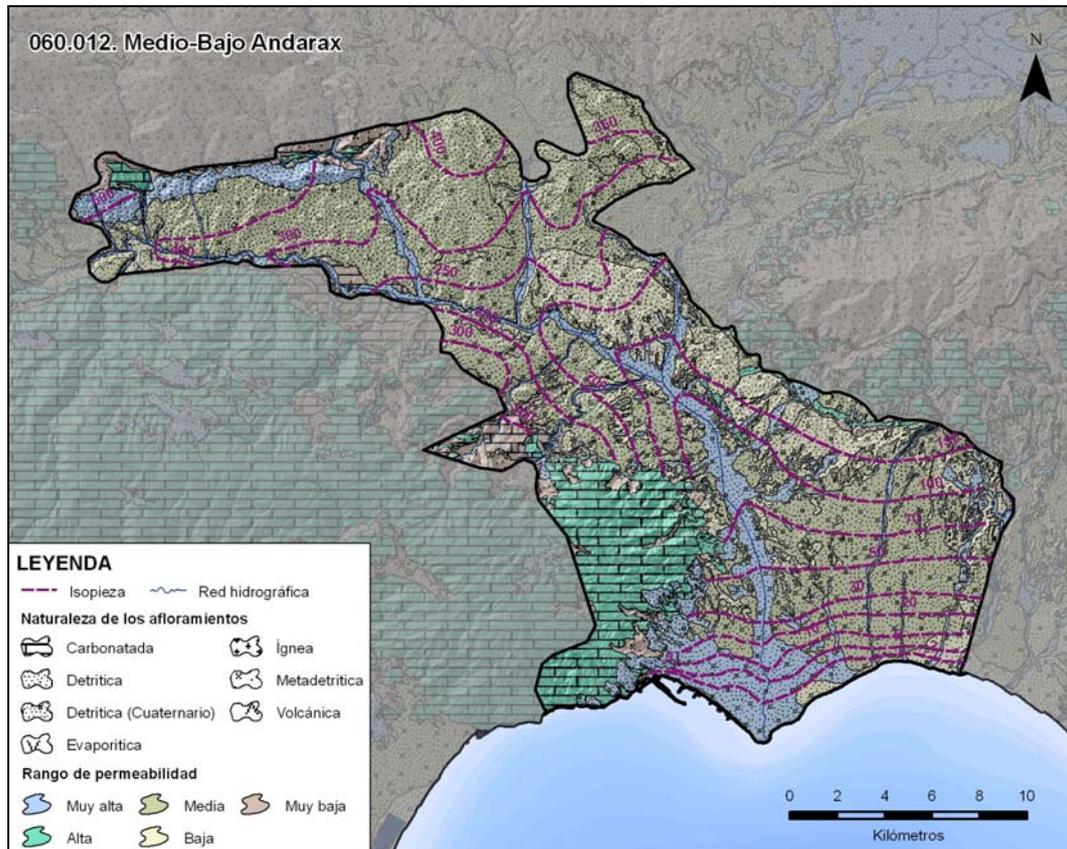
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



### 3.3. GRÁFICAS DE EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA



### 3.4. MAPAS DE ISOPIEZAS



## 4. FLUJOS

4.1. RECARGA				
COMPONENTE	hm <sup>3</sup> /año	PERÍODO	MÉTODO DE CALCULO	FUENTE DE INFORMACIÓN
INFILTRACIÓN DE LLUVIA	6,7	1940-2005	Propio y APLIS	SIMPA, Modelo Digital del Terreno de Andalucía, Mapa Litoestratigráfico 1:200.000, Mapa Geológico 1:50.000, Mapas de Suelos 1:400.000 y 1:50.000
RETORNO DE RIEGO	1,7	-	Propio	Corine Land Cover 2000
RECARGA DESDE RÍOS, LAGOS Y EMBALSES	12	-	Bibliografía	Carrasco-Cantos y Martín-Zúñiga (1988) y Sánchez-Martos et al. (1998)
APORTACIÓN LATERAL DE OTRAS MASAS	5	-	Bibliografía	Carrasco-Cantos y Martín-Zúñiga (1988)
OTROS	-	-	-	-
TASA RECARGA (VALOR MEDIO INTERANUAL)	25,4	-	-	-

### 8.2.6. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA COMPARTIDAS ENTRE DEMARCACIONES HIDROGRÁFICAS LIMÍTROFES

En la DHCMA se han definido 67 masas de agua subterránea, de las cuales 18 limitan con masas de agua subterránea definidas en alguna de las tres demarcaciones hidrográficas limítrofes (Guadalete y Barbate, Guadalquivir y/o Segura). En la tabla 8.2.6.1 se muestra el listado de estas 18 masas de agua subterránea, con indicación de las masas limítrofes y en la figura 8.2.6.1, la localización espacial de cada una de ellas.

MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA (D.H. Cuencas Mediterráneas Andaluzas)		MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA (DD.HH. limítrofes)		
Código	Nombre MASb.	Código	Nombre MASb.	Demarcación
060.001	Cubeta de El Saltador	070.060	Las Norias	Segura
060.002	Sierra de las Estancias	070.056	Sierra de las Estancias	Segura
		05.08	Sierra de las Estancias	Guadalquivir
060.003	Alto-Medio Almanzora	05.09	Baza-Caniles	Guadalquivir
060.010	Cuenca del Río Nacimiento	05.12	Guadix-Marquesado	Guadalquivir
060.017	Sierra de Padul Sur	05.65	Sierra de Padul	Guadalquivir
060.023	Depresión de Padul	05.32	Depresión de Granada	Guadalquivir
060.024	Sierra Almirajara	05.42	Tejeda-Almirajara-Las Guájaras	Guadalquivir



MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA (D.H. Cuencas Mediterráneas Andaluzas)		MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA (DD.HH. limítrofes)		
Código	Nombre MASb.	Código	Nombre MASb.	Demarcación
060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	05.40	Sierra Gorda-Zafarraya	Guadalquivir
		05.42	Tejeda-Almijara-Las Guájaras	Guadalquivir
060.028	Sierra de Gibalto-Arroyo Marín	05.40	Sierra Gorda-Zafarraya	Guadalquivir
060.034	Fuente de Piedra	05.43	Sierra y Mioceno de Estepa	Guadalquivir
060.041	Sierra de Cañete Sur	05.72	Sierra de Cañete	Guadalquivir
060.042	Depresión de Ronda	062.001	Setenil	Guadalete y Barbate
060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla			
060.044	Sierra de Líbar	062.002	Sierra de Líbar	Guadalete y Barbate
060.052	Sierra de Almagro	070.062	Sierra de Almagro	Segura
060.061	Sierra de Albuñuelas	05.42	Tejeda-Almijara-Las Guájaras	Guadalquivir
060.062	Sierra de Las Guájaras			
060.064	Sierra Tejeda			

Tabla 8.2.6.1. Masas de agua subterránea identificadas en la DHCMA que limitan con masas de agua subterránea definidas en DD.HH. adyacentes

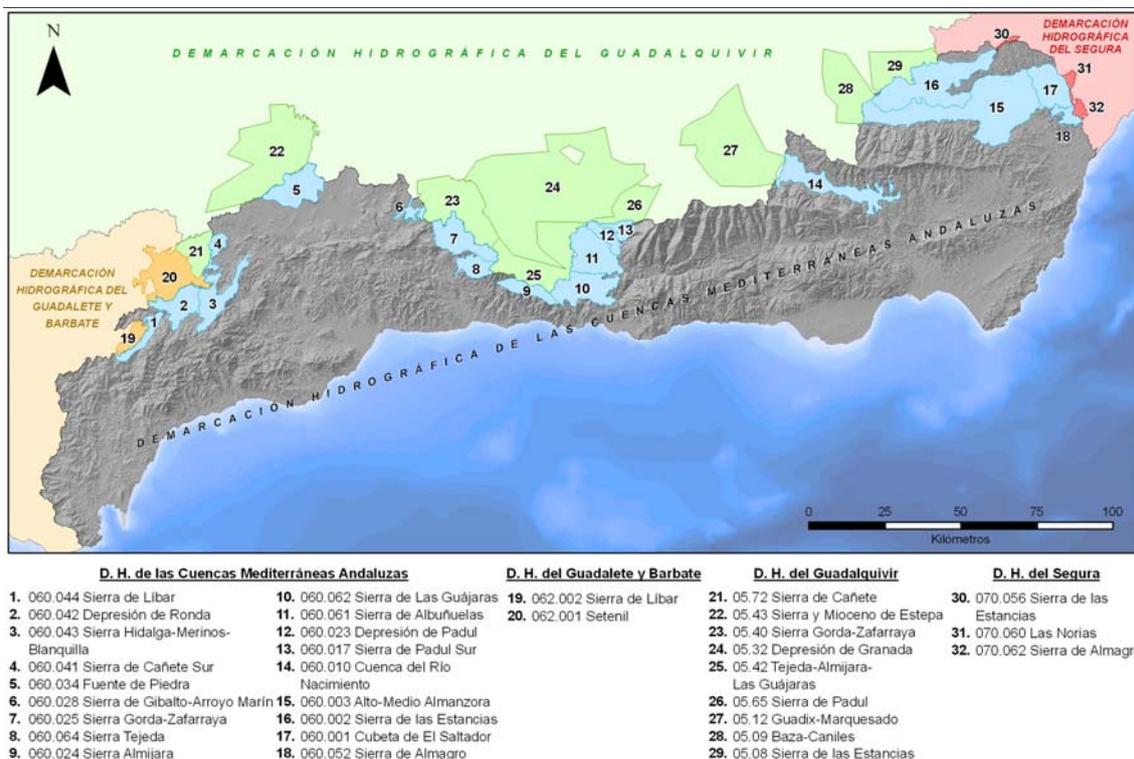


Figura 8.2.6.1. Localización de las masas de agua subterránea limítrofes identificadas en la DHCMA

Los criterios que se han considerado para calificar de 'límitrofes' dos masas de agua subterránea han sido los siguientes:

- ✓ Que las masas de agua subterránea estén en contacto.
- ✓ Que la longitud de dicho contacto sea significativa respecto al perímetro de las masas de agua subterránea.
- ✓ Que dicha zona de contacto esté constituida por materiales permeables, de modo que no pueda descartarse la existencia de transferencias laterales de agua significativas, entre las masas de agua subterránea limítrofes.

De las 18 masas de agua subterránea limítrofes identificadas en la DHCMA (tabla 8.2.6.1), cuatro están incluidas en el listado de unidades hidrogeológicas compartidas del Plan Hidrológico Nacional (Ley 10/2001, de 5 de julio)<sup>3</sup>: Sierra de Líbar, Sierra de Cañete, Sierra Gorda-Polje de Zafarraya y Tejada-Almijara-Las Guájaras.

En la tabla 8.2.6.2 se resumen los resultados obtenidos tras el análisis de las masas de agua subterránea compartidas identificadas en la demarcación:

Masa de agua subterránea				¿Comparten recursos hídricos?	Descripción del contacto
Nombre	Código	Demarcación	Nº en fig. 8.2.6.1		
Cubeta de El Saltador	060.001	Cuencas Mediterráneas Andaluzas	17	Sí	El límite entre estas masas de agua subterránea corresponde a un contacto permeable a través del cual se produce previsiblemente una transferencia de recursos desde Las Norias hacia la Cubeta del El Saltador, tal como se deduce de la disposición de las isopiezas. Esta transferencia se ha cuantificado, de media, en unos 0,6 hm <sup>3</sup> /año.
Las Norias	070.060	Segura	31		
Sierra de las Estancias	060.002	Cuencas Mediterráneas Andaluzas	16	Sí	El límite entre las masas de agua subterránea 060.002 (Cuenca Mediterránea Andaluza) y 070.056 (Segura) corresponde a un contacto permeable de tan poca entidad (500 m), que no permite la existencia de traspasos significativos de agua subterránea. Por el contrario, el límite entre las masas de agua definidas en las demarcaciones mediterránea (060.002) y del Guadalquivir (05.08), más complejo, divide varios afloramientos carbonatados cuyos recursos, cuantificables en unos 3 hm <sup>3</sup> /año, deben considerarse compartidos entre ambas masas. Por tanto, de los 28,6 hm <sup>3</sup> /año de recursos medios estimados para la masa de agua subterránea 060.002, 3 hm <sup>3</sup> /año habría que considerarlos compartidos con la masa de agua subterránea 05.08, en tanto que los 25,6 hm <sup>3</sup> /año restantes podrían calificarse como recursos propios.
Sierra de las Estancias	05.08	Guadalquivir	29		
Sierra de las Estancias	070.056	Segura	30		

<sup>3</sup> El Plan Hidrológico Nacional considera acuíferos compartidos los que, estando situados en ámbitos territoriales de dos o más Planes Hidrológicos de cuenca, se enumeran en su anexo I.

Masa de agua subterránea				¿Comparten recursos hídricos?	Descripción del contacto
Nombre	Código	Demarcación	Nº en fig. 8.2.6.1		
Alto-Medio Almanzora	060.003	Cuencas Mediterráneas Andaluzas	15	No	El límite entre estas dos masas de agua subterránea, coincidente con la divisoria hidrográfica entre las cuencas mediterránea y del Guadalquivir, probablemente coincide, al menos a grandes rasgos, con una divisoria hidrogeológica, puesto que se trata de acuíferos detriticos con porosidad intergranular. Por otro lado, las principales direcciones de flujo en los dos acuíferos son prácticamente opuestas: hacia el Este en el Alto-Medio Almanzora y hacia el Norte en Baza-Caniles, lo que implica la existencia entre ambos de una divisoria hidrogeológica, ya mencionada. Así pues, puede considerarse que estas dos masas de agua subterránea no comparten recursos hídricos subterráneos.
Baza-Caniles	05.09	Guadalquivir	28		
Cuenca del Río Nacimiento	060.010	Cuencas Mediterráneas Andaluzas	14	No	La zona de contacto entre estas masas de agua subterránea está constituida por un sustrato Paleozoico-Triásico de baja permeabilidad sobre el que se asientan materiales cuaternarios de permeabilidad media que, dada la proximidad del sustrato, no deben presentar gran espesor. Así pues, se trata de una zona con un interés hidrogeológico limitado que, además, es probable que coincida con una divisoria hidrogeológica que separe un flujo subterráneo dirigido al Sureste (Cuenca del Río Nacimiento) de un flujo dirigido hacia el Oeste (Guadix-Marquesado). En definitiva, puede afirmarse que las masas de agua subterránea Cuenca del Río Nacimiento y Guadix-Marquesado no comparten recursos hídricos subterráneos.
Guadix-Marquesado	05.12	Guadalquivir	27		
Sierra de Padul Sur	060.017	Cuencas Mediterráneas Andaluzas	13	Sí	El contacto entre estas dos masas de agua subterránea corresponde a un límite permeable; sin embargo, no es posible determinar si a través de él se producen transferencias laterales de agua debido al escaso conocimiento que se tiene del funcionamiento del acuífero de la Sierra de Padul. En todo caso, parece probable la existencia de recursos hídricos compartidos entre estas dos masas de agua subterránea debido, por un lado, a que el límite entre ambas es permeable, y por otro a una previsible descarga desde la masa de agua subterránea 060.017 hacia la Depresión de Padul en una cuantía que supera la recarga por infiltración de agua de lluvia en dicha masa. Este déficit en el balance hídrico de la masa 060.017 sería compensado por una transferencia lateral de recursos desde la masa de agua 05.65 cuyo volumen, no obstante, no ha podido ser cuantificado.
Sierra de Padul	05.65	Guadalquivir	26		



Masa de agua subterránea				¿Comparten recursos hídricos?	Descripción del contacto
Nombre	Código	Demarcación	Nº en fig. 8.2.6.1		
Depresión de Padul	060.023	Cuencas Mediterráneas Andaluzas	12	No	Aunque el límite entre estas dos masas de agua subterránea se sitúa sobre materiales terciarios y cuaternarios permeables, no parece probable que entre ambas masas exista una transferencia de recursos debido, por un lado, a que el límite entre ellas, correspondiente a una divisoria hidrográfica, probablemente coincida, al menos de manera aproximada, con una divisoria hidrogeológica, y por otro, a que las principales direcciones de flujo en la zona de contacto entre ambas parecen ser opuestas: hacia el Sureste en la Depresión de Padul y hacia el Noroeste en la Depresión de Granada. Así pues, puede descartarse la existencia de recursos hídricos compartidos entre estas dos masas de agua subterránea.
Depresión de Granada	05.32	Guadalquivir	24		
Sierra Almirajara	060.024	Cuencas Mediterráneas Andaluzas	9	No	El contacto que separa estas dos masas de agua subterránea coincide, a grandes rasgos, con una divisoria hidrogeológica existente en el acuífero de Sierra Almirajara. El sector meridional del acuífero (masa de agua 060.024) presenta un flujo subterráneo dirigido desde el Norte hacia el Sur, que en su mayor parte es transferido a la masa de agua subterránea Sierra Alberquillas (060.063). El sector septentrional del acuífero (masa de agua 05.42) presenta, por el contrario, un flujo subterráneo de componente norte que se acaba drenando tanto de forma visible (manantiales) como oculta mediante descarga subterránea hacia el acuífero de la Depresión de Granada. Por tanto, puede considerarse que las masas de agua Sierra Almirajara y Tejada-Almirajara-Las Guájaras no comparten recursos hídricos subterráneos.
Tejada-Almirajara-Las Guájaras	05.42	Guadalquivir	25		
Sierra Gorda-Zafarraya	060.025	Cuencas Mediterráneas Andaluzas	7	Sí	El contacto entre las masas de agua 060.025 y 05.42 atraviesa dos afloramientos permeables de escasa extensión cuyos recursos, a pesar de estar compartidos, pueden considerarse insignificantes frente a los estimados para la masa de agua 060.025 (algo más de 50 hm <sup>3</sup> /año). Por lo que respecta al contacto entre las masas de agua 060.025 y 05.40, el mapa piezométrico del acuífero de Sierra Gorda muestra la existencia de una transferencia de recursos desde la primera (cuenca mediterránea) a la segunda (cuenca del Guadalquivir), cuantificables en unos 28 hm <sup>3</sup> /año, valor obtenido de sustraer a los recursos medios anuales de la masa de agua 060.025 (52,2 hm <sup>3</sup> /año) la suma de las salidas por manantiales y bombeos (24
Sierra Gorda-Zafarraya	05.40	Guadalquivir	23		



Masa de agua subterránea				¿Comparten recursos hídricos?	Descripción del contacto
Nombre	Código	Demarcación	Nº en fig. 8.2.6.1		
Tejeda-Almijara-Las Guájaras	05.42	Guadalquivir	25		hm <sup>3</sup> /año). En consecuencia, los recursos propios de la masa de agua subterránea 060.025 equivaldrían a la diferencia entre las entradas totales (52,2 hm <sup>3</sup> /año) y el volumen transferido a la cuenca del Guadalquivir (28 hm <sup>3</sup> /año), lo que da como resultado un valor próximo a los 24 hm <sup>3</sup> /año.
Sierra de Gibalto-Arroyo Marín	060.028	Cuencas Mediterráneas Andaluzas	6	No	Los únicos afloramientos acuíferos que comparten estas dos masas de agua subterránea son los correspondientes a la Sierra de Gibalto. La recarga media estimada en la parte de la Sierra de Gibalto incluida en la cuenca del Guadalquivir asciende a 1,7 hm <sup>3</sup> /año, procedente de la infiltración del agua de lluvia, en tanto que las salidas visibles alcanzan un valor de 0,85 hm <sup>3</sup> /año (manantial del Charcón). La diferencia entre entradas y salidas, igual a 0,85 hm <sup>3</sup> /año, podrían asignarse a una transferencia de recursos desde el sector oriental del acuífero (masa de agua 05.40) al sector occidental (masa de agua 060.028). Dando por válida esta suposición, los recursos propios de la masa de agua subterránea Sierra de Gibalto-Arroyo Marín se verían incrementados en 0,85 hm <sup>3</sup> /año.
Sierra Gorda-Zafarraya	05.40	Guadalquivir	23		
Fuente de Piedra	060.034	Cuencas Mediterráneas Andaluzas	5	No	Aunque el límite entre estas masas de agua subterránea se extiende a través de materiales permeables, no hay ningún argumento que respalde la existencia de transferencias laterales entre ellas. En materiales permeables con porosidad intergranular como los que afloran en el contacto entre estas dos masas de agua, las divisorias hidrogeológicas suelen adaptarse a las divisorias hidrográficas, por lo que el límite entre ambas masas, correspondiente a la divisoria entre el Guadalquivir y la cuenca mediterránea, debe coincidir aproximadamente con una divisoria hidrogeológica a partir de la cual los flujos subterráneos se van a dirigir, por una parte, hacia el Noroeste (Sierra y Mioceno de Estepa), y por otro hacia el Sureste (Fuente de Piedra). Por tanto, puede considerarse que entre estas masas de agua no existen transferencias laterales de agua subterránea ni, en consecuencia, recursos hídricos compartidos.
Sierra y Mioceno de Estepa	05.43	Guadalquivir	22		



Masa de agua subterránea				¿Comparten recursos hídricos?	Descripción del contacto
Nombre	Código	Demarcación	Nº en fig. 8.2.6.1		
Sierra de Cañete Sur	060.041	Cuencas Mediterráneas Andaluzas	4	Sí	Los recursos hídricos de cuatro de los diez compartimentos hidrogeológicos que constituyen el acuífero de la Sierra de Cañete (Almargen, La Atalaya, Berrillo-Fuencaliente y Fuentepeones), cuyos recursos medios alcanzan en conjunto 10,7 hm <sup>3</sup> /año, deben considerarse compartidos entre las masas de agua subterránea Sierra de Cañete Sur (060.041) y Sierra de Cañete (05.72). A partir de las principales direcciones de flujo en cada uno de esos compartimentos, deducidas a su vez de la posición de los principales puntos de descarga, puede considerarse que los recursos de los compartimentos de Almargen, Berrillo-Fuencaliente y Fuentepeones, valorados en unos 5,4 hm <sup>3</sup> /año, deben asignarse a la masa de agua subterránea 060.041, y los correspondientes al compartimento de La Atalaya (0,5-1 hm <sup>3</sup> /año), a la masa de agua subterránea 05.72.
Sierra de Cañete	05.72	Guadalquivir	21		
Depresión de Ronda	060.042	Cuencas Mediterráneas Andaluzas	2	No	El límite entre estas dos masas de agua coincide en gran medida con una divisoria hidrogeológica. La lluvia que se infiltra en la Depresión de Ronda se dirige hacia el río Guadiaro (Sur y Este) y la que se infiltra en Setenil hacia el río Trejo (Norte). Así pues, puede considerarse que no existen transferencias laterales significativas entre ambas masas de agua subterránea.
Setenil	062.001	Guadalete y Barbate	20		
Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla	060.043	Cuencas Mediterráneas Andaluzas	3	Sí	El contacto entre estas masas de agua divide en dos los afloramientos carbonatados de los compartimentos Sierras de Colorado-Merinos y Llanos de Carrasco. Se ha estimado una transferencia desde la masa de agua Setenil (Guadalete y Barbate) a la masa de agua Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla (Cuencas Mediterráneas Andaluzas) de aproximadamente 2 hm <sup>3</sup> /año.
Setenil	062.001	Guadalete y Barbate	20		
Sierra de Líbar	060.044	Cuencas Mediterráneas Andaluzas	1	Sí	Estas dos masas de agua subterránea integran un único acuífero cuyas salidas se producen a través de manantiales situados en la vertiente mediterránea del acuífero. Así pues, los recursos hídricos de la masa de agua 062.002 (Guadalete y Barbate) son transferidos prácticamente en su totalidad a la masa de agua 060.044 (Cuencas Mediterráneas Andaluzas) por medio de flujos subterráneos rápidos, lo que hace que los recursos aprovechables o 'explotables' en la primera puedan ser considerados prácticamente nulos. Los recursos estimados para el acuífero de la Sierra de Líbar en su conjunto (unos 100 hm <sup>3</sup> /año) deberían asignarse a la masa de agua subterránea definida en la DHCMA (060.044).
Sierra de Líbar	062.002	Guadalete y Barbate	19		



Masa de agua subterránea				¿Comparten recursos hídricos?	Descripción del contacto
Nombre	Código	Demarcación	Nº en fig. 8.2.6.1		
Sierra de Almagro	060.052	Cuencas Mediterráneas Andaluzas	18	Sí	El contacto entre estas masas de agua subterránea divide en dos varios afloramientos carbonatados, cuyos recursos, por tanto, deben considerarse compartidos. De los recursos medios estimados para la masa de agua 060.052 (aproximadamente 2 hm <sup>3</sup> /año), una pequeña parte (unos 0,15 hm <sup>3</sup> /año) habría que considerarlos compartidos con la masa de agua 070.062 definida en la demarcación hidrográfica del Segura.
Sierra de Almagro	070.062	Segura	32		
Sierra de Albuñuelas	060.061	Cuencas Mediterráneas Andaluzas	11	No	El acuífero de la Sierra de Albuñuelas (en su conjunto, considerando las dos masas de agua subterránea) funciona como un único acuífero con diferentes direcciones de flujo y zonas de descarga, pero con continuidad hidrogeológica en toda su extensión. Los recursos hídricos del acuífero ascienden, en conjunto, a unos 42 hm <sup>3</sup> /año, cuyo reparto entre las masas de agua subterránea 060.061 y 05.42 no se conoce. No obstante, si se da por válida la existencia de una divisoria hidrogeológica dentro del acuífero coincidente a grandes rasgos con la divisoria hidrográfica y, por tanto, con el límite entre las dos masas de agua subterránea, los recursos propios de cada una de ellas serían aproximadamente los infiltrados en sus respectivos afloramientos permeables y, en consecuencia, no existirían recursos hídricos compartidos entre ambas masas de agua.
Tejeda-Almijara-Las Guájaras	05.42	Guadalquivir	25		
Sierra de Las Guájaras	060.062	Cuencas Mediterráneas Andaluzas	10	No	El contacto entre estas dos masas de agua subterránea coincide aproximadamente con una divisoria hidrogeológica que separa sectores del acuífero con diferente dirección y sentido del flujo subterráneo: hacia el norte, en el sector occidental, y hacia el sureste, en el sector oriental. Así pues, puede considerarse que estas masas de agua subterránea no comparten recursos hídricos subterráneos, al menos de manera significativa.
Tejeda-Almijara-Las Guájaras	05.42	Guadalquivir	25		
Sierra Tejeda	060.064	Cuencas Mediterráneas Andaluzas	8	Sí	Sierra Tejeda, en conjunto, constituye un único acuífero cuya descarga se produce a través de manantiales (localizados tanto en la cuenca del Guadalquivir como en la mediterránea), así como por drenaje lateral subterráneo hacia la Depresión de Granada. Se ha estimado una transferencia lateral desde la masa de agua subterránea 060.064 (cuenca mediterránea) hacia la masa 05.42 (cuenca del Guadalquivir) de unos 4-5



Masa de agua subterránea				¿Comparten recursos hídricos?	Descripción del contacto
Nombre	Código	Demarcación	Nº en fig. 8.2.6.1		
Tejeda- Almijara-Las Guájaras	05.42	Guadalquivir	25		hm <sup>3</sup> /año. Por tanto, los recursos hídricos aprovechables en la masa de agua 060.064 serían los calculados para el conjunto de la masa (20,7 hm <sup>3</sup> /año) menos los transferidos a la cuenca del Guadalquivir (4-5 hm <sup>3</sup> /año), lo que arroja una cifra final aproximada de 15,7-16,7 hm <sup>3</sup> /año.

Tabla 8.2.6.2. Resultados obtenidos tras el análisis de las masas de agua subterránea compartidas identificadas en la demarcación

### 8.3. CONSIDERACIONES FINALES

#### 8.3.1. CONCLUSIONES

En el marco de estos trabajos se han delimitado 348 **perímetros de protección** de la calidad de las aguas en torno a captaciones destinadas al consumo humano localizadas en terrenos no catalogados como masa de agua subterránea, para tres tiempos de tránsito diferentes: 1, 50 y 1.460 días. Los perímetros correspondientes a un tiempo de tránsito de 1 día han sido 136 en total, con un área media de 0,006 km<sup>2</sup>; los perímetros delimitados para un tiempo de tránsito de 50 días han sido 119 y su extensión media, de 0,2 km<sup>2</sup>, en tanto que los perímetros de protección para 1.460 días, 93 en total, han presentado un área promedio de 1,7 km<sup>2</sup>.

La superficie total que representan los 348 perímetros de protección delimitados es de 183 km<sup>2</sup>, de los cuales unos 84 km<sup>2</sup> (el 46%) se localizan en *materiales carbonatados* (calizas, dolomías y mármoles) y 65 km<sup>2</sup> (el 35%) en materiales *metapelíticos*.

Se han definido 99 perímetros de protección de la cantidad en torno a captaciones destinadas al consumo humano localizadas en terrenos no catalogados como masa de agua subterránea. La superficie media y total del conjunto de estos perímetros ha sido de 1,4 y 140 km<sup>2</sup>. Como en el caso anterior, los *materiales carbonatados* y las *metapelitas* constituyen las litologías mayoritarias, con superficies de afloramiento que suponen el 45% y el 30% respecto al área total de estos perímetros de protección.

De manera complementaria, en el marco de estos trabajos se han delimitado zonaciones (perímetros) para la protección de la calidad y cantidad de nueve manantiales catalogados por el IGME como *lugares de interés hidrogeológico*. En concreto, estos LIH's son:

- ✓ Fuente de Alcaudique
- ✓ Fuentes de Marbella
- ✓ Manantial-arroyo de Celín
- ✓ Vélez de Banaudalla y travertinos
- ✓ Manantial de los Cien Caños
- ✓ Fuente de la Yedra
- ✓ Nacimiento de Cuevas del Becerro-El Carrizal
- ✓ Manantial de la Villa
- ✓ Manantial de la Zúa



Unión Europea

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



Las zonaciones para la protección de la calidad del recurso en estas captaciones, establecidas igualmente para tiempos de tránsito de 1, 50 y 1.460 días, presentan una superficie total de 273 km<sup>2</sup>, y las zonaciones para la protección de la cantidad, de 239 km<sup>2</sup>. En ambos casos la litología más frecuente en el ámbito de las poligonales generadas ha correspondido a las *rocas carbonatadas*, hecho que resulta coherente con la naturaleza de la mayoría de los acuíferos en los que se localizan estos *lugares de interés hidrogeológico*.

El conjunto de la superficie de terreno identificado como masa de agua subterránea en la DHCMA ha sido catalogado como **zona de salvaguarda** y, en consecuencia, se ha asignado a alguna de las cuatro categorías en las que subdividen estas zonas (A, B, C o D). Los criterios utilizados para la asignación de cada porción de terreno a una u otra categoría han sido la *vulnerabilidad natural a la contaminación* de las rocas aflorantes y la distribución espacial de las *presiones*. Las únicas áreas donde no se han asignado zonas de salvaguarda han sido las correspondientes a las masas de agua superficial de tipo: embalses, lagos, lagunas y aguas de transición, identificadas en el ámbito de las masas de agua subterránea. De acuerdo con los resultados obtenidos, la superficie total de las masas de agua subterránea de la demarcación, cuyo valor asciende a 10.395 km<sup>2</sup>, se distribuiría de la siguiente manera:

- ✓ Zona A: 8%
- ✓ Zona B: 15%
- ✓ Zona C: 14%
- ✓ Zona D: 62%
- ✓ Masas de agua superficial: 1%

Aunque la DMA exige el establecimiento de zonas de salvaguarda solamente en aquellas masas de agua subterránea utilizadas para la captación de agua potable que proporcionen un promedio de más de 100 m<sup>3</sup> diarios, en el marco de estos trabajos se ha optado por definir zonas de salvaguarda en todas las masas de agua subterránea, independientemente de que cumplan o no este requisito. De esta forma se garantiza la existencia de zonas de salvaguarda de manera previa a la selección de nuevos puntos para la extracción de agua potable situados en el interior de masas de agua subterránea.

Se han revisado las **redes de control del estado químico y cuantitativo** de las masas de agua subterránea de la demarcación y se han realizado una serie de propuestas con el fin de mejorarlas y adaptarlas a los requerimientos recogidos en el anexo 5 de la DMA. Por lo que respecta a la red de seguimiento del estado químico, la propuesta consiste en la inclusión de 79 nuevos puntos de control (34 de los cuales se consideran prioritarios), lo cual dejaría en 274 el número total de puntos incluidos en la red de seguimiento del estado químico de las aguas subterráneas de la demarcación.

Por lo que respecta a la red de seguimiento del estado cuantitativo, la propuesta realizada consiste en la inclusión de 32 nuevos puntos de control piezométrico y 24 hidrométrico, con los cuales la red pasaría a estar constituida por un total de 430 puntos de control.

La estimación de los **balances hidrológicos** de las masas de agua subterránea de la demarcación ha permitido cuantificar las diferentes componentes de *entrada* y *salida* de agua subterránea: infiltración del agua de lluvia y de la escorrentía superficial, recarga lateral y retornos de regadío, por lo que respecta a las entradas, y bombeos, surgencias o manantiales, transferencias subterráneas laterales y descarga hacia ríos, arroyos y mar, por lo que respecta a las salidas.

Partiendo de los resultados del balance hídrico, se han calculado igualmente los recursos disponibles y el índice de explotación correspondiente a cada masa de agua subterránea. Las masas de agua con mayor volumen de *recursos disponibles* son las codificadas como: 060.013. Campo de Dalías-Sierra de Gádor

(85,3 hm<sup>3</sup>/año), 060.044. Sierra de Líbar (79,4), 060.046. Sierra de las Nieves-Prieta (61,7) y 060.025. Sierra Gorda-Zafarraya (41,8), todas ellas masas de agua subterránea definidas sobre acuíferos carbonatados o mixtos, de gran extensión, cuyos recursos disponibles están comprendidos entre 41 y 85 hm<sup>3</sup>/año. En el lado opuesto, las masas de agua subterránea de la demarcación que presentan los valores más limitados de recursos disponibles, en todos los casos inferiores al hm<sup>3</sup>/año, corresponden a las definidas sobre materiales de baja permeabilidad, y entre éstas, a las de menor extensión: 060.053. Puerto de la Virgen (0,8 hm<sup>3</sup>/año), 060.056. Sierra del Cabo de Gata (0,6), 060.054. Lubrín-El Marchal y 060.059. La Contraviesa Oriental, con 0,2 hm<sup>3</sup>/año.

Por lo que respecta al *índice de explotación*, los valores más elevados, superiores al 150%, se han obtenido en las masas de agua subterránea que soportan las mayores presiones extractivas, ya sea con fines agrícolas o para abastecimiento de la población: 060.011. Campo de Níjar (226%), 060.006. Bajo Almanzora (184%), 060.038. Sierra de Mijas (182%), 060.008. Aguas (175%), 060.005. Cubeta de Ballabona-Sierra Lisboa-Río Antas (155%) y 060.013. Campo de Dalías-Sierra de Gádor (152%). Las masas de agua subterránea con los índices de explotación más bajos, inferiores al 3%, corresponden en todos los casos a masas de agua de naturaleza carbonatada en las que actualmente la explotación es prácticamente nula: 060.043. Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla, 060.044. Sierra de Líbar, 060.045. Sierra de Jarastepar, 060.046. Sierra de las Nieves-Prieta y 060.052. Sierra de Almagro. Todas estas masas de agua, e excepción de la Sierra de Almagro, se localizan en la comarca de la Serranía de Ronda, situada en el extremo occidental de la DHCMA, donde se registran las mayores precipitaciones de toda la demarcación.

El 45% de la superficie total de las masas de agua subterránea definidas en la demarcación presenta una **vulnerabilidad natural a la contaminación** de clase *baja*, frente a un 12,5% con vulnerabilidades de clase *alta* y *muy alta*.

En las masas de agua subterránea de naturaleza carbonatada las clases de vulnerabilidad dominantes son las *moderadas* y *bajas* (por este orden), mientras que en las masas de agua subterránea de naturaleza detrítica, lo son las vulnerabilidades *bajas* y *muy bajas*.

En la mitad occidental de la demarcación las clases de vulnerabilidad *alta* y *muy alta* son más frecuentes que en la mitad oriental, donde predominan las vulnerabilidades *bajas* y *muy bajas*. Este patrón parece guardar relación con la distribución espacial de la precipitación en la demarcación, con máximos pluviométricos cercanos a 2.000 mm/año en el extremo occidental de la demarcación y mínimos próximos a 200 mm/año en algunos sectores de la provincia almeriense (sector oriental).

Se han cumplimentado varios subapartados de las **fichas de caracterización adicional** de las masas de agua subterránea definidas en la demarcación, relativos a:

- ✓ Límites hidrogeológicos de las masas de agua subterránea
- ✓ Características hidráulicas
- ✓ Flujos: estimación de las componentes de recarga
- ✓ Descripción de las características piezométricas

En la DHCMA se han definido 67 masas de agua subterránea, de las cuales 18 limitan con masas de agua subterránea definidas en alguna de las tres demarcaciones hidrográficas limítrofes (Guadalete y Barbate, Guadalquivir y/o Segura). De estas 18 **masas de agua subterránea limítrofes**, se ha determinado que 9 presentan recursos hídricos subterráneos compartidos con las masas de agua de otras demarcaciones con las que limitan. Estas masas son:

Masa de agua subterránea	
Código	Nombre
060.001	Cubeta de El Saltador
060.002	Sierra de las Estancias
060.017	Sierra de Padul Sur
060.025	Sierra Gorda-Zafarraya
060.041	Sierra de Cañete Sur
060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla
060.044	Sierra de Líbar
060.052	Sierra de Almagro
060.064	Sierra Tejeda

**Tabla 8.3.1.1. Masas de agua subterránea que presentan recursos hídricos subterráneos compartidos**

La masa de agua subterránea Cubeta de El Saltador (060.001) recibe una aportación hídrica de la masa de agua 070.060. Las Norias (demarcación hidrográfica del Segura) estimada en 0,6 hm<sup>3</sup>/año.

Las masas de agua subterránea 060.002 (DHCMA) y 05.08 (demarcación del Guadalquivir), ambas denominadas Sierra de las Estancias, comparten varios afloramientos carbonatados permeables cuyos recursos, estimados en unos 3 hm<sup>3</sup>/año, deben considerarse igualmente compartidos entre ambas masas.

Aunque no se dispone de datos que lo ratifiquen, se considera probable la existencia de una transferencia de recursos hídricos desde la masa de agua subterránea 05.65. Sierra de Padul (demarcación del Guadalquivir) hacia la masa 060.017. Sierra de Padul Sur (DHCMA) que, no obstante, no ha podido ser cuantificada.

Una parte significativa de las entradas de agua que se producen en la masa de agua subterránea 060.025. Sierra Gorda-Zafarraya, valorada, de media, en unos 28 hm<sup>3</sup>/año, es transferida a la masa de agua homónima definida en la demarcación del Guadalquivir, codificada como 05.40.

Cuatro de los diez compartimentos diferenciados en el acuífero carbonatado de la Sierra de Cañete (Almargen, Fuentepeones, Berrillo-Fuencaliente y La Atalaya) se encuentran compartidos entre las masas de agua subterránea 060.041. Sierra de Cañete Sur y 05.72. Sierra de Cañete (demarcación del Guadalquivir). Los recursos medios de los tres primeros, cuyo valor estimado asciende a unos 5,4 hm<sup>3</sup>/año, deben asignarse a la masa de agua subterránea 060.041, mientras que los correspondientes al compartimento de La Atalaya, cifrados en 0,5-1 hm<sup>3</sup>/año, a la masa de agua 05.72.

Se ha considerado una transferencia de recursos desde la masa de agua subterránea 062.001. Setenil (demarcación del Guadalete y Barbate) a la masa de agua 060.043. Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla de aproximadamente 2 hm<sup>3</sup>/año, correspondientes a la infiltración del agua de lluvia sobre los afloramientos carbonatados de las Sierras de Colorado-Merinos y Llanos de Carrasco, incluidos en el ámbito de la demarcación hidrográfica del Guadalete y Barbate.



Las masas de agua subterránea 060.044 y 062.002 (demarcación del Guadalete y Barbate), ambas denominadas Sierra de Líbar, integran un único acuífero cuyas salidas se producen principalmente a través de los manantiales situados en la vertiente mediterránea del acuífero. Así pues, puede considerarse que los recursos de la masa de agua 062.002 son transferidos prácticamente en su totalidad a la masa de agua 062.044.

Las masas de agua subterránea 060.052 y 070.062 (demarcación del Segura), a las que se les ha asignado el mismo nombre, Sierra de Almagro, comparten varios afloramientos carbonatados cuyos recursos, valorados en unos escasos 0,15 hm<sup>3</sup>/año, deben considerarse igualmente compartidos entre ambas masas.

Se considera que podría existir una transferencia lateral desde la masa de agua subterránea 060.064. Sierra Tejada hacia la masa de agua 05.42. Tejada-Almijara-Las Guájaras (demarcación del Guadalquivir), de unos 4-5 hm<sup>3</sup>/año.

En la tabla que se presenta a continuación se han incluido las masas de agua subterránea de la demarcación que, a pesar de presentar un contacto común con otras masas de agua subterránea definidas en alguna de las demarcaciones hidrográficas vecinas, se considera que no comparten recursos hídricos subterráneos:

Masa de agua subterránea	
Código	Nombre
060.003	Alto-Medio Alanzora
060.010	Cuenca del Río Nacimiento
060.023	Depresión de Padul
060.024	Sierra Almijara
060.028	Sierra de Gibalto-Arroyo Marín
060.034	Fuente de Piedra
060.042	Depresión de Ronda
060.061	Sierra de Albuñuelas
060.062	Sierra de Las Guájaras

Tabla 8.3.1.2. Masas de agua subterránea que presentan recursos hídricos subterráneos compartidos

### 8.3.2. RECOMENDACIONES

De acuerdo con el propósito de continuar acometiendo con las máximas garantías los requerimientos estipulados en las disposiciones legales vigentes en materia de aguas subterráneas y en cumplimiento con los objetivos medioambientales recogidos en el artículo 4 de la Directiva 2000/60/CE, artículo 35.b del Reglamento de Planificación Hidrológica (RD 907/2007), apartado 6.1.3 de la Instrucción de Planificación Hidrológica (Orden ARM/2656/2008) y artículo 6 de la Ley de Aguas de la Comunidad Autónoma de Andalucía (Ley 9/2010, de 30 de julio), se considera necesario avanzar en el conocimiento sobre el funcionamiento de los sistemas acuífero identificados en el ámbito de la demarcación con



objeto de cubrir las carencias de información detectadas, elaborar planes de ordenación de los recursos hídricos en aquellas masas de agua subterránea evaluadas en mal estado cuantitativo, así como mejorar las infraestructuras de control y seguimiento del estado de las aguas subterráneas. En base a lo anteriormente expuesto, se recomienda realizar los siguientes trabajos:

1. Elaboración de planes de ordenación de extracciones en aquellas masas de agua subterránea definidas en mal estado cuantitativo que soportan una mayor explotación intensiva.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con el establecimiento de un plan de ordenación de extracciones son los siguientes:

- Obtención de un balance hídrico equilibrado en el acuífero que se haga sobre la base de la cifra de recursos disponibles especificada en el Plan Hidrológico de Cuenca.
- Recuperación progresiva de los niveles piezométricos del acuífero.
- El logro de una explotación racional de los recursos disponibles.
- La mejora de la calidad química del agua subterránea en aquellos casos en que la sobreexplotación haya provocado un deterioro de su calidad.

2. Delimitación de perímetros que protejan las aguas subterráneas utilizadas para la captación de agua destinada al consumo humano, cuya explotación se localiza fuera de zonas de salvaguarda con restricciones fuertes o moderadas establecidas para aquellas masas de agua subterránea que proporcionen un promedio de más de 100 m<sup>3</sup> diarios utilizados para la captación de agua potable. Estos perímetros serán incluidos, en virtud del artículo 7 de la Directiva 2000/60/CE y con arreglo al apartado 2 del artículo 6, en el Registro de Zonas Protegidas.

Para llevar a cabo esta actividad será necesario seleccionar las captaciones de agua subterránea destinadas al consumo humano que estén localizadas dentro de alguna de las dos zonas con menor grado de protección (de prevención de futuro o sin protección necesaria). A continuación se valorará el mayor o menor grado de vulnerabilidad de las poblaciones que se abastecen de dichas captaciones en caso de que la calidad del agua se viera deteriorada o dejara de ser apta para el consumo humano. La selección de las captaciones en las que se delimitarán estos perímetros se hará en función de la vulnerabilidad y de la presencia, o no, de fuentes de suministro alternativas.

3. Inventario de los sistemas de superficie asociados, incluidos los ecosistemas terrestres y las masas de agua superficial, con los que esté conectada dinámicamente la masa de agua subterránea, y cálculo sobre direcciones y tasas de intercambio de flujos entre ambas.

Esta actividad se acometerá en aquellas masas de agua subterránea de las que dependen masas de agua superficial o ecosistemas terrestres, siempre y cuando la conexión entre ambas pueda calificarse de significativa. Esta actividad deberá ejecutarse en cuatro fases consecutivas:

- Identificación de las masas de agua superficial dependientes de las aguas subterráneas.
- Identificación de los ecosistemas terrestres dependientes de las aguas subterráneas.
- Cálculo del sentido del flujo subterráneo entre la masa de agua subterránea y la masa de agua superficial o ecosistema asociado.
- Estimación de la tasa de intercambio neta entre la masa de agua subterránea y la masa de agua superficial o ecosistema asociado.

4. Diagnóstico de las estaciones de seguimiento del estado cuantitativo y estado químico de las masas de agua subterránea identificadas en la demarcación, con objeto de verificar la representatividad de las redes así como la bondad de los datos.

El objetivo de estos trabajos se centra en evaluar el estado en el que se encuentran las estaciones de seguimiento del estado químico y estado cuantitativo de las masas de agua subterránea identificadas en la demarcación.

El correcto desarrollo de esta actividad requiere el reconocimiento de las estaciones de seguimiento con objeto de examinar su estado (externo y/o interno), así como comprobar la existencia de bombeos en el entorno. Asimismo, en aquellos casos en que se considere que una estación de seguimiento no es representativa de la masa de agua subterránea controlada, se propondrá una nueva estación.

5. Realización de campañas periódicas de muestreo y toma de datos (piezometría, hidrometría e hidroquímica) en las estaciones de seguimiento operativas. Esta actividad puede dividirse, a su vez, en las dos siguientes:

- Campañas periódicas de recogida de muestras de agua para su análisis químico en las estaciones de seguimiento incluidas en la red de control del estado químico de las aguas subterráneas.
- Campañas periódicas de medida del nivel piezométrico en pozos, sondeos y piezómetros, y de caudal en los manantiales y galerías que constituyen la red de control del estado cuantitativo de las aguas subterráneas.

6. Elaboración de un plan de gestión integrada de los recursos hídricos en masas de agua subterránea definidas en mal estado.



**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional

