



**MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN**



**Instituto Geológico  
y Minero de España**



**DIPUTACIÓN  
DE ALICANTE**  
CICLO HÍDRICO



**Diciembre de 2009**



**ACTUALIZACIÓN Y MEJORA DEL CONOCIMIENTO  
HIDROGEOLÓGICO DE LOS ACUÍFEROS DE ALICANTE**

**CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA  
DE LA UNIDAD DE ORCHETA  
(MASub 080.072 ORCHETA Y 080.073 SAN JUAN-BENIDORM)**

**Diciembre de 2009**

El proyecto de investigación cuyos resultados se exponen en este informe ha sido realizado por el **INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA** en colaboración con la **EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ALICANTE**, actuando SEDELAM como empresa consultora. En su elaboración ha participado el siguiente equipo:

Bruno J. Ballesteros Navarro. IGME. Dirección y supervisión

Luis Rodríguez Hernández. DPA. Dirección y supervisión

Elisabeth Díaz Losada. IGME

Salvador Bueso Sánchez. SEDELAM

Eduardo Lupiani Moreno. SEDELAM

Pedro Aparicio Ferrer. SEDELAM

José Ramón Martínez Villegas. SEDELAM

También han colaborado:

Juan Antonio Hernández Bravo. DPA

Miguel Fernández Mejuto. DPA

Hay que agradecer, además, a los gestores de los servicios de agua potable de la zona (Aquagest Levante, S.A. y Aguas de Alicante) la ayuda prestada a este proyecto de forma totalmente desinteresada.

---

## **ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>2</b>
<b>3. TRABAJOS REALIZADOS</b>	<b>3</b>
<b>4. SITUACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>9</b>
<b>5. ESTUDIOS PREVIOS Y BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA</b>	<b>12</b>
<b>6. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL</b>	<b>27</b>
<b>6.1 OROGRAFÍA Y RED FLUVIAL</b> .....	<b>27</b>
<b>6.2 RED HIDROMÉTRICA</b> .....	<b>30</b>
6.2.1 ESTACIONES DE LA RED OFICIAL DE AFOROS .....	30
6.2.2 OTRA INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA .....	36
6.2.3 TRAMOS DE CAUCES RELACIONADOS CON ACUÍFEROS .....	43
<b>6.3 RED DE CALIDAD</b> .....	<b>48</b>
6.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES DE CONTROL DE LA CHJ .....	48
6.3.2 ESTACIONES SITUADAS EN EL ÁMBITO DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	55
6.3.3 CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES .....	55
<b>6.3.3.1 Río Monnegre</b> .....	<b>56</b>
<b>6.3.3.2 Río Amadorio</b> .....	<b>64</b>
<b>6.3.3.3 Río Torres</b> .....	<b>74</b>
6.3.4 INFLUENCIA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES SOBRE LOS ACUÍFEROS.....	76
<b>7. CLIMATOLOGÍA. BALANCE HÍDRICO DEL SUELO</b>	<b>78</b>
<b>7.1 ENCUADRE CLIMÁTICO REGIONAL</b> .....	<b>78</b>
<b>7.2 SERIES METEOROLÓGICAS DISPONIBLES</b> .....	<b>78</b>
<b>7.3 ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN</b> .....	<b>80</b>
<b>7.4 ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA</b> .....	<b>92</b>
<b>7.5 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL</b> .....	<b>95</b>
<b>7.6 EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL Y LLUVIA ÚTIL</b> .....	<b>100</b>
7.6.1 RESERVA DE AGUA UTILIZABLE.....	100
7.6.2 EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL.....	102
7.6.3 ESCORRENTÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA.....	106
<b>8. INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA</b>	<b>113</b>

8.1	INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA .....	113
8.2	SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO .....	119
8.3	SISTEMAS DE RIEGO .....	126
8.4	OTROS USOS E INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DE LA ZONA.....	131
<b>9.</b>	<b>USOS Y APROVECHAMIENTOS DEL SUELO</b>	<b>135</b>
9.1	USOS URBANOS.....	135
9.2	USOS AGRÍCOLAS .....	139
<b>10.</b>	<b>GEOLOGÍA</b>	<b>144</b>
10.1	ENCUADRE GEOLÓGICO.....	144
10.2	ESTRATIGRAFÍA.....	145
10.2.1	SERIES ESTUDIADAS.....	145
10.2.2	SERIE LITOESTRATIGRÁFICA DE SIERRA HELADA .....	146
10.2.2.1	SIERRA HELADA-ESCARPE	147
10.2.2.2	SIERRA HELADA-FARO	149
10.2.2.3	SIERRA HELADA-CARRETERA FARO	152
10.2.2.4	SIERRA HELADA-PLAYA DE L'ALBIR	156
10.2.3	SERIE LITOESTRATIGRÁFICA DE SIERRA CORTINA .....	159
10.2.3.1	SIERRA CORTINA-RACÓ	159
10.2.3.2	SIERRA CORTINA-EXTREMO NORESTE	161
10.2.4	SERIE LITOESTRATIGRÁFICA DE LA SIERRA DE RELLEU .....	163
10.2.5	SERIE LITOESTRATIGRÁFICA DE CABEZÓN DEL ORO .....	167
10.2.5.1	Cabezón del Oro-Balneario I	169
10.2.5.2	Cabezón del Oro-Balneario II	172
10.2.5.3	Cabezón del Oro-El Ginebral	175
10.2.6	SERIE LITOESTRATIGRÁFICA DEL FLANCO MERIDIONAL DE ALMAENS	178
10.2.7	ANÁLISIS CORRELACIONAL. MODELO TECTO-SEDIMENTARIO.....	179
10.2.7.1	Propuesta de correlación de series y columnas de la zona	179
10.2.7.2	Ambientes sedimentarios	181
10.3	TECTÓNICA.....	184
10.3.1	INTRODUCCIÓN.....	184
10.3.2	PRINCIPALES ESTRUCTURAS DE LA ZONA .....	186
10.3.2.1	MONOCLINAL DE SIERRA HELADA	187
10.3.2.2	ANTICLINAL DE SIERRA CORTINA	187
10.3.2.3	SINCLINALES Y ANTICLINALES DE SIERRAS de ORTXETA, RELLEU Y CARCONDO	187
10.3.2.4	ACCIDENTE DE FINESTRAT	188
10.3.2.5	SINCLINORIO DE VILLAJYOYOSA-CAMPELLO	188
10.3.2.6	DEPRESIÓN DE RELLEU	189
10.3.2.7	ANTICLINAL DE CABEZÓN DE ORO	189

10.3.2.8	<b>ANTICLINORIO DE JIJONA</b>	<b>189</b>
10.3.2.9	<b>PLIEGUES DE JIJONA-PUNTAL DE MASCURRA</b>	<b>190</b>
10.3.2.10	<b>INTERPRETACIÓN ESTRUCTURAL</b>	<b>190</b>
10.3.3	NEOTECTÓNICA .....	192
<b>11.</b>	<b>HIDROGEOLOGÍA</b>	<b>193</b>
11.1	<b>MARCO HIDROGEOLÓGICO .....</b>	<b>193</b>
11.2	<b>REDES DE CONTROL .....</b>	<b>193</b>
11.3	<b>DATOS HIDROQUÍMICOS UTILIZADOS Y TRATAMIENTO DE LOS MISMOS.</b>	<b>194</b>
11.4	<b>INVESTIGACIÓN ISOTÓPICA .....</b>	<b>199</b>
11.4.1	ISÓTOPOS ESTABLES DE LA MOLÉCULA DEL AGUA .....	199
11.4.2	CARBONO-13 .....	205
11.4.3	ESTUDIOS PREVIOS CONSULTADOS.....	207
11.4.4	CAMPAÑA DE MUESTREO. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN .....	212
11.5	<b>ESTUDIO DE LA INTRUSIÓN MARINA Y DE ORIGEN DE LA SALINIDAD .....</b>	<b>221</b>
11.6	<b>CÁLCULOS GEOTERMOMÉTRICOS.....</b>	<b>224</b>
11.6.1	CONCEPTOS BÁSICOS .....	224
11.6.2	APLICACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO .....	228
11.7	<b>DETERMINACIÓN DE INFILTRACIÓN. BALANCE DE CLORUROS.....</b>	<b>231</b>
11.7.1	PRINCIPIOS BÁSICOS Y METODOLOGÍA.....	231
11.7.2	MUESTRAS DE AGUA DE LLUVIA.....	231
11.7.3	RESULTADOS E INTERPRETACIÓN.....	236
11.8	<b>DESCRIPCIÓN DE ACUÍFEROS .....</b>	<b>239</b>
11.9	<b>ACUÍFERO PLIEGUES CRETÁICOS DE JIJONA.....</b>	<b>240</b>
11.9.1	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS GENERALES.....	240
11.9.2	LITOLOGÍA Y GEOMETRÍA .....	241
11.9.3	PIEZOMETRÍA Y PARÁMETROS HIDRÁULICOS .....	242
11.9.4	FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA.....	242
11.9.5	BALANCE HÍDRICO.....	242
11.9.5.1	<b>Determinación de Infiltración Natural</b>	<b>242</b>
11.9.5.2	<b>Análisis de Usos de Agua</b>	<b>243</b>
11.9.5.3	<b>Balance Hídrico</b>	<b>243</b>
11.9.5.4	<b>Recursos Disponibles</b>	<b>245</b>
11.9.6	HIDROQUÍMICA.....	245
11.10	<b>ACUÍFERO DE ALMAENS.....</b>	<b>245</b>
11.10.1	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS GENERALES .....	245
11.10.2	LITOLOGÍA Y GEOMETRÍA .....	246
11.10.3	PIEZOMETRÍA Y PARÁMETROS HIDRÁULICOS.....	247
11.10.4	FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA .....	247
11.10.5	BALANCE HÍDRICO .....	247
11.10.5.1	<b>Determinación de Infiltración Natural</b>	<b>247</b>

11.10.5.2	<b>Análisis de Usos de Agua</b>	<b>248</b>
11.10.5.3	<b>Balance Hídrico</b>	<b>249</b>
11.10.5.4	<b>Recursos Disponibles</b>	<b>249</b>
11.10.6	HIDROQUÍMICA E ISÓTOPOS ESTABLES .....	250
11.10.6.1	<b>Hidroquímica</b>	<b>250</b>
11.10.6.2	<b>Isótopos Estables</b>	<b>255</b>
11.11	<b>ACUÍFERO JURÁSICO DE CABEZÓN DEL ORO.....</b>	<b>255</b>
11.11.1	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS GENERALES .....	255
11.11.2	LITOLOGÍA Y GEOMETRÍA .....	257
11.11.3	PARÁMETROS HIDRÁULICOS.....	258
11.11.4	PIEZOMETRÍA.....	260
11.11.5	FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA .....	261
11.11.6	BALANCE HÍDRICO .....	262
11.11.6.1	<b>Determinación de Infiltración Natural</b>	<b>262</b>
11.11.6.2	<b>Análisis de Usos de Agua</b>	<b>264</b>
11.11.6.3	<b>Balance Hídrico</b>	<b>265</b>
11.11.6.4	<b>Recursos Disponibles</b>	<b>265</b>
11.11.7	HIDROQUÍMICA E ISÓTOPOS ESTABLES .....	265
11.11.7.1	<b>Hidroquímica</b>	<b>265</b>
11.11.7.2	<b>Isótopos Estables</b>	<b>274</b>
11.12	<b>ACUÍFERO ANTICLINALES DE RELLEU .....</b>	<b>276</b>
11.12.1	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS GENERALES .....	276
11.12.2	LITOLOGÍA Y GEOMETRÍA .....	278
11.12.3	PARÁMETROS HIDRÁULICOS.....	279
11.12.4	PIEZOMETRÍA.....	282
11.12.5	FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA .....	284
11.12.6	BALANCE HÍDRICO .....	284
11.12.6.1	<b>Determinación de Infiltración Natural</b>	<b>284</b>
11.12.6.2	<b>Análisis de Usos de Agua</b>	<b>285</b>
11.12.6.3	<b>Balance Hídrico</b>	<b>287</b>
11.12.6.4	<b>Recursos Disponibles</b>	<b>288</b>
11.12.7	HIDROQUÍMICA E ISÓTOPOS ESTABLES .....	289
11.12.7.1	<b>Hidroquímica</b>	<b>289</b>
11.12.7.2	<b>Isótopos Estables</b>	<b>300</b>
11.13	<b>ACUÍFERO DE PEÑACOSTA .....</b>	<b>301</b>
11.14	<b>ACUÍFERO DE ORCHETA.....</b>	<b>302</b>
11.14.1	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS GENERALES .....	302
11.14.2	LITOLOGÍA Y GEOMETRÍA .....	303
11.14.3	PIEZOMETRÍA Y PARÁMETROS HIDRÁULICOS.....	303
11.14.4	FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA .....	304
11.14.5	BALANCE HÍDRICO .....	304

11.14.6	HIDROQUÍMICA .....	305
<b>11.15</b>	<b>ACUÍFERO DE SIERRA CORTINA .....</b>	<b>308</b>
11.15.1	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS GENERALES .....	308
11.15.2	LITOLOGÍA Y GEOMETRÍA .....	309
11.15.3	PARÁMETROS HIDRÁULICOS.....	310
11.15.4	PIEZOMETRÍA.....	312
11.15.5	FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO .....	313
11.15.6	BALANCE HÍDRICO .....	314
<b>11.15.6.1</b>	<b>Determinación de Infiltración Natural</b>	<b>314</b>
<b>11.15.6.2</b>	<b>Análisis de Usos de Agua</b>	<b>314</b>
<b>11.15.6.3</b>	<b>Balance Hídrico</b>	<b>316</b>
<b>11.15.6.4</b>	<b>Recursos Disponibles</b>	<b>316</b>
11.15.7	HIDROQUÍMICA E ISÓTOPOS ESTABLES .....	317
<b>11.15.7.1</b>	<b>Hidroquímica</b>	<b>317</b>
<b>11.15.7.2</b>	<b>Isótopos Estables</b>	<b>323</b>
<b>11.16</b>	<b>ACUÍFERO CUATERNARIO DE BENIDORM .....</b>	<b>325</b>
11.16.1	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS GENERALES .....	325
11.16.2	LITOLOGÍA Y GEOMETRÍA .....	327
11.16.3	PARÁMETROS HIDRÁULICOS.....	330
11.16.4	PIEZOMETRÍA.....	331
11.16.5	FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA .....	332
11.16.6	BALANCE HÍDRICO .....	332
<b>11.16.6.1</b>	<b>Determinación de Infiltración Natural</b>	<b>332</b>
<b>11.16.6.2</b>	<b>Análisis de Usos de Agua</b>	<b>333</b>
<b>11.16.6.3</b>	<b>Balance Hídrico</b>	<b>335</b>
<b>11.16.6.4</b>	<b>Recursos Disponibles</b>	<b>337</b>
11.16.7	HIDROQUÍMICA E ISÓTOPOS ESTABLES .....	338
<b>11.16.7.1</b>	<b>Hidroquímica</b>	<b>338</b>
<b>11.16.7.2</b>	<b>Isótopos Estables</b>	<b>345</b>
<b>11.17</b>	<b>ACUÍFERO DE SIERRA HELADA .....</b>	<b>346</b>
11.17.1	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS GENERALES .....	346
11.17.2	LITOTOGÍA Y GEOMETRÍA .....	348
11.17.3	PIEZOMETRÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO .....	349
11.17.4	BALANCE HÍDRICO .....	350
11.17.5	POSIBILIDADES DE CAPTACIÓN Y USO DEL ACUÍFERO .....	351
11.17.6	HIDROQUÍMICA .....	354
<b>11.18</b>	<b>ACUÍFERO CUATERNARIO DE VILLAJYOSA .....</b>	<b>357</b>
11.18.1	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS GENERALES .....	357
11.18.2	LITOLOGÍA Y GEOMETRÍA .....	358
11.18.3	PIEZOMETRÍA Y PARÁMETROS HIDRÁULICOS.....	359
11.18.4	FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA .....	362



11.18.5	BALANCE HÍDRICO .....	362
<b>11.18.5.1</b>	<b>Determinación de Infiltración Natural</b>	<b>362</b>
<b>11.18.5.2</b>	<b>Análisis de Usos de Agua</b>	<b>362</b>
<b>11.18.5.3</b>	<b>Balance Hídrico</b>	<b>366</b>
<b>11.18.5.4</b>	<b>Recursos Disponibles</b>	<b>367</b>
11.18.6	HIDROQUÍMICA E ISÓTOPOS ESTABLES .....	372
<b>11.18.6.1</b>	<b>Hidroquímica</b>	<b>372</b>
<b>11.18.6.2</b>	<b>Isótopos Estables</b>	<b>379</b>
<b>11.19</b>	<b>ACUÍFERO CUATERNARIO DE SAN JUAN-CAMPELLO .....</b>	<b>380</b>
11.19.1	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS GENERALES .....	380
11.19.2	LITOLOGÍA Y GEOMETRÍA .....	384
11.19.3	PIEZOMETRÍA Y PARÁMETROS HIDRÁULICOS.....	385
11.19.1	FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA .....	386
11.19.2	BALANCE HÍDRICO .....	386
<b>11.19.2.1</b>	<b>Determinación de Infiltración Natural</b>	<b>386</b>
<b>11.19.2.2</b>	<b>Análisis de Usos de Agua</b>	<b>387</b>
<b>11.19.2.3</b>	<b>Balance Hídrico</b>	<b>389</b>
<b>11.19.2.4</b>	<b>Recursos Disponibles y usos del acuífero</b>	<b>391</b>
11.19.3	HIDROQUÍMICA E ISÓTOPOS ESTABLES .....	397
<b>11.19.3.1</b>	<b>Hidroquímica</b>	<b>397</b>
<b>11.19.3.2</b>	<b>Isótopos Estables</b>	<b>407</b>
<b>11.20</b>	<b>FORMACIONES DE ESCASO INTERÉS HIDROGEOLOGICO .....</b>	<b>407</b>
11.20.1	OTRAS FORMACIONES CRETÁICAS DE ALMAENS.....	407
11.20.2	PLIEGUES DEL BARRANCO DE LA UMBRÍA .....	409
11.20.3	BASE DE LA DEPRESIÓN DE RELLEU.....	410
11.20.4	DETRÍTICOS DE ORCHETA.....	413
11.20.5	TERCIARIO DE VILLAJYOUSA.....	415
<b>12.</b>	<b>CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLOGICA DE LAS MASUB</b>	<b>423</b>
<b>12.1</b>	<b>MASUB 080.183 ORCHETA.....</b>	<b>423</b>
<b>12.2</b>	<b>MASUB 080.184 SAN JUAN-BENIDORM.....</b>	<b>432</b>
<b>12.3</b>	<b>SECTOR ESTUDIADO DE LA MASUB 080.190 BAJO VINALOPÓ.....</b>	<b>437</b>
<b>13.</b>	<b>ORDENACIÓN DE RECURSOS Y PROPUESTA DE GESTIÓN Y CONTROL</b>	<b>440</b>
<b>14.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>448</b>

## **ÍNDICE DE FICHAS RESUMEN DE ACUÍFEROS**

ACUIF 1.- ACUÍFERO PLIEGUES CRETÁVICOS DE JIJONA .....	244
ACUIF 2.- ACUÍFERO DE ALMAENS.....	254
ACUIF 3.- ACUÍFERO JURÁSICO DE CABEZÓN DEL ORO.....	275
ACUIF 4.- ACUÍFEROS ANTICLINALES DE RELLEU Y PEÑACOSTA.....	295
ACUIF 5.- ACUÍFERO DE ORCHETA .....	307
ACUIF 6.- ACUÍFERO DE SIERRA CORTINA .....	324
ACUIF 7.- ACUÍFERO CUATERNARIO DE BENIDORM.....	344
ACUIF 8.- ACUÍFERO DE SIERRA HELADA.....	356
ACUIF 9.- ACUÍFERO CUATERNARIO DE VILLAJYOUSA.....	378
ACUIF 10.- ACUÍFERO CUATERNARIO DE SAN JUAN-CAMPELLO.....	406

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura nº 1.- Plano de localización de la zona de estudio y antigua definición de MASub .....	10
Figura nº 2.- Plano de localización de la zona de estudio con las actuales MASub .....	11
Figura nº 3.- Relieve de la zona de estudio (generado a partir de MDT) .....	27
Figura nº 4.- Cuencas hidrológicas definidas en la zona de estudio (CHJ, 2009).....	28
Figura nº 5.- Masas de Agua Superficial y Subterránea de la zona de estudio (Fuente: CHJ, 2009)..	29
Figura nº 6.- Localización de estaciones de la red oficial de aforos .....	31
Figura nº 7.- Hidrograma de la estación 08128 río Monnegre en Tibi (embalse).....	32
Figura nº 8.- Hidrograma de la estación 08079 río Monnegre en Mutxamel .....	32
Figura nº 9.- Hidrograma de la estación 08024 río Sella en Orxeta .....	33
Figura nº 10.- Hidrograma de la estación 08978 río Sella .....	34
Figura nº 11.- Hidrograma de la estación 08078 río Amadorio en Orxeta.....	35
Figura nº 12.- Hidrograma de las entradas al embalse del Amadorio (08004).....	35
Figura nº 13.- Localización de cauces ganadores y perdedores de la zona de estudio.....	46
Figura nº 14.- Estaciones de control de calidad de aguas superficiales en la zona estudiada .....	55
Figura nº 15.- Evolución de calidad. Estación Virgen de Chapitel JUO602 (JU0872002).....	57
Figura nº 16.- Diagrama de Piper. Estación Virgen de Chapitel JUO602 (JU0872002).....	58
Figura nº 17.- Caudal versus-CE. Estación Virgen de Chapitel JUO602 .....	58
Figura nº 18.- Evolución de calidad. Estación Jijona JUO603 (JU08720003) .....	59
Figura nº 19.- Diagrama de Piper. Estación Jijona JUO603 (JU08720003) .....	60
Figura nº 20.- Caudal versus CE. Estación Jijona .....	61
Figura nº 21.- Diagrama de Piper. Estación Molino Nuevo.....	62
Figura nº 22.- Evolución de calidad. Estación Molino Nuevo JUO608 .....	63
Figura nº 23.- Caudal versus CE. Estación Molino Nuevo.....	64
Figura nº 24.- Evolución de calidad. Estación Cola del Amadorio JUO604.....	65
Figura nº 25.- Caudal versus CE. Estación Cola del Amadorio .....	66
Figura nº 26.- Diagrama de Piper. Estación Cola del Amadorio .....	67
Figura nº 27.- Evolución de calidad. Estación Embalse del Amadorio JUN603 (JU08470003) .....	68
Figura nº 28.- Caudal versus CE. Estación Embalse del Amadorio .....	69
Figura nº 29.- Diagrama de Piper. Estación Embalse del Amadorio .....	69
Figura nº 30.- Evolución de calidad. Estación Río Amadorio A-7/Mar JUN613 (JU08470013).....	70
Figura nº 31.- Caudal versus CE. Estación Río Amadorio A-7 .....	71
Figura nº 32.- Diagrama de Piper. Estación Río Amadorio A-7 .....	71
Figura nº 33.- CE en la vertical del agua embalsada en el Amadorio .....	72
Figura nº 34.- Registros de CE agua en la vertical del agua embalsada en Amadorio.....	73
Figura nº 35.- Registros de CE del agua embalsada en la vertical del Amadorio .....	73
Figura nº 36.- Evolución de calidad. Estación Villajoyosa JUN601 .....	74
Figura nº 37.- Diagrama de Piper. Estación Villajoyosa .....	75
Figura nº 38.- Caudal versus CE. Estación Villajoyosa .....	75
Figura nº 39.- Ubicación de estaciones meteorológicas (Fuente: AEM, 2009) .....	79
Figura nº 40.- Serie pluviometría de la estación 8023. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados.....	80
Figura nº 41.- Serie pluviometría de la estación 8024. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados.....	80
Figura nº 42.- Serie pluviometría de la estación 8025. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados.....	81

Figura nº 43.- Serie pluviometría de la estación 8025A. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados .....	81
Figura nº 44.- Serie pluviometría de la estación 8026A. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados .....	81
Figura nº 45.- Serie pluviometría de la estación 8026D. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados .....	81
Figura nº 46.- Serie pluviometría de la estación 8028E. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados .....	81
Figura nº 47.- Serie pluviometría de la estación 8028I. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados.....	82
Figura nº 48.- Serie pluviometría de la estación 8029. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados.....	82
Figura nº 49.- Serie pluviometría de la estación 8029A. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados .....	82
Figura nº 50.- Serie pluviometría de la estación 8029D. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados .....	82
Figura nº 51.- Serie pluviometría de la estación 8032. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados.....	82
Figura nº 52.- Serie pluviometría de la estación 8033. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados.....	83
Figura nº 53.- Serie pluviometría de la estación 8033A. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados .....	83
Figura nº 54.- Serie pluviometría de la estación 8033E. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados .....	83
Figura nº 55.- Serie pluviometría de la estación 8034. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados.....	83
Figura nº 56.- Serie pluviometría de la estación 8035. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados.....	83
Figura nº 57.- Serie pluviometría de la estación 8036. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados.....	84
Figura nº 58.- Serie pluviometría de la estación 8036B. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados .....	84
Figura nº 59.- Serie pluviometría de la estación 8037. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados.....	84
Figura nº 60.- Serie pluviometría de la estación 8024. 0: Dato real; 1: Dato interpolado .....	84
Figura nº 61.- Serie pluviometría de la estación 8038. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados.....	84
Figura nº 62.- Localización de estaciones meteorológicas .....	85
Figura nº 63.- Evolución mensual de la precipitación en las estaciones utilizadas para el balance del suelo .....	87
Figura nº 64.- Evolución mensual de precipitación en las estaciones utilizadas en la correlación de altitud .....	87
Figura nº 65.- Evolución anual de precipitación de las estaciones utilizadas en los balances del suelo .....	88
Figura nº 66.- Evolución anual de precipitación de las estaciones utilizadas en la correlación de la altitud .....	88
Figura nº 67.- Mapa de isoyetas de precipitaciones medias anuales (todos los años disponibles) .....	90
Figura nº 68.- Mapa de isoyetas de precipitaciones medias anuales (1980-1999) .....	90
Figura nº 69.- Mapa de isoyetas de precipitaciones medias anuales (2000-2008) .....	91
Figura nº 70.- Correlación entre altitud y precipitación media anual (periodo 2000-2008).....	91
Figura nº 71.- Serie de temperatura de la estación 8024. 0: Dato real; 1: Dato interpolado .....	92
Figura nº 72.- Serie de temperatura de la estación 8025. 0: Dato real; 1: Dato interpolado .....	93
Figura nº 73.- Serie de temperatura de la estación 8025 A. 0: Dato real; 1: Dato interpolado.....	93
Figura nº 74.- Serie de temperatura de la estación 8026. 0: Dato real; 1: Dato interpolado .....	93
Figura nº 75.- Serie de temperatura de la estación 8029. 0: Dato real; 1: Dato interpolado .....	93
Figura nº 76.- Serie de temperatura de la estación 8032. 0: Dato real; 1: Dato interpolado .....	93
Figura nº 77.- Serie de temperatura de la estación 8035. 0: Dato real; 1: Dato interpolado .....	94
Figura nº 78.- Serie de temperatura de la estación 8036. 0: Dato real; 1: Dato interpolado .....	94
Figura nº 79.- Serie de temperatura de la estación 8036B. 0: Dato real; 1: Dato interpolado.....	94
Figura nº 80.- Temperatura media mensual. Estación 8025.....	94
Figura nº 81.- Evolución de la ETP diaria. Estación 8026 A.....	96
Figura nº 82.- Evolución de la ETP diaria. Estación 8029 .....	96
Figura nº 83.- Evolución de la ETP diaria. Estación 8035 .....	97

Figura nº 84.- Precipitación anual y ETP calculada por Thornthwaite. Estación 8026 A .....	97
Figura nº 85.- Precipitación anual y ETP calculada por Thornthwaite. Estación 8029.....	98
Figura nº 86.- Precipitación anual y ETP calculada por Thornthwaite. Estación 8035.....	98
Figura nº 87.- Precipitación y ETP mensuales en el año hidrológico 1993 (Estación 8026 A) .....	99
Figura nº 88.- Precipitación y ETP mensuales en el año hidrológico 1993 (Estación 8029).....	99
Figura nº 89.- Precipitación y ETP mensuales en el año hidrológico 1993 (Estación 8035).....	100
Figura nº 90.- Comarca de L'Alacantí (izquierda) y Marina Baixa (derecha).....	119
Figura nº 91.- Trazado del Canal de Alicante de la MCT.....	122
Figura nº 92.- Infraestructura hidráulica de la MCT .....	122
Figura nº 93.- Infraestructura hidráulica del Consorcio de la Marina Baixa.....	123
Figura nº 94.- Zonas regables de la Comarca Meridional de Alicante de Riegos de Levante (izquierda) y Comunidades de Base de la Margen Izquierda (derecha).....	127
Figura nº 95.- Esquema de funcionamiento del Canal del Bajo Algar .....	127
Figura nº 96.- Aproximación al riego tradicional de la Huerta de Villajoyosa .....	128
Figura nº 97.- Situación de explotaciones agrícolas bajo invernaderos de Bonnysa .....	129
Figura nº 98.- Situación de la fábrica de Chocolates Valor, S.A.....	131
Figura nº 99.- Situación del parque acuático Aqualandia Benidorm.....	131
Figura nº 100.- Situación del parque temático Terra Mítica.....	132
Figura nº 101.- Situación del campo de Golf Real de Faula .....	133
Figura nº 102.- Situación del campo de Golf & SPA Bonalba.....	133
Figura nº 103.- Situación del Alicante Golf Club .....	134
Figura nº 104.- UDAs definidas por la CHJ en el ámbito de la zona de estudio.....	141
Figura nº 105.- Localización de series litoestratigráficas .....	145
Figura nº 106.-Secuencia estratigráfica Sierra Helada-Escarpe .....	148
Figura nº 107.- Secuencias calcáreas del acantilado Faro de L'Albir.....	149
Figura nº 108.- Secuencia estratigráfica Camino Viejo Faro de L'Albir .....	152
Figura nº 109.- Secuencia estratigráfica Playa de L'Albir .....	157
Figura nº 110.- Secuencia estratigráfica Sierra Cortina-Racó .....	160
Figura nº 111.- Secuencia estratigráfica Sierra Cortina-Extremo Noreste .....	162
Figura nº 112.- Secuencia estratigráfica Sierra de Relleu-Racó de Cortés.....	164
Figura nº 113.- Secuencia estratigráfica de Cabezón de Oro en Balneario Aguas de Busot I.....	169
Figura nº 114.- Secuencia estratigráfica de Cabezón de Oro en Balneario Aguas de Busot II.....	173
Figura nº 115.- Secuencia estratigráfica de Cabezón de Oro-El Ginebral .....	176
Figura nº 116.- Secuencia estratigráfica Flanco Meridional de Almaens .....	178
Figura nº 117.- Cuadro de relaciones estratigráficas de la zona estudiada .....	180
Figura nº 118.- Ambientes sedimentarios durante el Neocomiense .....	182
Figura nº 119.- Distribución de ambientes sedimentarios en el Aptiense superior-Albiense Inferior .	183
Figura nº 120.- Distribución de ambientes sedimentarios en el Cenomaniense-Turoniense .....	183
Figura nº 121.- Banda de anomalías estructurales (Granier, B., 1987).....	185
Figura nº 122.- Esquema de primera fase de deformación .....	191
Figura nº 123.- Esquema de la segunda fase de deformación.....	191
Figura nº 124.- Diagrama de Potabilidad .....	195
Figura nº 125.- Diagrama para clasificar las aguas de riego según el U.S. Salinity Laboratory Staff	196

Figura nº 126.- Clasificación de la calidad del agua para riego según la FAO (Ayers y Westcot, 1985). CE: Conductividad eléctrica (en mS/cm ó dS/m).....	197
Figura nº 127.- Clasificación de la calidad del agua de riego según la FAO (Ayers y Westcot, 1985) .....	198
Figura nº 128.- Relación $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ .....	201
Figura nº 129.- Variación estacional de $\delta^{18}\text{O}$ y de $\delta^2\text{H}$ en la precipitación.....	201
Figura nº 130.- Cambios de la composición isotópica del agua por diferentes procesos .....	203
Figura nº 131.- Variaciones isotópicas relacionadas con procesos de adquisición de sales .....	204
Figura nº 132.- Izquierda: Evolución de $\delta^{18}\text{O}$ en el punto 2933-6-27 (09/93 a 04/94). Derecha: Evolución de $\delta^{13}\text{C}$ en el punto 2933-6-27 (10/93 a 05/94).....	208
Figura nº 133.- Evolución de $\delta^{34}\text{S}$ en el punto 2933-6-27 (10/93 a 04/94).....	209
Figura nº 134.- Relación entre $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ en muestras U.H. 08.45 Sierra de Aitana (11/2004) .....	210
Figura nº 135.- Red Española de Vigilancia de Isótopos de Precipitación y demarcaciones hidrográficas.....	212
Figura nº 136.- Correlación entre $\delta^{18}\text{O}$ y altitud de muestreo .....	214
Figura nº 137.- Correlación entre $\delta^2\text{H}$ y altitud de muestreo .....	215
Figura nº 138.- Correlación entre $\delta^{18}\text{O}$ y altitud de zona de recarga.....	216
Figura nº 139.- Correlación entre $\delta^2\text{H}$ y altitud de zona de recarga.....	218
Figura nº 140.- Gráfico $\delta^2\text{H}$ versus $\delta^{18}\text{O}$ .....	219
Figura nº 141.- Gráfico $\delta^2\text{H}$ versus $\delta^{18}\text{O}$ modificado para la zona de estudio.....	220
Figura nº 142.- Gráficos de rCl/rBr vs. Cl para diferentes tipos de aguas con distinto origen de la salinidad .....	223
Figura nº 143.- Evolución de temperatura del agua media in situ en muestras de pozos que captan el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro.....	228
Figura nº 144.- Situación de colectores de agua de lluvia .....	232
Figura nº 145.- Diagrama de Piper de muestras de agua de lluvia (22/09/09-27/10/09) .....	234
Figura nº 146.- Valores medios de la calidad química del agua de lluvia recogidos en la tesis de J.M. Andreu Rodes (1997).....	236
Figura nº 147.- Contenido medio en cloruros (mg/l) de la deposición total atmosférica en el territorio español (F.J. Alcalá García, 2005).....	237
Figura nº 148.- Esquemas descriptivos de la Cueva de Canelobre .....	238
Figura nº 149.- Diagrama de Piper. Acuífero de Almaens.....	251
Figura nº 150.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Acuífero de Almaens.....	252
Figura nº 151.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO. Acuífero de Almaens.....	252
Figura nº 152.- Gráfico rCl/rBr vs. Cl. Acuífero de Almaens.....	253
Figura nº 153.- Evolución del caudal específico en el pozo 2933-6-2 .....	259
Figura nº 154.- Evolución del caudal específico en el pozo 2933-6-27 .....	259
Figura nº 155.- Evolución de niveles. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro .....	260
Figura nº 156.- Evolución de la temperatura medida "in situ". Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro .....	262
Figura nº 157.- Evolución de extracciones. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro .....	264
Figura nº 158.- Diagramas de Piper. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro .....	266
Figura nº 159.- Evolución de la CE. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro.....	267
Figura nº 160.- Evolución de sulfatos y cloruros. Acuífero Jurásico Cabezón del Oro .....	267
Figura nº 161.- Correlación de temperatura y CE. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro .....	267

Figura nº 162.- Correlación de CE y concentraciones de SO <sub>4</sub> + Ca y Cl + Na. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro .....	268
Figura nº 163.- Evolución de algunos iones mayoritarios. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro....	269
Figura nº 164.- Evolución del ratio rMg/rCa. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro.....	270
Figura nº 165.- Evolución de HCO <sub>3</sub> . Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro .....	270
Figura nº 166.- Evolución del ratio rCl/rHCO <sub>3</sub> . Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro.....	270
Figura nº 167.- Evolución del ratio rSO <sub>4</sub> /rCl. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro .....	271
Figura nº 168.- Representación de rCa versus rCl. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro.....	271
Figura nº 169.- Representación de rNa versus r(Ca+Mg). Acuífero Jurásico Cabezón del Oro .....	271
Figura nº 170.- Representación de rCl-r(NA+K) versus rCl. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro.	272
Figura nº 171.- Representación de rSO <sub>4</sub> versus rCl. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro.....	272
Figura nº 172.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro .....	273
Figura nº 173.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro.....	273
Figura nº 174.- Gráfico rCl/rBr vs. Cl. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro .....	274
Figura nº 175.- Evolución del caudal específico en el punto 2933-7-11 .....	280
Figura nº 176.- Evolución de la profundidad de niveles en el punto 2933-7-10 .....	281
Figura nº 177.- Evolución de la profundidad de niveles en el pozo 2933-8-39.....	281
Figura nº 178.- Evolución de niveles. Sector Amadorio del acuífero Anticlinales de Relleu .....	282
Figura nº 179.- Evolución de niveles. Sector Pequerina del acuífero Anticlinales de Relleu .....	283
Figura nº 180.- Esquema hidrogeológico del umbral impermeable de base de la charnela del anticlinal de Relleu (Fuente: DPA, 2009) .....	283
Figura nº 181.- Evolución de extracciones. Sector acuífero Amadorio.....	286
Figura nº 182.- Evolución de extracciones. Sector acuífero Pequerina.....	287
Figura nº 183.- Evolución de la CE. Acuífero Anticlinales de Relleu .....	289
Figura nº 184.- Diagramas de Piper. Acuífero Anticlinales de Relleu.....	290
Figura nº 185.- Evolución de sulfatos. Acuífero Anticlinales de Relleu .....	292
Figura nº 186.- Evolución de cloruros. Acuífero Anticlinales de Relleu .....	292
Figura nº 187.- Evolución espacial de facies hidroquímicas. Acuífero Anticlinales de Relleu.....	296
Figura nº 188.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Sector Pequerina .....	297
Figura nº 189.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO. Sector Pequerina .....	298
Figura nº 190.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Sector Amadorio .....	298
Figura nº 191.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO. Sector Amadorio .....	299
Figura nº 192.- Gráfico rCl/rBr vs. Cl. Sector Pequerina.....	299
Figura nº 193.- Gráfico rCl/rBr vs. Cl. Sector Amadorio.....	300
Figura nº 194.- Diagrama de Piper de la muestra del punto 2933-8-113 .....	305
Figura nº 195.- Aptitud para riego según clasificación USLS. Acuífero de Orcheta.....	306
Figura nº 196.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO. Acuífero de Orcheta .....	306
Figura nº 197.- Evolución del caudal específico en el punto 2933-8-112.....	311
Figura nº 198.- Evolución de niveles. Sector Benienzo del acuífero de Sierra Cortina.....	312
Figura nº 199.- Evolución de extracciones en el pozo 2933-8-112 .....	315
Figura nº 200.- Evolución de la CE en el pozo 2933-8-112 .....	318
Figura nº 201.- Diagramas de Piper. Acuífero de Sierra Cortina.....	318
Figura nº 202.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Sector Benienzo.....	319

Figura nº 203.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO. Sector Benienzo.....	320
Figura nº 204.- Gráfico rCl/rBr vs. Cl. Sector Benienzo.....	320
Figura nº 205.- Gráfico rCl/rBr vs. Cl. Sector Murtal.....	321
Figura nº 206.- Focos potenciales de contaminación en el sector meridional de Sierra Cortina .....	321
Figura nº 207.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Sector Murtal.....	322
Figura nº 208.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO. Sector Murtal.....	323
Figura nº 209.- Definición de acuíferos de la zona Benidorm-Altea (DPA, 2007) .....	326
Figura nº 210.- Algunos isovalores de los acuíferos de la zona Benidorm (DPA, 2005).....	329
Figura nº 211.- Evolución de niveles. Acuífero Cuaternario de Benidorm.....	331
Figura nº 212.- Esquemas constructivos de las captaciones tipo propuestas por la DPA para captar el acuífero Cuaternario de Benidorm (DPA, 2007) .....	338
Figura nº 213.- Diagramas de Piper. Acuífero Cuaternario de Benidorm.....	340
Figura nº 214.- Evolución temporal de CE. Acuífero Cuaternario de Benidorm .....	341
Figura nº 215.- Evolución espacial de facies hidroquímicas. Acuífero Cuaternario de Benidorm.....	342
Figura nº 216.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Acuífero Cuaternario de Benidorm	343
Figura nº 217.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO. Acuífero Cuaternario de Benidorm .....	343
Figura nº 218.- Gráfico rCl/rBr vs Cl. Acuífero Cuaternario de Benidorm.....	345
Figura nº 219.- Esquema hidrogeológico de los acuíferos de Sierra Helada y Benidorm-Altea (IGME, 1990) .....	347
Figura nº 220.- Delimitación de Parque Natural de Sierra Helada (Consellería de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge de la Generalitat Valenciana, 2005) .....	348
Figura nº 221.- Evolución de niveles de pozo playero. Acuífero de Sierra Helada .....	349
Figura nº 222.- Esquema constructivo del sondeo tipo para captación de agua de mar a través del acuífero de Sierra Helada (Fuente: DPA, 2007) .....	351
Figura nº 223.- Esquema constructivo del sondeo tipo para inyección de salmueras o excedentes de EDAR en el Jurásico de Sierra Helada (DPA, 2007) .....	353
Figura nº 224.- Diagramas de Piper. Acuífero de Sierra Helada .....	354
Figura nº 225.- Gráfico rCl/rBr vs. Cl. Acuífero de Sierra Helada .....	355
Figura nº 226.- Definición del acuífero de Cuaternario de Villajoyosa (DPA, 2007).....	357
Figura nº 227.- Algunos isovalores del acuífero Cuaternario de Villajoyosa (DPA, 2005) .....	360
Figura nº 228.- Evolución piezométrica. Sector Villajoyosa.....	361
Figura nº 229.- Evolución piezométrica. Sector Torres.....	361
Figura nº 230.- Zonas favorables de captación. Acuífero de Villajoyosa (DPA, 2007).....	368
Figura nº 231.- Esquema constructivo de captación tipo. Acuífero Cuaternario de Villajoyosa (DPA, 2007) .....	369
Figura nº 232.- Zona de captación de agua mar a través de acuíferos profundos y diseño de captación tipo (DPA, 2007) .....	370
Figura nº 233.- Zona de inyección de salmueras o excedentes de EDAR. Captación tipo (DPA, 2007) .....	371
Figura nº 234.- Diagramas de Piper. Sector Villajoyosa .....	374
Figura nº 235.- Diagramas de Piper. Sector Torres.....	374
Figura nº 236.- Evolución de la CE. Sector Villajoyosa .....	375
Figura nº 237.- Evolución de la CE. Sector Torres .....	375
Figura nº 238.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Sector Villajoyosa .....	376
Figura nº 239.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO. Sector Torres .....	376



Figura nº 240.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Sector Torres .....	376
Figura nº 241.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO. Sector Torres .....	377
Figura nº 242.- Gráfico rCl/rBr vs. Cl. Sector Villajoyosa.....	377
Figura nº 243.- Gráfico rCl/rBr vs. Cl. Sector Torres.....	379
Figura nº 244.- Esquema hidrogeológico de los Acuíferos de San Juan Campello (Fuente: DPA, 2007) .....	381
Figura nº 245.- Evolución piezométrica. Acuífero San Juan-Campello .....	385
Figura nº 246.- Zonas de Favorabilidad de los Acuíferos de San Juan Campello (Fuente: DPA, 2007) .....	392
Figura nº 247.- Esquema constructivo tipo de sondeo para captar agua de mar a través del acuífero de San Juna Campello (Fuente: DPA, 2007).....	393
Figura nº 248.- Esquema constructivo tipo de sondeo para captar pequeños caudales del acuífero de San Juan-Campello (Fuente: DPA, 2007).....	394
Figura nº 249.- Esquema constructivo tipo de pozo con drenes radiales para captar pequeños caudales del acuífero de San Juan-Campello (Fuente: DPA, 2007) .....	394
Figura nº 250.- Esquema constructivo tipo de sondeo de inyección en formaciones permeables del Turoniense bajo el acuífero de San Juan-Campello (Fuente: DPA, 2007).....	395
Figura nº 251.- Esquema constructivo tipo de sondeo tipo de inyección en el Plioceno del acuífero de San Juan-Campello (Fuente: DPA, 2007).....	396
Figura nº 252.- Diagramas de Piper. Acuífero San Juan-Campello .....	399
Figura nº 253.- Diagramas de Piper. Acuífero San Juan-Campello (bis) .....	399
Figura nº 254.- Evolución de la CE. Acuífero Cuaternario San Juan-Campello .....	400
Figura nº 255.- Algunos isovalores del acuífero Cuaternario de San Juan-Campello (Fuente: DPA, 2005) .....	401
Figura nº 256.- Evolución espacial de facies (1ª campaña de 2009). Acuífero de San Juan-Campello .....	402
Figura nº 257.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Acuífero Cuaternario de San Juan- Campello .....	404
Figura nº 258.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO. Acuífero Cuaternario de San Juan- Campello .....	405
Figura nº 259.- Gráfico rCl/rBr vs. Cl. Acuífero Cuaternario de San Juan-Campello .....	405
Figura nº 260.- Diagrama de Piper. Punto 2933-5-7.....	408
Figura nº 261.- Diagrama de Piper. Base de la Depresión de Relleu.....	411
Figura nº 262.- Relación Cl versus rCl/rBr. Base de la Depresión de Relleu .....	412
Figura nº 263.- Diagrama de Piper. Detríticos de Orcheta .....	413
Figura nº 264.- Evoluciones de iones mayoritarios. Punto 2933-8-1 .....	414
Figura nº 265.- Evoluciones piezométricas. Terciario de Villajoyosa .....	417
Figura nº 266.- Evolución de la CE. Terciario de Villajoyosa.....	419
Figura nº 267.- Diagrama de Piper. Terciario de Villajoyosa .....	420
Figura nº 268.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Terciario de Villajoyosa.....	420
Figura nº 269.- Relación Cl versus rCl/rBr. Terciario de Villajoyosa.....	421
Figura nº 270.- Masas de agua subterránea y acuíferos .....	427

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla nº 1.- Listado de documentos utilizados .....	12
Tabla nº 2.- Cuencas y subcuencas de la zona de estudio .....	29
Tabla nº 3.- MAS de la zona de estudio.....	30
Tabla nº 4.- Estaciones de la red oficial de aforos de cauces .....	30
Tabla nº 5.- Manantiales utilizados para definir la relación río-acuífero .....	36
Tabla nº 6.- Surgencias del interfluvio Rambuchar-río Monnegre .....	38
Tabla nº 7.- Surgencias que drenan al río Monnegre .....	39
Tabla nº 8.- Surgencias que drenan a la red fluvial del interfluvio río Monnegre-río Amadorio .....	40
Tabla nº 9.- Surgencias que drenan al río Amadorio .....	41
Tabla nº 10.- Surgencias que drenan a la red fluvial del interfluvio río Amadorio-río Algar .....	42
Tabla nº 11.- Parámetros de la subred de prepotable .....	49
Tabla nº 12.- Parámetros de la subred de riego .....	50
Tabla nº 13.- Parámetros de la subred de baños .....	50
Tabla nº 14.- Parámetros de la subred COCA.....	51
Tabla nº 15.- Parámetros de las subredes de control básico, intercalibración y de referencia .....	52
Tabla nº 16.- Parámetros de la subred Eionet Water .....	53
Tabla nº 17.- Parámetros de la red de sustancias peligrosas .....	53
Tabla nº 18.- Estaciones de control de calidad de aguas superficiales utilizadas.....	56
Tabla nº 19.- Estaciones climatológicas utilizadas .....	79
Tabla nº 20.- Valores medios, máximos y mínimos anuales de precipitación (series completas) .....	89
Tabla nº 21.- Valores medios, máximos y mínimos anuales de precipitación (periodo 1980-1999) ....	89
Tabla nº 22.- Valores medios, máximos y mínimos anuales de precipitación (periodo 2000-2008) ....	89
Tabla nº 23.- Valores típicos de humedad o agua útil en función de la textura del suelo .....	101
Tabla nº 24.- Profundidad de raíces media de diferentes cultivos.....	101
Tabla nº 25.- Comparativa de valores de ETR obtenidos por Thornthwaite y Turc. Estación 8026A	103
Tabla nº 26.- Comparativa de valores de ETR obtenidos por Thornthwaite y Turc. Estación 8029...	103
Tabla nº 27.- Comparativa de valores de ETR obtenidos por Thornthwaite y Turc. Estación 8035...	104
Tabla nº 28.- Comparativa de valores de ETR obtenidos por Thornthwaite y Turc. Estación 8038...	105
Tabla nº 29.- Comparativa de valores de ETR medios anuales obtenidos por Thornthwaite y Coutagne .....	106
Tabla nº 30.- Estimación inicial del umbral de escorrentía Po (mm) .....	107
Tabla nº 31.- Clasificación de suelos a efectos del umbral de escorrentía .....	108
Tabla nº 32.- Estimación de umbrales de escorrentía de la zona de estudio.....	108
Tabla nº 33.- Balances del suelo por estación climática y áreas de aplicación.....	110
Tabla nº 34.- Balances anuales en estaciones utilizadas .....	110
Tabla nº 35.- Balances anuales en estaciones utilizadas (continuación) .....	111
Tabla nº 36.- Puntos visitados donde se midieron niveles y/o se tomaron muestras de agua.....	116
Tabla nº 37.- Población municipal censada (periodo 2000-2008) .....	120
Tabla nº 38.- Origen de los recursos de los abastecimientos urbanos de la zona .....	120
Tabla nº 39.- Volumen suministrado en los abastecimientos de la zona.....	124
Tabla nº 40.- Previsiones de demanda futura de municipios que captan los acuíferos de la zona ...	125
Tabla nº 41.- Otros aprovechamientos e infraestructuras de riego de la zona.....	130

Tabla nº 42.- Superficies de los municipios de la zona de estudio.....	135
Tabla nº 43.- Superficie urbanizada situada sobre la zona por municipios .....	136
Tabla nº 44.- Distribución de superficies urbanizadas sobre acuíferos .....	137
Tabla nº 45.- Estimación de volumen suministrado en zonas urbanizadas sobre acuíferos.....	138
Tabla nº 46.- Estimación de pérdidas en zonas urbanizadas sobre acuíferos .....	139
Tabla nº 47.- UDAs definidas en la zona de estudio.....	140
Tabla nº 48.- Superficie de UDAs sobre zona de estudio y tipos de cultivos de regadío.....	140
Tabla nº 49.- Superficies de los regadíos de la zona de estudio .....	141
Tabla nº 50.- Estimación de demanda de cultivos de la zona de estudio (dotaciones DPA) .....	141
Tabla nº 51.- Estimación de demanda de cultivos de la zona de estudio (dotaciones PHCJ) .....	142
Tabla nº 52.- Cultivos sobre los acuíferos detríticos (km <sup>2</sup> ) .....	143
Tabla nº 53.- Estimación de infiltración por retornos de riego .....	143
Tabla nº 54.- Localización de series litoestratigráficas .....	146
Tabla nº 55.- Términos de la serie de Sierra Helada .....	146
Tabla nº 56.- Términos de la serie de Sierra Cortina .....	159
Tabla nº 57.- Tramos de la serie de Sierra de Rellou .....	163
Tabla nº 58.- Tramos de la serie de Cabezón del Oro.....	168
Tabla nº 59.- Correspondencia entre acuíferos, Unidades Hidrogeológicas y MASub .....	193
Tabla nº 60.- Normas de uso de tipos de agua según clasificación USSL.....	196
Tabla nº 61.- Principales restricciones del agua de riego .....	199
Tabla nº 62.- Valores de $\delta^{18}\text{O}$ en ‰ de la precipitación muestreada a distintas alturas en la Sierra del Cabeço d'Or .....	207
Tabla nº 63.- Contenido de <sup>13</sup> C, <sup>14</sup> C, carbono muerto, <sup>3</sup> H, carbono mineral total e índice de saturación de la calcita del punto 2933-6-27 en junio de 1993 .....	209
Tabla nº 64.- Datos meteorológicos y medias ponderadas de $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ y d (exceso de <sup>2</sup> H) para el periodo 2000-2006 en estaciones españolas .....	211
Tabla nº 65.- Determinaciones de isótopos .....	213
Tabla nº 66.- Cotas máximas, medias y mínimas de afloramientos de acuíferos .....	214
Tabla nº 67.- Estimación de cotas de recarga a partir de resultados isotópicos .....	216
Tabla nº 68.- Concentración de elementos mayoritarios y de algunos minoritarios y relaciones iónicas del agua de mar.....	222
Tabla nº 69.- Ecuaciones dependientes de la temperatura para varios geotermómetros.....	225
Tabla nº 70.- Valores de temperatura de base (°C) calculados para las aguas termales del Cabecó d'Or (J.M. Andreu Rodes, 1997) .....	229
Tabla nº 71.- Cálculo de temperaturas a partir de geotermómetros de SiO <sub>2</sub> .....	229
Tabla nº 72.- Cálculos de temperatura a partir de geotermómetros Na/K.....	230
Tabla nº 73.- Ubicación de colectores de agua de lluvia y periodo de recolección.....	231
Tabla nº 74.- Resultados analíticos de muestras de agua de lluvia recolectadas en octubre de 2009 .....	235
Tabla nº 75.- Tasas de infiltración obtenidas mediante balance de cloruros.....	238
Tabla nº 76.- Sumario estadístico de las características hidrogeoquímicas de las aguas de goteo de la Cueva de Canelobre .....	239
Tabla nº 77.- Usos del suelo sobre afloramientos permeables. Acuífero Pliegues Cretácicos de Jijona .....	240
Tabla nº 78.- Extensión de formaciones aflorantes. Acuífero Pliegues Cretácicos de Jijona .....	241

Tabla nº 79.- Estimación de la infiltración del agua de lluvia. Acuífero Pliegues Cretácicos de Jijona .....	242
Tabla nº 80.- Puntos de agua inventariados. Acuífero Pliegues Cretácicos de Jijona .....	243
Tabla nº 81.- Usos del suelo sobre afloramientos permeables. Acuífero de Almaens .....	245
Tabla nº 82.- Extensión de formaciones geológicas aflorantes. Acuífero de Almaens .....	246
Tabla nº 83.- Estimación de la infiltración del agua de lluvia. Acuífero Almaens .....	248
Tabla nº 84.- Puntos de agua inventariados. Acuífero de Almaens .....	248
Tabla nº 85.- Determinaciones analíticas realizadas en 2009. Acuífero de Almaens .....	250
Tabla nº 86.- Relaciones iónicas. Acuífero de Almaens .....	251
Tabla nº 87.- Extensión de municipios y comarcas. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro .....	256
Tabla nº 88.- Usos del suelo sobre afloramientos permeables. Acuífero Jurásico Cabezón del Oro	256
Tabla nº 89.- Extensión de formaciones geológicas aflorantes. Acuífero Jurásico Cabezón del Oro	257
Tabla nº 90.- Resumen de aforos. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro .....	258
Tabla nº 91.- Estimación de la infiltración del agua de lluvia. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro	263
Tabla nº 92.- Determinaciones analíticas 2009. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro .....	265
Tabla nº 93.- Puntos de muestreo isotópico. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro .....	276
Tabla nº 94.- Superficie de los sectores del acuífero Anticlinales de Relleu .....	277
Tabla nº 95.- Usos del suelo sobre afloramientos permeables. Acuífero Anticlinales de Relleu .....	277
Tabla nº 96.- Extensión de formaciones geológicas aflorantes. Acuífero Anticlinales de Relleu .....	278
Tabla nº 97.- Resumen de aforos. Acuífero Anticlinales de Relleu .....	279
Tabla nº 98.- Estimación de la infiltración del agua de lluvia. Acuífero Anticlinales de Relleu .....	285
Tabla nº 99.- Puntos de agua inventariados. Acuífero Anticlinales de Relleu .....	285
Tabla nº 100.- Resultados analíticos de 2009. Acuífero Anticlinales de Relleu .....	290
Tabla nº 101.- Analíticas utilizadas para calcular promedios del periodo 1998/2009. Acuífero Anticlinales de Relleu .....	293
Tabla nº 102.- Relaciones iónicas de la primera campaña. Acuífero Anticlinales de Relleu .....	296
Tabla nº 103.- Relaciones iónicas promedio del periodo 1998/2009. Acuífero Anticlinales de Relleu	297
Tabla nº 104.- Puntos de muestreo isotópico. Acuífero Anticlinales de Relleu .....	300
Tabla nº 105.- Estimación de la infiltración. Acuífero Peñacosta .....	301
Tabla nº 106.- Usos del suelo sobre afloramientos permeables. Acuífero de Orcheta .....	302
Tabla nº 107.- Extensión de formaciones geológicas aflorantes. Acuífero de Orcheta .....	303
Tabla nº 108.- Estimación de la infiltración del agua de lluvia Acuífero de Orcheta .....	304
Tabla nº 109.- Puntos de agua inventariados. Acuífero de Orcheta .....	304
Tabla nº 110.- Resultados analíticos de la muestra del punto 2933-8-113 .....	305
Tabla nº 111.- Superficie de los sectores del acuífero de Sierra Cortina .....	308
Tabla nº 112.- Usos del suelo sobre afloramientos permeables. Acuífero de Sierra Cortina .....	308
Tabla nº 113.- Extensión de formaciones geológicas aflorantes. Acuífero de Sierra Cortina .....	309
Tabla nº 114.- Resumen de aforos. Acuífero de Sierra Cortina .....	310
Tabla nº 115.- Estimación de la infiltración del agua de lluvia. Acuífero de Sierra Cortina .....	314
Tabla nº 116.- Puntos de agua inventariados. Acuífero de Sierra Cortina .....	314
Tabla nº 117.- Resultados analíticos de 2009. Acuífero de Sierra Cortina .....	317
Tabla nº 118.- Ratios de analíticas. Acuífero de Sierra Cortina .....	319
Tabla nº 119.- Puntos de muestreo isotópico. Acuífero de Sierra Cortina .....	323
Tabla nº 120.- Acuífero Cuaternario de Benidorm. Distribución por municipios .....	325

Tabla nº 121.- Usos del suelo. Acuífero Cuaternario de Benidorm .....	327
Tabla nº 122.- Formaciones geológicas aflorantes. Acuífero Cuaternario de Benidorm.....	327
Tabla nº 123.- Resumen de aforos. Acuífero Cuaternario de Benidorm .....	330
Tabla nº 124.- Estimación de la infiltración del agua de lluvia. Acuífero Cuaternario de Benidorm...	333
Tabla nº 125.- Puntos de agua inventariados. Acuífero Cuaternario de Benidorm .....	333
Tabla nº 126.- Estimación de recarga por pérdidas en redes urbanas. Acuífero Cuaternario de Benidorm .....	336
Tabla nº 127.- Estimación de recarga por retornos de riego. Acuífero Cuaternario de Benidorm .....	336
Tabla nº 128.- Resultados analíticos de 2009. Acuífero Cuaternario de Benidorm .....	338
Tabla nº 129.- Evolución de ratios químicos (2ª campaña de 2009) según el flujo subterráneo. Acuífero Cuaternario de Benidorm.....	341
Tabla nº 130.- Puntos de muestreo isotópico. Acuífero Cuaternario de Benidorm .....	345
Tabla nº 131.- Usos del suelo. Acuífero de Sierra Helada.....	347
Tabla nº 132.- Afloramientos de las formaciones geológicas. Acuífero de Sierra Helada .....	348
Tabla nº 133.- Estimación de la infiltración del agua de lluvia. Acuífero de Sierra Helada .....	350
Tabla nº 134.- Inventario de puntos de agua de Sierra Helada .....	350
Tabla nº 135.- Analíticas realizadas en acuífero de Sierra Helada .....	354
Tabla nº 136.- Usos del suelo sobre afloramientos permeables. Acuífero Cuaternario de Villajoyosa .....	358
Tabla nº 137.- Afloramientos de formaciones geológicas. Acuífero de Cuaternario de Villajoyosa ...	359
Tabla nº 138.- Estimación de la infiltración del agua de lluvia. Acuífero Cuaternario de Villajoyosa .	362
Tabla nº 139.- Puntos de agua inventariados. Acuífero de Cuaternario de Villajoyosa .....	363
Tabla nº 140.- Estimación de recarga por retornos de riego. Acuífero Cuaternario de Villajoyosa....	366
Tabla nº 141.- Estimación de recarga por pérdidas en redes urbanas. Acuífero Cuaternario de Villajoyosa .....	367
Tabla nº 142.- Balance hídrico. Acuífero de Villajoyosa .....	367
Tabla nº 143.- Resultados analíticos de 2009. Acuífero Cuaternario de Villajoyosa.....	372
Tabla nº 144.- Puntos de muestreo isotópico. Acuífero Cuaternario de Villajoyosa .....	379
Tabla nº 145.- Extensión de municipios. Acuífero Cuaternario de San Juan-Campello.....	382
Tabla nº 146.- Usos del suelo sobre afloramientos permeables. Acuífero Cuaternario de San Juan-Campello .....	383
Tabla nº 147.- Extensión de formaciones aflorantes. Acuífero Cuaternario San Juan-Campello .....	384
Tabla nº 148.- Estimación de infiltración de agua de lluvia. Acuífero Cuaternario San Juan-Campello .....	386
Tabla nº 149.- Puntos de agua inventariados. Acuífero Cuaternario de San Juan-Campello.....	387
Tabla nº 150.- Estimación de recarga por pérdidas en abastecimientos. Acuífero San Juan-Campello .....	390
Tabla nº 151.- Estimación de recarga por retornos de riego. Acuífero Cuaternario San Juan-Campello .....	390
Tabla nº 152.- Balance del acuífero de San Juan-Campello .....	391
Tabla nº 153.- Resultados analíticos de 2009. Acuífero Cuaternario de San Juan-Campello .....	397
Tabla nº 154.- Analíticas adicionales para definir la evolución espacial de facies hidroquímicas. Acuífero Cuaternario de San Juan-Campello .....	403
Tabla nº 155.- Relaciones iónicas. Acuífero Cuaternario de San Juan-Campello .....	403
Tabla nº 156.- Puntos de muestreo isotópico. Acuífero Cuaternario de San Juan-Campello.....	407
Tabla nº 157.- Inventario de puntos de agua. Otras Formaciones Cretácicas de Almaens .....	408

Tabla nº 158.- Resultados analíticos del punto 2933-5-7. Otras Formaciones Cretácicas de Almaens .....	409
Tabla nº 159.- Inventario de puntos de agua. Pliegues del Barranco de la Umbría.....	409
Tabla nº 160.- Inventario de puntos de agua. Base de la Depresión de Relleu .....	410
Tabla nº 161.- Resultados analíticos. Base de la Depresión de Relleu.....	411
Tabla nº 162.- Puntos de muestreo isotópico. Base de la Depresión de Relleu .....	412
Tabla nº 163.- Inventario de puntos de agua. Detríticos de Orcheta.....	413
Tabla nº 164.- Resultados analíticos. Detrítico de Orcheta .....	414
Tabla nº 165.- Inventario de puntos de agua. Terciario de Villajoyosa.....	415
Tabla nº 166.- Resultados analíticos. Terciario de Villajoyosa .....	418
Tabla nº 167.- Puntos de muestreo isotópico. Terciario de Villajoyosa.....	422
Tabla nº 168.- Extensión de municipios y comarcas. Masub 080.183 Orcheta .....	423
Tabla nº 169.- Usos del suelo. Masub 080.183 Orcheta .....	424
Tabla nº 170.- Extensión de formaciones geológicas aflorantes. Masub 080.183 Orcheta .....	425
Tabla nº 171.- Acuíferos de la Masub 080.183 Orcheta .....	426
Tabla nº 172.- Piezometría y parámetros hidráulicos. Acuíferos de la Masub 080.183 Orcheta .....	428
Tabla nº 173.- Balance hídrico de los acuíferos de la Masub 080.183 Orcheta.....	429
Tabla nº 174.- Usos y recursos no utilizados de la Masub 080.183 Orcheta .....	430
Tabla nº 175.- Hidroquímica de los acuíferos de la Masub 080.183 Orcheta .....	431
Tabla nº 176.- Extensión de municipios y comarcas. Masub 080.184 San Juan-Benidorm .....	432
Tabla nº 177.- Usos del suelo. Masub 080.184 San Juan-Benidorm .....	432
Tabla nº 178.- Extensión de formaciones aflorantes. Masub 080.184 San Juan-Benidorm .....	434
Tabla nº 179.- Acuíferos incluidos en la Masub 080.184 San Juan-Benidorm.....	435
Tabla nº 180.- Piezometría y parámetros hidráulicos de acuíferos. Masub 080.184 San Juan-Benidorm .....	435
Tabla nº 181.- Balance hídrico de los acuíferos de la Masub 080.184 San Juan-Benidorm.....	436
Tabla nº 182.- Usos y recursos no utilizados de la Masub 080.184 San Juan-Benidorm .....	436
Tabla nº 183.- Hidroquímica de los acuíferos de la Masub 080.184 San Juan-Benidorm .....	437
Tabla nº 184.- Propuesta de control de la zona de estudio .....	444
Tabla nº 185.- Síntesis de puntos a controlar por acuíferos .....	447

## **ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

Fotografía nº 1.- Panorámica de la vertiente marina de Sierra Helada .....	149
Fotografía nº 2.- Brecha de base de las secuencias .....	150
Fotografía nº 3.- Niveles de margas oscuras y calizas nodulosas .....	151
Fotografía nº 4.- Niveles de calizas con rudistas .....	151
Fotografía nº 5.- Estructuras sigmoidales y estratificaciones cruzadas.....	153
Fotografía nº 6.- Estratificaciones cruzadas bidireccionales.....	153
Fotografía nº 7.- Margas de base de secuencias sobre hard-ground de techo del tramo de calcarenitas .....	154
Fotografía nº 8.- Nivel calcáreo con rudistas de techo de secuencia .....	155
Fotografía nº 9.- Panorámica del tramo hasta playa de L'Albir .....	156
Fotografía nº 10.- Muro del tramo sobre el hard-ground de base.....	158
Fotografía nº 11.- Bioturbaciones.....	158
Fotografía nº 12.- Cañón del Amadorio.....	163
Fotografía nº 13.- Niveles de base del tramo calizo dolomítico .....	165
Fotografía nº 14.- Acuñaamiento de niveles en los carbonatos del Cenomaniense-Turoniense .....	166
Fotografía nº 15.- Calizas tableadas blancas .....	166
Fotografía nº 16.- Calizas con rodolitos de algas .....	167
Fotografía nº 17.- Panorámica del flanco este de Cabeço d`Or de norte a sur.....	168
Fotografía nº 18.- Intercalaciones de calcarenitas con estratificaciones paralelas .....	170
Fotografía nº 19.- Secuencia granocreciente con secciones de bivalvos a techo.....	171
Fotografía nº 20.- Aspecto de las calcarenitas con orbitolinas .....	174
Fotografía nº 21.- Lumaquela de orbitolinas .....	174
Fotografía nº 22.- Calizas arrecifales .....	175
Fotografía nº 23.- Ritmita margoso calcáreas del Albiense superior (margas con erizos) .....	177
Fotografía nº 24.- De izquierda a derecha, detalle de colectores de Aigües, Busot y Finestrat. Éste último en el interior del recinto del pozo Farella (2933-8-112) del abastecimiento de Finestrat .....	233
Fotografía nº 25.- De izquierda a derecha, detalle de colectores de Mutxamel, Sant Joan d'Alacant y Torremanzanas .....	233
Fotografía nº 26.- Detalle de colector ubicado en el Amadorio, situado en el interior del recinto del pozo Nozal (2933-8-38) del abastecimiento de Villajoyosa .....	235

## **ÍNDICE DE PLANOS**

**PLANO Nº 1.- INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA**

**PLANO Nº 2.- APROVECHAMIENTOS Y USOS DEL SUELO**

**PLANO Nº 3.- CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA**

**PLANO Nº 4.- MANANTIALES Y RED FLUVIAL**

**PLANO Nº 5.- CARTOGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA**



## **ÍNDICE DE ANEJOS**

**ANEJO Nº 1.- CODIFICACIÓN/DENOMINACIÓN DE LOS DOCUMENTOS UTILIZADOS PARA SU LOCALIZACIÓN EN SOPORTE DIGITAL**

**ANEJO Nº 2.- DATOS CLIMÁTICOS DE LAS ESTACIONES Y BALANCES REALIZADOS**

**ANEJO Nº 3.- RESULTADOS ANALÍTICOS DE AGUA DE LLUVIA**

**ANEJO Nº 4.- REDES DE CONTROL DE AGUAS SUPERFICIALES DE LA CHJ EN EL ÁMBITO DE LA ZONA DE ESTUDIO**

ANEJO Nº 4.1.- RED DE CALIDAD

ANEJO Nº 4.2.- ANALÍTICAS Y TRATAMIENTOS DE DATOS

RIO MONNEGRE

RIO AMADORIO

RIO TORRES

ANEJO Nº 4.3.-DATOS HIDROMÉTRICOS

**ANEJO Nº 5.- INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA**

ANEJO Nº 5.1.- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE PUNTOS DE AGUA VISITADOS

ANEJO Nº 5.2.- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE OTROS PUNTOS DE AGUA NO VISITADOS

ANEJO Nº 5.3.- FICHAS DE PUNTOS DE AGUA VISITADOS

**ANEJO Nº 6.- NIVELACIÓN DE PUNTOS**

**ANEJO Nº 7.- SERIES TEMPORALES DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS**

DETRÍTICO DE BENIDORM

DETRÍTICO DE SAN JUAN-CAMPELLO

DETRÍTICO DE VILLAJYOYOSA-SECTOR VILLAJYOYOSA

DETRÍTICO DE VILLAJYOYOSA-SECTOR TORRES

CRETÁCICO ANTICLINALES DE ORCHETA-SECTOR PEQUERINA

CRETÁCICO ANTICLINALES DE ORCHETA-SECTOR BENIENZO

CRETÁCICO ANTICLINALES DE ORCHETA-SECTOR AMADORIO

JURÁSICO CABEZÓN DEL ORO

CRETÁCICO DE CABEZÓN DEL ORO

MEDIDAS PUNTUALES POR ACUÍFERO Y/O SECTORES

**ANEJO Nº 8.- HISTÓRICO DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS UTILIZADOS**

## **ANEJO Nº 9.- ENSAYOS DE BOMBEO Y AFOROS**

ENSAYO DE BOMBEO EN 2933-6-4 (08/01/1991)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 2933-6-7 (12/07/2007)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 2933-6-27 (30/06/1983)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 2933-6-30 (12/09/1994)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 2933-7-20 (14/07/2009)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 2933-7-20 (14/07/2009) BIS  
ENSAYO DE BOMBEO EN 2933-7-10 (14/02/2008)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 2933-7-10 (21/05/1996)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 2933-7-11 (21/01/1999)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 2933-8-101 (10/06/1987)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 2933-8-112 (08/10/1996)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 2933-8-112 (24/10/1996)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 2933-8-113 (21/10/2004)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 3033-5-56 (22/10/1996)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 3033-5-56 (26/11/1996)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 3033-6-2 (08/02/2008)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 3033-6-2 (27/02/2008)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 3033-6-2 (21/01/2008)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 3033-6-4 (27/02/2008)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 3033-6-4 (24/11/2008)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 3033-6-4 (10/12/2002)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 3033-6-19 (29/09/2005)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 3033-6-19 (27/02/2008)  
ENSAYO DE BOMBEO EN 3033-6-19 (24/11/2008)

## **ANEJO Nº 10.- EXTRACCIONES POR BOMBEO O SALIDAS EN MANANTIALES POR ACUÍFEROS Y/O SECTORES**

## **ANEJO Nº 11.- ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y TRATAMIENTO DE LOS MISMOS**

### **RESUMEN MUESTREOS 2009**

PARTES DE LABORATORIO DE ANALÍTICAS REALIZADAS EN 2009

TRATAMIENTO DE DATOS HIDROQUÍMICOS

ACUÍFERO DE ALMAENS

ACUÍFERO JURÁSICO CABEZÓN DEL ORO

ACUÍFERO ANTICLINALES DE RELLEU-SECTOR PEQUERINA

ACUÍFERO ANTICLINALES DE RELLEU-SECTOR AMADORIO

ACUÍFERO DE ORCHETA

ACUÍFERO DE SIERRA CORTINA-SECTOR BENIENZO

ACUÍFERO DE SIERRA CORTINA-SECTOR MURTAL

ACUÍFERO CUATERNARIO DE BENIDORM

ACUÍFERO DE SIERRA HELADA

ACUÍFERO CUATERNARIO DE VILLAJOSYOSA-SECTOR TORRES

ACUÍFERO CUATERNARIO DE VILLAJOSYOSA-SECTOR VILLAJOSYOSA

ACUÍFERO CUATERNARIO DE SAN JUAN-CAMPELLO

#### OTROS ACUÍFEROS DE ESCASO INTERÉS HIDROGEOLOGÍCO

OTROS CRETÁDICOS DE ALMAENS

PLIEGUES BARRANCO DE LA UMBRÍA

BASE DE LA DEPRESIÓN DE RELLEU

DETRÍTICOS DE ORCHETA

TERCIARIO DE VILLAJOSYOSA

#### ACUÍFEROS SITUADOS FUERA DE LA ZONA DE ESTUDIO

**ANEJO Nº 12.- RESULTADOS ISOTÓPICOS DE MUESTRAS DE AGUA DE PUNTOS VISITADOS**

**ANEJO Nº 13.- COLUMNAS LITOLÓGICAS DE LOS SONDEOS**

**ANEJO Nº 14.- MUESTRAS DE NANNOPLANCTON**

## 1. INTRODUCCIÓN

El proyecto que da lugar a este informe se encuadra en el Plan Estratégico del IGME 2005-2009, dentro de la línea denominada "Hidrogeología y Calidad Ambiental" y más concretamente en el Proyecto: "Mejora de la Caracterización Hidrogeológica de las Unidades de Argüeña-Maigmo, Cid, Orcheta y Aitana (Alicante)" aprobado por la Dirección General del IGME el 13 de febrero de 2008 y nº CANOA 41.117.000, formando parte del concepto presupuestario 18.206.640.467 F.

Igualmente, el Proyecto queda contemplado dentro de los estudios de investigación que el IGME y la Diputación Provincial de Alicante (DPA) vienen realizando conjuntamente desde hace más de 30 años, a través de los sucesivos convenios específicos suscritos anualmente entre ambos Organismos.

Durante la ejecución del proyecto se modificaron las Masas de Agua Subterránea (MASub) incluidas en la zona de estudio, cambiando la denominación de la 080.072 Orcheta a 081.183 Orcheta y de la 080.073 San Juan-Benidorm a 081.184 San Juan-Benidorm. De esta última se ha segregado el acuífero Cuaternario de San Juan-Campello, que ha pasado a formar parte de la MASub 080.190 Bajo Vinalopó.

Dada la situación de los trabajos, cuando se conocieron los cambios comentados se optó por mantener la denominación inicial de las MASub, aunque en el epígrafe de Caracterización Hidrogeológica de las MASub se adopta ya la nueva denominación.

## 2. OBJETIVOS

En la mayor parte de la provincia de Alicante las aguas subterráneas juegan un papel fundamental como soporte de la actividad agraria de alto rendimiento y en los abastecimientos urbanos. Su importancia y carácter estratégico exige una adecuada planificación, para evitar afecciones no deseadas y estados de sobreexplotación.

El IGME viene estudiando estos acuíferos desde 1970 en varias series de trabajos de promoción propia, a los que se han sumado los estudios desarrollados en por la DPA, tanto en convenio como de forma individualizada, merced a los cuales se ha alcanzando un notable grado de conocimiento de los acuíferos, su geometría, usos, funcionamiento hídrico, balance, etc. A pesar de ello, hay determinados casos complejos, o especialmente sensibles, en los que es recomendable despejar incertidumbres y tratar aspectos aún no lo suficientemente establecidos. Es el caso de ciertos acuíferos localizados en la comarca de la Marina Baixa y más concretamente en la Unidad Hidrogeológica 08.48 Orcheta, recientemente subdividida en las masas de agua subterránea (MASub) 080.072 Orcheta y 080.073 San Juan-Benidorm, sobre la que aún persisten algunas incógnitas que atañen tanto a sus límites como a su comportamiento hidrogeológico y a su modelo de funcionamiento. Este hecho influye, entre otros aspectos, en un tema tan importante como es la correcta evaluación de los recursos hídricos.

Bajo este contexto, los objetivos que pretende alcanzar el presente proyecto son:

- Definir la geometría y estructura de la Unidad Hidrogeológica de Orcheta, y de las MASub integradas en ella, mediante la realización de una cartografía hidrogeológica de detalle que permita conocer el comportamiento hidrogeológico de las formaciones geológicas, establecer y caracterizar sus límites y diferenciar las distintas subunidades.
- Actualizar los elementos que integran la infraestructura hidrogeológica.
- Caracterizar los acuíferos que se definan a partir del establecimiento de sus parámetros hidráulicos, la evolución espacio-temporal de su piezometría, su funcionamiento hidrodinámico, sus áreas de recarga y descarga, el balance hídrico y las características hidroquímicas e isotópicas del agua.
- Avanzar en el desarrollo metodológico del estudio y conocimiento de las masas de agua subterránea para su aplicación en medios carbonatados localizados en regiones mediterráneas.
- Elaborar una memoria síntesis del estudio realizado para su posterior publicación.

### 3. TRABAJOS REALIZADOS

Para alcanzar los objetivos perseguidos se ha realizado la siguiente secuencia de trabajos:

#### 1º.- Revisión de Trabajos Previos

Se han revisado los trabajos de carácter geológico e hidrogeológico existentes sobre la zona de estudio. En total se han consultado más de 170 documentos entre los que se incluyen informes, estudios, planos geológicos e hidrogeológicos, datos piezométricos, etc., realizados por el IGME, la DPA y la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ), así como distintos organismos públicos y entidades o empresas privadas, entre las que se incluyen SEDELAM y otras empresas del grupo AGBAR.

Para poder consultar la información revisada se ha creado una base documental en soporte magnético, en la que se le ha asignado a cada documento un código, seguido de su título resumido y el año de edición.

También se ha creado una hoja en Microsoft Excel con los siguientes campos: código, organismo o empresa que lo edita, título completo, año de edición y autor que lo realiza, en el caso de publicaciones.

#### 2º.- Cartografía Geológica

Los mapas geológicos existentes del área tratada datan de principios de la década de los setenta del siglo pasado, a partir de los que se iniciaron los trabajos de la segunda edición del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000, conocida por sus siglas MAGNA, orientada para identificar y delimitar límites crono-estratigráficos, incluyendo en cada piso geológico una importante variedad de litologías.

El dominio paleogeográfico donde se sitúa la zona de estudio (Prebético de Alicante) está caracterizado por una importante variabilidad de facies sedimentarias en un mismo piso geológico y por su progradación entre diversos pisos, lo que hace difícil establecer la continuidad y/o superposición entre afloramientos de rocas de una misma naturaleza, o de similar comportamiento hidrogeológico y, en consecuencia, delimitar los acuíferos de la zona.

Para solventar estas incertidumbres se ha realizado una cartografía geológica de la zona de estudio (que se ha acometido sobre fotografía aérea 1:18.000) en la que se han incluido las siguientes actividades:

- Estudio litoestratigráfico de las formaciones acuíferas implicadas mediante geología de superficie y levantamiento “in situ” de columnas litoestratigráficas, con asignación de edad a partir de determinaciones micropaleontológicas. Las muestras de campo

recogidas han servido para realizar la caracterización petrográfica y micropaleontológica mediante la técnica de levigado. También se ha recurrido al nannoplancton para realizar la datación de sedimentos pelágicos.

- Representación de series litoestratigráficas tipo a escala 1:1.000 ó 1:2.000, con las anotaciones de índole sedimentológico, estratigráfico y micropaleontológico y las indicaciones del comportamiento hidrogeológico.
- A partir de los resultados anteriores se ha efectuado un análisis de correlación entre series litoestratigráficas, y se ha definido el modelo tecto-sedimentario de la zona, que ha servido de base para confeccionar de la cartografía geológica a escala 1:25.000.
- Estudio de las características petrofísicas de las formaciones (microfacies, disoluciones, recristalizaciones, secuencialidad, dolomitización y dedolomitización) y del control que ejercen sobre sus parámetros hidrodinámicos (tipo y grado de permeabilidad).
- Representación cartográfica de las formaciones a escala 1:25.000 y realización de cortes geológicos a la misma escala. La cartografía geológica confeccionada se ha plasmado en formato digital (ficheros con extensión “shp” compatibles con el Sistema de Información Geográfica, SIG, institucional del IGME y de la DPA).

### 3º.- Actualización del Inventario de Puntos de Agua y de la Infraestructura Hidrogeológica

En la fase previa de revisión de información se analizaron los bancos de datos del IGME y de la DPA, obteniéndose un primer inventario de puntos de agua complementado con la información que han aportado el resto de organismos y los documentos consultados. Del inventario anterior se seleccionaron los de mayor interés, que se visitaron para obtener información adicional acerca de las características geométricas, piezométricas e hidráulicas y conocer el uso de los caudales bombeados.

En las visitas a los puntos de agua se fijó su posición con GPS y se procedió a la asignación de su cota (GPS de precisión o cartografía de detalle), se midió el nivel piezométrico con hidronivel y se tomaron los datos de equipamiento de bombeo cuando fue posible.

Igualmente, se realizó una cuantificación del caudal y de las extracciones de cada punto visitado, bien de manera directa, cuando contaban con dispositivos de control (contador y/o datos aportados por los propietarios o gestores), o bien se calculó de forma indirecta teniendo en cuenta su uso.

Con los datos obtenidos en campo se han rellenado las fichas modelo del IGME, a las que se han anexado planos y ortofotografías de situación y fotografías de detalle, así como todos los datos relacionados que ha sido posible recopilar (evoluciones de niveles, análisis químicos, ensayos de bombeo, etc.). También se han incorporado los nuevos datos y las modificaciones en los bancos de datos del IGME y de la DPA.

En el caso de puntos de agua destinados al abastecimiento urbano se ha analizado el grado de satisfacción de la demanda, y se ha realizado una proyección de su previsible evolución futura teniendo en cuenta el crecimiento vegetativo de la población abastecida y la incorporación de nuevos desarrollos urbanísticos.

#### 4º.- Cartografía Hidrogeológica

A partir de la cartografía geológica y de la una asignación inicial de permeabilidades a los diferentes tramos litoestratigráficos diferenciados en el mapa geológico, se ha confeccionado una cartografía hidrogeológica a escala 1:25.000, donde se han identificado y diferenciado los tramos permeables con continuidad hidráulica, así como los materiales de baja permeabilidad que puedan constituir sus límites o barreras impermeables. También se han incluido aquellos accidentes, procesos geológicos y formas cársticas que tienen incidencia en la circulación del agua subterránea.

Sobre la base hidrogeológica descrita se han situado los principales puntos de agua referenciados con su código y con información complementaria (profundidad de la obra, nivel piezométrico y fecha, caudal medio en l/s y volumen anual explotado en hm<sup>3</sup>/año).

Por último, la cartografía hidrogeológica, al igual que la geológica, se ha digitalizado y ordenado en capas temáticas (permeabilidades, puntos de agua, fracturación, etc.) conjuntamente con otras capas informativas, como delimitación de MASub, Unidades Hidrogeológicas, acuíferos, etc. También se han elaborado los ficheros de datos para su incorporación a la Base de Datos Hidrogeológicos (BDH).

#### 5º.- Definición de la Morfología y Evolución de la Superficie Piezométrica

Se han realizado dos campañas de toma de datos piezométricos en aquellos puntos donde ha sido posible (pozos de gran diámetro y/o captaciones equipadas con tubo guía para medida de niveles). La primera se efectuó entre mayo y junio de 2009 y la segunda entre septiembre y octubre de 2009.

La información obtenida en campo se ha complementado con la nivelación de 20 puntos con GPS de precisión, y con los datos históricos de las redes de control del IGME, la DPA y la CHJ (para conocer la evolución temporal y rangos de oscilación entre mínimos y máximos históricos).

Con los niveles medidos en las dos campañas se han realizado sendos planos piezométricos, así como un plano de isovariaciones de niveles entre ambas, que ha permitido establecer las líneas de flujo subterráneo y las divisorias hidrogeológicas, además de calcular los gradientes hidráulicos de circulación.



## 6º.- Definición Geométrica de Acuíferos

A partir de los trabajos anteriores se han establecido los límites de los acuíferos y sus sectores, en función de su naturaleza y de la MASub. Se han incluido, además, sus correspondientes cortes hidrogeológicos, donde se ilustran las estructuras internas de cada conjunto permeable, las relaciones entre ellos y sus límites.

## 7º.- Caracterización Hidrodinámica

Partiendo de los trabajos previos, se ha definido el modelo de funcionamiento de los acuíferos teniendo en cuenta el origen del agua subterránea (áreas de alimentación por infiltración de las precipitaciones, percolación en cauces, retornos de riego, etc.), las divisorias hidrogeológicas y direcciones de flujos subterráneo entre las áreas de recarga y las de descarga, los puntos de salida natural (manantiales, drenajes a cauces, mar u otros acuíferos, etc.), las masas de agua superficial relacionadas y la explotación de las aguas subterráneas (grado de explotación, las modificaciones del flujo subterráneo que ocasionan, etc.).

## 8º.- Determinación del Balance Hídrico

Con el fin de contrastar los resultados, la infiltración debida a las precipitaciones se ha calculado por dos métodos: balance hídrico del suelo a nivel diario y balance de cloruros.

En el primer caso se ha empleado el programa EASY BALANCE, que se basa en el método de balance hídrico de Thornthwaite. Para ello, se ha establecido una reserva útil de agua en el suelo en función de la naturaleza y la potencia de la capa edáfica, y un umbral de escorrentía, ligado a las pendientes y usos del suelo.

Para aplicar el método de los cloruros se ha recogido agua de lluvia en ocho puntos, localizados de forma estratégica, cuyas analíticas se han comparado con las obtenidas en surgencias naturales no relacionadas con procesos de contaminación natural o antrópica que distorsionasen los resultados.

Además del cálculo de la alimentación, se han evaluado las descargas y el grado de explotación de cada acuífero cuantificando las extracciones y el drenaje natural, a partir de los datos obtenidos en el inventario de puntos de agua, de las encuestas directas sobre el terreno, y del tratamiento y análisis de datos de explotación facilitados por entidades y organismos públicos y privados.

Con la alimentación y descarga de cada acuífero se ha determinado su balance hídrico y el de las MASub que integran la zona de estudio.

### 9º.- Caracterización Hidroquímica e Isotópica

Para la caracterización hidroquímica de los acuíferos se ha utilizado una serie de puntos representativos para su muestreo y análisis, coincidente con las campañas de medición piezométrica. Durante el muestreo (“in situ”) se midió la conductividad eléctrica (CE) y la temperatura del agua captada o de la surgencia. Las determinaciones físico-químicas, y de los parámetros mayoritarios y minoritarios, fueron realizadas por el laboratorio de aguas del IGME.

Con la información obtenida se han determinado las facies hidroquímicas del agua, su evolución, los posibles procesos de mezcla y los principales procesos de contaminación (difusa de origen agrícola y/o puntual por residuos orgánicos). Para ello se han confeccionado diagramas de Piper y gráficas de las relaciones catiónicas y aniónicas representativas de procesos de mezcla de aguas, precipitación o redisolución de sales, etc. Igualmente, los parámetros analizados más significativos han sido representados en planos de isocontenido.

La toma de muestras para la caracterización isotópica del agua se realizó entre septiembre y octubre de 2009, coincidiendo con el segundo muestreo de caracterización hidroquímica. Estas muestras se enviaron al Laboratorio de Biogeoquímica de Isótopos Estables de la Estación Experimental del Zaidín (CSIC) de Granada, donde se realizaron analíticas de  $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$  de carbono inorgánico disuelto.

### 10º.- Elaboración de Bases para la Ordenación de los Recursos Hídricos y Propuestas de Gestión y Control

Teniendo en cuenta tanto la información adquirida, como la problemática existente asociada al uso de las aguas subterráneas, se ha indicado una serie de recomendaciones de explotación de los acuíferos, así como una propuesta de directrices para la ordenación de los recursos subterráneos y su aprovechamiento sostenible. Los criterios de definición de sostenibilidad y de calificación del estado cuantitativo y cualitativo de las MASub utilizadas se incluyen en la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CEE).

Estas recomendaciones contienen una propuesta de redes de vigilancia y control de los acuíferos con las características de la instrumentación que se debe utilizar.

### 11º.- Presentación de Resultados. Memoria Final y Síntesis

En la presente memoria y sus anejos se recoge la descripción de los trabajos realizados y sus resultados, que se acompaña de información gráfica y del soporte informático de los textos, gráficos, planos, datos, etc., con su correspondiente georeferenciación.

Para poder incorporar a los SIG del IGME y la DPA la cartografía realizada se han generado ficheros shape de ArcInfo, para las capas de información que forman parte de los mapas

hidrogeológicos de las MASub 080.072 y 080.073 y de los acuíferos, y ficheros tipo MXD para las composiciones de mapas.

#### **4. SITUACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO**

El área de estudio incluye la superficie comprendida por la poligonal definida por la Unidad Hidrogeológica 08.48 Orcheta y por las MASub 080.072 Orcheta y 080.073 San Juan-Benidorm, así como las zonas limítrofes que en función de los estudios que se han desarrollado se consideran de interés (ver Figura nº 1). En la Figura nº 2 se delimita la zona de estudio con la nueva definición de MASub.

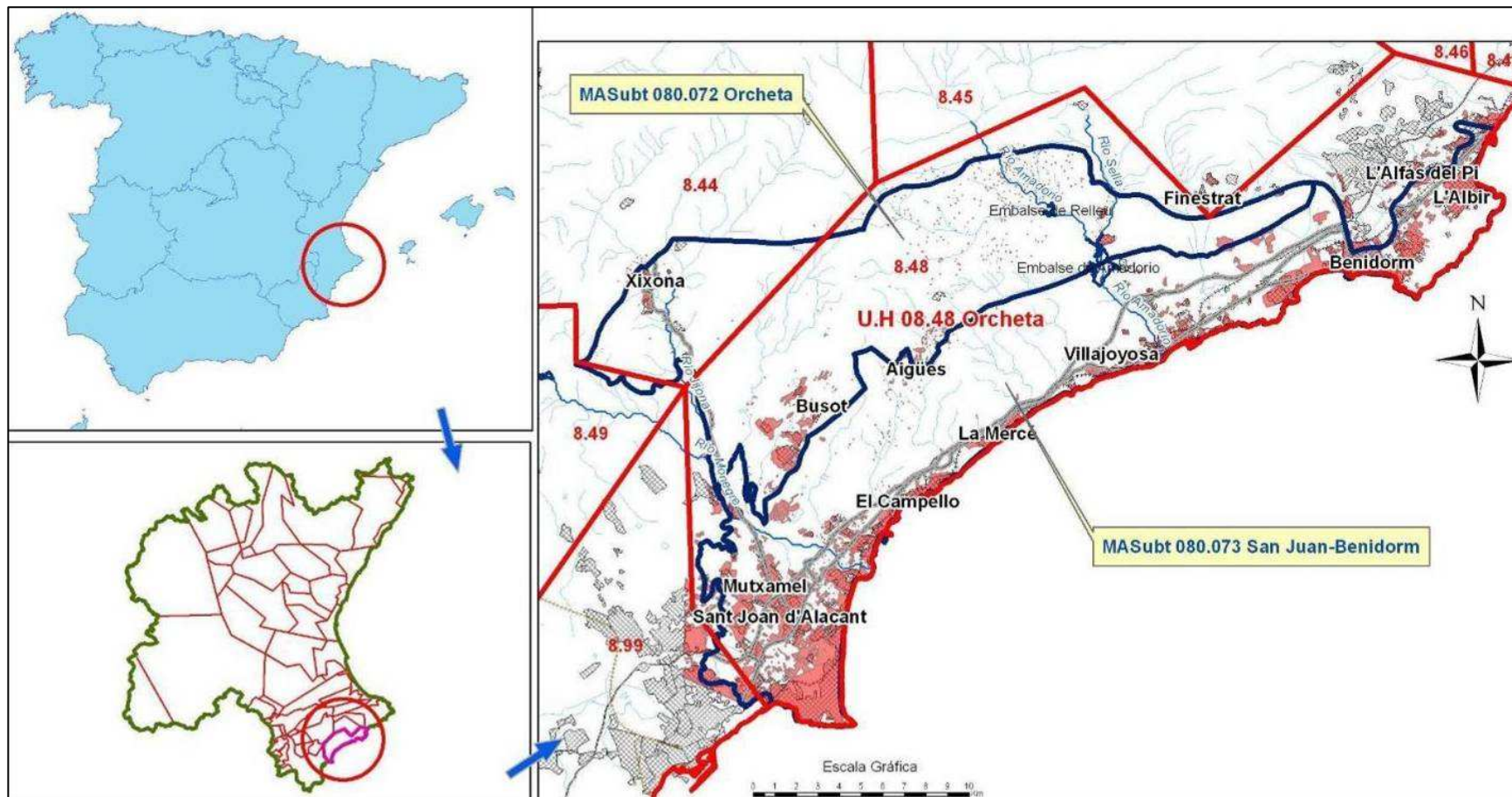


Figura nº 1.- Plano de localización de la zona de estudio y antigua definición de MASub

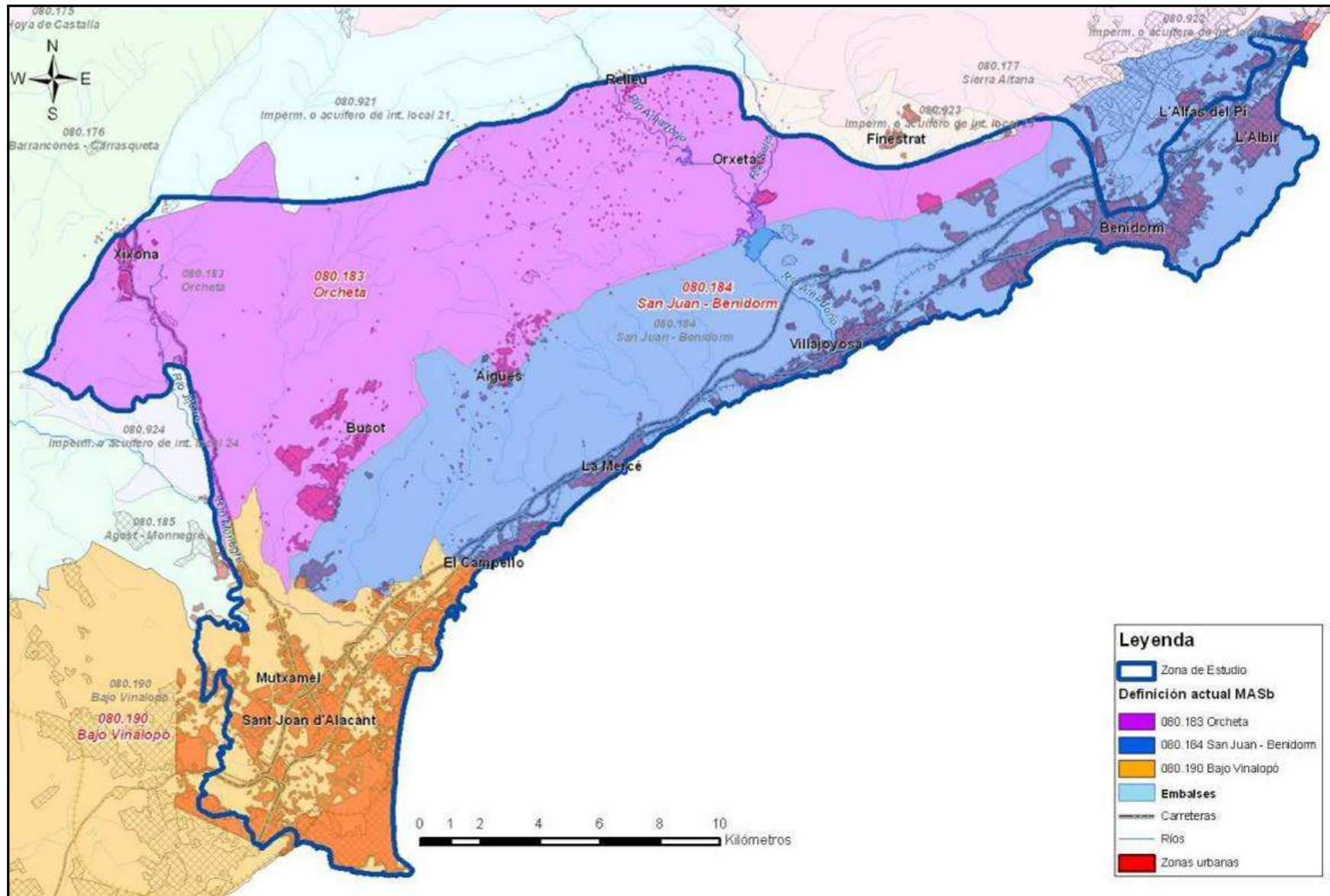


Figura nº 2.- Plano de localización de la zona de estudio con las actuales MASub

## 5. ESTUDIOS PREVIOS Y BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Para la realización de este proyecto de investigación se ha tratado de consultar toda la información existente sobre la materia tratada. En la Tabla nº 1 se muestran los títulos de los documentos que se han consultado (en el Anejo nº 1 se indica la codificación utilizada para su localización en el soporte informático que se adjunta).

Tabla nº 1.- Listado de documentos utilizados

Código	TÍTULO	EDITOR	AÑO	AUTOR (si se trata de artículos o Tesis)
1	Columna Litológica y Características de la Perforación del Sondeo Balneario	DPA	1983	
2	Informe del Aforo Realizado en el Pozo Cabezón para Abastecimiento de Agua a Aigües	DPA	1991	
3	Ensayo de Bombeo en el Sondeo 2933-60030. Busot	DPA	1994	
4	Prospección Geofísica en Benidorm-Altea	DPA	1995	
5	Informe Final del Pozo Cabezón para Abastecimiento Público de Agua a Aigües	DPA	1991	
6	Informe Final del Pozo nº 3 para Abastecimiento a Villajoyosa	DPA	1998	
7	Informe sobre la Prueba de Bombeo de Ensayo del Pozo-Sondeo nº 3 para Abastecimiento a Villajoyosa	DPA	1996	
8	Posibilidades de Captación de Aguas Subterráneas en el Término Municipal de Relleu	DPA	1996	
9	Asistencia Técnica para la Determinación de los Límites Hidrogeológicos en los Acuíferos de Sierra de Mariola, Anticlinales de Orcheta y Barrancones. Definición Geométrica	DPA	2005	
10	Aforo Planteret. Abril 2007	DPA	2007	
11	Informe Final Rehabilitación Aigües Balneario	DPA	2008	

Código	TÍTULO	EDITOR	AÑO	AUTOR (si se trata de artículos o Tesis)
12	Mapa Geológico de España 1/50.000 N° 872 Alicante. Primera Serie	IGME	1945	
13	Mapa Geológico de España 1/50.000 N° 871 Elda. Primera Serie	IGME	1951	
14	Mapa Geológico de España 1/50.000 N° 846 Castalla. Primera Serie	IGME	1957	
15	Mapa Geológico de España 1/50.000 N° 848 Altea. Primera Serie	IGME	1960	
16	Mapa Geológico de España 1/200.000 N° 73 Alicante.	IGME	1970	
17	Mapa Geotécnico General 1/200.000. Hoja N° 8-9/73 Alicante	IGME	1973	
18	Mapa de Orientación para el Vertido de Residuos Sólidos Urbanos Hoja 847 Villajoyosa	IGME	1977	
19	Informe sobre las Soluciones para el Abastecimiento de Agua a las Poblaciones Integradas en la Mancomunidad de la Marina Baja	IGME	1978	
20	Mapa Geológico de España 1/50.000 N° 846 Castalla. Segunda Serie	IGME	1978	
21	Mapa Geológico de España 1/50.000 N° 871 Elda. Segunda Serie	IGME	1978	
22	Mapa Geológico de España 1/50.000 N° 872 Alicante. Segunda Serie	IGME	1978	
23	Mapa Geológico de España 1/50.000 N° 847 Villajoyosa. Segunda Serie	IGME	1979	
24	Estudio sobre las Posibilidades de Abastecimiento con Aguas Subterráneas al Municipio de Aguas de Busot (Alicante)	IGME	1980	
25	Mapa de Orientación al Vertido de Residuos Sólidos Urbanos. Hoja 848 Altea	IGME	1980	
26	Informe Final del Sondeo Finestrat II. Alicante	IGME	1981	



Código	TÍTULO	EDITOR	AÑO	AUTOR (si se trata de artículos o Tesis)
27	Previsiones Técnicas del Sondeo del Balneario para Abastecimiento Público a Aguas de Busot. Alicante	IGME	1982	
28	Proyecto de Sondeo El Balneario para Abastecimiento a Aguas de Busot (Alicante)	IGME	1982	
29	Mapa Hidrogeológico de España 1/200,000 Hoja N° 73 Alicante	IGME	1985	
30	Estudio Hidrogeológico para la Mejor Gestión del Acuífero Cabezón del Oro (Alicante)	IGME	1987	
31	Nota Técnica sobre el Bombeo de Ensayo Realizado en el Sondeo Finestrat. Alicante	IGME	1987	
32	Campaña de Investigación Geofísica (Sondeos Electromagnéticos) en Jijona (Alicante)	IGME	1988	
33	Mapa de Riesgos de Contaminación de las Aguas Subterráneas por Vertidos sobre el Terreno (Provincia de Alicante)	IGME	1988	
34	Estudio Hidrogeológico del Término Municipal de Finestrat (Alicante)	IGME	1989	
35	Prospección por S.E.V. en Sant Joan d'Alacant	IGME	1989	
36	Estudio Hidrogeológico de Abastecimiento a Villajoyosa. Alicante	IGME	1989	
37	Prospección por Sondeos Eléctricos Verticales en Villajoyosa. Alicante	IGME	1989	
38	Estudio de la Intrusión Marina en Acuíferos Costeros de Murcia y Alicante (Zonas de Estudio: Águilas-Cala Reona; Cope-Cala Blanca; Campo de Cartagena; Cabo Roig; Torrevieja; San Juan-Campello; Villajoyosa; Benidorm-Altea)	IGME	1990	
39	Atlas de Riesgos Geológicos Integrados de Alicante	IGME	1990	
40	Informe Hidrogeológico sobre la Posible Afección de las Aguas Subterráneas por la Ubicación de un Vertedero en el Término Municipal de El Campello (Alicante)	IGME	1992	

Código	TÍTULO	EDITOR	AÑO	AUTOR (si se trata de artículos o Tesis)
41	Estudio Hidrogeológico del Acuífero Cabeazón del Oro (Alicante) y Posibles Alternativas de Gestión	IGME	1993	
42	Mapa Geológico de la Plataforma Continental Española y Zonas Adyacentes 1/200.000. Hoja Nº 72-73 Elche-Alicante	IGME	1994	
43	Plan de Ordenación y Gestión de los Recursos de Aguas Termales del Sistema Geológico Cabeço d'Or (Alicante)	IGME	1994	
44	Estudio Hidrogeológico para la Implantación de Sondeos de Investigación-Explotación en el Bloque Septentrional del Acuífero Cabeazón del Oro (Alicante) para el Abastecimiento a Busot y Aigües de Busot	IGME	1996	
45	Evaluación de las Disponibilidades Hídricas Asociadas a los Materiales Cretácicos del Flanco Occidental de Cabeazón del Oro	IGME	1996	
46	Evaluación de las Disponibilidades Hídricas y Generación de Series Históricas en el Acuífero Jurásico de Cabeazón del Oro (Alicante)	IGME	1996	
47	Mejoras en el Abastecimiento de Orxeta (Alicante) Mediante la Realización de un Sondeo	IGME	1996	
48	Manual del Ciclo Integral del Agua. Municipio de Jijona. Estado Actual, Alternativas y Directrices	IGME	2000	
49	Mapa Geocientífico del Medio Natural. Provincia de Alicante. E: 1/100.000	IGME	1991	
50	Recarga Artificial en el Acuífero Cabeço d'Or	IGME		Pag. 91-95
51	Sistema de Regeneración y Regulación Subterránea de Aguas Residuales para su Reutilización Urbana en Sant Joan d'Alacant	IGME		
52	Mapa Geológico de España 1/50.000 Nº 848 Benidorm. Segunda Serie	IGME	2008	
53	Itinerario Geológico: El Cabo de las Huertas	GEOALICANTE	2004	
54	Itinerario Geológico: Geología Urbana de Alicante	GEOALICANTE	2004	

Código	TÍTULO	EDITOR	AÑO	AUTOR (si se trata de artículos o Tesis)	
55	Itinerario Hidrogeológico por las Comarcas de la Marina	GEOALICANTE	2004		
56	Itinerario Geológico: El Cabeçó d'Or	GEOALICANTE	2004		
57	Itinerario Geológico Litoral entre Benidorm, Altea y Calpe	GEOALICANTE	2004		
58	Itinerario Geológico: La Cueva de Canelobre	GEOALICANTE	2004		
59	Itinerario Geológico: El Pantano del Río Amadorio (Orxeta)	GEOALICANTE	2004		
60	Itinerario Geológico: Villafranqueza	GEOALICANTE	2004		
61	Itinerario Geológico: Serra Gelada	GEOALICANTE	2004		
62	Las Aguas Subterráneas en la Comunidad Valenciana	ITGE	1986		
63	Contribución al Conocimiento del Albense Superior-Cenomaniense del Prebético de la Provincia de Alicante	Cuadernos de Geología Ibérica	1982	Cremades, J y Linares, A	Vol. 8, pag. 721-738
64	Las Facies de Plataforma de Carbonatos del Aptiense-Albiense al NE de la Provincia de Alicante. Zona Prebética, SE de España	GEOGACETA	1994	J.M. Castro Jiménez	Vol. 15, pag. 17-19
65	Aportaciones al Conocimiento de la Bioestratigrafía del Tránsito Aptiense-Albiense en las Cordilleras Béticas. Prebético de Alicante	GEOGACETA	1996	Castro Jiménez, J.M.	20 (1), pag. 47-49
66	Estratigrafía Secuencial en el Cretácico del Prebético y del Golfo de Valencia a partir de Sondeos Profundos	GEOGACETA	1996	W. Martínez del Olmo	20 (1), pag. 112-115
67	Biostratigraphy of the Aptian–Middle Cenomanian Platform to Basin Domain in the Prebetic Zone of Alicante, SE Spain: Calibration between Shallow Water Benthonic and Pelagic Scales	Cretaceous Research	2001	Castro, J.M., Company, M., de Gea, G.A. y Aguado, R.	22, pag. 145-156
68	Estratigrafía Secuencial en el Triásico del Prebético y del Golfo de Valencia a partir de Sondeos Profundos	GEOGACETA	1996	W. Martínez del Olmo	Vol. 20 (1), pag. 104-107
69	Consideraciones sobre las Aguas Termominerales del Acuífero Cabeçó d'Or (Alicante)	GEOGACETA	1997	J.M. Andreu, J.C. Cerón, A Pulido Bosch y A Estévez	21, pag. 17-20

Código	TÍTULO	EDITOR	AÑO	AUTOR (si se trata de artículos o Tesis)
70	Registro del Evento Anóxico Oceánico OAE1a (Aptiense Inferior) en un Contexto de Plataforma. Pebético (Provincia de Alicante)	GEOGACETA	2006	J.M. Castro, G.A. de Gea y M.L. Quijano Vol. 40, pag. 251-254
71	Química de las Aguas de Goteo en la Cueva Canelobre (Alicante)	GEOGACETA	2007	J. Cuevas-González, J.M. Andreu, J.C. Cañaveras, J.A. Hernández Bravo, S. Sánchez-Moral y M. A. García del Cura 41, pag. 59-62
72	Variación Espacio-Temporal de Ca-Mg-Sr en el Agua de Goteo de la Cueva del Canelobre (Alicante): Ejemplo de Procesos de Infiltración en Ambientes Kársticos Semiáridos	GEOGACETA	2007	A. Fernández-Cortés, J. Cuevas-González, J.C. Cañaveras, J.M. Andreu, S. Sánchez-Moral, M.A. García del Cura y J.A. Hernández-Bravo 43, pag. 83-86
73	Estratigrafía y Estructura de la Sierra Gelada	Cuadernos de Geografía	1996	Alfonso Yébenes Vol. 60, pag. 201-222
74	Mapa del Agua de Alicante E:1/150.000	DPA	1990	
75	Mapa Hidrológico Provincial de Alicante	DPA	2003	
76	Estudio de la Viabilidad de Acuíferos Costeros Provinciales para Abastecimiento y en Usos Urbanos Directos No Restringidos (Alicante Sur-Santa Pola, Benidorm-Altea, Campo de Elche, San Juan-Campello y Villajoyosa-Anticlinales de Orcheta)	DPA	2005	
77	Informe Final, Desarrollo Mediante Aire Comprimido-Polifosfatos y Ensayo de Bombeo del Sondeo Susi y Piezómetros I, II y III en el Término Municipal de L'Alfàs del Pi (Alicante)	DPA	2005	
78	Estudio de la Viabilidad del Aprovechamiento de Acuíferos Costeros Provinciales en Usos Urbanos. Síntesis. Acuíferos del Bajo Vinalopó (Campo de Elche-Santa Pola), Zona Benidorm-Altea, San Juan-Campello, Cabo Roig, Torrevieja y Villajoyosa	DPA	2006	
79	Uso de Indicadores de Presión-Estado-Respuesta en el Diagnóstico de la Comarca de la Marina Baixa, SE España	ECOSISTEMAS	2008	E. Chirino, J. Abad, J. Bellot Vol. 17 (1), pag. 107-114
80	Contenido de Sales Solubles de los Suelos de la Provincia de Alicante	Generalitat Valenciana	2003	

Código	TÍTULO	EDITOR	AÑO	AUTOR (si se trata de artículos o Tesis)
81	Mapa de Cultivos y Aprovechamientos 848 de Altea. E: 1/50.000 Serie 1	Ministerio de Medio Ambiente	2005	
82	Mapa de Cultivos y Aprovechamientos 847 de Villajoyosa. E: 1/50.000 Serie 1	Ministerio de Medio Ambiente	2005	
83	Mapa de Cultivos y Aprovechamientos 872 de Alicante. E: 1/50.000 Serie 1	Ministerio de Medio Ambiente	2005	
84	Estudio Hidrogeológico del Municipio de Finestrat (Alicante)	SEDELAM	1996	
85	Valoración de Desalinizadoras para Cartagena (Murcia) y Orihuela, Torrevieja, Guardamar del Segura, El Campello y Sant Joan d'Alacant (Alicante). Viabilidad Hidrogeológica	SEDELAM	1996	
86	Resultado de los Sondeos de Investigación Realizados en el Término Municipal de Finestrat (Alicante), Emplazados sobre el Acuífero Anticlinales de Orcheta	SEDELAM	1996	
87	Proyecto de Ejecución de un Sondeo para Abastecimiento Sitio en el Paraje La Fallerat del Término Municipal de Finestrat (Alicante)	SEDELAM	1996	
88	Proyecto de Ejecución de un Sondeo para Abastecimiento Sitio en el Paraje La Cayola del Término Municipal de Finestrat (Alicante)	SEDELAM	1996	
89	Informe del Ensayo de Bombeo Realizado en un Sondeo Sitio en la Finca Liriet del Término Municipal de Benidorm (Alicante)	SEDELAM	1997	
90	Informe del Reconocimiento Geofísico Realizado en el Sondeo Román I del Abastecimiento de Villajoyosa (Alicante)	SEDELAM	1998	
91	Campaña de Prospección Geofísica Eléctrica para la Ubicación de una Captación de Aguas Subterráneas en Orxeta (Alicante)	SEDELAM	2000	
92	Informe del Reconocimiento Geofísico y Videográfico del Sondeo ETASA en Aigües (Alicante)	SEDELAM	2002	

<b>Código</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>EDITOR</b>	<b>AÑO</b>	<b>AUTOR (si se trata de artículos o Tesis)</b>
93	Memoria Valorada de los Trabajos Necesarios para el Abastecimiento a la Planta Desaladora de L'Alfàs del Pi (Alicante)	SEDELAM	2002	
94	Informe Preliminar del Bombeo de Ensayo Realizado en el Sondeo de Abastecimiento a la Desaladora de L'Alfàs del Pi	SEDELAM	2002	
95	Reconocimiento Geotécnico de la Traza de la Nueva Tubería de Font Xoi (Tramo II) del Abastecimiento de Orxeta (Alicante)	SEDELAM	2002	
96	Informe del Reconocimiento Geofísico Realizado en una Captación Ejecutada en el Municipio de Mutxamel	SEDELAM	2002	
97	Informe de la Testificación Geofísica del Sondeo Balneario del Abastecimiento a la Localidad de Aigües (Alicante)	SEDELAM	2003	
98	Estudio Hidrogeológico del TM de Jijona, Justificativo de los Volúmenes Solicitados en la Concesión de Aguas	SEDELAM	2005	
99	Estudio Geofísico del Cuaternario de L'Alfàs del Pi (Alicante)	SEDELAM	2006	
100	Proyecto de Concesión de Aguas Subterráneas para el Abastecimiento al Término Municipal de Orxeta (Alicante)	SEDELAM	2007	
101	Proyecto Constructivo de las Obras Complementarias de la Planta Desaladora de la Marina Baja (Mutxamel, Alicante), Términos Municipales de Sant Joan d'Alacant, San Vicente Raspeig y Alicante	SEDELAM	2007	
102	Proyecto de Concesión de Aguas Subterráneas para el Abastecimiento al Término Municipal de Villajoyosa (Alicante)	SEDELAM	2007	
103	Proyecto de Concesión de Aguas Subterráneas para el Abastecimiento al Término Municipal de Aigües (Alicante)	SEDELAM	2007	

Código	TÍTULO	EDITOR	AÑO	AUTOR (si se trata de artículos o Tesis)
104	Informe de Disponibilidad de Recursos Hídricos para el Abastecimiento de Nuevos Desarrollos Urbanísticos de Finestrat (Alicante)	SEDELAM	2007	
105	Diagnóstico de Nuevas Fuentes de Suministro de Agua Subterránea para la Desaladora de L'Albir del Sistema de Abastecimiento de L'Alfàs del Pi (Alicante)	SEDELAM	2008	
106	Control y Seguimiento Hidrogeológico Trimestral de las Captaciones de Agua Subterráneas del Sistema de Abastecimiento de Villajoyosa (Alicante)	SEDELAM	2004/2009	
107	Control y Seguimiento Hidrogeológico Trimestral de las Captaciones de Agua Subterráneas del Sistema de Abastecimiento de L'Alfàs del Pi (Alicante)	SEDELAM	2004/2009	
108	Control y Seguimiento Hidrogeológico Trimestral del Sondeo Farella del Sistema de Abastecimiento de Finestrat (Alicante)	SEDELAM	2004/2008	
109	El Cretácico Inferior de la Costa Blanca entre Busot y Altea, Alicante (España): Bioestratigrafía, Sedimentología, Evolución tectono-sedimentaria	Tesis Doctoral B. Granier	1987	
110	El Nannoplancton Calcáreo de la Cuencas Neógenas de la Cordillera Bética	Tesis Doctoral. Universidad de Alicante	1998	Carlos Lancis Saez
111	Influencia de las Precipitaciones y de la Cubierta Vegetal en el Balance Hídrico Superficial y en la Recarga de Acuíferos en Clima Semiárido	Tesis Doctoral. Universidad de Alicante	2003	Esteban Chirino Miranda
112	El Modelo Socioeconómico de Gestión de Recursos Hídricos en la Comarca de la Marina Baja (Alicante), un Enfoque de Gestión Integrada de Recursos Hídricos	Tesis Doctoral M. Teresa Torregrosa Martí	2007	
113	Contribución de la Sobreexplotación al Conocimiento de los Acuíferos Kársticos de Crevillente, Cid, Cabeço d'Or (Provincia de Alicante)	Tesis Doctoral. Universidad de Alicante	1997	J.M. Andreu Rodes
114	Gestión Conjunta de Aguas Superficiales y Subterráneas en un Sistema de Explotación Costero. Aplicación a la Marina Baja de Alicante (España)	TIAC	2003	José Manuel Murillo Díaz, Silvino Castaño Castaño Pag. 477-487

Código	TÍTULO	EDITOR	AÑO	AUTOR (si se trata de artículos o Tesis)	
115	Evolución Piezométrica e Hidroquímica del Acuífero del Cabeço d'Or	V Simposio Hidrogeología	1992	Andreu Rodes, José Miguel; Estévez Rubio Antonio; Pulido-Bosch, Antonio; Rodríguez Hernández, Luís.	Pag. 77-87
116	Calidad Físico-Química de los Acuíferos de la Provincia de Alicante	V Simposio Hidrogeología	1992	Ruiz Bevia, Francisco; Prats Rico, Daniel; Fernández Sempere, Julio; Gomis Yagues, Vicente; Marín Paya, Juan Luis; Álvarez Monllor, Beatriz; Sempere Pérez, Celia.	Pag. 3-15
117	Evolución de Parámetros Físicos, Químicos y Biológicos en un Embalse Mesotrófico (Embalse del Amadorio, Alicante)	V Simposio Hidrogeología	1992	Prats Rico, Daniel; Hernández Hernández, Pilar; García Castillo, M Carmen.	Pag. 339-353
118	Metodología y Criterios Técnicos para la Implementación de Perímetros de Protección de las Captaciones de Abastecimientos Urbano en Formaciones Carbonatadas. Aplicación a Diversos Municipios de la Provincia de Alicante.			Martínez Navarrete, Carlos y García García, Álvaro	Pag. 733-745
119	Prioridades para la Implantación de Perímetros de Protección en las Captaciones de Agua Subterránea. Metodología Desarrollada y Aplicación a la Comunidad Valenciana			Pernía Llera, José María; Navarro lañez, Juan Antonio; Gómez Gómez, Juan De Dios; Ortega Vargas, Rafael y Larka Abellán, Maj-Britt	Pag. 173-183
120	Discontinuidades Estratigráficas Regionales en las Sucesiones Hemipelágicas Finicretácicas del Prebético (Sector Jumilla-Callosa-Aspe)	Journal of Iberian Geology	2003	B. Chacón y J. Martín-Chivelet	29, pag. 89-109
121	Desarrollo de un Método para la Evaluación del Balance Hídrico Anual en Regiones Montañosas Semiáridas. Aplicación a Sierra de Gádor (Almería)	V Congreso Ibérico sobre Planificación y Gestión de Aguas	2006	Contreras, Sergio; Alcalá, Francisco Javier; Domingo, Francisco; García, Mónica; Puigdefábregas, Juan; Pulido-Bosch, Antonio	
122	Frentes de Olistolitos Intramiocenos en el Prebético Oriental	Trabajos de Geología	1985	W. Martínez del Olmo, G. Leret y J. Suarez Alba	pag. 147-151
123	Análisis y Distribución de Facies del Cretácico Inferior del Prebético en la Provincia de Alicante	Cuadernos Geología Ibérica	1982	M. Company, M. García-Hernández, A. C. López-Garrido, J. A. Vera y H. Wilke	Vol. 8, pag. 563-578
124	The Cadiz-Alicante Fault: an Important Discontinuity in the Betic Cordillera	Revista Sociedad Geológica de España	2008	Sanz de Galdeano, C	21 (3-4), pag. 49-58



Código	TÍTULO	EDITOR	AÑO	AUTOR (si se trata de artículos o Tesis)	
125	Texturas de Espeleotemas Calcíticos Recientes en la Cueva del Canelobre (Alicante, SE España)	XXVII Reunión de la Sociedad Española de Mineralogía	2007	J. Cuevas-González, A. Fernández-Cortés, J.M. Andreu, M.A. García del Cura, M.C. Muñoz-Cervera y J.C. Cañaveras	pag. 75
126	Interpretación Genética y Paleogeográfica de las Turbiditas y Materiales Redepositados del Senoniense Superior en la Sierra Aixorta (Prebético Interno, Provincia de Alicante)	Cuadernos de Geología Ibérica	1982	M. Company, M. García-Hernández, A. C. López-Garrido, J. A. Vera y H. Wilke	Vol. 8, pag. 449-463
127	La Plataforma Cretácica del Prebético y su Falta de Continuidad por el Margen Sudibérico	Journal of Iberian Geology	2003	W. Martínez Del Olmo	Vol. 29, pag. 109-132
128	Trazas Afines a Imbrichus Wattonensis Hallam de Edad Albiense en el Prebético de Alicante (Serra Gelada)	GEOGACETA	2002	J. E. Carcuel, P. Moreno, A Yébenes y A Giannetti	Vol. 31, pag. 171-174
129	Estratigrafía Secuencial en el Jurásico del Prebético y Golfo de Valencia a partir de Sondeos Profundos	GEOGACETA	1996	W. Martínez del Olmo	Vol. 20 (1), pag. 108-111
130	Un Aspecto del Modelado de la Cuenca de Busot: Los Glacis		1982	Margarita Box Amorós	
131	Geología de la Provincia de Alicante, Siguiendo los Pasos de Daniel Jiménez de Cisneros	Simposio Homenaje Daniel Jiménez Cisneros	2004	Tent-Manclús, J. E., Yébenes, A., Soria, J. M., Caracuel, J. E., Corbí, H. y Estévez, A.	pag. 180-191
132	Metodología y Diseño del Campo Experimental en Ecosistemas Degradados en un Transecto Altitudinal (Alicante)	Cuadernos de Geografía	1993	M.D. Soriano Soto, C. Boix Fayos, A. Calvo Cases, A Imeson, A Cerdá Bolinches y F. Pérez Trejo	Vol. 54, pag. 269-284
133	Utilización del Balance de Cloruros en la Zona No Saturada en la Estimación de la Recarga Natural a un Acuífero Detrítico	Estudios de la Zona No Saturada del Suelo	2003	J.M. Ruiz	Vol. VI, pag. 403-408
134	Geomorfología Continental y Submarina del Espacio Costero entre Denia y Benidorm (Alicante): Notas Bibliográficas			Ana María Blázquez Morilla	pag. 109-128
135	El Penyal d'Ifac: Un Paisaje de Vertientes	Cuadernos de Geografía	1987	Alfredo Faus Prieto	Vol. 41, pag. 41-50
136	Contenido en Cloruros de las Precipitaciones al Sur de Sierra Nevada (Granada). Aplicación a la Evaluación de Recursos Hídricos	GEOGACETA	1994	J. Cardenal, J. Benavente y J.J. Cruz-San Julián	Vol. 16, pag. 3-6

Código	TÍTULO	EDITOR	AÑO	AUTOR (si se trata de artículos o Tesis)
137	La Propiedad de las Aguas en el Señorío Solariego de Aguas de Busot			Ana Rosa Candela Hidalgo Pag. 67-78
138	Estimación de la Recarga en un Área de Llanura mediante el Muestreo del Ión Cloruro con Cápsulas de Succión	Estudios de la Zona No Saturada del Suelo	2005	P. Weinzettel y E. Usunoff Vol. VII. F.J. Samper Calvete y A. Paz González
139	Cartografía Hidrológica e Hidrogeológica de la Cuenca del Júcar	CHJ	2005	
140	Ensayo de Bombeo Conjunto del Sondeo Perforado en L'Albir, sobre la Galería de la Captación, y el Pozo La Angelita (L'Alfàs del Pi-Alicante)	SEDELAM	2008	
141	Informe de Interpretación del Aforo del pozo L'Albir Existente en las Playas de L'Albir, del T.M. de L'Alfàs del Pi (Alicante)	PROMAGUAS	2008	
142	Estudio de Disponibilidad de Recursos Hídricos. PGOU Orxeta	EXCMO. Ayunt. Orxeta	2006	
143	Mapa de Cultivos y Aprovechamientos 871 de Elda. E: 1/50.000 Serie 1	Ministerio de Medio Ambiente	2005	
144	Mapa de Cultivos y Aprovechamientos 846 de Castalla. E: 1/50.000 Serie 1	Ministerio de Medio Ambiente	2005	
145	Base Topográfica Digital 1/25.000	IGN	2006	
146	Cartografía Geológica Digital 1/50.000	IGME		
147	Mapa de Cultivos y Aprovechamientos 871 de Elda. E: 1/50.000 Serie 2	Ministerio de Medio Ambiente	2005	
148	Mapa de Cultivos y Aprovechamientos 846 de Castalla. E: 1/50.000 Serie 2	Ministerio de Medio Ambiente	2005	
149	Mapa de Cultivos y Aprovechamientos 848 de Altea. E: 1/50.000 Serie 2	Ministerio de Medio Ambiente	2005	
150	Mapa de Cultivos y Aprovechamientos 847 de Villajoyosa. E: 1/50.000 Serie 2	Ministerio de Medio Ambiente	2005	
151	Mapa de Cultivos y Aprovechamientos 872 de Alicante. E: 1/50.000 Serie 2	Ministerio de Medio Ambiente	2005	

Código	TÍTULO	EDITOR	AÑO	AUTOR (si se trata de artículos o Tesis)	
152	Evaluación de Recursos Hídricos en el Municipio de Relleu	DPA	2009		
153	Evaluación de la Zona Regable de Riegos de Levante Margen Izquierda del Segura (Alicante)	Ministerio de Medio Ambiente	2004		
154	Disponibilidades Hídricas y Modernas Técnicas de Embalse en el Campo de Alicante	Investigaciones Geográficas	1984	Morales Gil, A; Bru Ronda, C.	Volumen 2 pag.: 19-50
155	Nuevas Formas de Tenencia de la Propiedad del Agua en el Campo de Alicante	Investigaciones Geográficas	1984	Bru Ronda, C.	Volumen 2, 8 pag.
156	Informe de Contestación al Cuestionario del Banco Europeo de Inversiones sobre la Conducción Júcar-Vinalopó. Comunidad Valenciana (ESPAÑA)	Ministerio de Medio Ambiente	2003		
157	El Pantano de Relleu y el Riego de la Huerta de Villajoyosa (1653-1879)	Investigaciones Geográficas	2003	Giménez Font, P.	Volumen 30, pag.: 97-118
158	Plan Hidrológico de la Cuenca del Júcar	Ministerio de Medio Ambiente	1997		
159	El Papel de la Iniciativa Privada y la Administración Hidráulica en la Expansión de las Superficies de Riego en la Margen Izquierda del Segura (Alicante)	UPV	2003	Sanchis Ibor, C.; Carles Genovés, J.; García Mollá, M.	
160	Inventario de Bienes de la Comunidad de Regantes de Villajoyosa	OTROS	2009	C.R. Villajoyosa	
161	El Reg Major de L'Alfàs del Pi	OTROS	2004	Amillo Alegre, F.	IES Beatriz Fajardo-Benidorm i Universidad Miguel Hernández de Elx (10 páginas)
162	Análisis del Estado Actual de Regulación de los Recursos Hídricos en la Marina Baja. Reglas de Operación y Recomendaciones de Gestión	IGME	1999		
163	Informe Final del Sondeo Masset del Vicari en Relleu	DPA	1987		

Código	TÍTULO	EDITOR	AÑO	AUTOR (si se trata de artículos o Tesis)	
164	Informe sobre la Acidificación y Segunda Prueba de Bombeo de Ensayo del Sondeo de Relleu (Alicante)	DPA	1999		
165	Recorte de la Planimetría Digitalizada de Usos y Aprovechamientos del Suelo de la Zona de Estudio	DPA	2008		
166	Caracterización Hidrogeológica de la Unidad Hidrogeológica 08.47 (Peñón-Montgó-Bernia). 2ª Fase	IGME-DPA	2007		
167	Mejora del Conocimiento de la Unidad Hidrogeológica 08.45 Sierra de Aitana	IGME	2005		
168	Red Española de Vigilancia de Isótopos en la Precipitación (REVIP): Distribución Isotópica Espacial y Aportación al Conocimiento del Ciclo Hidrológico	Ingeniería Civil	2009	Mª Fe Díaz Tejeiro, Javier Rodríguez Arévalo, Silvino Castaño	155/2009, pag.: 87-97
169	El Exceso de Deuterio en la Lluvia y en la Recarga a los Acuíferos en el Área Circum-Mediterránea y en la Costa Mediterránea Española	Boletín Geológico y Minero	2008	J. Jiménez Martínez y E. Custodio	Volumen 119 (1), pag.: 21-32
170	La relación Cl/Br como Indicador del Origen de la Salinidad en Algunos Acuíferos de España y Portugal		2004	F. J. Alcalá y Emilio Custodio	
171	Recarga a los Acuíferos Españoles Mediante Balance Hidrogeoquímico	Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya	2005	F.J. Alcalá García	
172	Sobre la utilización de la clasificación de las aguas de riego del U.S. Laboratory Salinity (USLS)	GEOGACETA	2005	M. Olías, J.C. Cerón y I. Fernández	37, 2005, pag.: 111-113
173	REAL DECRETO 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.	BOE	2003	BOE nº 45, pag.: 7.228-7.245	
174	Análisis Metodológico de las Técnicas Geoquímicas Empleadas en Prospección Geotérmica	IGME	1985		
175	Identificación y Caracterización de la Interrelación que se Presenta entre Aguas Subterráneas, Cursos Fluviales, Descarga por Manantiales, Zonas Húmedas y Otros Ecosistemas Naturales de Especial Interés Hídrico. Marina Baja	IGME-DGA	2009		

Código	TÍTULO	EDITOR	AÑO	AUTOR (si se trata de artículos o Tesis)
176	Identificación y Caracterización de la Interrelación que se Presenta entre Aguas Subterráneas, Cursos Fluviales, Descarga por Manantiales, Zonas Húmedas y Otros Ecosistemas Naturales de Especial Interés Hídrico. Vinalopó-L'Alacantí	IGME-DGA	2009	
177	Realización de Estudios de Definición Geométrica de Acuíferos en la Unidad de Barrancones -Carrasqueta	IGME-DPA	2004	
178	Determinación del Funcionamiento Hidrogeológico y Balance, Caracterización Hidroquímica y Evaluación de Recursos de los Acuíferos de la Unidad de Barrancones-Carrasqueta (Alicante)	IGME-DPA	2006	

## 6. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

### 6.1 OROGRAFÍA Y RED FLUVIAL

Desde el punto de vista administrativo, el área de estudio se sitúa en el ámbito de la Cuenca Hidrográfica del Júcar, y en la zona centro-nororiental de la provincia de Alicante, ocupando los relieves existentes entre Sierra Grossa (noreste del núcleo urbano de Alicante) y la Sierra de Almaens (sureste de Jijona), hasta la Playa de L'Albir de L'Alfàs del Pi.

Orográficamente se caracteriza por estar rodeada por una serie de relieves (Figura nº 3), destacando fuera del área, en el noreste, la Sierra de Bernia (1.129 m s.n.m.); en el límite norte el macizo de Puig Campana (1.408 m s.n.m.), el Monte Ponocho (1.181 m), Sierra del Aguilar (889 m s.n.m.) y Sierra de La Grana (1.102 m s.n.m.); en el límite noroccidental, Sierra de Peñarroya (1.226 m s.n.m.) y en el interior del área, en el sector oriental, Sierra Helada (438 m s.n.m.); en el septentrional Sierra Cortina (529 m s.n.m.) y Sierra de Orxeta (678 m s.n.m.) y en el occidental Sierra del Cabezón del Oro (1.208 m s.n.m.) y Sierra Almaens (736 m s.n.m.).

En la MASub 080.072 Orcheta es donde se localizan los relieves más elevados, mientras que la 080.073 San Juan-Benidorm corresponde con una llanura truncada por los cauces que se alimentan de las sierras situadas en el entorno y desembocan en el Mediterráneo. Sus valles tienen a veces forma de “v” (encajados) y, en ocasiones, de “u” (fondo plano).

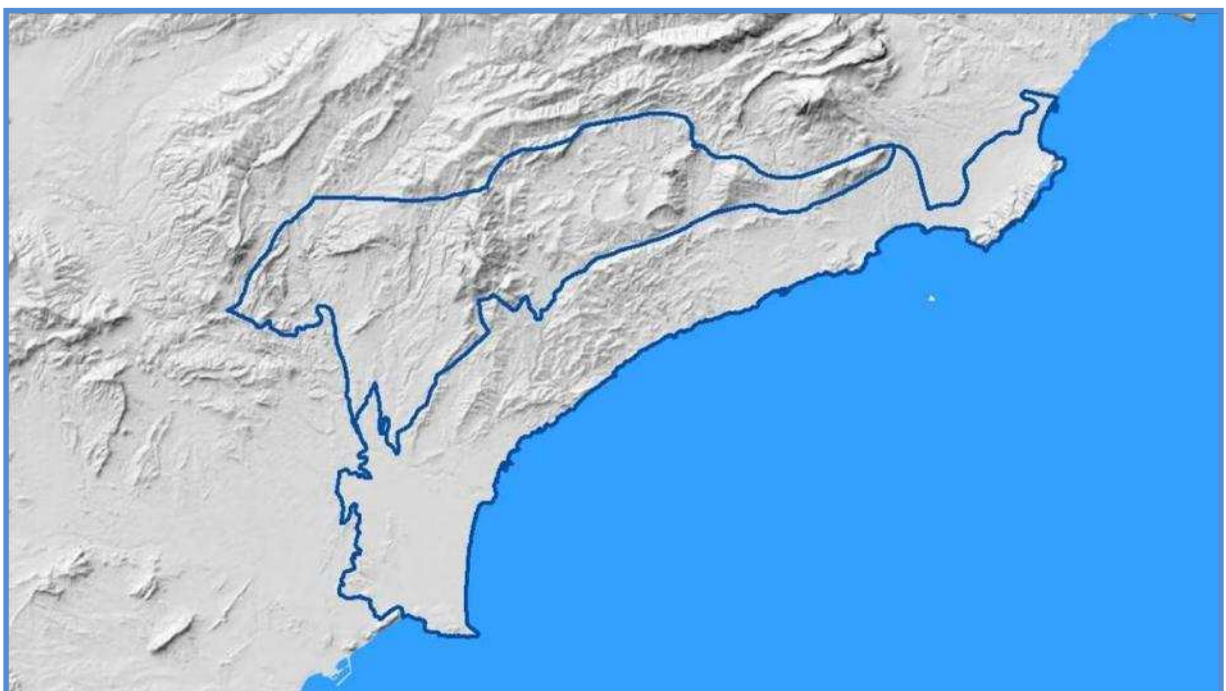


Figura nº 3.- Relieve de la zona de estudio (generado a partir de MDT)

Los principales cauces son los ríos Monnegre (también denominado Verde o Seco) y Amadorio y sus afluentes. Además, existen cauces intermitentes de régimen torrencial asociados a pequeñas subcuencas litorales. En este entorno geográfico hay dos embalses: el de Relleu y el de Amadorio, que regulan los caudales circulantes por el río Amadorio. El antiguo embalse de Relleu, del siglo XVI, es de propiedad particular y actualmente está fuera de servicio, aunque se pretende rehabilitar en un futuro con el fin de mejorar el nivel de regulación. La presa es del tipo bóveda-cúpula, de 32 m de altura y 34 m de longitud de coronación con aliviadero de lámina libre. Su capacidad original era de 0,6 hm<sup>3</sup> y la superficie de la lámina de agua de aproximadamente 10 ha. El uso al que estaba destinado era el riego.

El embalse de Amadorio, de 15 hm<sup>3</sup> de capacidad, tiene una presa de gravedad de 63 m de altura y 318 m de longitud de coronación, con aliviadero de compuertas de 400 m<sup>3</sup>/s de capacidad. La superficie de la lámina de agua es de 83 has. De propiedad estatal, se destina al riego y al abastecimiento en situaciones extraordinarias, a través del Consorcio de la Marina Baixa, de las ciudades de Benidorm y Villajoyosa, sobre todo en verano debido al acusado incremento poblacional, pues fuera del previsto estival son abastecidas normalmente por el Embalse de Guadalest, situado en el río del mismo nombre.

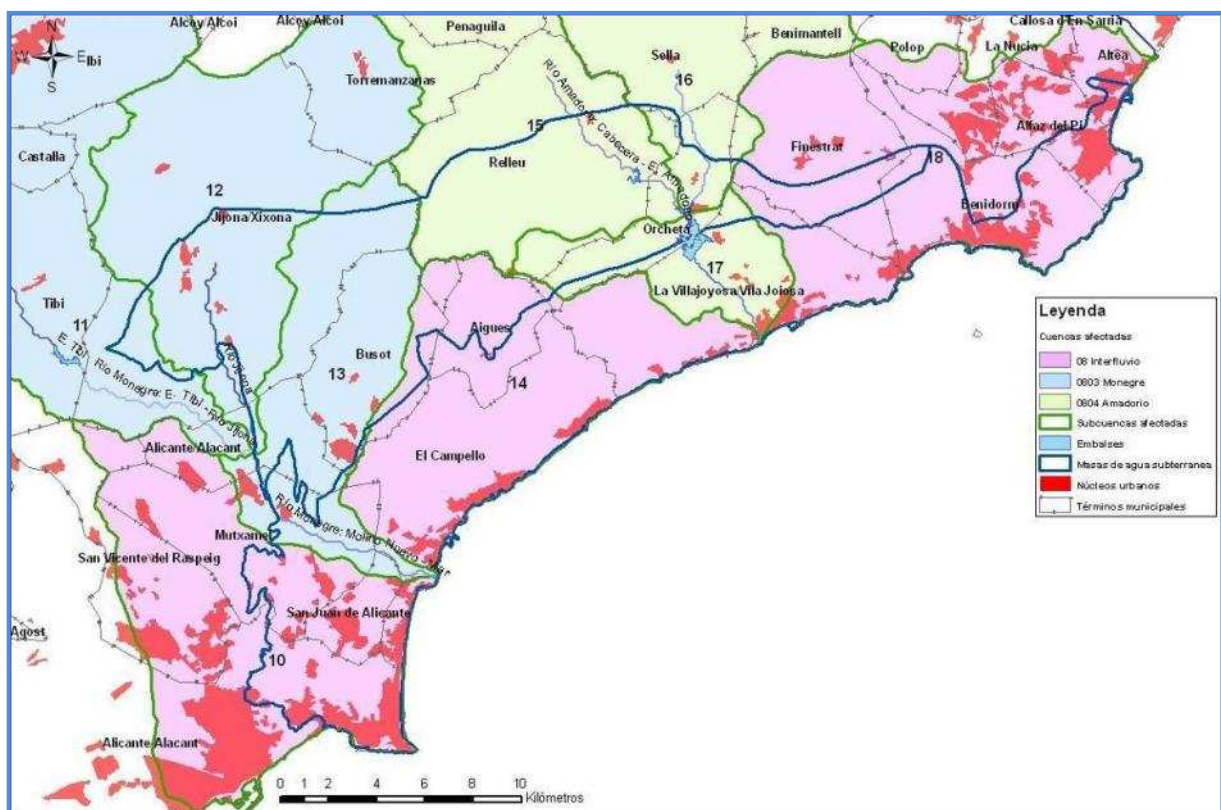


Figura nº 4.- Cuencas hidrológicas definidas en la zona de estudio (CHJ, 2009)





Dentro del área delimitada por las MASub se han definido las Masas de Agua Superficial (MAS) citadas en la tabla 3 y representadas en la Figura nº 5.

**Tabla nº 3.- MAS de la zona de estudio**

<b>Código</b>	<b>Denominación</b>	<b>Longitud (m)</b>
29.01	Río Amadorio: Cabecera-Embalse Amadorio	9.400
29.02	Embalse Amadorio	3.200
29.02.01.01	Río Sella: Cabecera-Embalse Amadorio	6.500
29.03	Río Amadorio: Embalse Amadorio-A-7	1.600
29.04	Río Amadorio: A-7-Mar	3.400
30.03.01.01	Río Jijona	9.400
30.04	Río Monnegre: Río Jijona-Molino Nuevo	2.350
30.05	Río Monnegre: Molino Nuevo-Mar	8.900

## 6.2 RED HIDROMÉTRICA

En la zona y su área de influencia se dispone de estaciones de control hidrométrico para definir las posibles relaciones río-acuífero, cuyas características e información disponible se describen en los siguientes apartados.

### 6.2.1 ESTACIONES DE LA RED OFICIAL DE AFOROS

Existen seis estaciones de la red oficial de aforos de la CHJ, de las cuales una contabiliza las entradas del embalse del Amadorio (ver Figura nº 6).

La siguiente tabla muestra las características principales de las estaciones de la red oficial de aforos de cauces utilizadas.

**Tabla nº 4.- Estaciones de la red oficial de aforos de cauces**

<b>Denominación</b>	<b>Estado</b>	<b>Coord. (Huso 30)</b>		<b>Cota (m s.n.m.)</b>	<b>Cauce</b>	<b>Datos disponibles</b>	<b>Periodo</b>
		<b>X UTM</b>	<b>Y UTM</b>				
08128 Tibi (embalse)	Inactiva	713.120	4.264.335	385	Río Monnegre	357	01/66-09/95
08079 Mutxamel	Inactiva	721.040	4.258.455	118	Río Monnegre	269	01/12-09/45
08024 Río Sella en Orxeta	Inactiva	738.820	4.271.695	155	Río Sella	424	10/44-09/85
08978 Río Sella en Sella	Inactiva	738.115	4.271.840	199	-	264	01/12-09/44

Denominación	Estado	Coord. (Huso 30)		Cota (m s.n.m.)	Cauce	Datos disponibles	Periodo
		X UTM	Y UTM				
08078 Río Amadorio en Orxeta	Inactiva	737.715	4.271.445	153	Río Amadorio	705	01/12-09/87

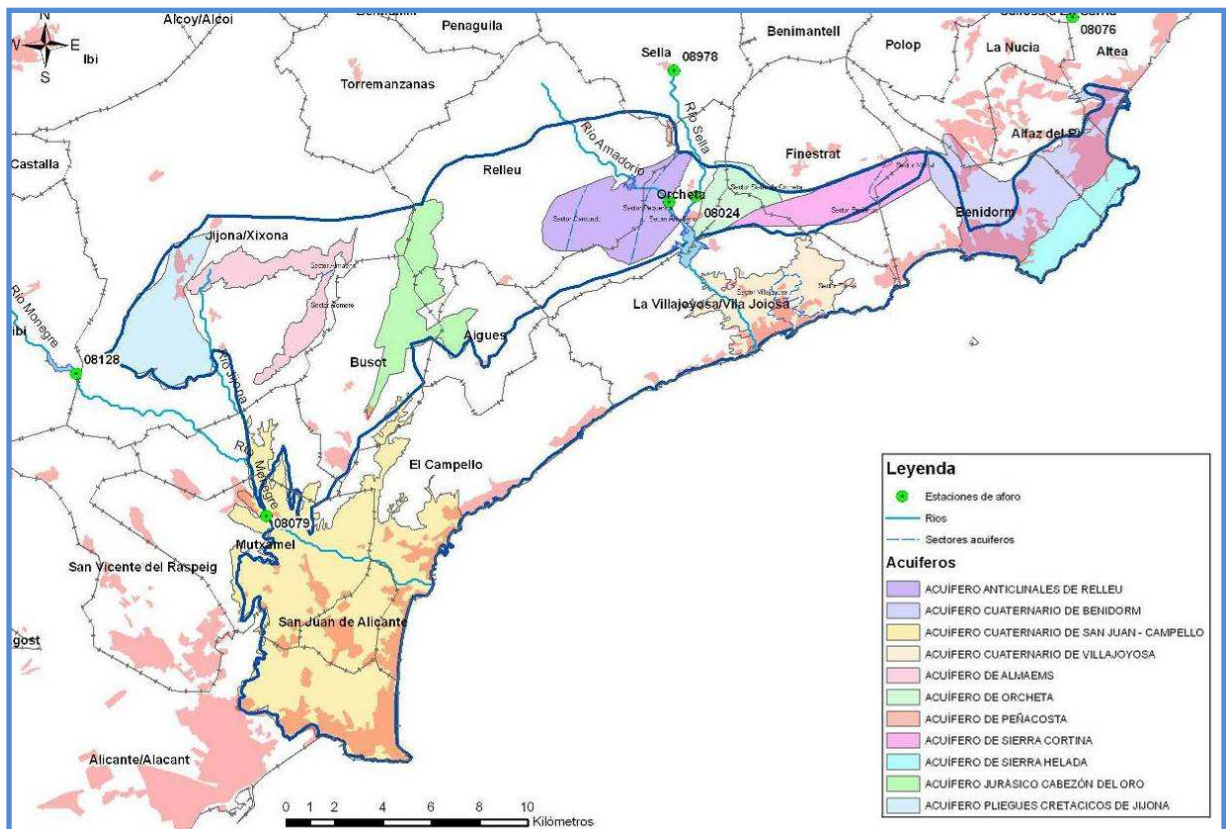


Figura nº 6.- Localización de estaciones de la red oficial de aforos

La **Estación 08128 Tibi (embalse)**, actualmente inactiva, se sitúa a la salida del embalse de Tibi, dentro de la MASub 081.185 Agust-Monnegre (según la última definición), por lo que informaba sobre los caudales punta laminados por el embalse, cuya construcción es anterior al inicio de la serie de datos. Los registros corresponden al periodo comprendido entre enero de 1966 y septiembre de 1995 y no tienen interrupciones (Figura nº 7). Hasta 1988 el caudal base es uniforme y muestra valores cercanos a 300 l/s, aunque los primeros son inferiores. Tras ese año se produce un descenso, situándose por debajo de los 100 l/s. El caudal máximo alcanzado es de 431 l/s, siendo el mínimo de cero. El caudal promedio de la serie es de 161 l/s, lo que representa una aportación aproximada de 5 hm<sup>3</sup>/año. Por otra parte, el hidrograma no muestra ningún episodio significativo de avenida.

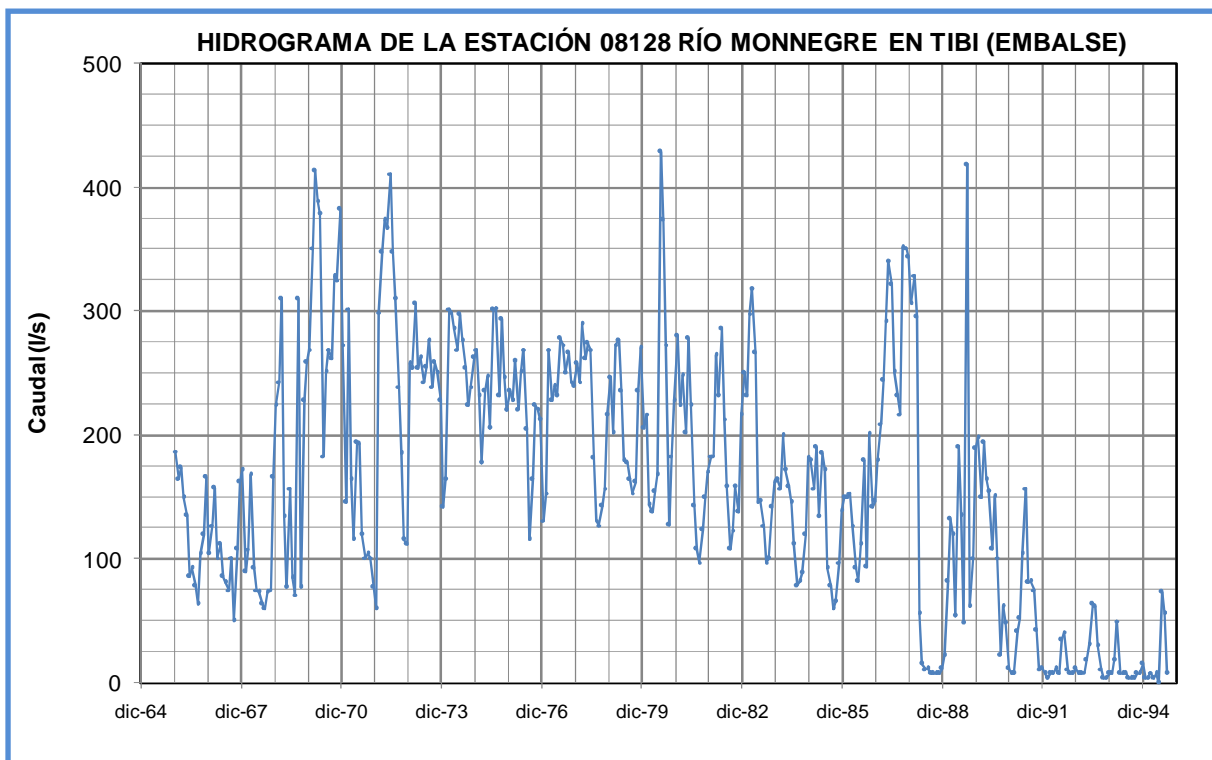


Figura nº 7.- Hidrograma de la estación 08128 río Monnegre en Tibi (embalse)

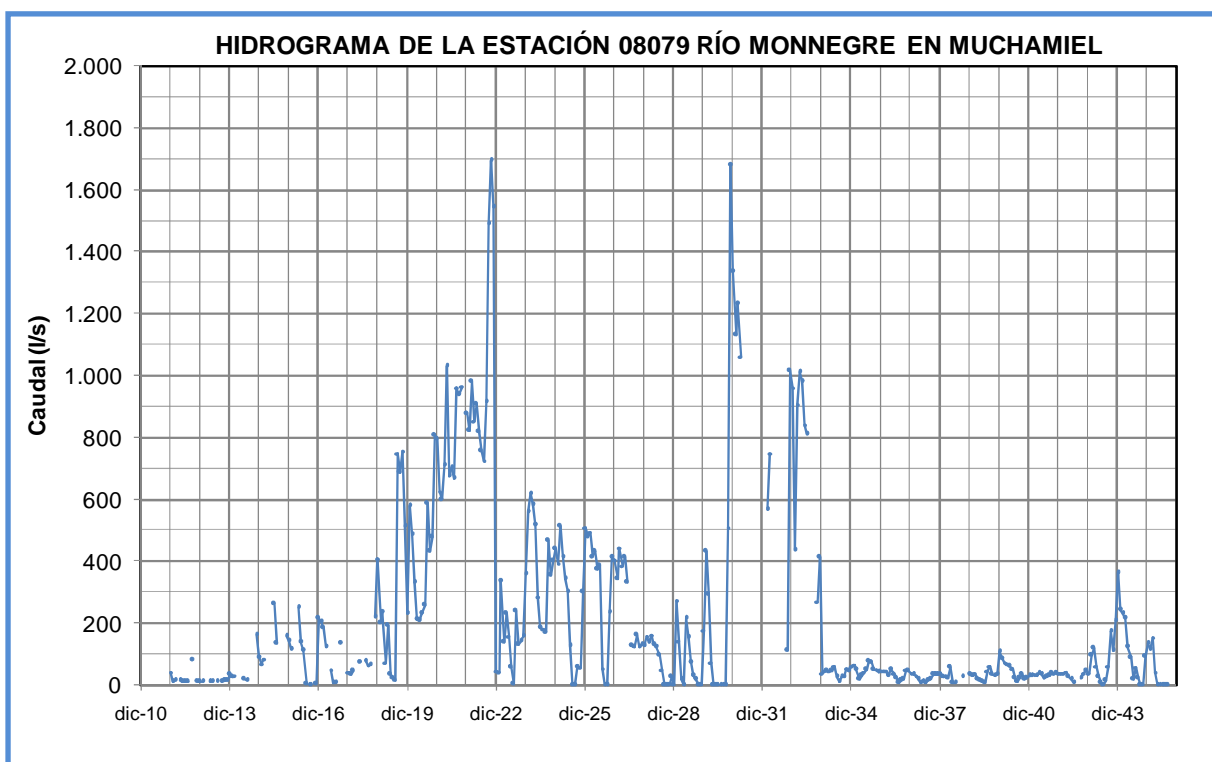


Figura nº 8.- Hidrograma de la estación 08079 río Monnegre en Mutxamel

La **Estación 08079 Mutxamel** (inactiva) se ubica al noroeste de la población de Mutxamel, sobre la MASub 081.183 Orcheta. Recibe el drenaje de la MASub 081.185 Agost-Monnegre al río Monnegre y los caudales punta laminados por el embalse de Tibi. La serie de datos disponible corresponde al periodo comprendido entre enero de 1912 y septiembre de 1945, aunque tiene una interrupción entre 1931 y 1942.

Como se observa en la Figura nº 8, el caudal base registrado se sitúa en torno a 250 l/s, aunque en el periodo 1919-1922 éste es superior, aproximándose a 1.000 l/s. Los caudales punta se alcanzan en 1922 y 1931, cuando se superan los 1.500 l/s. El caudal máximo alcanzado es de 1.750 l/s, siendo el mínimo de cero. El promedio de la serie es de 249 l/s y se aproxima a una aportación de 8 hm<sup>3</sup>/año.

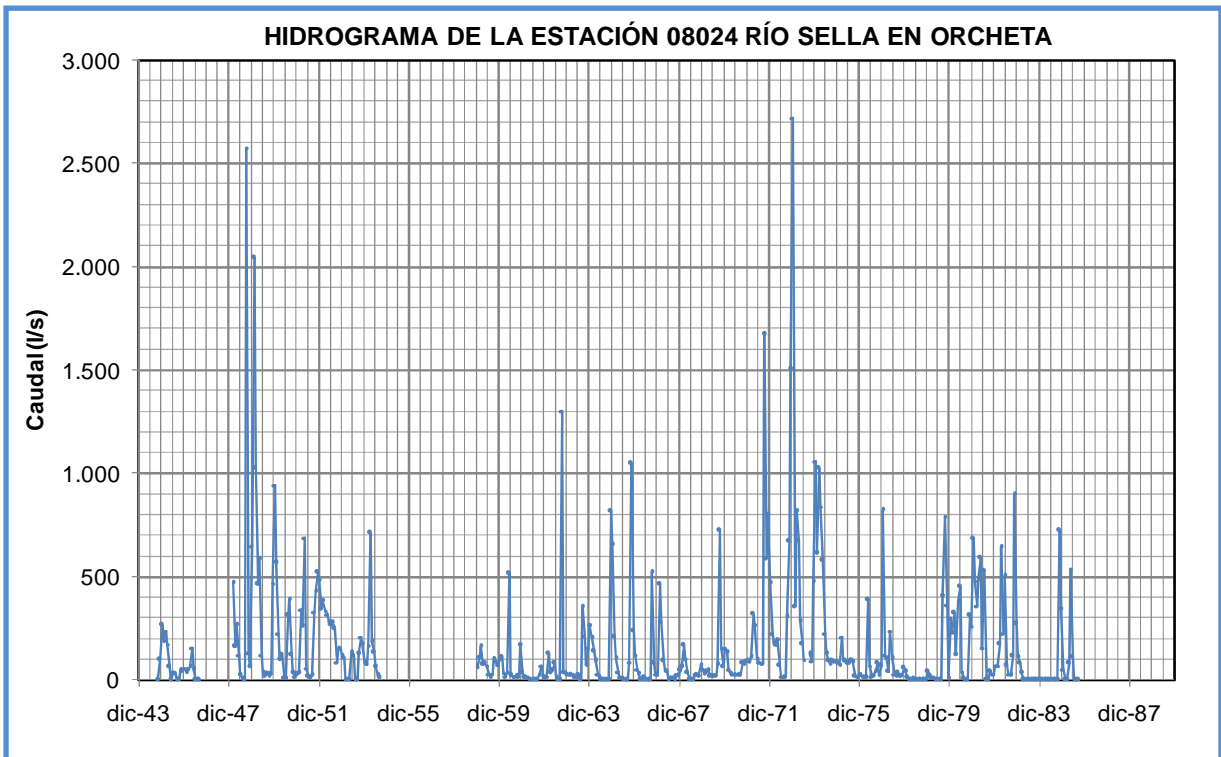


Figura nº 9.- Hidrograma de la estación 08024 río Sella en Orxeta

La **Estación 08024 río Sella en Orxeta** (inactiva) se sitúa en las cercanías de esa población, aguas arriba del embalse de Amadorio, y sobre la MASub 081.183 Orcheta. El régimen de caudales registrado se encuentra poco alterado y cercano al natural, al no existir infraestructuras de regulación de entidad aguas arriba.

La serie de datos (Figura nº 9) comprende el periodo octubre de 1944-septiembre de 1985, con interrupciones entre 1946 y 1948, y entre 1954 y 1959. El caudal base registrado en la estación es prácticamente nulo, sobre todo a partir de 1960, cuando se aprecian periodos en los que el río permanece seco durante varios meses. Se observan también intervalos en los que se aproxima a 500 l/s. Los caudales punta de la serie alcanzan los 1.000 l/s, llegando en

casos excepcionales a superar los 2.500 l/s. El caudal máximo alcanzado es de 2.718 l/s, siendo el mínimo de cero, mientras que el promedio de la serie es de 165 l/s, lo que equivale a una aportación de 5 hm<sup>3</sup>/año.

La **Estación 08978 río Sella en Sella** (inactiva) se sitúa en las cercanías de ese núcleo urbano, sobre la MASub 081.177 Sierra Aitana, en el cauce del río, aguas arriba del embalse del Amadorio y de la estación 08024 Río Sella en Orxeta. El régimen de caudales registrado, al igual que en la estación anterior, se encuentra poco alterado y próximo al natural, al no existir infraestructuras de regulación de entidad aguas arriba de su emplazamiento.

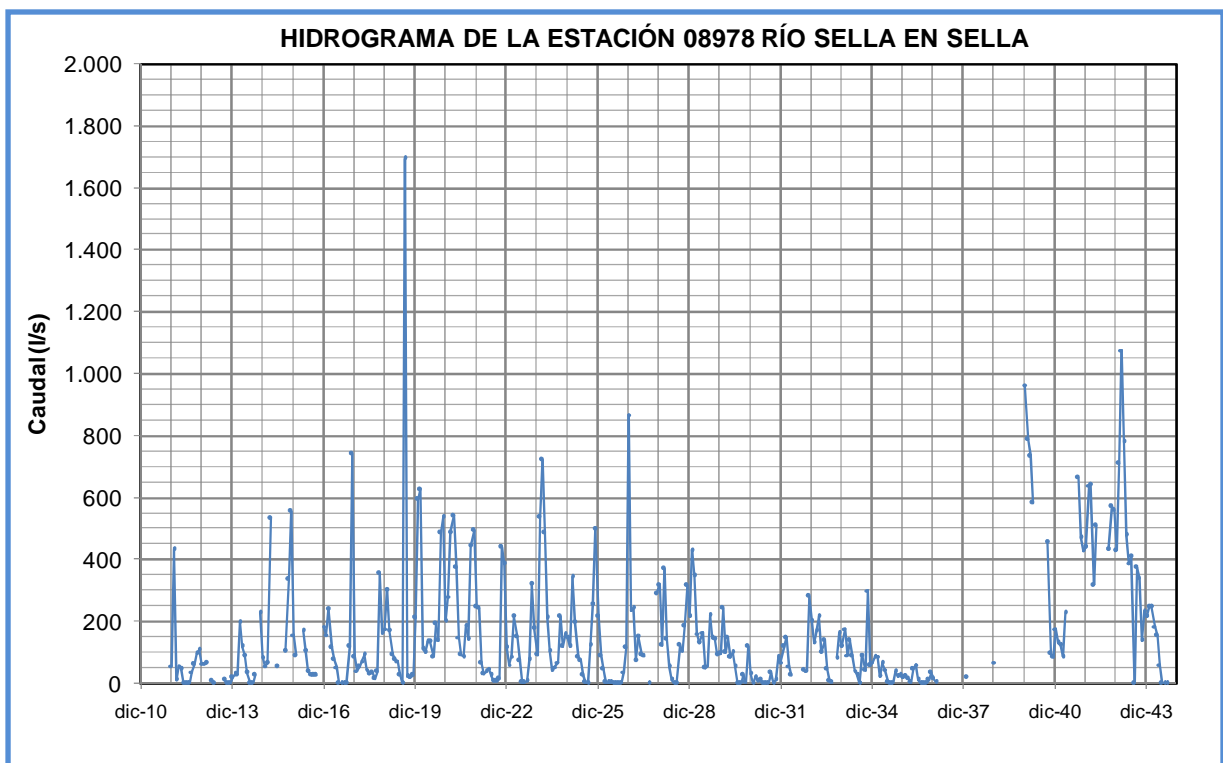


Figura nº 10.- Hidrograma de la estación 08978 río Sella en Sella

La serie de datos (Figura nº 10) comprende el periodo entre enero de 1911 y septiembre de 1944, con interrupciones entre 1937 y 1940. El caudal base registrado es inferior a 50 l/s, aunque se observan periodos de varios meses de duración en los que los caudales se aproximan a los 200 l/s. Los máximos llegan a 1.675 y 1.075 l/s, siendo el mínimo cero. El promedio de la serie es de 160 l/s, equivalente a una aportación de 5,0 hm<sup>3</sup>/año.

La **Estación 08078 río Amadorio en Orxeta** (inactiva) se sitúa sobre el cauce del río Amadorio y aguas arriba del núcleo urbano de ese municipio. El régimen registrado se encuentra poco alterado y cercano al natural, al no existir infraestructuras de regulación de entidad aguas arriba.

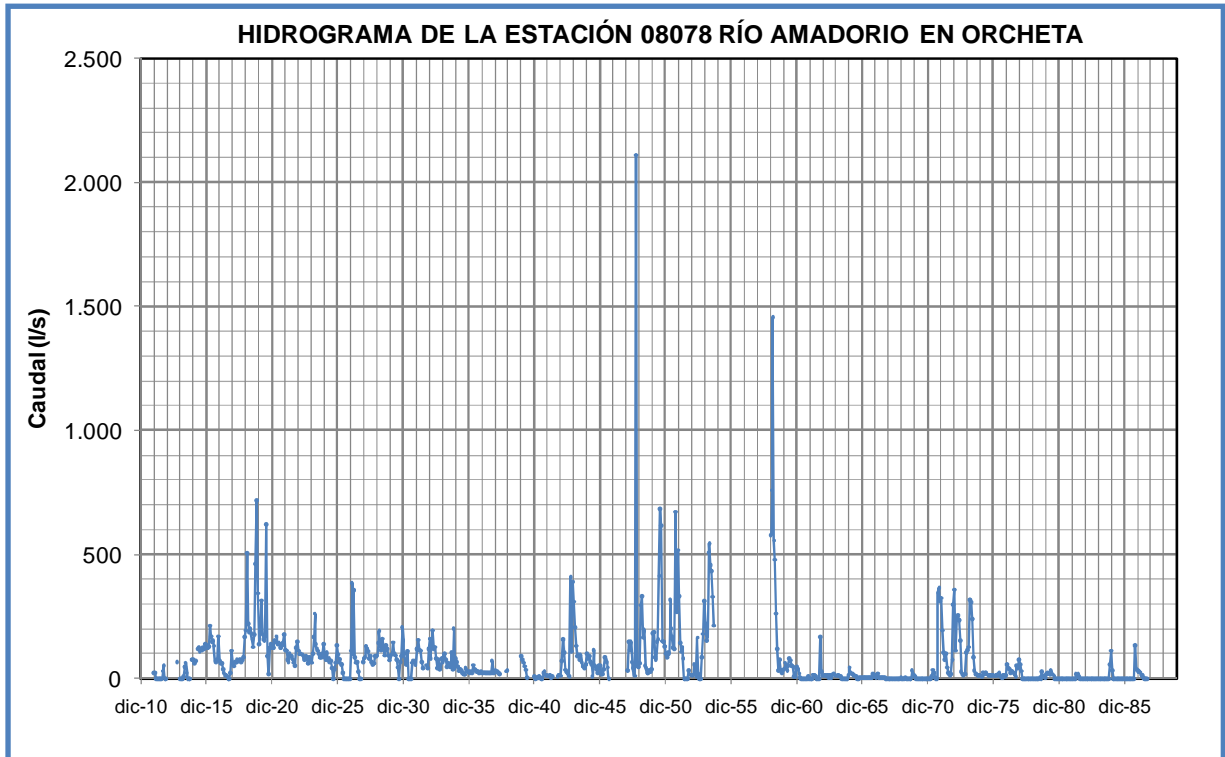


Figura nº 11.- Hidrograma de la estación 08078 río Amadorio en Orxeta

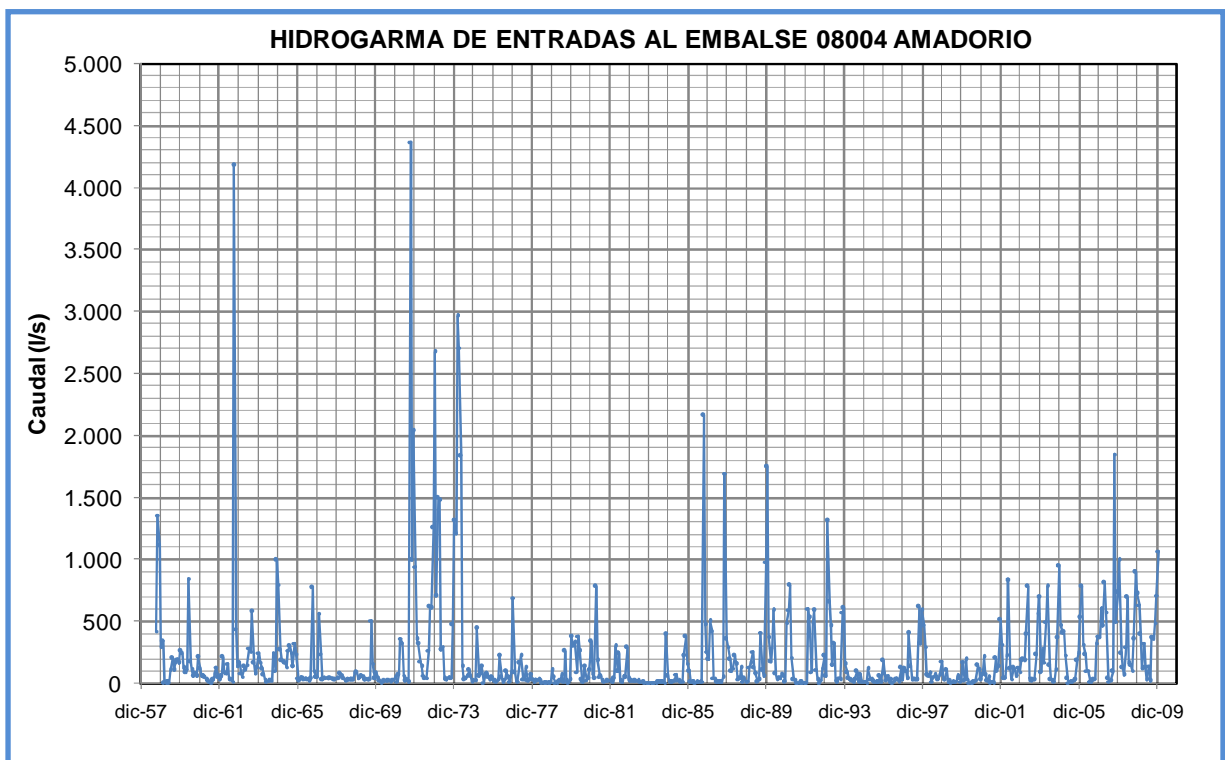


Figura nº 12.- Hidrograma de las entradas al embalse del Amadorio (08004)

La serie de datos (Figura nº 11) comprende el periodo de enero de 1912 a septiembre de 1987, con interrupciones entre 1932 y 1943, entre 1946 y 1948, y entre 1954 y 1959. El caudal base registrado en la estación ronda los 100 l/s hasta 1960. A partir de ese año hay periodos en los que el río permanece seco, y otros en los que los caudales llegan a superar los 400 l/s. En la serie aparecen dos caudales punta, 1.350 y 2.043 l/s, siendo el mínimo nulo. El caudal promedio, 77 l/s, equivale a una aportación media de 2,5 hm<sup>3</sup>/año.

Por último, en la Figura nº 12 se muestra el hidrograma de las entradas registradas en el **Embalse del Amadorio**, cuyas principales aportaciones corresponden a los ríos Sella y Amadorio y, en menor medida, al arroyo Querenet. La serie de datos disponible comprende el periodo entre octubre de 1958 y la actualidad, y no presenta interrupciones. El caudal base ronda los 50 l/s, el máximo ha llegado a alcanzar los 4.367 l/s y el promedio es de 206 l/s, lo que supone una aportación media de 6,5 hm<sup>3</sup>/año.

## 6.2.2 OTRA INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA

En la definición de la relación río-acuífero también se ha utilizado el inventario de puntos de agua y la información recopilada por la guardería fluvial de la CHJ en 2004, que se incluye en los trabajos realizados por el IGME y la Dirección General del Agua (DGA) para identificar y caracterizar la interrelación aguas subterráneas y superficiales de los Sistemas de Explotación Vinalopó-L'Alacantí y Marina Baja.

En la Tabla nº 5 se muestran las principales características de estos manantiales, y en el Plano nº 4 su ubicación sobre la cartografía geológica realizada.

Tabla nº 5.- Manantiales utilizados para definir la relación río-acuífero

Código		Toponimia	Coordenadas		Cota (m s.n.m.)	Q (l/s)	Uso
IGME	Guardería		X UTM	Y UTM			
293350010		Fuente de Montoro	718.369	4.266.674	290	1,0	Riego 10 ha
293350012	1.403	Fuente del Salt	718.616	4.268.121	370	4,0	Riego
293350018	1.404	Fuente de Chocando	718.683	4.268.198	360	2,0	Riego
293350019		Fuente de Sta. Bárbara	718.380	4.267.851	370	1,5	Riego
293350029	1.375	Fuente Cortijo Romero	722.495	4.266.279	345	0,5	Sin Uso
293350032	1.376	Barranc de L'Ombria	723.416	4.265.817	259	1,0	Se desconoce
293350033	1.379	Purgatori	717.839	4.267.839	358	3,0	Se desconoce
293350034	1.382	Barranc de la Font	717.213	4.268.554	476	0,2	Se desconoce
293350035	1.387	Parque La Ereta	717.563	4.268.705	419	5,0	Se desconoce
293350036	1.388	Rio Castillo	717.824	4.268.228	399	2,0	Se desconoce
293350037	1.389	San Sebastia	717.651	4.268.297	420	1,0	Se desconoce
293350038	1.390	Armas de Galiana	717.958	4.270.024	424	2,0	Se desconoce
293350039	1.401	Riu de La Torre	719.092	4.269.456	416	1,0	Se desconoce

Código		Toponimia	Coordenadas		Cota (m s.n.m.)	Q (l/s)	Uso
IGME	Guardería		X UTM	Y UTM			
293350040	1.402	Riu de La Torre 2	719.008	4.269.320	434	0,2	Se desconoce
293350041	1.405	Moratell	717.184	4.267.406	449	0,5	Se desconoce
293350042	1.406	Barranc Blanc	717.170	4.266.757	418	0,2	Se desconoce
293350043	1.407	Coll de Bernat	716.835	4.264.811	387	1,0	Se desconoce
293350044	1.411	Mas Xalé	718.346	4.267.534	344	3,0	Se desconoce
293360022		Gasparet	730.086	4.264.827	335	Seco	
293360023		Cases La Tosca	723.916	4.268.454	400	0,5	Riego
293360025		Fuente de la Cava	729.168	4.265.125	416	Seco	
293360041	1.366	Anxinal	730.170	4.269.834	534	0,3	Se desconoce
293360042	1.370	Barranc Anxinal	730.844	4.269.940	514	0,3	Se desconoce
293360043	1.377	Barranc dels Colons	724.257	4.270.388	521	0,5	Se desconoce
293370002		Fuente Ermita	735.830	4.268.551	220	0,3	Riego 0,4 ha
293370006	1.337	Fuente del Castellet	730.826	4.265.008	290	2,0	Abastecimiento
293370007		Fuente Figuerets	732.519	4.273.641	464	1,0	Riego
293370008		Fuente de la Senia	731.902	4.272.767	484	1,0	Riego
293370012		Barranco Salado	735.027	4.272.467	310	2,0	Sin uso
293370019		Fuente de la Figuera	729.255	4.271.895	550	Seco	
293370023	1.336	La Venteta	730.121	4.264.891	331	1,0	Sin uso
293370024	1.338	La Venteta 2	730.355	4.264.866	313	0,2	Sin uso
293380028		Fuente Bañets	740.350	4.267.361	39	0,3	Abastecimiento
293380043	1.372	Barranco Rabosa	715.015	4.265.592	471	0,1	Se desconoce
293380096		Fuente de Benienzo	742.884	4.270.893	120	4,0	Riego
293380099		Fuente Barranco	744.982	4.270.325	120	1,1	Riego
293380107		Romá-Pileta	740.420	4.266.950	50	2,0	Se desconoce
293380111		Font de Mira	738.650	4.271.375	140	2,0	Riego
293380139		Barranco Alfarelles	743.360	4.270.619	110	4,0	Sin uso
293380140	59	Tossal de Meno	742.447	4.267.606	78	0,2	Riego
293410008		Balsa de Collado	719.753	4.255.886	97	6,0	Riego
293410019	1.339	Vergeret	722.212	4.263.371	199	1,0	Se desconoce
293410020	1.340	Vergeret 2	722.155	4.263.351	199	1,0	Se desconoce
293410021	1.365	Agua Amarga	722.639	4.259.839	160	3,0	Se desconoce
293410022	1.386	Barranco Fondo	719.850	4.264.044	212	0,5	Se desconoce
293420005	1.335	Lomas de Gigi	730.738	4.261.487	79	Seco	
293420007		Fuente de Busot	725.075	4.262.700	300	Seco	
293420011		Runal	726.496	4.264.127	400	Seco	
293430004		Fuente del Carabasol	737.124	4.264.786	40	3,0	Abrevadero



Código		Toponimia	Coordenadas		Cota (m s.n.m.)	Q (l/s)	Uso
IGME	Guardería		X UTM	Y UTM			
293450002		Balsa de Pelegrino	721.417	4.254.410	60	3,0	Riego
293450018	1.351	Sant Joan	721.201	4.251.254	36	12,0	Se desconoce
303350002		Fuente del Morlal	748.601	4.272.045	100	2,5	Agricultura
303350021		Foya del Cart	749.423	4.272.199	110	3,0	Agricultura
303350052		Fuente del Murtal 2	747.508	4.271.164	100	3,0	Sin uso
303350055		Parking Terra Mítica	748.147	4.272.545	150	Seco	

Para analizar la información recopilada se han llevado a cabo las siguientes agrupaciones por cauces:

#### Interfluvio Rambla Rambuchar-Río Monnegre

Manantiales que se localizan en el interfluvio, en la llanura de San Juan-Campello, y drenan formaciones del Cuaternario y/o las areniscas del Plioceno (ver Tabla nº 6).

**Tabla nº 6.- Surgencias del interfluvio Rambuchar-río Monnegre**

Código		Acuífero/Sector	Tramo de cauce asociado	Caudal		Uso
IGME	Guardería			Año	l/s	
293410008		Cuaternario de San Juan-Campello	Plana de Sant Joan	2010	6,0	Agricultura
293450002				1974	3,0	Agricultura
293450018	1.351			2004	12,0	Agricultura

La surgencia 2934-1-8 se localiza en las proximidades del límite del acuífero Cuaternario de San Juan-Campello, aunque drena los cuaternarios situados al oeste del borde occidental asociados al barranco de Juncaret. La 2934-5-2 se relaciona con el Pliocuaternario y la 2934-5-18 con las areniscas y calcarenitas del Plioceno que afloran en ambas márgenes del barranco de Orgègia.

Los volúmenes drenados por estas surgencias se utilizan en aprovechamientos agrícolas de la zona y no alcanzan la red fluvial del río Monnegre.

#### Río Monnegre

Se incluyen los siguientes grupos de manantiales (Tabla nº 7):

Manantiales que se ubican en las vertientes del río La Torre a su paso por el municipio de Jijona. Se incluyen tanto los que drenan el acuífero de Almaens como el acuífero Pliegues

Cretácicos de Jijona y otras formaciones cretácicas de escaso interés hidrogeológico de la Sierra de Almaens.

Manantiales localizados en las vertientes de los barrancos de la margen izquierda del río Monnegre, antes de su confluencia con el río La Torre, que drenan el acuífero Pliegues Cretácicos de Jijona.

Manantiales ubicados sobre las vertientes del barranco Vergeret y que drenan el acuífero de Almaens y las formaciones de escaso interés hidrogeológico del Cuaternario y Cretácico situadas entre el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro y el acuífero de Almaens. También se incluyen las surgencias que drenaban el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro, actualmente secas.

Manantiales que vierten a cauces que alcanzan el río Seco (tramo final del Río Monnegre) y drenan formaciones del Cuaternario y/o las areniscas del Terciario.

Tabla nº 7.- Surgencias que drenan al río Monnegre

Código		Acuífero/Sector	Tramo de cauce asociado	Caudal		Uso
IGME	Guardería			Año	l/s	
293380043	1.372	Pliegues Cretácicos de Jijona	Barranco de Selines (M.I. Monnegre)	2004	0,1	
293350034	1.382			2004	0,2	
293350035	1.387			2004	5,0	
293350036	1.388			2004	2,0	
293350037	1.389			2004	1,0	
293350038	1.390			2004	2,0	
293350041	1.405			2004	0,5	
293350042	1.406			2004	0,2	
293350043	1.407			2004	1,0	
293410022	1.386			Pliegues Barranco de la Umbría	Río La Torre	2004
293350010		Otros Cretácicos Almaens		1974	1,0	Riego 10 ha
293350040	1.402		2004	0,2		
293350012	1.403			1976	4,0	Riego
293350018	1.404			1974	2,0	Riego
293350019		Almaens-Almaens		1974	1,5	Riego
293350033	1.379		2004	3,0		
293350039	1.401		2004	1,0		

Código		Acuífero/Sector	Tramo de cauce asociado	Caudal		Uso
IGME	Guardería			Año	l/s	
293350044	1.411			2004	3,0	
293360023				1974	0,5	Riego
293350029	1.375	Almaens-Romero		2004	0,5	Sin Uso
293360043	1.377	Otros Cretácicos Almaens		2004	0,5	
293350032	1.376		Barranco Vergerel (M.I. Río Seco)	2004	1,0	
293410019	1.339	Pliegues Barranco de la Umbría		2004	1,0	
293410020	1.340		2004	1,0		
293410021	1.365		2004	3,0		
293420007		Jurásico Cabezón del Oro	Barranco Vilches (M.I. Río Seco)	2009	Seco	
293420011		Terciario de Villajoyosa	Barranco del Fondo (M.I. Río Seco)	1974	Seco	

Tomando como referencia los caudales que aparecen en la tabla anterior, los acuíferos de la zona de estudio aportarían en torno 1,13 hm<sup>3</sup>/año (unos 36 l/s), en condiciones de régimen natural y ausencia de aprovechamientos, de los que 0,38 hm<sup>3</sup>/año corresponderían al acuífero Pliegues Cretácicos de Jijona, 0,49 hm<sup>3</sup>/año al acuífero de Almaens y el resto, 0,26 hm<sup>3</sup>/año, a drenajes de formaciones de escaso interés hidrogeológico. Se pone de manifiesto que el río La Torre a su paso por la zona es ganador (al menos de los volúmenes que no se utilizan, unos 0,3 hm<sup>3</sup>/año), pero no se descarta la infiltración de agua superficial aguas arriba del punto 2933-5-44 que modifica la calidad del sector acuífero Almaens.

#### Interfluvio Río Monnegre-Río Amadorio

Manantiales situados sobre las vertientes del Barranco de Aigües Baixes que drenan el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro, actualmente secos, y las formaciones de escaso interés hidrogeológico de la base de la Depresión de Relleu (del Terciario y Cretácico).

Manantiales que se sitúan en las vertientes del barranco Salomó y drenan las formaciones de escaso interés hidrogeológico del Terciario de Villajoyosa.

**Tabla nº 8.- Surgencias que drenan a la red fluvial del interfluvio río Monnegre-río Amadorio**

Código		Acuífero/Sector	Tramo de cauce asociado	Caudal		Uso
IGME	Guardería			Año	l/s	
293360025		Jurásico Cabezón del Oro	Barranco de Aigües Baixes (Mar)	1974	Seco	

Código		Acuífero/Sector	Tramo de cauce asociado	Caudal		Uso
IGME	Guardería			Año	l/s	
293360022		Niveles permeables Depresión de Relleu		1974	Seco	
293370023	1.336			2004	1,0	
293370024	1.338			2004	0,2	
293370006	1.337	Pliegues Barranco de la Umbría		2004	2,0	
293420005	1.335	Terciario de Villajoyosa	Barranco Salomó (Mar)	2004	0,5	
293430004				1974	3,0	

Las aportaciones que pueden recibir los cauces de este interfluvio (Aigües Baixes, El Amerador, Mesell, La Solana, Carritxal, Salomó) son escasas (4,7 l/s, que equivalen a unos 0,15 hm<sup>3</sup>/año).

### Río Amadorio

Los grupos de manantiales que se han definido son los siguientes (ver Tabla nº 9):

Manantiales situados aguas arriba del embalse de Relleu que drenan las formaciones de escaso interés hidrogeológico de la base de la Depresión de Relleu y el sector Pequerina del acuífero Anticlinales de Relleu.

Surgencias situadas en las vertientes del barranco de Querenet que drenan las formaciones de escaso interés hidrogeológico del Terciario de Villajoyosa.

Manantiales situados en el río Sella a su paso por la zona de estudio que drenan los detríticos de escaso interés hidrogeológico de Orxeta.

Surgencias localizadas en las formaciones terciarias de escaso interés hidrogeológico de Villajoyosa, que drenan al bajo Amadorio (aguas abajo del embalse).

**Tabla nº 9.- Surgencias que drenan al río Amadorio**

Código		Acuífero/Sector	Tramo de cauce asociado	Caudal		Uso
IGME	Guardería			Año	l/s	
293370012		Pequerina-Anticlinales de Relleu		2009	2,0	
293360041	1.366	Niveles permeables Depresión de Relleu	Río Cala (Embalse Relleu)	2004	0,3	
293360042	1.370			2004	0,3	
293370007				2009	1,0	Agricultura
293370008				2009	1,0	Agricultura

Código		Acuífero/Sector	Tramo de cauce asociado	Caudal		Uso
IGME	Guardería			Año	l/s	
293370019			Barranco de La Cova (Embalse Relleu)	2009	Seco	
293370002		Terciario de Villajoyosa	Barranco Querenet (Embalse Amadorio)	1974	0,3	Agricultura
293380111		Detrítico de Orcheta	Río Amadorio (Embalse Amadorio)	1974	2,0	Agricultura
293380028		Villajoyosa-Cuaternario de Villajoyosa	Río Amadorio (Mar)	1974	0,3	Abastecimiento
293380107				2009	2,0	

Aguas arriba de los afloramientos cretácicos que definen el acuífero Anticlinales de Relleu las aportaciones puntuales se evalúan en unos 0,22 hm<sup>3</sup>/año, de los que unos 0,15 hm<sup>3</sup>/año se utilizan en aprovechamientos de la zona.

El drenaje oculto de los acuíferos cretácicos de la zona, Anticlinales de Relleu y Orcheta (ver epígrafe 11.12.- Acuífero Anticlinales de Relleu y 0.- La facies hidroquímica se supone (no existen datos hidroquímicos) que es bicarbonatada cálcica y la CE debe corresponder a valores que rondan los 500-1.000 µS/cm.

La vulnerabilidad del acuífero se puede considerar alta debido al carácter calizo-dolomítico de las formaciones permeables que lo definen.

Acuífero de Orcheta), a la red fluvial del Amadorio se estima en 1,09 hm<sup>3</sup>/año (0,45 y 0,64 hm<sup>3</sup>/año, respectivamente).

En el tramo final del río Amadorio, aguas abajo del embalse, hay surgencias que drenan las areniscas del Terciario de Villajoyosa que pueden alcanzar el cauce.

#### Interfluvio Río Amadorio-Río Algar

Manantiales que drenan el sector Benienzo del acuífero de Sierra Cortina hacia la red fluvial del río Torres.

Surgencias y manantiales situadas en la vertiente sur de Sierra Cortina que drenan el sector Murtal del acuífero de Sierra Cortina hacia la red fluvial situada entre el río Torres y el núcleo urbano de Benidorm.

**Tabla nº 10.- Surgencias que drenan a la red fluvial del interfluvio río Amadorio-río Algar**

Código		Acuífero	Tramo de cauce asociado	Caudal		Uso
IGME	Guardería			Año	l/s	
293380096			Río Antxero (río Torres)	2009	4,0	Riego
293380139		Benienzo-Sierra Cortina	Río Alfarelles (río Torres)	2009	4,0	Sin uso
293380099			Barranco La Cala (Mar)	1974	1,1	Riego

Código		Acuífero	Tramo de cauce asociado	Caudal		Uso
IGME	Guardería			Año	l/s	
303350002		Murtal-Sierra Cortina	Barrancos Benidorm (Mar)	2009	2,5	Agricultura
303350021				1974	3,0	Agricultura
303350052			Barranco de la Tapia (Mar)	2009	3,0	Sin uso
303350055				2009	Seco	
293380140	59	Terciario de Villajoyosa	Barrancos Villajoyosa (Mar)	2004	0,2	Riego

Todos los cauces del interfluvio río Amadorio-río Algar son ganadores por la aportación puntual de manantiales. La descarga natural del sector Benienzo del acuífero de Sierra Cortina se realiza a los afluentes del río Torres, Antxero y Alfarelles. Parte de esos recursos (en concreto los que corresponden a la fuente Benienzo, 2933-8-96) no alcanzan el cauce al derivarse hacia aprovechamientos agrícolas de la zona. El volumen total drenado en régimen natural no influenciado equivale a los recursos del sector acuífero Benienzo, unos 0,39 hm<sup>3</sup>/año, de los que sólo unos 0,15 hm<sup>3</sup>/año alcanzan en la actualidad el río Alfarelles.

En la vertiente meridional de Sierra Cortina se encuentran los manantiales que drenan el sector Murtal del acuífero de Sierra Cortina (3033-5-2, 21 y 52), en su mayoría a través del glacis. Éstos alcanzan los barrancos de La Cala, La Tapia, El Moralet y Foia del Vedader, ya que en la actualidad estas surgencias no se utilizan debido al abandono de los aprovechamientos por la profunda transformación que ha sufrido esa zona.

### 6.2.3 TRAMOS DE CAUCES RELACIONADOS CON ACUÍFEROS

La conexión río-acuífero se ha definido en varios tramos de cauce (Figura nº 13). Estos corresponden con:

- Tramos ganadores por descarga puntual de manantiales:

Río La Torre cuando circula por el municipio de Jijona (recibe aportaciones del acuífero Pliegues Cretácicos de Jijona, del sector acuífero Almaens y de otras formaciones de escaso interés hidrogeológico de Almaens).

Barranco de Aigües Baixes (la descarga se realiza de formaciones de escaso interés hidrogeológico).

Red fluvial del barranco Vergerel. Las aportaciones proceden del sector acuífero Romero y de otras formaciones de escaso interés hidrogeológico de Sierra de Almaens.

Red fluvial del río Amadorio situada aguas arriba del embalse de Relleu. La alimentación procede del sector acuífero Carcondo y de formaciones de escaso interés hidrogeológico de la base de la Depresión de Relleu.

Río Sella al alimentarse de las formaciones de escaso interés hidrogeológico del detrítico de Orcheta.

Bajo Amadorio a su paso por el detrítico de Villajoyosa por aportaciones de las areniscas del Terciario.

Red fluvial del río Torres. Los ríos Antxero y Alfarelles reciben aportaciones del sector acuífero Benienzo.

Cauces situados entre el río Torres y el núcleo urbano de Benidorm (su alimentación procede del sector acuífero Murtal).

- Tramos alimentados por transferencias ocultas de acuíferos:

Margen izquierda del embalse del Amadorio, que recibe aportaciones del sector acuífero Amadorio

Margen derecha del embalse del Amadorio por drenaje del acuífero de Orcheta

- Tramos perdedores:

Río de la Torre, aguas arriba del punto 2933-5-44, cuando circula sobre las calizas de Almaens.

Río Monnegre a su paso por el acuífero Cuaternario San Juan-Campello.

Río Amadorio a su paso por las calizas del sector acuífero Pequerina, entre el embalse de Relleu y el cañón de Relleu.

Río Amadorio a su paso por el acuífero Cuaternario de Villajoyosa.

Río Torres cuando circula sobre el acuífero Cuaternario de Villajoyosa.

Red fluvial que discurre sobre el acuífero Cuaternario de Benidorm.

La serie de datos (ver Figura nº 11) comprende el periodo de enero de 1912 a septiembre de 1987, con interrupciones entre 1932 y 1943, entre 1946 y 1948 y entre 1954 y 1959. El caudal base registrado en la estación ronda los 100 l/s hasta 1960. A partir de ese año hay periodos en los que el río permanece seco y otros en los que los caudales llegan a superar los 400 l/s. En la serie aparecen dos caudales punta, de 1.350 y 2.043 l/s, siendo el mínimo nulo. El caudal promedio es de 77 l/s, equivalente a una aportación media de 2,5 hm<sup>3</sup>/año.

Para la cuantificación de la relación agua superficial y subterránea se han empleado datos procedentes del control hidrométrico de aguas subterráneas, tanto del inventario realizado por la guardería fluvial de la CHJ en 2004 como del inventario de puntos de agua del IGME, algunos actualizados durante la ejecución del presente proyecto (la distribución espacial de la red oficial de aforos de aguas superficiales no permite cuantificar la ganancia o pérdida de los cauces que circulan por la zona de estudio).

- Río La Torre a su paso por las calizas cretácicas de la Sierra de Almaens y Serra Silva. La relación se ha definido en un tramo de 9,4 km de longitud, y comprende el paso del río La Torre por el municipio de Jijona. Corresponde a la MAS río Jijona (código 30.03.01.01), identificada como un río mediterráneo muy mineralizado, en el ámbito de los acuíferos de Almaens y Pliegues Cretácicos de Jijona. Hidrogeológicamente se relaciona con las calizas cretácicas, y el modelo conceptual

- que define la relación río-acuífero en este tramo es de río ganador, por descarga puntual de manantiales. Los manantiales inventariados que originan la descarga son: 2933-5-10, 12, 18, 19, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44 y 2934-1-22. El caudal conjunto de estas surgencias es de 28,2 l/s, de los que al menos 1/3 se usan en aprovechamientos de la zona. En régimen natural y ausencia de aprovechamientos, la descarga al río equivale a los recursos del acuífero Pliegues Cretácicos de Jijona (unos 0,63 hm<sup>3</sup>/año), del sector acuífero Almaens (0,39 hm<sup>3</sup>/año) y a los de otras formaciones del entorno de escaso interés hidrogeológico.
- Red fluvial asociada al Barranco Vergerel (corresponde con parte de MAS código 30.04, en concreto sólo red fluvial de la margen derecha del río Monnegre) que discurre sobre el acuífero de Almaens. El modelo conceptual que define la relación río-acuífero es de ganador, por descarga puntual de un grupo de manantiales. Los manantiales que originan la descarga son: 2933-5-29 y 32, 2933-6-23 y 43 y 2934-1-19, 20 y 21. El caudal de este grupo de manantiales es de 7,5 l/s (excepcionalmente se utilizan en aprovechamientos de la zona).
  - Río Monnegre a su paso por el acuífero Cuaternario San Juan-Campello. La relación se define en un tramo de unos 8,9 km de longitud, alrededor del núcleo urbano de Mutxamel, finalizando en la desembocadura del río Monnegre. Corresponde a la MAS río Monnegre desde Molino Nuevo hasta el mar (código 30.05), identificada como un río mediterráneo muy mineralizado, en el ámbito del acuífero de Cuaternario San Juan-Campello. Hidrogeológicamente se relaciona con los cuaternarios, y el modelo conceptual que define la relación río-acuífero en este tramo puede ser de río perdedor (no se ha podido cuantificar debido a la ausencia de datos foronómicos).
  - Río Amadorio y red fluvial del mismo, aguas arriba de la presa de Relleu. La relación se ha definido en tres tramos de aproximadamente 6 km de longitud cada uno (río de La Cala, barranco de la Cova y río Amadorio, incluidos en la MAS 29.01) en el ámbito de las formaciones permeables de escaso interés hidrogeológico de la Depresión de Relleu y el sector acuífero Carcondo. El modelo conceptual que define la relación río-acuífero en estos tramos es de río ganador por descarga puntual de manantiales que drenan la base de la depresión de Relleu (2933-6-41 y 42 y 2933-7-7, 8, 12 y 19) y el sector acuífero Carcondo. La descarga de los primeros (sólo los puntos inventariados) asciende a unos 0,15 hm<sup>3</sup>/año, de los que el 50% se utilizan en aprovechamientos de la zona. El drenaje del segundo al barranco de la Cova equivale a los recursos del sector acuífero, unos 0,01 hm<sup>3</sup>/año (no se han inventariado pozos y/o sondeos).
  - Río Amadorio entre el embalse de Relleu y el cañón de Relleu (en torno a 1 km de la MAS 29.01). Hidrogeológicamente se relaciona con las calizas del sector acuífero Pequerina, y el modelo conceptual que define la relación río-acuífero en este tramo puede ser de río perdedor (no se ha podido cuantificar debido a la ausencia de datos foronómicos).



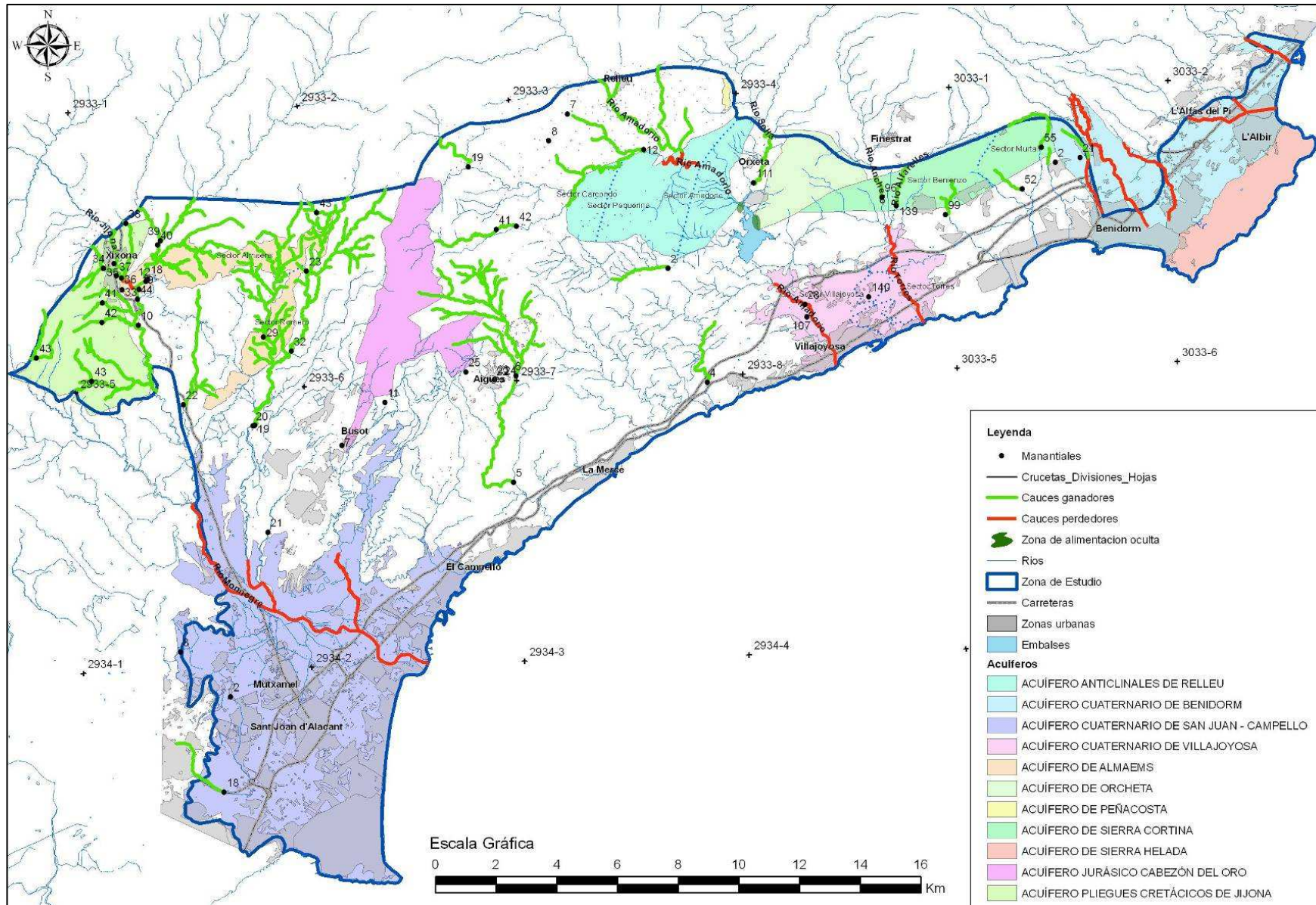


Figura nº 13.- Localización de cauces ganadores y perdedores de la zona de estudio

- Río Sella. La relación se ha definido en un tramo de 2 km de longitud y comprende el paso del río Sella por la zona de estudio. Corresponde a la MAS río Sella (código 29.02.01.01), identificada como un río mediterráneo mineralizado, en el ámbito de los detríticos de escaso interés hidrogeológico de Orxeta. El modelo conceptual que define la relación río-acuífero en este tramo es de río ganador, por descarga puntual de manantiales (2933-8-111). El volumen drenado es de 0,03 hm<sup>3</sup>/año, que se utiliza en aprovechamientos de la zona.
- Embalse del Amadorio. La relación se ha definido en un tramo de 3,2 km de longitud y comprende todo el embalse. Corresponde a la MAS embalse del Amadorio (código MAS 29.02), identificado como un embalse mediterráneo mineralizado, en el ámbito del acuífero de Orcheta y el sector acuífero Amadorio. Hidrogeológicamente se relaciona con las calizas cretácicas, y el modelo conceptual que define la relación río-acuífero en este tramo es de río ganador por descarga oculta. El volumen de la descarga se estima en 1,09 hm<sup>3</sup>/año (0,45 hm<sup>3</sup>/año del sector Amadorio y el resto del acuífero de Orcheta).
- Río Amadorio a su paso por el acuífero Cuaternario de Villajoyosa. La relación se define en un tramo de unos 2 km de longitud, alrededor del núcleo urbano de Villajoyosa, finalizando en la desembocadura. Corresponde a la MAS río Amadorio desde la autovía A-7 hasta el mar (código 29.04), identificada como un río mediterráneo muy mineralizado, en el ámbito del acuífero Cuaternario de Villajoyosa. Hidrogeológicamente se relaciona con los pliocuaternarios y cuaternarios y con las areniscas terciarias, y el modelo conceptual que define la relación río-acuífero en este tramo es de río ganador por aportaciones de manantiales que drenan a estas últimas formaciones (unos 0,03 hm<sup>3</sup>/año inventariados, que se usan en aprovechamientos de la zona) y de río perdedor por conexión difusa indirecta con las formaciones permeables que definen el acuífero Cuaternario de Villajoyosa (no se ha podido cuantificar debido a la ausencia de datos foronómicos).
- Red fluvial del río Torres (ríos Antxero y Alfarelles). La relación se define en un tramo de unos 2 km de longitud en cada río, al sur del núcleo urbano de Finestrat, finalizando en la confluencia de ambos. Hidrogeológicamente se relacionan con las calizas cretácicas que definen el sector acuífero Benienzo, y el modelo conceptual que define la relación río-acuífero en este tramo es de río ganador, por descarga de los manantiales 2933-8-96 y 139. Los volúmenes aportados por los acuíferos se cuantifican en unos 0,25 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales en torno al 50% se usan en aprovechamientos agrícolas del municipio de Villajoyosa.
- Río Torres cuando circula sobre el acuífero Cuaternario de Villajoyosa. La relación se define en un tramo de unos 2 km de longitud, alrededor del núcleo urbano de Villajoyosa, finalizando en la desembocadura. Este cauce se identificada como un río mediterráneo muy mineralizado. Hidrogeológicamente se relaciona con pliocuaternarios y cuaternarios, y el modelo conceptual que define la relación río-acuífero en este tramo es de río perdedor por conexión difusa indirecta con las

- formaciones permeables que definen el acuífero Cuaternario de Villajoyosa (no se ha podido cuantificar debido a la ausencia de datos foronómicos).
- Red fluvial situada entre el río Torres y el núcleo urbano de Benidorm. La relación se define en los barrancos de La Cala, La Tapia, El Moralet y Foia del Vedader cuando circulan por la ladera meridional de Sierra Cortina. Hidrogeológicamente se relacionan con las calizas cretácicas de los sectores acuíferos Benienzo y Murtal, y el modelo conceptual que define la relación río-acuífero es de río ganador, por descarga de los manantiales 2933-8-99 y 3033-5-2, 21, 52 y 55. Los volúmenes aportados por el acuífero se cuantifican en unos 0,25 hm<sup>3</sup>/año.
  - Red fluvial que discurre sobre el acuífero Cuaternario de Benidorm. La relación se define sobre cauces que circulan por el acuífero y finalizan en el mar Mediterráneo. Hidrogeológicamente se relacionan con los pliocuaternarios y cuaternarios, y el modelo conceptual que define la relación río-acuífero en este tramo es de río perdedor, con conexión difusa indirecta (no se ha podido cuantificar debido a la ausencia de datos foronómicos).

### 6.3 RED DE CALIDAD

#### 6.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES DE CONTROL DE LA CHJ

Con la entrada en vigor de la Directiva 2000/60/CE, la CHJ implementa los controles de calidad del agua que se venían realizando sobre las masas de agua. En la actualidad, las redes del control de calidad de las aguas superficiales con que cuenta la CHJ son las siguientes:

Red Biológica

Red ICA (Red Integral de Calidad de las Aguas)

Red de Control de Sustancias Peligrosas

Red de Embalses

Red de Estaciones Automáticas de Alerta (Programa SAICA)

Seguimiento y control del Mejillón Cebra

El objetivo fundamental de la Red Biológica es diagnosticar el estado ecológico de los ríos, embalses, lagos y humedales principales de la demarcación de la CHJ. Los parámetros que se muestrean en la columna de agua (también se realizan otros en los sedimentos), tanto en el espacio (en el caso de los embalses en la zona de la cola y la presa y en un punto intermedio) son: temperatura, CE, oxígeno disuelto, pH, transparencia, turbidez, amonio, sulfhídrico, nitratos, nitritos, nitrógeno Kjeldahl, fosfatos, fósforo total, hierro total, manganeso total, clorofila-a, fitoplancton y zooplancton.

La Red ICA tiene por objeto controlar la calidad de las aguas superficiales con el fin de mejorar o restaurar la calidad de los recursos hídricos, para conseguir el buen estado

ecológico de las masas de agua. En función de los diferentes objetivos ambientales del recurso y de los diferentes usos del mismo se ha dividido en las siguientes subredes:

Subred Prepotable

Subred Piscícola

Subred de Riego

Subred de Control de la Calidad de las Aguas en las zonas de Baño continentales

Subred de Control de Nitratos

Subred COCA (Control Oficial de la Calidad de las Aguas)

Subred de CONTROL BÁSICO

Subred de Intercalibración

Subred de Referencia

Subred de Control de Emisiones al Mar Mediterráneo (CONVENIO DE BARCELONA)

Subred EIONET WATER

La *Subred de Prepotable* pretende el control de los tramos destinados a la producción de agua potable y de los que se encuentran inmediatamente aguas arriba de las captaciones para consumo humano. Se determinan parámetros microbiológicos, fisicoquímicos y de metales pesados (ver Tabla nº 11).

**Tabla nº 11.- Parámetros de la subred de prepotable**

Parámetros Grupo I	Parámetros Grupo II	Parámetros Grupo III
% Oxígeno disuelto	Agentes tensoactivos	Arsénico
Amonio Total	Cinc	Bario
Cloruros	Cobre	Boro
Color	Coliformes fecales	Cadmio
CE	Coliformes totales	Cianuros
DBO <sub>5</sub>	Fenoles	Cromo total
DQO	Hierro disuelto	Estreptococos fecales
Fosfatos	Manganeso	Fluoruros
Nitratos	Nitrógeno Kjeldahl	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
Olor	Sulfatos	Hidrocarburos disueltos
pH	Mercurio	
Sólidos en suspensión	Plaguicidas Totales	
Temperatura	Plomo	
Salmonelas		

Parámetros Grupo I	Parámetros Grupo II	Parámetros Grupo III
Selenio		

La *Subred Piscícola* controla de la calidad de las aguas en las que viven, o pueden vivir, peces. Los parámetros que se analizan son: amoníaco no ionizado, amonio total, cloro total, cobre soluble, compuestos fenólicos (sabor),  $DBO_5$ , dureza, fósforo total, hidrocarburos petroleros (sabor y aspecto), nitritos, oxígeno disuelto, pH y sólidos en suspensión.

En la *Subred de Riego* se determina la aptitud para este uso en aquellos tramos de río donde existen unidades de demanda agrícola (UDA) de origen superficial y/o mixto. Con los parámetros que se controlan (ver Tabla nº 12) se calcula el Índice de Aptitud para el Riego, con el que se establecen cuatro tipos de calidad del agua, en relación a dicho uso (aguas de calidad buena, admisible, mediocre y mala).

Tabla nº 12.- Parámetros de la subred de riego

Parámetros que intervienen en el índice	Otros parámetros que inciden en la calidad
pH	Sulfatos
CE a 20 °C	Nitratos
Cloruros	Carbonatos
Sodio	Bicarbonatos
Calcio	Coliformes Fecales
Magnesio	
Potasio	
Ratio de absorción de sodio (SAR)	
Boro	
Sólidos en suspensión	
$DBO_5$	
Permeabilidad	

Los parámetros que se determinan en la *Subred de Baños* se muestran en la Tabla nº 13.

Tabla nº 13.- Parámetros de la subred de baños

Parámetros medidos in situ	Parámetros medidos en laboratorio	Parámetros en laboratorio (si se observa presencia en la toma de muestras)
Aspecto visual	Coliformes Totales	Color
Hidrocarburos visibles	Coliformes Fecales	Tensoactivos aniónicos

Parámetros medidos in situ	Parámetros medidos en laboratorio	Parámetros en laboratorio (si se observa presencia en la toma de muestras)
pH	Estreptococos Fecales	Índice de fenoles
Oxígeno disuelto y %	Salmonellas	
Transparencia de Secchi		
CE a 20°C		
Temperatura		

En la *Subred de Nitratos* se lleva a cabo un control específico sobre las aguas afectadas por la contaminación de nitratos de origen agrario y sobre aquellas que pudieran estarlo en un futuro. En las estaciones pertenecientes a esta subred se determina la concentración de nitratos presentes en el agua, además de los parámetros in situ: caudal, CE, pH, oxígeno disuelto y temperatura.

La *Subred COCA* otorga una visión global de la calidad general de las masas de agua controladas, con carácter independiente de sus usos, mediante la determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (ver Tabla nº 14) con los que se obtiene el Índice de Calidad General (ICG), que tipifica, genéricamente, la calidad de las aguas.

Tabla nº 14.- Parámetros de la subred COCA

Parámetros Grupo A	Parámetros Grupo B	Parámetros Grupo C	Parámetros Grupo D
Aspecto visual	Amonio Total	Cadmio	Antimonio
Caudal	Bicarbonatos	Cianuros	Arsénico
Coliformes totales	Carbono orgánico total	Cromo hexavalente	Cobre
CE	Calcio	Fenoles	Hierro
DBO <sub>5</sub>	Carbonatos	Fluoruros	Manganeso
DQO	Cloruros	Mercurio	Níquel
Oxígeno disuelto	Fosfatos	Sílice	Plomo
pH	Magnesio	Selenio	
Sólidos en suspensión	Nitratos	Zinc	
Temperatura	Nitritos		
Potasio			
Sodio			
Sulfatos			
Tensoactivos aniónicos			

La *Subred de Control Básico* permite llevar a cabo seguimiento de las masas de agua superficiales para evaluar su estado fin de proporcionar una evaluación del estado de las

aguas superficiales y conseguir, básicamente, la concepción eficaz y efectiva de los futuros programas de control, así como la evaluación de los cambios, a largo plazo, por causas naturales o antrópicas.

La *Subred de Intercalibración* se comparan los sistemas de evaluación de la calidad ecológica entre los distintos países de la Unión Europea mediante la determinación de parámetros que proporcionan información sobre la oxigenación, salinidad, nutrientes, etc.

La *Subred de Referencia* caracteriza las condiciones naturales e inalteradas para cada uno de los ecotipos presentes en la CHJ mediante la determinación de parámetros que proporcionen información sobre la oxigenación, salinidad, nutrientes, etc. (ver Tabla nº 15).

La *Subred de Control de Emisiones al Mar Mediterráneo* está destinada para estimar las emisiones de fuentes puntuales y difusas de los principales contaminantes al Mar Mediterráneo procedentes de los principales ríos de la CHJ. Los parámetros controlados son: mercurio total, cadmio total, cobre total, zinc total, plomo total, gamma-HCH (lindano), amonio expresado como nitrógeno, nitratos expresados como nitrógeno, ortofosfatos expresados como fósforo, nitrógeno total, fósforo total, sólidos en suspensión y salinidad (en aguas salinas).

**Tabla nº 15.- Parámetros de las subredes de control básico, intercalibración y de referencia**

Determinación "in situ"	Determinación en laboratorio	
Aspecto visual	Alcalinidad	DQO
Caudal instantáneo	Amoníaco no ionizado	Fosfatos
CE a 20 °C	Amonio Total	Fósforo Total
Hidrocarburos visibles	Bicarbonatos	Magnesio
Oxígeno disuelto y Saturación	Calcio	Nitratos
pH	Carbono Orgánico Total	Nitritos
Temperatura (agua y ambiente)	Cloruros	Nitrógeno Kjeldahl
Temperatura ambiente	Coliformes Fecales	Sodio
Índice de Fenoles	Coliformes Totales	Sólidos en suspensión
Cloro Total	DBO <sub>5</sub>	Sulfatos
Zinc		

La *Subred EIONET WATER* suministra información a la Agencia Europea de Medio Ambiente sobre el estado de las masas de agua e incidencia de las contaminación en las mismas, a partir de las analíticas de los principales contaminantes presentes y sobre la efectividad de la política actual en relación con el estado de las aguas y a las necesidades de desarrollo en el futuro.

**Tabla nº 16.- Parámetros de la subred Eionet Water**

Determinaciones “in situ”	Determinaciones en laboratorio
Aspecto	Alcalinidad
Caudal instantáneo	Amonio total
CE a 20°C	Carbono orgánico total
Oxígeno disuelto (mg/L y Saturación)	DBO <sub>5</sub>
pH	DQO
Temperatura (agua y ambiente)	Fósforo total
Nitratos	
Nitritos	
Nitrógeno Kjeldahl	

La Red de Control de Sustancias Peligrosas (RCSP) tiene por objeto controlar la calidad de las aguas superficiales, sobretodo en puntos situados aguas abajo de principales focos de emisión de sustancias peligrosas. Para ello se identifican y localizan los principales focos de vertidos de aguas relacionados con la emisión de sustancias peligrosas al medio acuático y mediante el establecimiento de estaciones de muestreo periódico, se determina la presencia, concentración y evolución en agua, sedimentos y biota de sustancias peligrosas contenidas en la Orden de 12 de noviembre de 1988, modificada por las órdenes de 13 de marzo de 1989, 27 de febrero de 1991, 28 de junio de 1991 y 25 de mayo de 1992 (Lista I) y preferentes integrada por las sustancias contenidas en el Real Decreto 995/2000, de 2 de junio, por el que se fijan objetivos de calidad para determinadas sustancias contaminantes y se modifica el Reglamento de Dominio Público Hidráulico (Lista II).

**Tabla nº 17.- Parámetros de la red de sustancias peligrosas**

Lista I	Lista II
Mercurio	Atrazina
Cadmio	Benceno
Hexaclorociclohexano	Clorobenceno
(HCH) Tetracloruro de carbono	Dicloribenceno (suma de isómeros orto, meta y para)
Diclorodifeniltricloroetano (DDT)	Etibenceno
Pentaclorofenol	Metolaclo
Aldrín	Naftaleno
Dieldrín	Simazina
Endrín	Terbutilazina
Isodrín	Tolueno
Hexaclorobenceno	Tributilestaño (suma compuestos de butilestaño)



Lista I	Lista II
Hexaclorobutadieno	1,1,1-Tricloroetano
Cloroformo	Xileno (suma isómeros orto, meta, para)
1,2 dicloroetano	Cianuros totales
Tricloroetileno	Fluoruros
Percloroetileno	Arsénico total
Triclorobencenos	Cobre disuelto
	Cromo total disuelto
	Níquel disuelto
	Plomo disuelto
	Selenio disuelto
	Zinc total

La RCSP está conformada por dos subredes:

*Subred de Control de Sustancias Peligrosas con Origen Puntual*

*Subred de Control de Sustancias Peligrosas con Origen Difuso (Subred de Plaguicidas)*

La primera tiene por objeto controlar la contaminación causada por sustancias peligrosas emitidas por focos puntuales y la segunda la contaminación causada por plaguicidas emitidos por la actividad agrícola.

La Red de Control Embalses tiene como objeto disponer de información que permita determinar la evolución de estas masas de agua y, en su caso, instaurar los correspondientes programas de medidas para lograr la protección y mejora de las mismas y lograr un buen potencial ecológico y un buen estado químico. Los parámetros que se muestrean en la columna de agua (también se realizan otros en los sedimentos), tanto en el espacio (zona de cola y presa y en un punto intermedio) son: temperatura, CE, oxígeno disuelto, pH, transparencia, turbidez, amonio, sulfhídrico, nitratos, nitritos, nitrógeno Kjeldahl, fosfatos, fósforo total, hierro total, manganeso total, clorofila-a, fitoplancton y zooplancton

La Red de Estaciones Automáticas de Alerta (SAICA) de la CHJ controla en continuo y en tiempo real los parámetros físico-químicos que determinan la calidad de las aguas superficiales. Las estaciones se encuentran en masas de agua o tramos fluviales que requieren una vigilancia y un control intensivo de la calidad de las aguas en tramos destinados a la producción de agua potable, zonas sensibles, zonas vulnerables, zonas de alto valor ecológico, etc., además de aquellos otros que presentan riesgos de contaminación por vertidos de aguas residuales urbanas, industriales o de origen difuso. El control se efectúa mediante el análisis y transmisión en continuo de variables básicas y/o específicas de la calidad del agua y a través de los parámetros físico-químicos medidos en tiempo real y de las alarmas de calidad detectadas, que dan aviso inmediato al Centro de Proceso de

Datos del Organismo de Cuenca de las situaciones de incumplimiento y/o de las tendencias observadas. Los parámetros básicos medidos en continuo son: CE, oxígeno disuelto, pH, temperatura del agua, turbidez y nivel o caudal, aunque en algunas se controlan adicionalmente el amonio, nitratos, fosfatos y materia orgánica.

### 6.3.2 ESTACIONES SITUADAS EN EL ÁMBITO DE LA ZONA DE ESTUDIO

En la Figura nº 14 se muestra la situación de las estaciones gestionadas por la CHJ que se describen en la tabla siguiente y que se han utilizado para definir características físico-químicas de las aguas superficiales que circulan por los principales cauces de la zona de estudio.

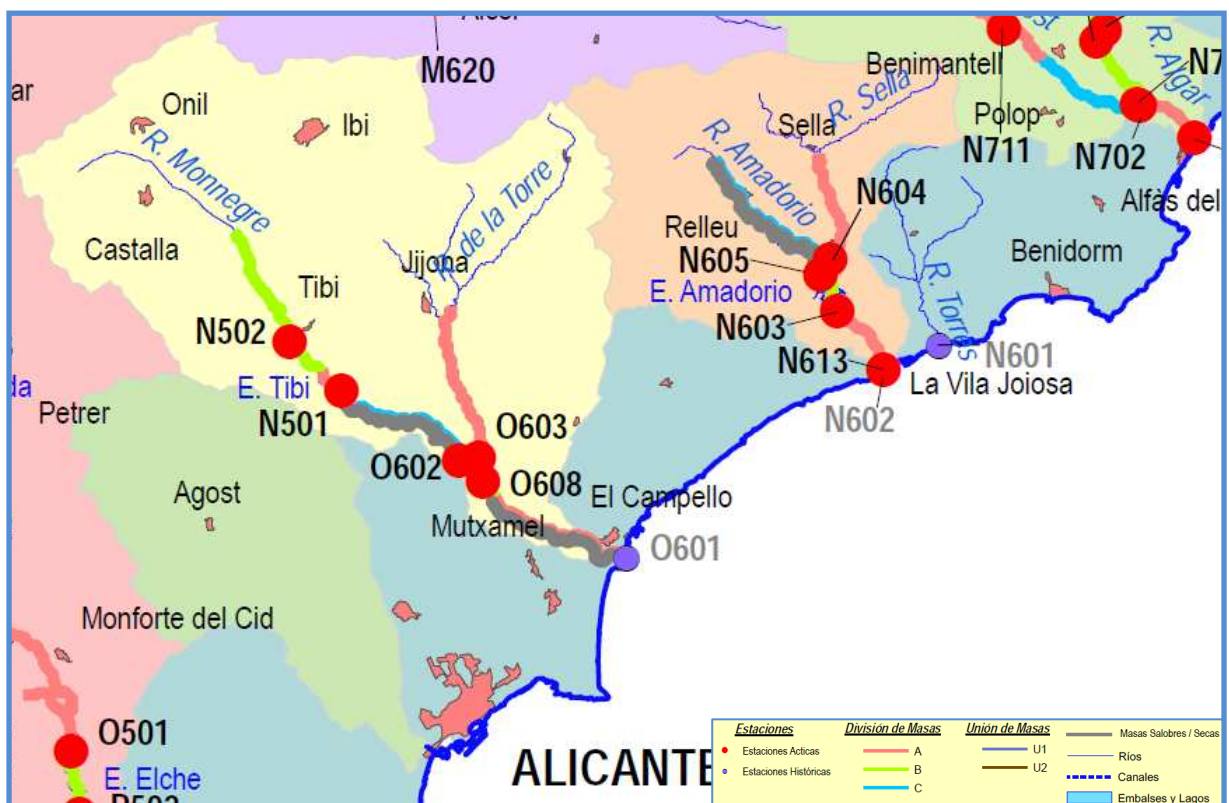


Figura nº 14.- Estaciones de control de calidad de aguas superficiales en la zona estudiada

### 6.3.3 CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

En este capítulo se caracteriza la calidad del agua de los cauces con circulación permanente, en concreto de los ríos Monnegre y su afluente principal, el río La Torre, el río Amadorio y su afluente, el río Sella, y el río Torres.

Tabla nº 18.- Estaciones de control de calidad de aguas superficiales utilizadas

Código	Nombre	X UTM	Y UTM	Cauce	Red	Observaciones
N601	Villajoyosa	744.253	4.266.800	Río Torres	Histórica*	Se da de baja en 2005
N602	Amadorio	741.364	4.265.385	Río Amadorio	Histórica*	
N603	Embalse Amadorio	738.918	4.268.563	Río Amadorio	ICA	Control básico, piscícola, prepotable y Riego
N604	Cola del Embalse de Amadorio	738.593	4.271.331	Río Sella	ICA	Control básico, piscícola y referencia
N605	Orcheta	738.036	4.270.512	Río Amadorio	Histórica*	Control básico y piscícola. Baja en 2006 y 1999
N613	Río Amadorio A-7-Mar	741.330	4.265.512	Río Amadorio	ICA	Control básico
O601	Desembocadura del Monnegre	727.941	4.255.655	Río Monnegre	Histórica*	
O602	Virgen Chapitel	719.207	4.260.811	Río Monnegre	Histórica*	Control básico y riego (baja en 2006)
O603	Jijona	720.253	4.260.930	Río de la Torre	ICA	COCA, control básico, EIONET y nitratos
O608	Molino Nuevo	720.472	4.259.670	Río Monnegre	ICA	Control básico
EAA805BIS	Sonda autoposicionable en embalse del Amadorio	738.540	4.268.822	Río Amadorio	SAICA	Red biológica y de embalses. Parámetros: CE, oxígeno disuelto, pH, T y profundidad

\* Estación no operativa en la actualidad

### 6.3.3.1 RÍO MONNEGRE

En el río Monnegre la CHJ cuenta con cuatro estaciones para caracterizar la calidad físico-química de las aguas superficiales (ver Tabla nº 18).

La **estación JUO602 (JU08720002)** se localiza aguas arriba de la confluencia con el río de La Torre, por lo que registra parámetros antes de recibir las aportaciones de este último, lo que permite caracterizar su agua antes de alcanzar la zona de estudio (a excepción de una pequeña aportación procedente de los relieves que se localizan al suroeste de Jijona).

La CE registrada en esta estación fluctúa entre 3.000 y 5.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , las concentraciones de sulfatos, cloruros y bicarbonatos entre 600 y 1.500, 500 y 1.000 y entre 200 y 400 mg/l, respectivamente, y las de sodio, calcio y magnesio entre 350 y 750, 250 y 500 y entre 100 y 150 mg/l, respectivamente (ver Figura nº 15). Las salinidades más elevadas se relacionan con incrementos de las concentraciones de sulfatos, cloruros, sodio y calcio.

Las facies hidroquímicas son sulfatadas cálcico-sódicas y sulfatado-cloruradas o clorurado-sulfatadas sódico-cálcicas (ver Figura nº 16), de tal forma que a mayor salinidad las facies son más sulfatadas.

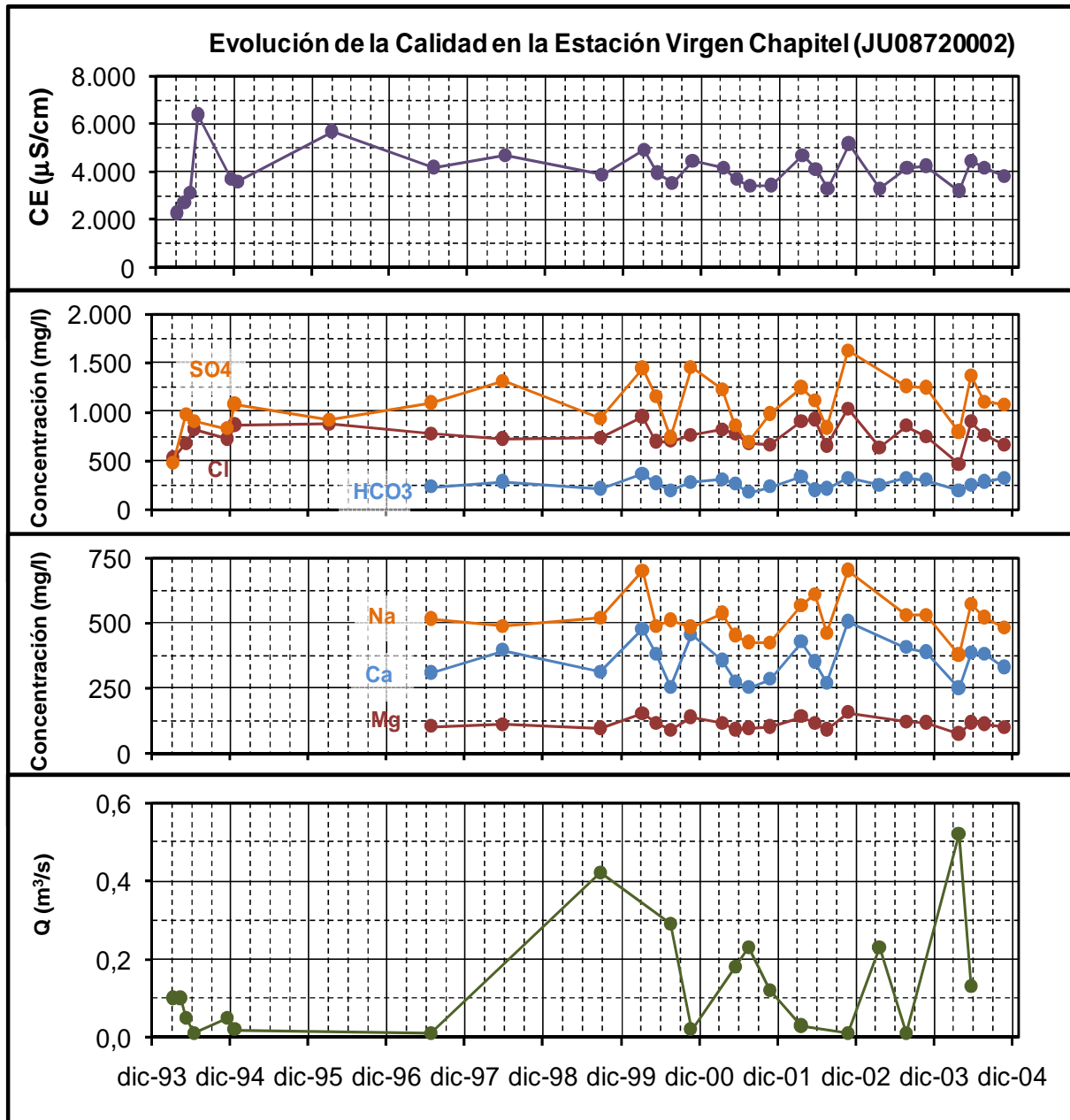


Figura nº 15.- Evolución de calidad. Estación Virgen de Chapitel JUO602 (JU08720002)

Como se observa en la Figura nº 17, la CE se reduce cuando aumenta el caudal, fluctúa entre los 2.500 y 5.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  si es inferior a 150 l/s y lo hace entre 2.500 y 3.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  al superarse el caudal anterior. Esto supone que cuando se producen aportaciones del embalse de Tibi al cauce o se registran nuevos eventos lluviosos las aguas son menos salinas y más sulfatadas.

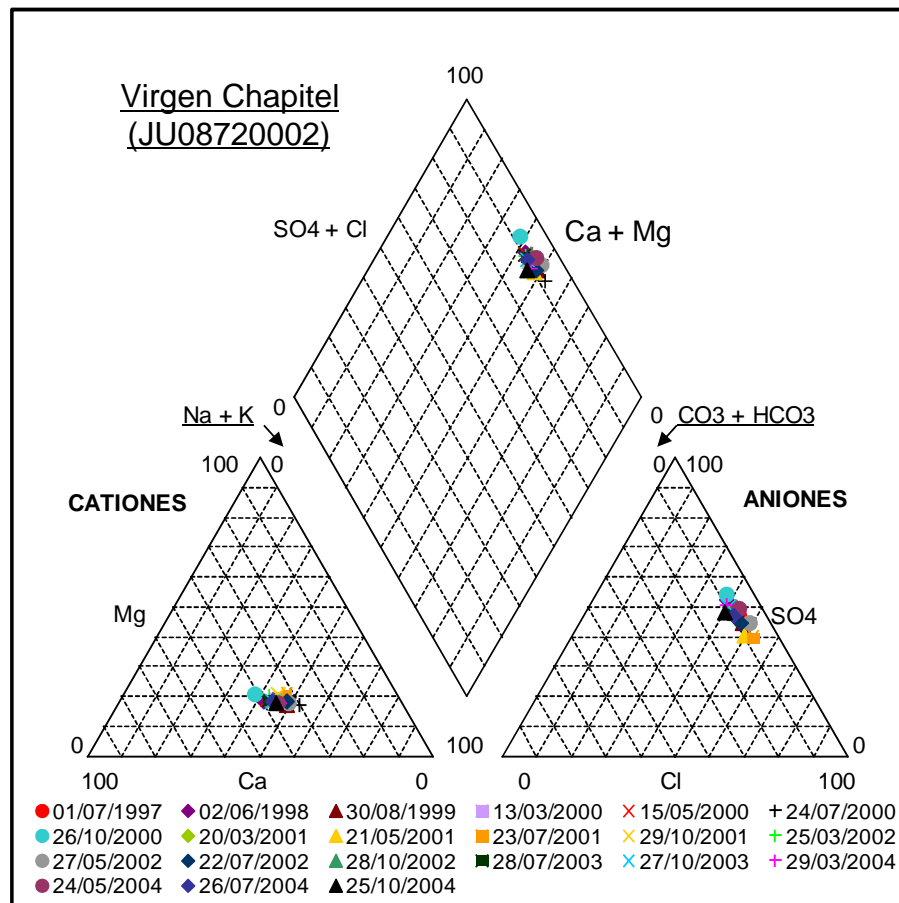


Figura nº 16.- Diagrama de Piper. Estación Virgen de Chapitel JU0602 (JU0872002)

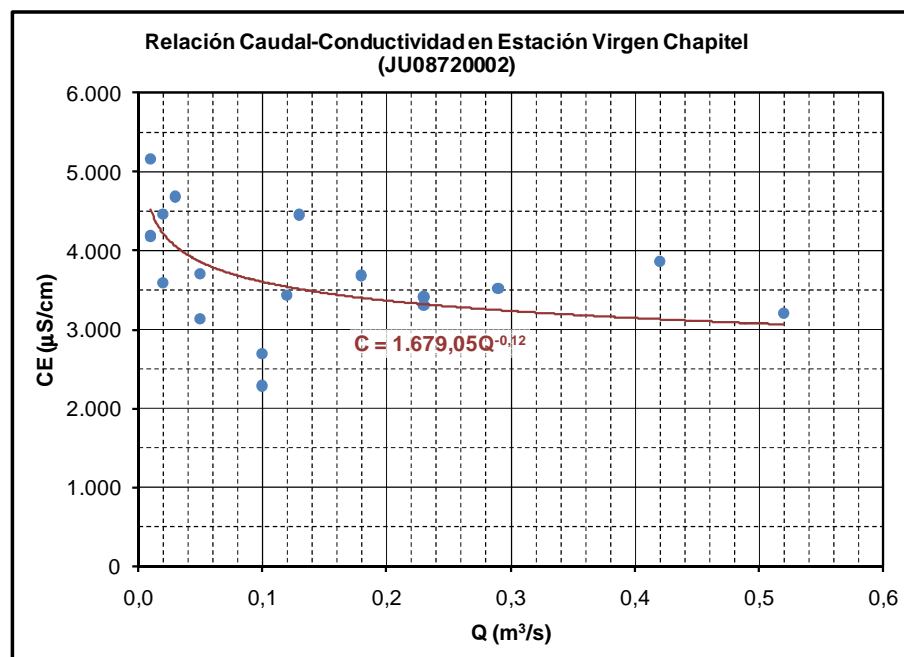


Figura nº 17.- Caudal versus-CE. Estación Virgen de Chapitel JU0602

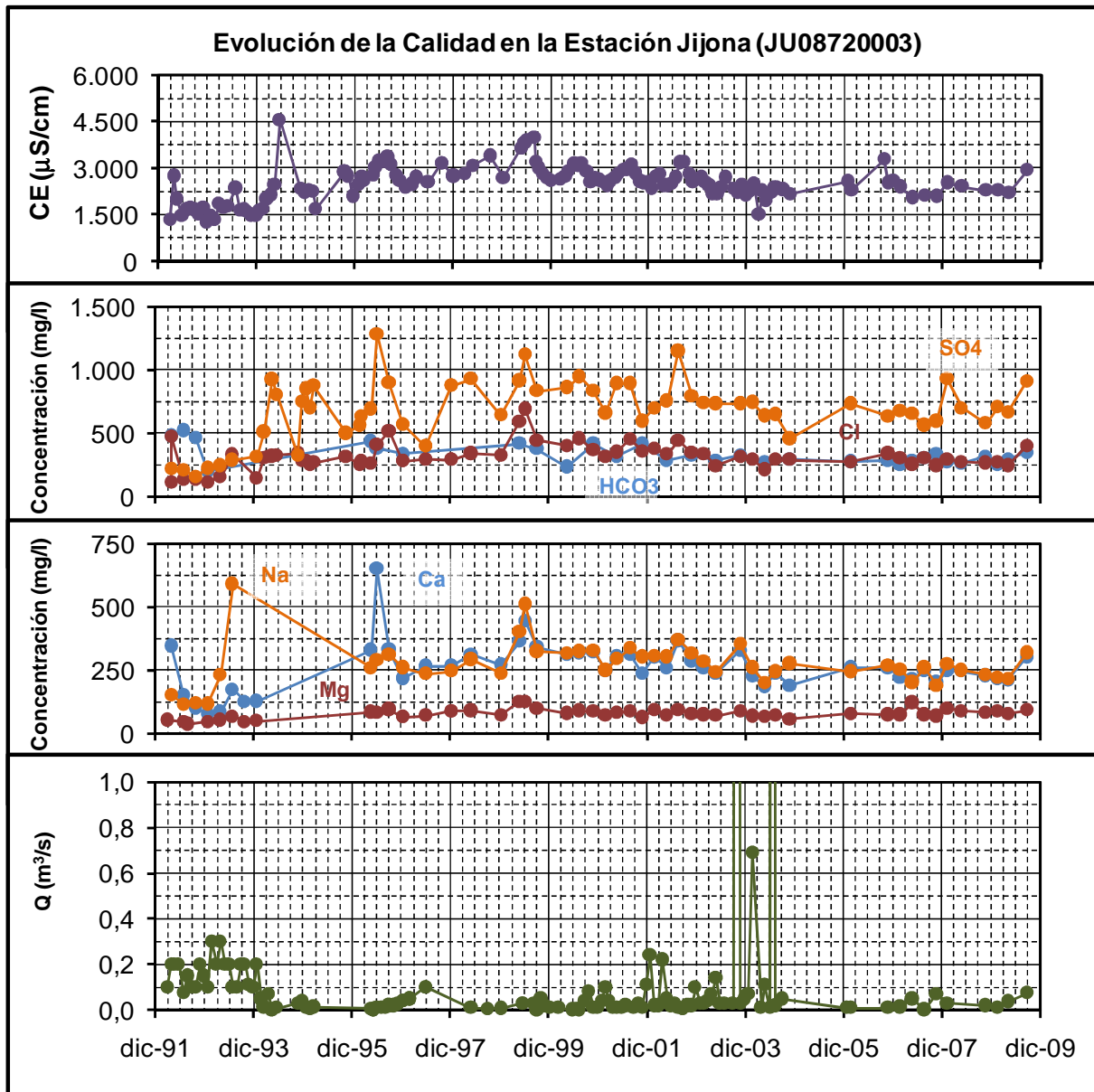


Figura nº 18.- Evolución de calidad. Estación Jijona JUO603 (JU08720003)

La **estación JUO603 (JU08720003)** se ubica en el río de La Torre, aguas arriba de su confluencia con el río de Monnegre. Aunque este cauce nace fuera de la zona de estudio, puede recibir aportaciones de los acuíferos de la MASub 080.183 Orcheta. Los resultados analíticos representan la mezcla entre aguas generadas en la zona de estudio y las procedentes de aguas arriba.

En esta estación la CE es inferior a la anterior, al fluctuar entre 1.500 y 4.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La concentración de sulfatos varía entre 500 y 1.000 mg/l y la de cloruros y bicarbonatos entre 250 y 500 mg/l. Las concentraciones de cationes varían entre 250 y 400 mg/l, en el caso del calcio y del sodio, y son inferiores a los 100 mg/l en el del magnesio (ver Figura nº 18). Las

salinidades más elevadas se relacionan con incrementos de las concentraciones de sulfatos, sodio y calcio.

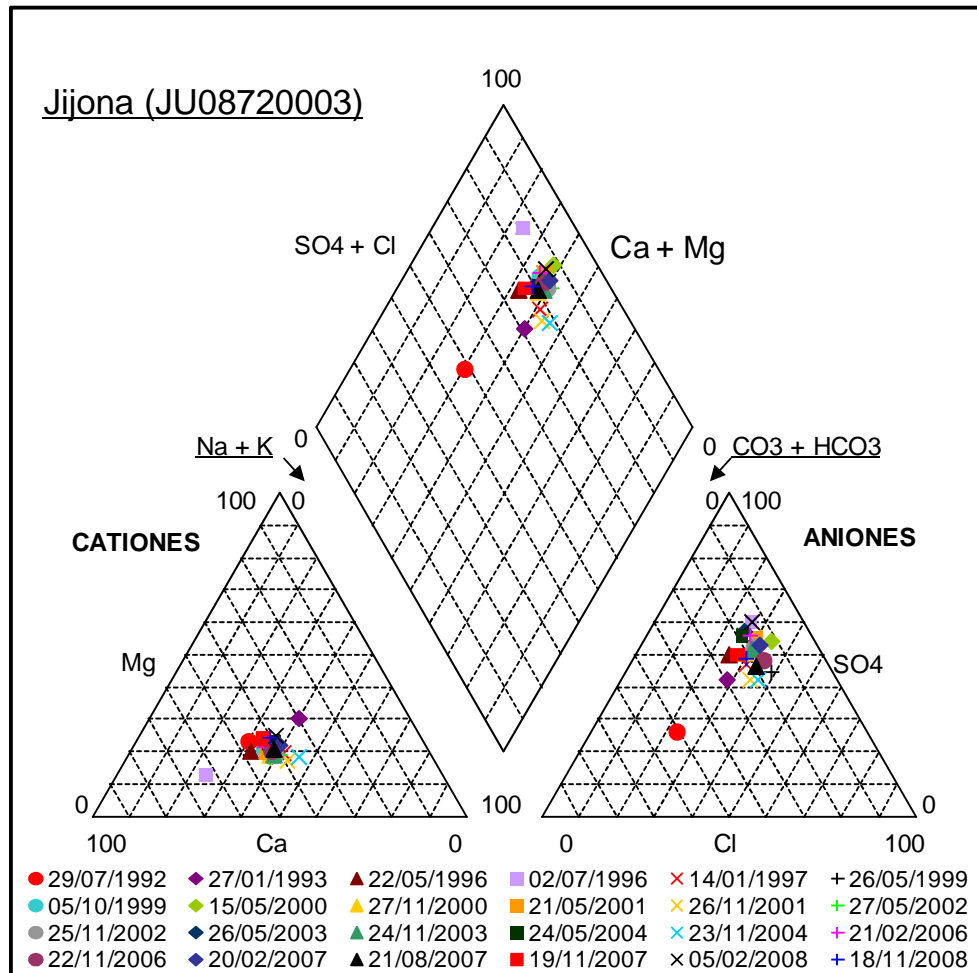


Figura nº 19.- Diagrama de Piper. Estación Jijona JU0603 (JU08720003)

Las facies hidroquímicas son mayoritariamente sulfatadas cálcico-sódicas y sulfatado-cloruradas sódico-cálcicas (ver Figura nº 19), aunque existen algunas muestras sulfatado-bicarbonatadas sódico-magnésicas, bicarbonatado-sulfatadas cálcico-sódicas y sulfatado cálcicas. Cuando aumenta la salinidad las facies son más sulfatadas. Por lo general, cuando el caudal es inferior a 50 l/s, la CE fluctúa entre 2.000 y 4.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y las facies suelen ser sulfatadas o sulfatado-cloruradas cálcico-sódicas o sódico-cálcicas (ver Figura nº 20). Cuando el caudal circulante se sitúa entre 50 y 200 l/s la CE fluctúa entre 2.000 y 3.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y cuando supera los 200 l/s entre 2.000-2.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

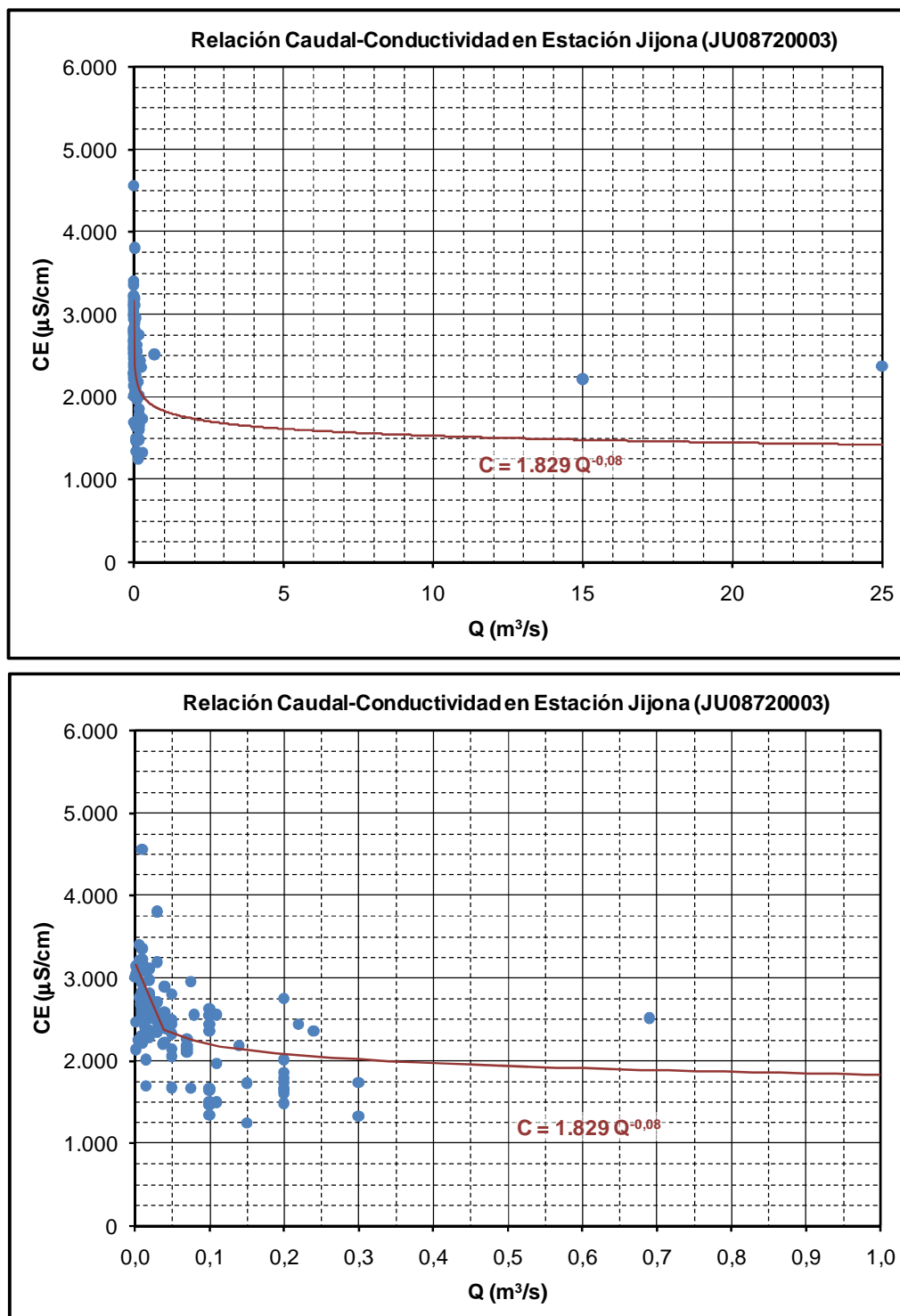


Figura nº 20.- Caudal versus CE. Estación Jijona

Como criterio general se puede establecer que, cuando el caudal supera los 100 l/s, la CE ronda los 2.000 µS/cm y las facies tienden a ser bicarbonatado-sulfatadas o sulfatado-bicarbonatadas sódico-magnésicas y, cuando los caudales son inferiores a los 100 l/s,



superan los 3.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y las facies son sulfatadas o sulfatado-cloruradas cálcico-sódicas o sódico-cálcicas.

Las salinidades son siempre elevadas, aunque estas descienden cuando aumentan los caudales circulantes. Tras un evento de lluvioso se produce una punta de caudales de baja salinidad a la que le sigue un aumento al descender la escorrentía superficial e hipodérmica. Cuando la escorrentía subterránea es el principal origen del agua que circula por el cauce la salinidad se eleva.

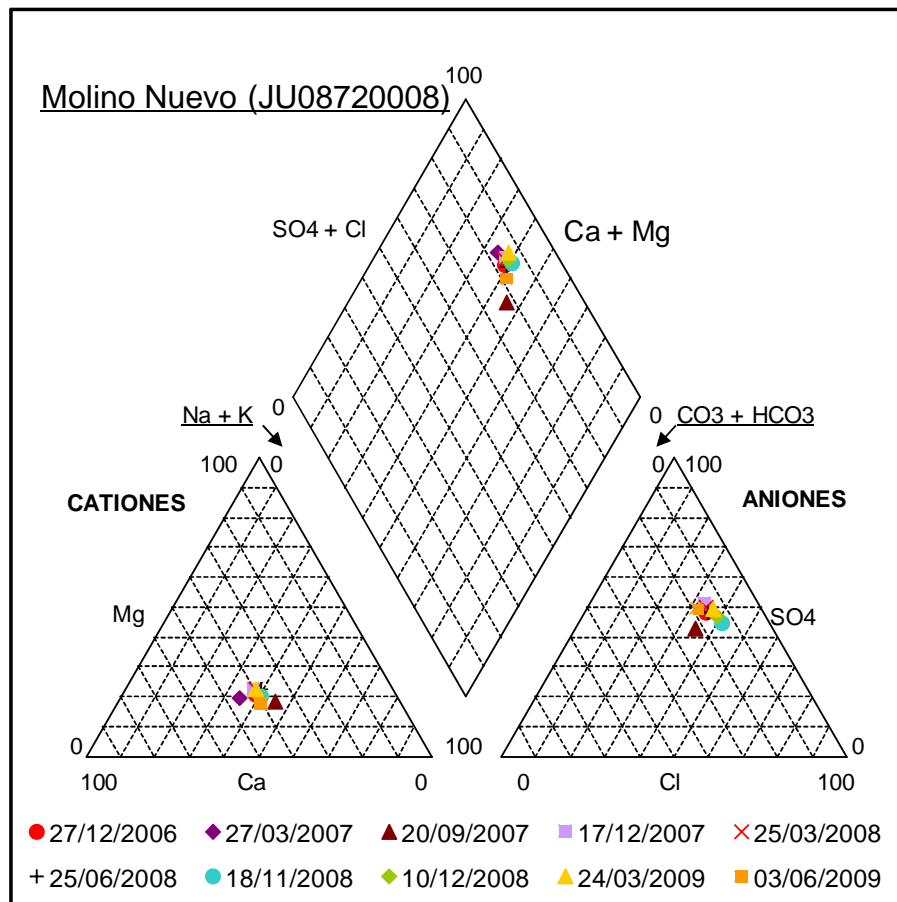


Figura nº 21.- Diagrama de Piper. Estación Molino Nuevo

La **estación JU0608 (JU08720008)** se sitúa aguas abajo de la confluencia de los ríos Monnegre y La Torre. Las muestras representan la mezcla de agua que circula por ambos cauces.

Las muestras analizadas en esta estación indican que las facies hidroquímicas son sulfatado-cloruradas cálcico-sódicas o sódico-cálcicas, aunque estas últimas presentan mayores concentraciones de cloruros (ver Figura nº 21).

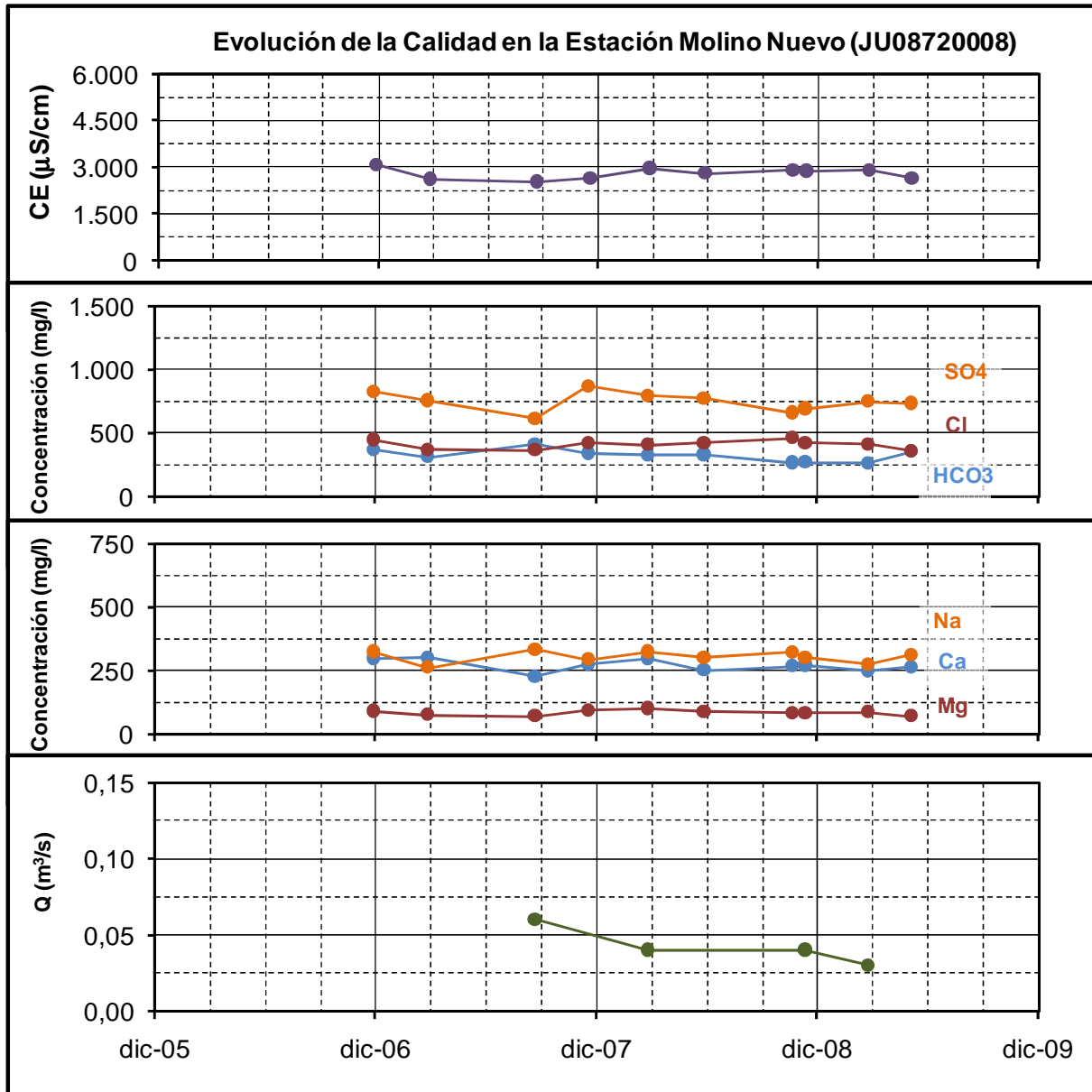


Figura nº 22.- Evolución de calidad. Estación Molino Nuevo JUO608

Los análisis muestran que la CE se mantiene constante en torno a 2.500-3.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; que la concentración de sulfatos lo hace entre 600 y 900 mg/l; la de cloruros entre 400 y 500 mg/l y la de bicarbonatos no sufre variaciones significativas y se sitúa en valores próximos a 200-250 mg/l (ver Figura nº 22). Las concentraciones de cationes mayoritarios varían entre 250 y 350 mg/l en caso del calcio y el sodio y se aproximan a 100 mg/l en el del magnesio (ver Figura nº 22). Las salinidades más elevadas se relacionan con incrementos de las concentraciones de sulfatos. Por lo general, cuando aumentan los caudales que circulan por el cauce las salinidades disminuyen ligeramente como muestra la Figura nº 23).

Al no disponer de suficientes datos analíticos no se puede establecer una relación entre la calidad del agua circulante y el origen de la misma (escorrentía superficial e hipodérmica con subterránea), aunque todo parece indicar que la mezcla de las aportaciones de los ríos La Torre y Monnegre da lugar a aguas con salinidades próximas a los 2.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con facies sulfatadas cálcico-sódicas o sódico-cálcicas.

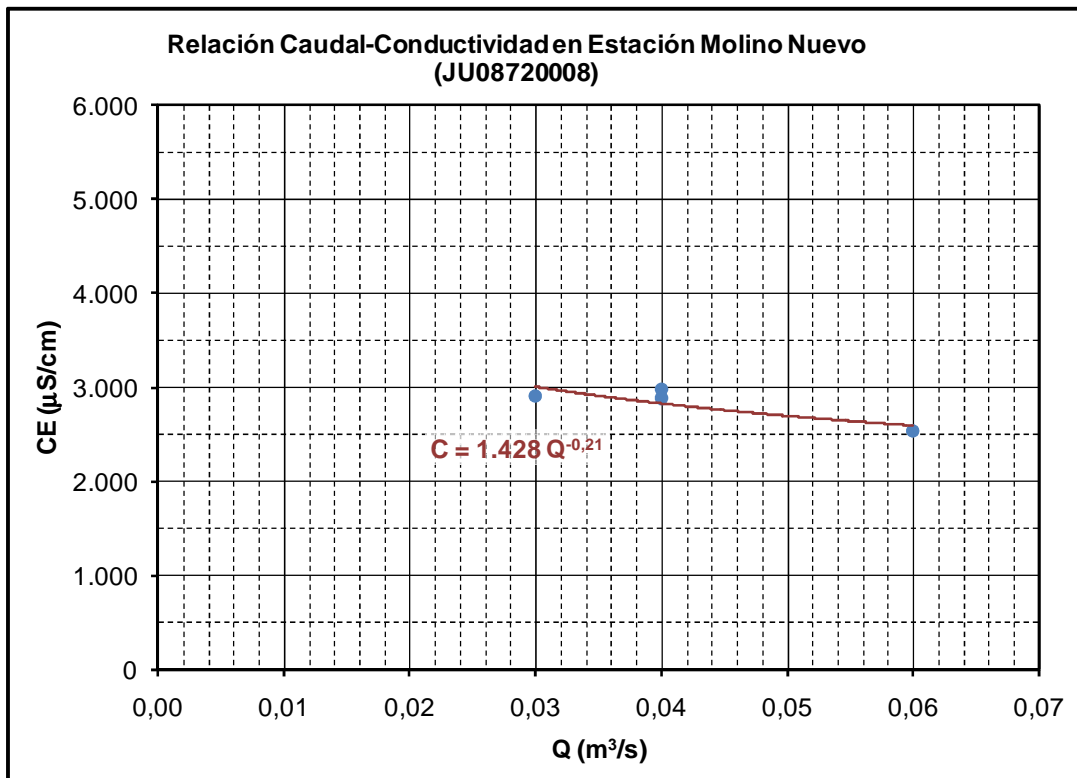


Figura nº 23.- Caudal versus CE. Estación Molino Nuevo

La estación JUO601 (JU08720001) se emplaza en la desembocadura del río Monnegre. No dispone de datos analíticos. En principio no debería haber diferencias significativas entre la calidad registrada en esta estación y la anterior al no existir aportaciones significativas en el tramo de cauce que hay entre ambas estaciones.

### 6.3.3.2 RÍO AMADORIO

En el río Amadorio hay cinco estaciones fijas, una de ellas fuera de uso, y otra que registra en la vertical algunos parámetros físico-químicos del agua almacenada en el embalse del Amadorio.

La **estación JUN605 (JU08470005)** se localiza en la cola del embalse del Amadorio, sobre el río Amadorio. Este cauce recibe aportaciones de las formaciones permeables de la MASub 080.183 Orcheta. Sólo dispone de los resultados analíticos de una muestra que se tomó en junio de 1998 con una CE de 1.200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , que representa la mezcla entre las aguas que alimentan el cauce en la zona de estudio y las que circulan aguas arriba.

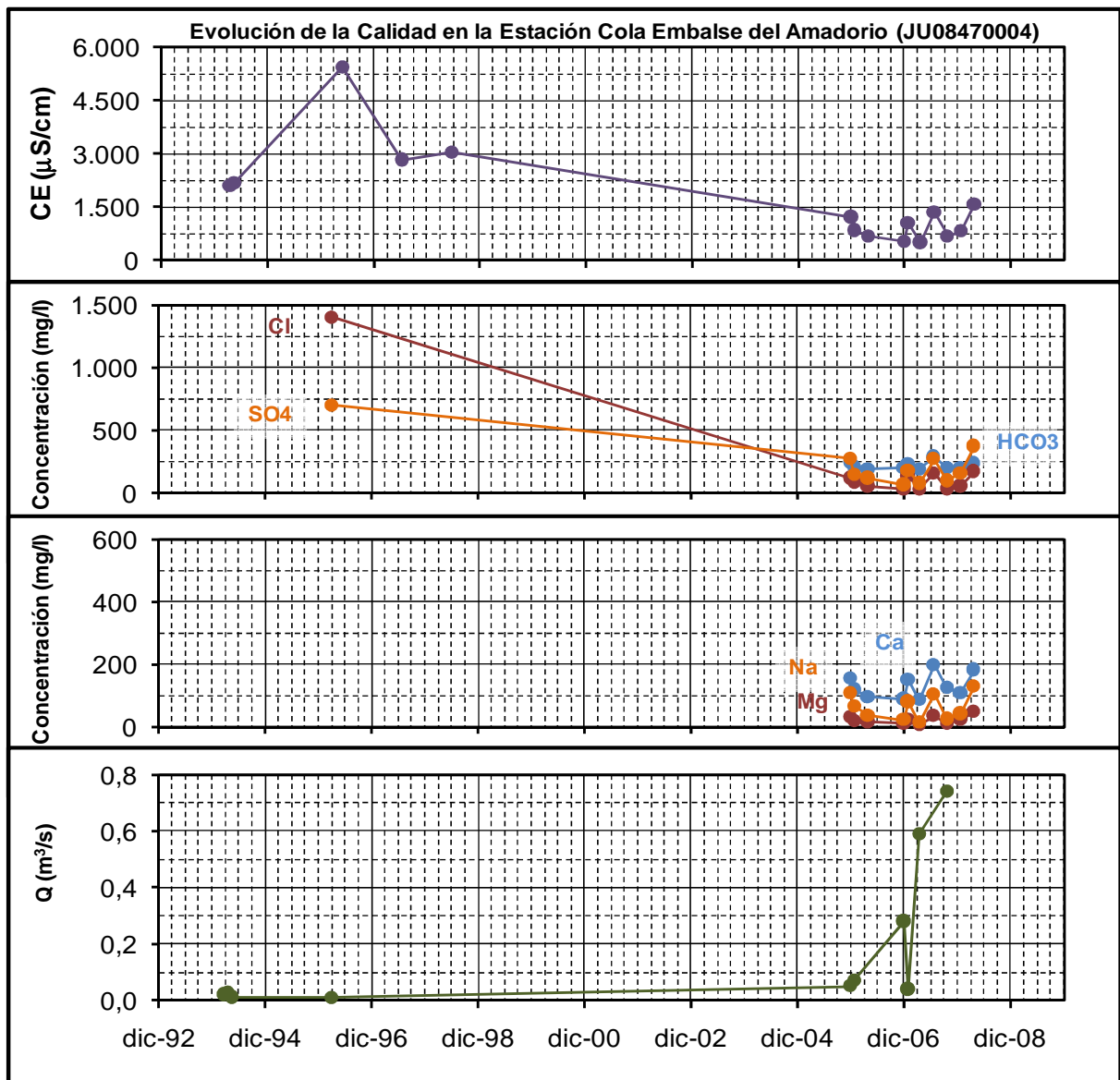


Figura nº 24.- Evolución de calidad. Estación Cola del Amadorio JU0604

La **estación JUN604 (JU08470004)** también se emplaza en la cola del embalse del Amadorio pero, en este caso, sobre el río Sella. La mayor parte del agua circulante corresponde a aportaciones externas al área de estudio.

En la Figura nº 24 se observa que la CE ha alcanzado valores próximos a los 5.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  cuando el caudal circulante era muy reducido y se sitúa entre los 500 y 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  cuando supera los 5 l/s (ver Figura nº 25). Las concentraciones de cloruros y sulfatos varían entre 50 y 100 mg/l y 50 y 250 mg/l, respectivamente, y la de bicarbonatos se mantiene prácticamente constante en torno a 200-250 mg/l. Las concentraciones de los cationes fluctúan entre los 100 y 200 mg/l en el caso del calcio, entre los 20 y 100 mg/l en el del sodio y se mantienen en torno a 20-50 mg/l en el del magnesio. Las salinidades más elevadas se relacionan con incrementos de las concentraciones de sulfatos, cloruros, sodio y calcio.

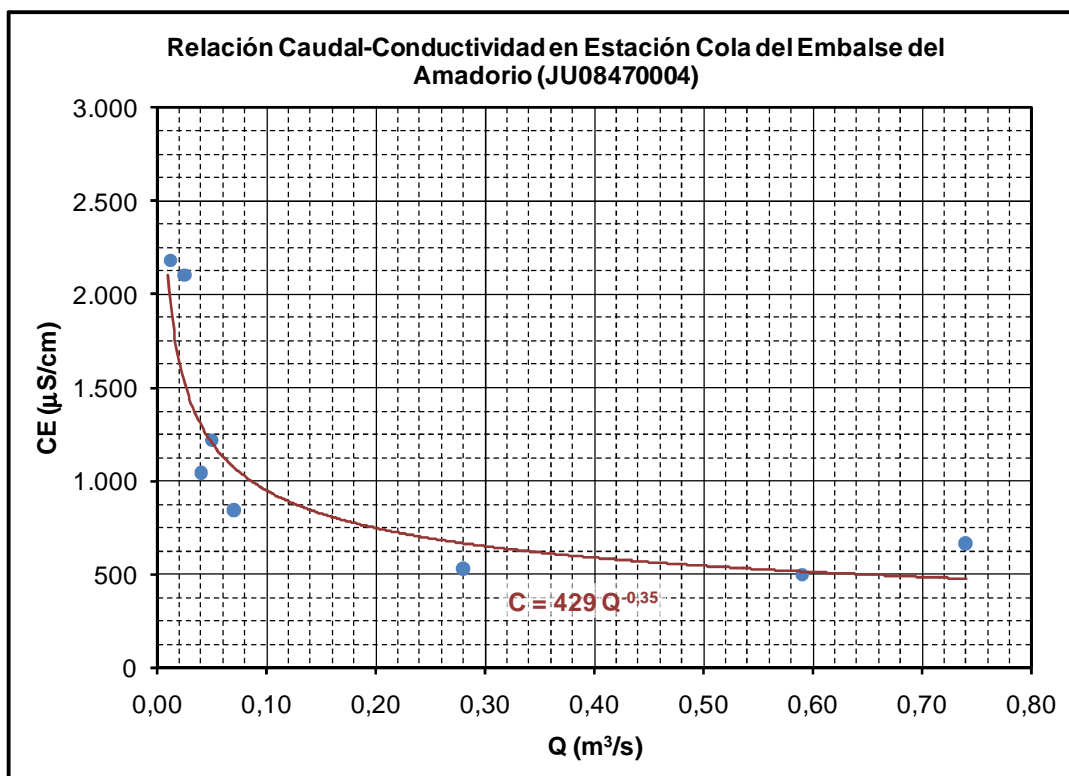


Figura nº 25.- Caudal versus CE. Estación Cola del Amadorio

Las facies hidroquímicas (ver Figura nº 26) son sulfatado-cloruradas cálcico-sódicas o sulfatado-bicarbonatadas cálcicas cuando los caudales son inferiores a 5 l/s, bicarbonatado-sulfatadas cálcicas cuando rondan los 5 l/s y bicarbonatadas cálcicas cuando se registran caudales superiores a los 25 l/s.

La **estación JUN603 (JU08470003)** se sitúa en embalse del Amadorio, donde vierten los ríos Amadorio y Sella y el barranco de Querenet.

La CE varía en esta estación entre 750 y 2.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y depende principalmente de la concentración de sulfatos y menor medida de las del calcio y el sodio (ver Figura nº 27). La

ausencia de datos de caudal no permite definir una relación clara entre salinidad y caudal circulante (ver Figura nº 28), aunque se puede intuir su mejora al aumentar el caudal.

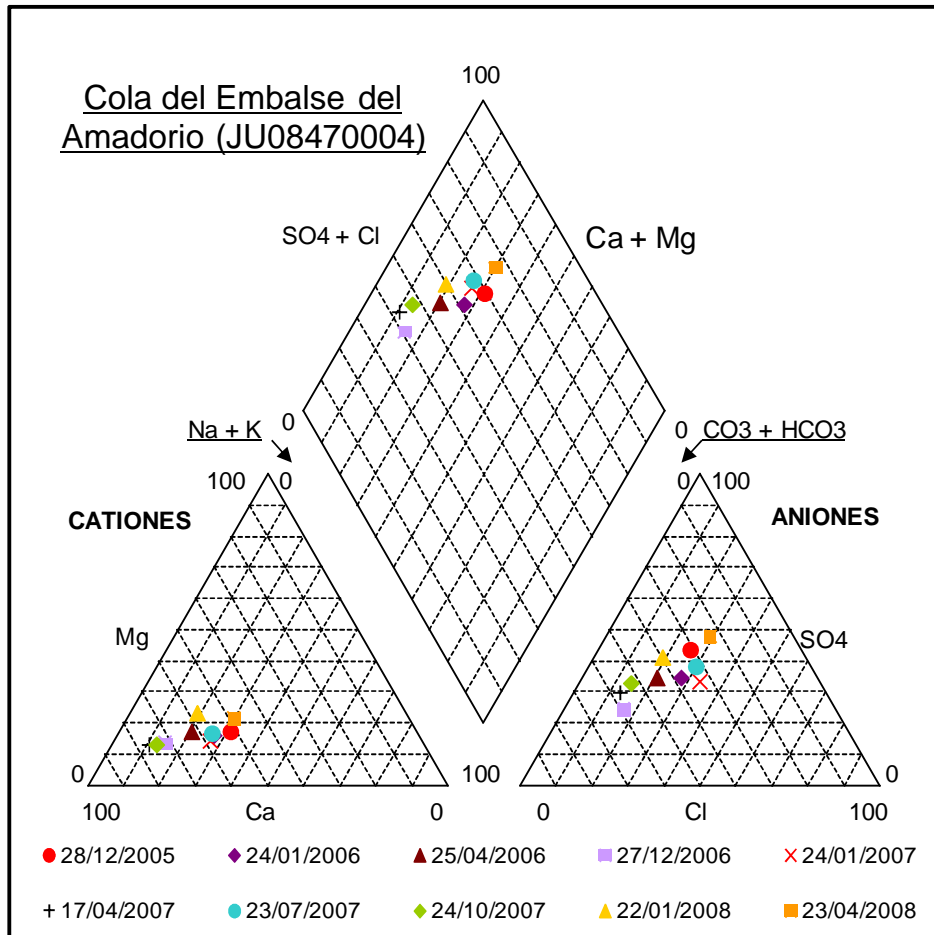


Figura nº 26.- Diagrama de Piper. Estación Cola del Amadorio

Las concentraciones aniónicas de los mayoritarios varían entre los 200 y 750 mg/l en el caso de los sulfatos y entre los 100 y 250 mg/l en el de los cloruros y los bicarbonatos. Por su parte las de los cationes lo hacen entre los 100 y 350 mg/l, caso del calcio, los 100 y 200 mg/l del sodio y los 50 y 100 mg/l del magnesio.

Las facies hidroquímicas (ver Figura nº 29) pasan de bicarbonatadas cálcicas a sulfatado-bicarbonatadas cálcicas y sulfatadas cálcico-sódicas al aumentar la CE.

La **estación JUN613 (JU08470013)** se ubica en la desembocadura del río Amadorio, por lo que, a priori, los resultados que se obtienen deben ser parecidos a los de la estación anterior cuando se producen desembalses.

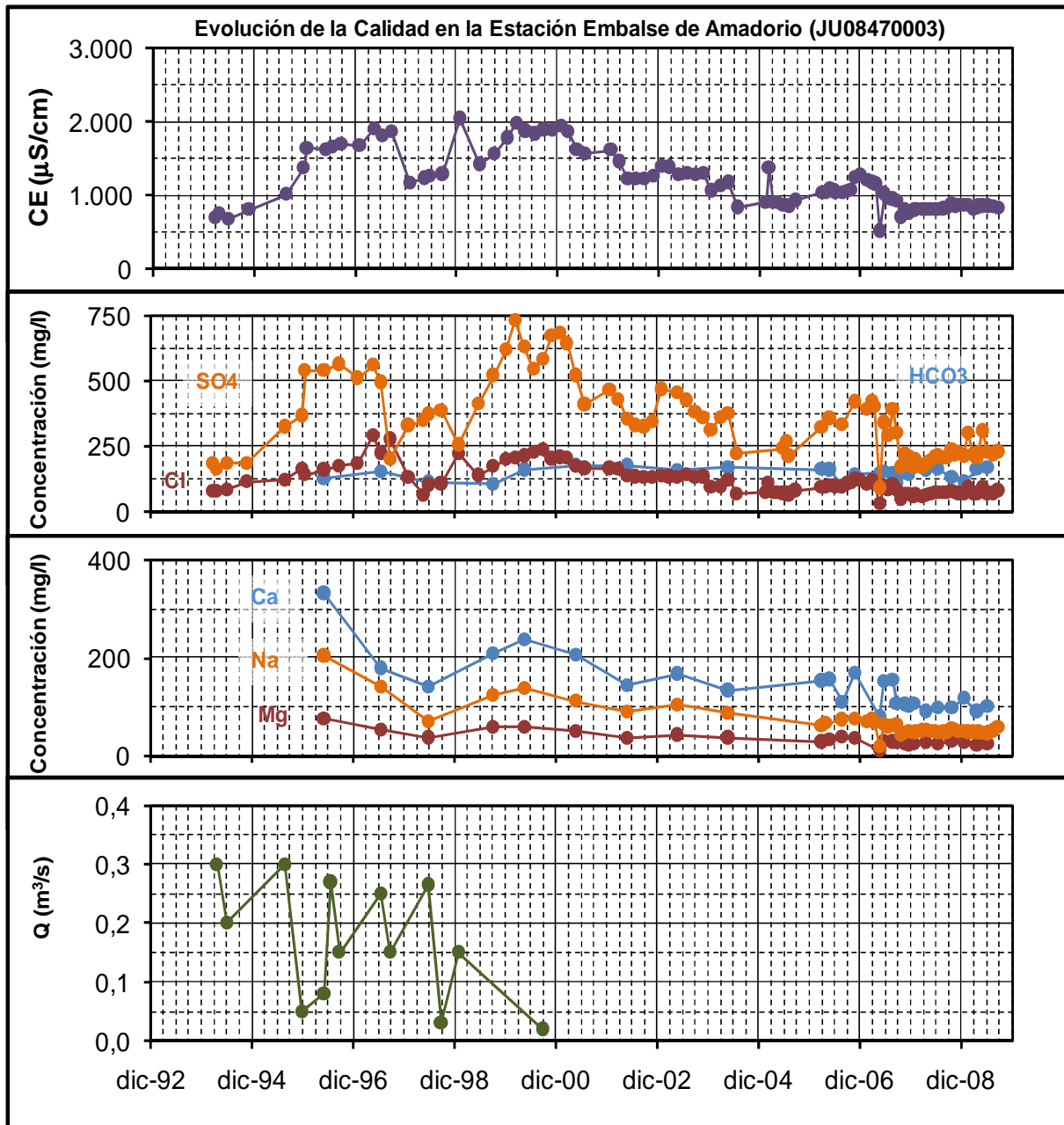


Figura nº 27.- Evolución de calidad. Estación Embalse del Amadorio JUN603 (JU08470003)

En la Figura nº 30 se observa que la CE del agua fluctúa entre valores próximos a 2.800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 1.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , los sulfatos entre 250 y 700 mg/l, los cloruros entre los 200 y 400 mg/l y los bicarbonatos se mantienen en unos 250 mg/l. Por su parte los cationes mayoritarios fluctúan entre los 200 y 300 mg/l en el caso del sodio, entre los 100 y 300 mg/l en el del calcio y entre los 50 y 100 mg/l en el del magnesio.

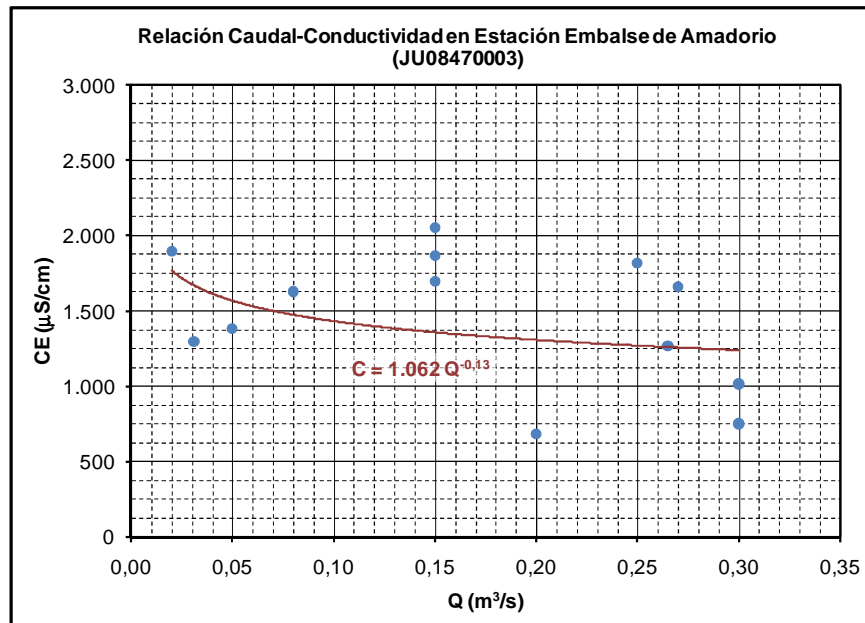


Figura nº 28.- Caudal versus CE. Estación Embalse del Amadorio

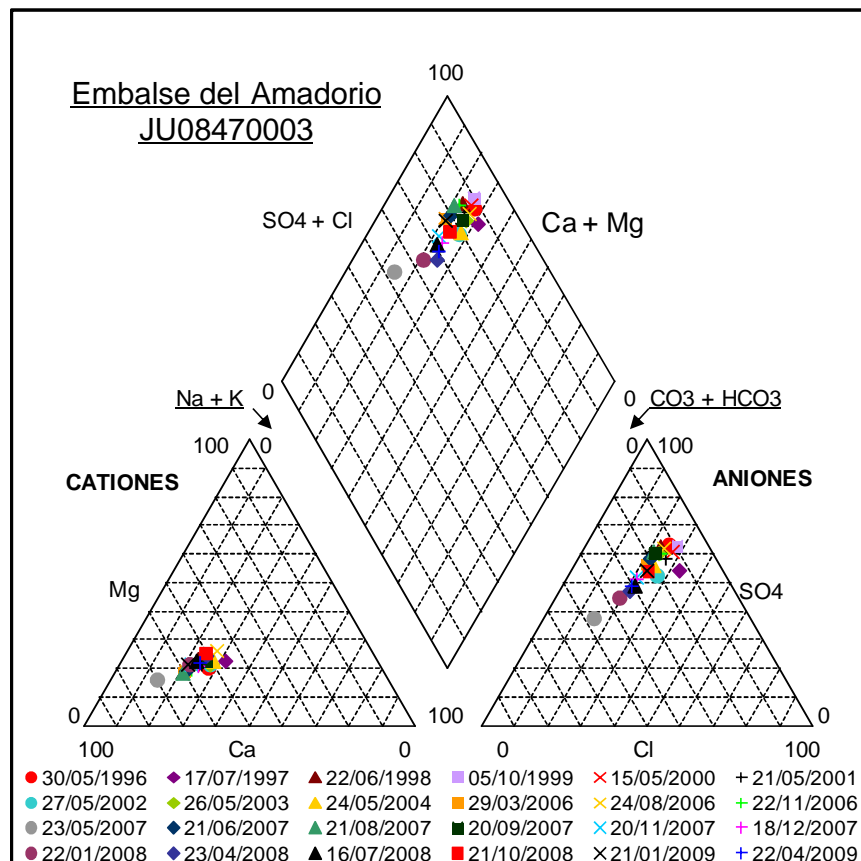


Figura nº 29.- Diagrama de Piper. Estación Embalse del Amadorio



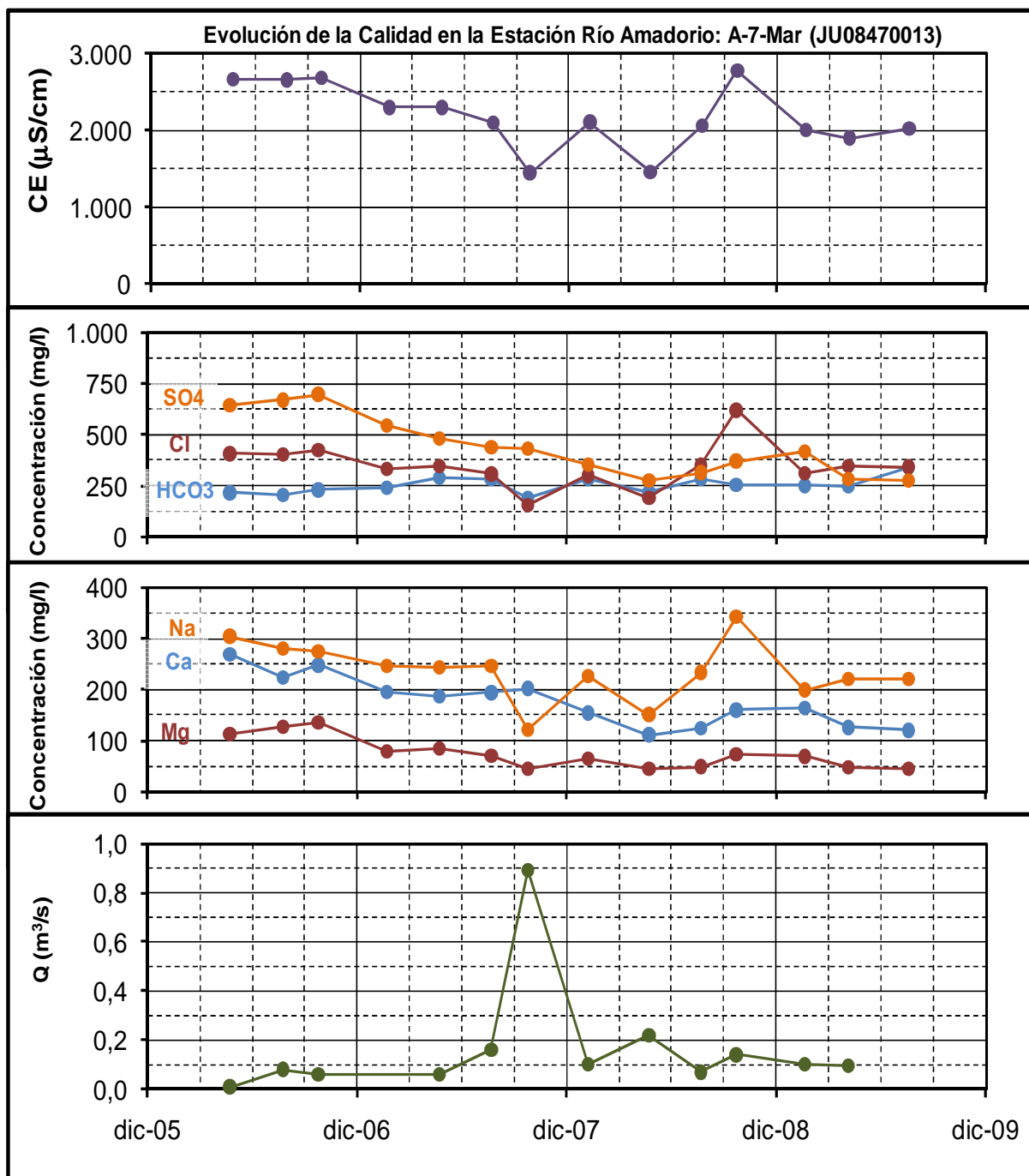


Figura nº 30.- Evolución de calidad. Estación Río Amadorio A-7/Mar JUN613 (JU08470013)

En las gráficas de la Figura nº 30 se aprecia que la salinidad desciende cuando aumenta el caudal circulante, hecho que también se intuye en el gráfico de la Figura nº 31, donde se observa que caudales inferiores a los 40 l/s se pueden correlacionar con CE que varían entre 2.000 y 2.700 µS/cm y que a caudales comprendidos entre los 40 y 200 l/s le corresponden CE comprendidas entre los 1.700 y 2.200 µS/cm y cuando se superan los 200

l/s la CE ronda los 1.500  $\mu\text{S/cm}$ . Las facies hidroquímicas son cloruradas sódicas, clorurado-sulfatadas sódico-cálcicas, sulfatado-cloruradas mixtas y sulfatadas cálcicas (ver Figura nº 32). En general, al aumentar el caudal circulante las facies tienden a ser más sulfatadas.

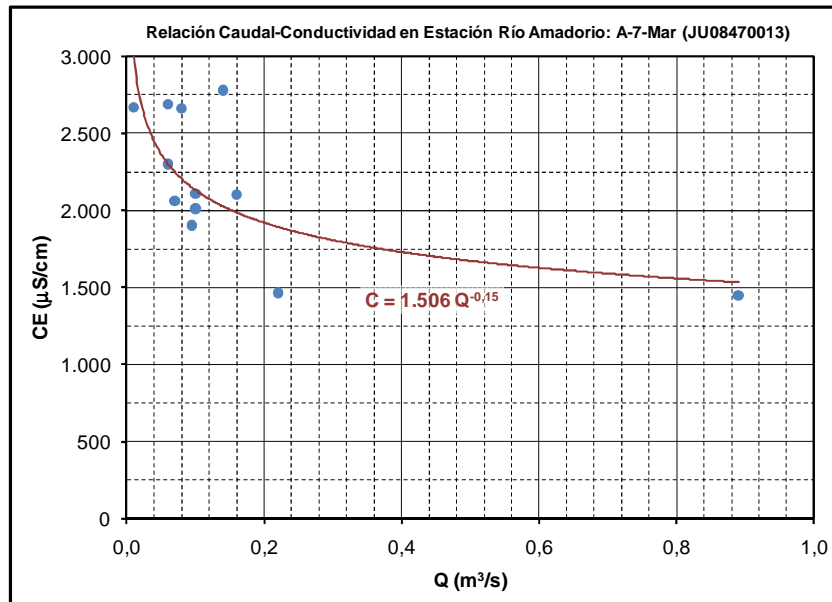


Figura nº 31.- Caudal versus CE. Estación Río Amadorio A-7

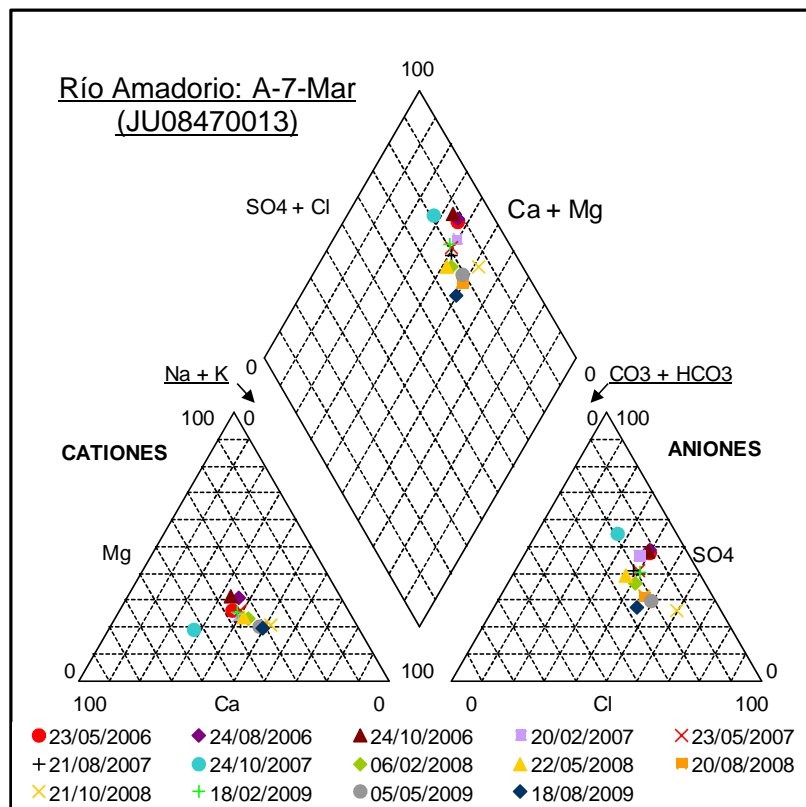


Figura nº 32.- Diagrama de Piper. Estación Río Amadorio A-7

La **estación JUN602 (JU08470002)** se encuentra inactiva. Al igual que la estación anterior se localiza en la desembocadura del río Amadorio. Sólo cuenta con una analítica realizada en marzo de 1994 cuyos resultados muestran una CE de 1.800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y unas concentraciones de sulfatos, cloruros y nitratos de 580, 284 y 2,5 mg/l, respectivamente, siendo el caudal circulante en ese momento de 10 l/s.

Las **estaciones 805 BIS, JU08470015, JU08470016 y JU08470017** se ubican en el embalse del Amadorio. En estas estaciones se registra la CE, el pH, el oxígeno disuelto y la temperatura del agua embalsada a diferentes profundidades (cada metro). La estación 805 BIS es una sonda autoposicionable que situada sobre la presa. La estación JU08470017 se encuentra en la cola del embalse, la JU08470016 entre la cola y la presa y la JU08470015 en la presa.

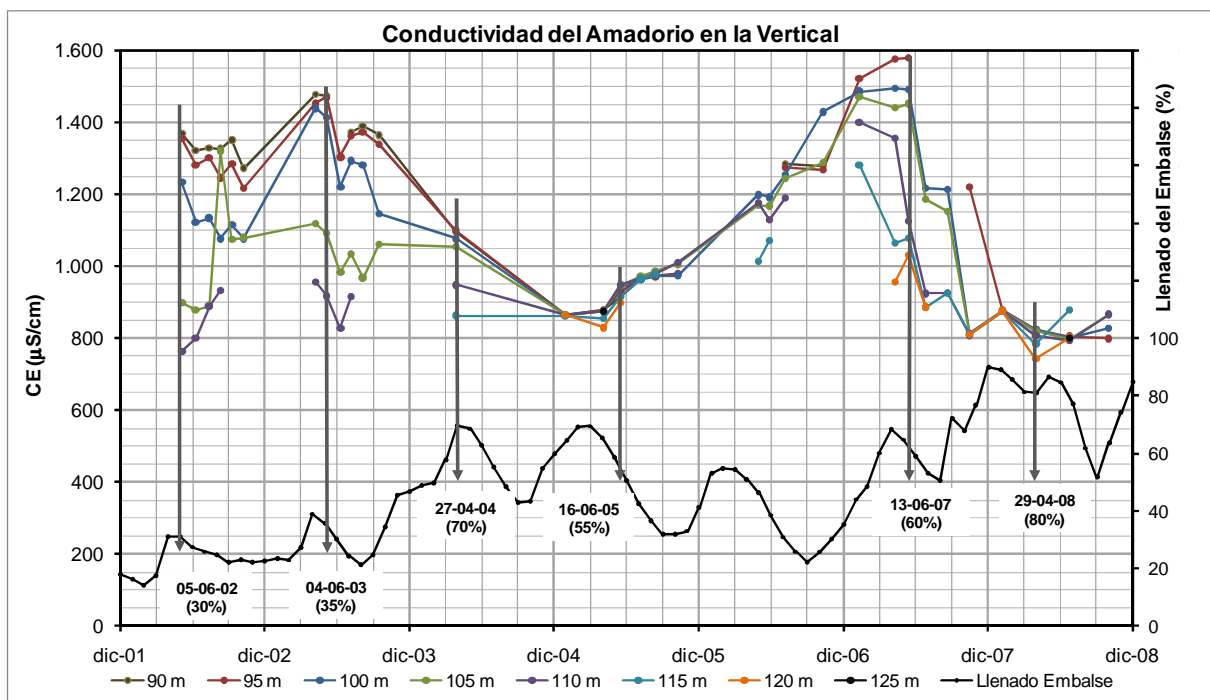


Figura nº 33.- CE en la vertical del agua embalsada en el Amadorio

En la Figura nº 33 se ha representado la CE registrada cada 5 m en la estación JU08470015 (presa) durante el periodo 2002-2008. En esta gráfica se observa que al inicio de la serie (cuando el agua embalsada no supera el 35% de la capacidad total) la CE aumenta con la profundidad de 750-800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 1.400-1.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (registros del 5-6-02 y 4-6-03 de la Figura nº 34); al aumentar el volumen embalsado la CE desciende por debajo de los 1.100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y tiende a ser constante en la vertical (registros del 27-04-04 y 16-6-05 de la Figura nº 34); en junio de 2007 se vuelve a la situación inicial (CE elevadas y estratificación) a pesar de estar el embalse al 60% de su capacidad y por último, el 29-4-08 vuelve a

descender la CE hasta valores próximos a los 800  $\mu\text{S/cm}$  y se homogeniza la columna de agua (el embalse se encuentra al 80% de su capacidad).

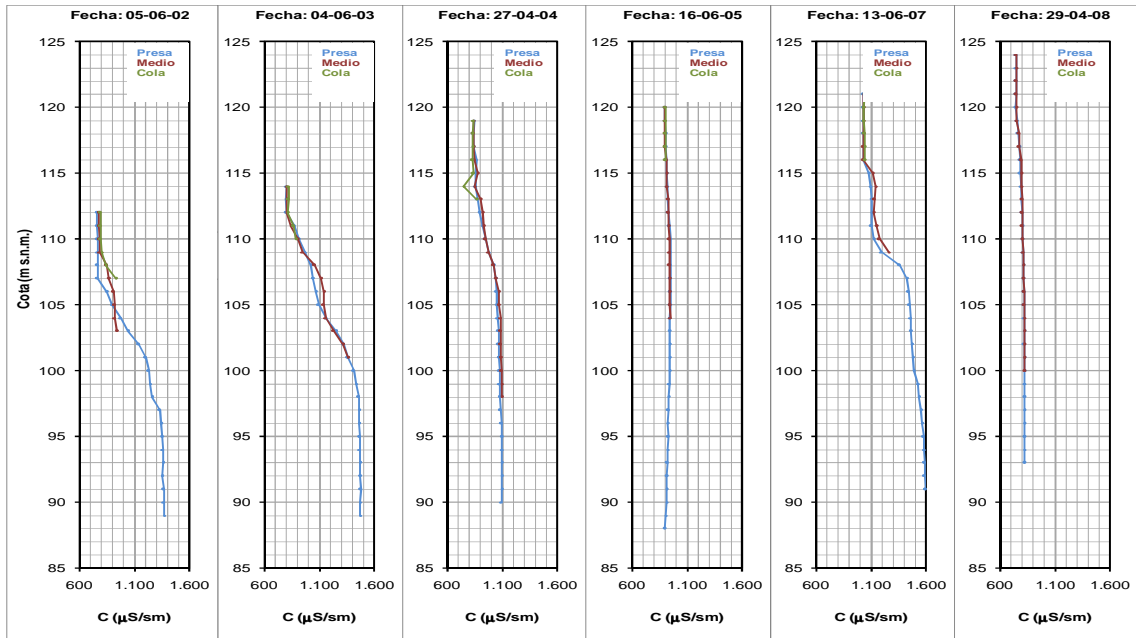


Figura nº 34.- Registros de CE agua en la vertical del agua embalsada en Amadorio

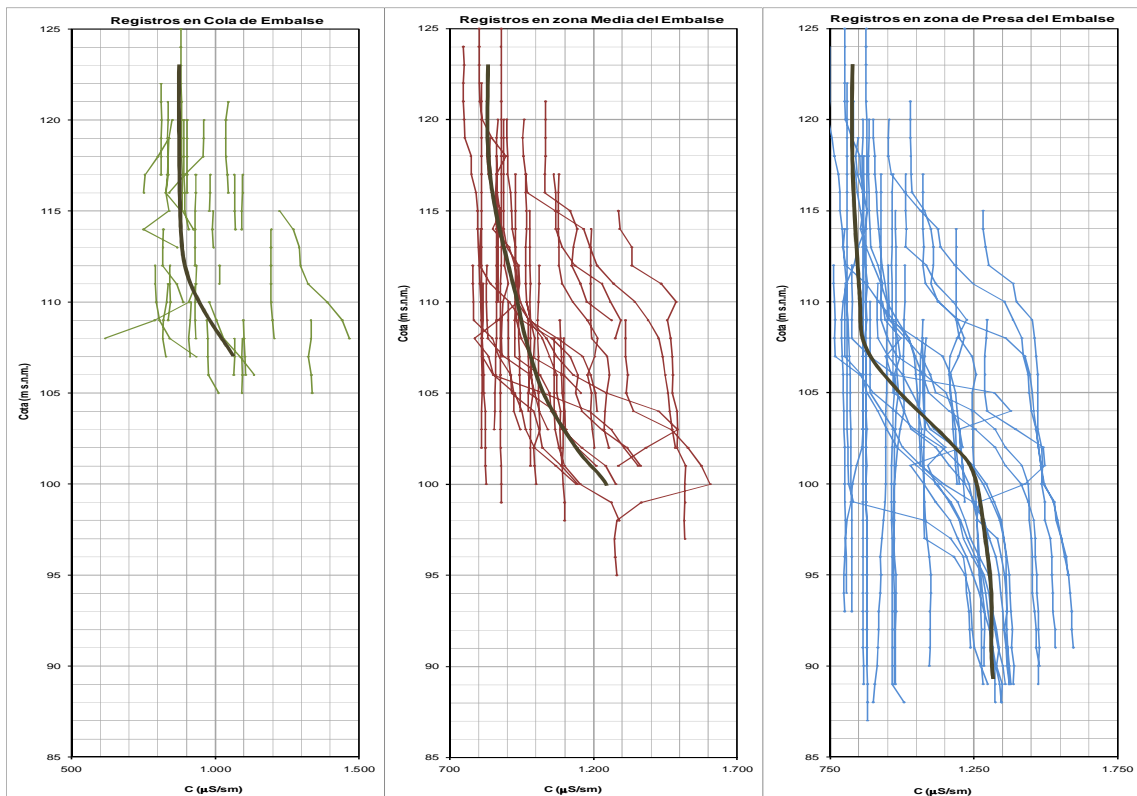


Figura nº 35.- Registros de CE del agua embalsada en la vertical del Amadorio

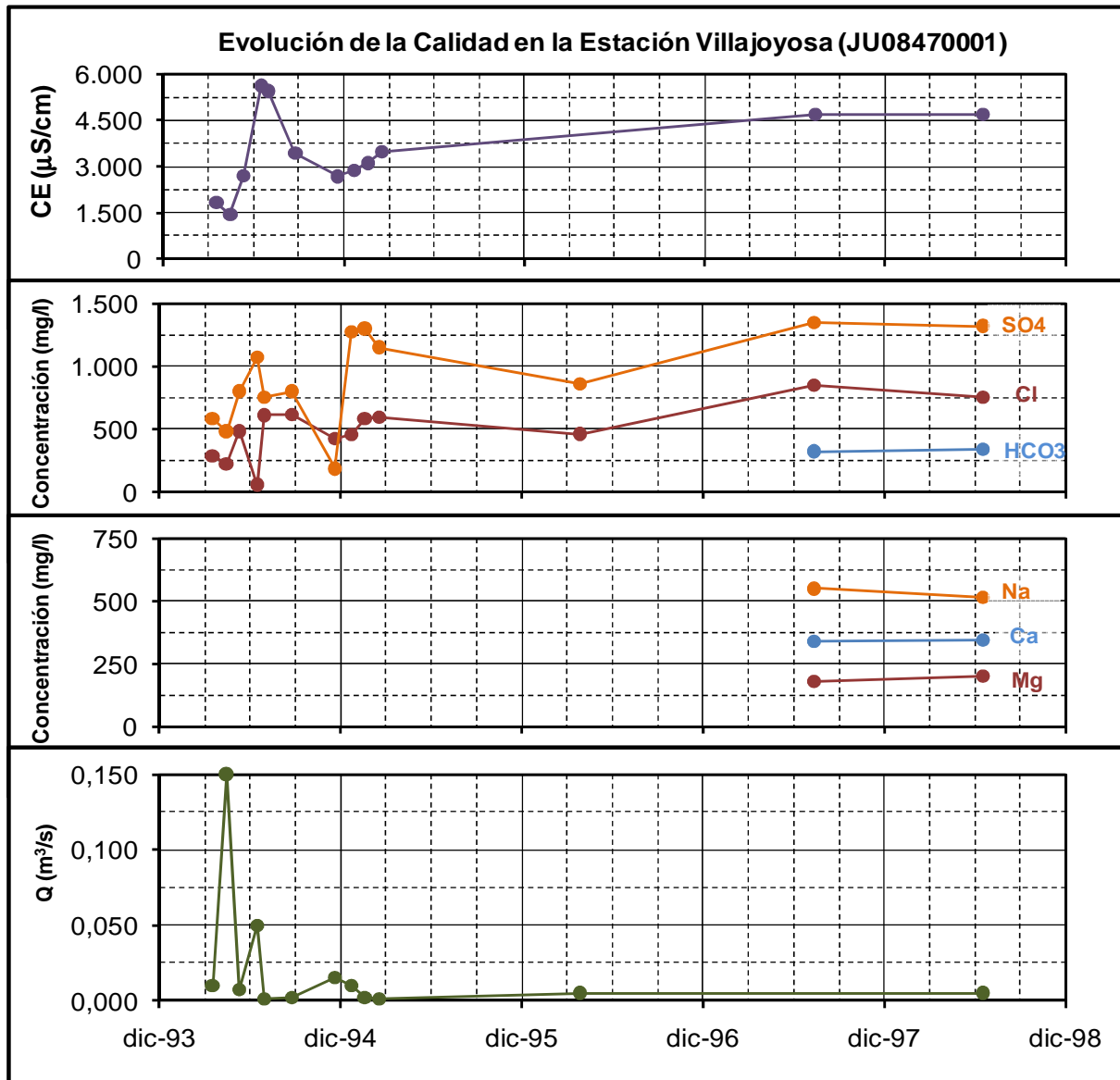


Figura nº 36.- Evolución de calidad. Estación Villajoyosa JUN601

En la Figura nº 35 se representan los registros realizados en las estaciones JU08470015, JU08470016 y JU08470017 y la línea de tendencia general.

### 6.3.3.3 RÍO TORRES

La **estación JUN601 (JU08470001)**, actualmente inactiva, se ubica en la desembocadura del río Torres. Su principal afluente, el río Antxero, nace fuera de la zona de estudio, donde recoge las mayores aportaciones.

La CE registrada en esta estación varía entre 1.500 y 6.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , los sulfatos entre 100 y 1.500 mg/l y los cloruros entre 50 y 900 mg/l. Del resto de iones mayoritarios sólo hay dos

analíticas (ver Figura nº 36). La CE aumenta cuando lo hacen los sulfatos y los cloruros y, posiblemente, el sodio y el calcio.

Las facies hidroquímicas son sulfatadas o sulfatado-cloruradas sódico-cálcicas o sódico-magnésicas cuando la CE supera los 4.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ver Figura nº 37).

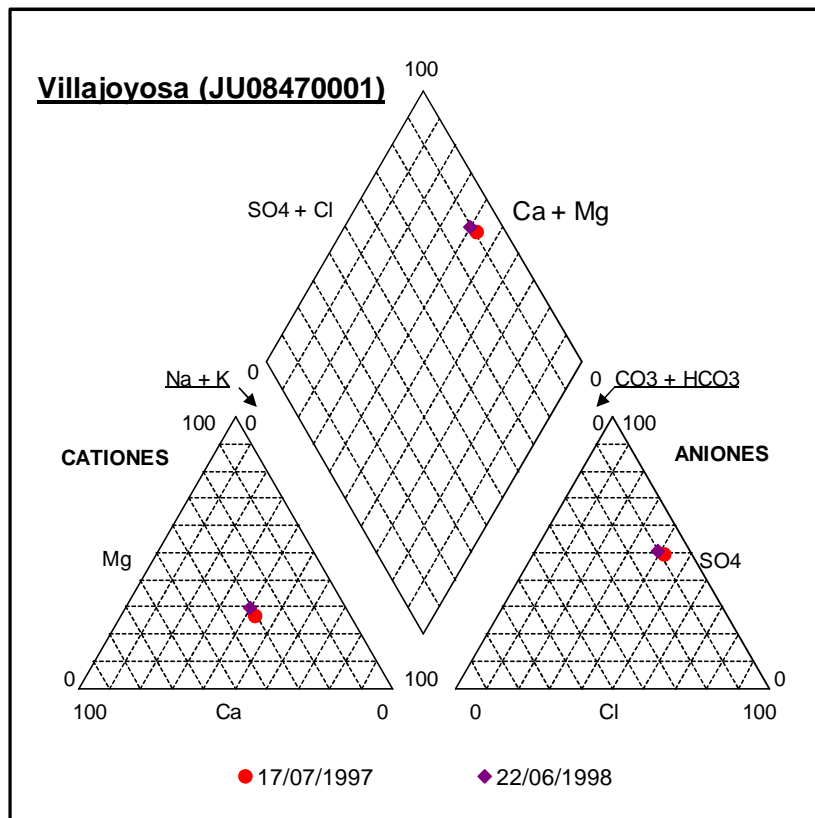


Figura nº 37.- Diagrama de Piper. Estación Villajoyosa

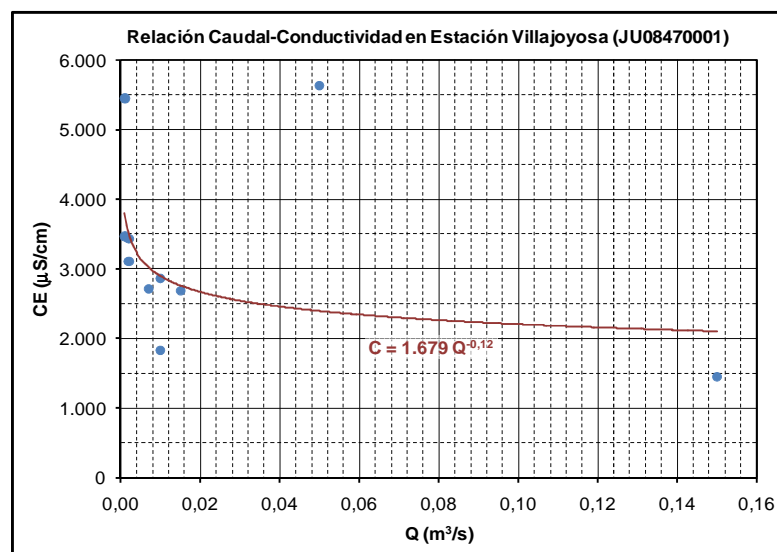


Figura nº 38.- Caudal versus CE. Estación Villajoyosa

La CE tiende a disminuir al aumentar el caudal (ver Figura nº 38). Caudales inferiores a los 10 l/s se pueden correlacionar con CE que superan los 2.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La CE más baja se obtiene cuando el caudal supera los 100 l/s. Las facies hidroquímicas pueden pasar de sulfatadas o sulfatado-cloruradas sódico-cálcicas o sódicas-magnésicas a bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas al aumentar el caudal.

### 6.3.4 INFLUENCIA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES SOBRE LOS ACUÍFEROS

El río La Torre a su paso por las calizas cretácicas de la Sierra de Almaens y Serra Silva es ganador por la descarga puntual de los manantiales que drenan los acuíferos de Almaens y Pliegues Cretácicos de Jijona. Por tanto, la calidad registrada en la estación JU0603 debe representar la mezcla de las aportaciones al río externas con la drenada por los manantiales, aunque hay que tener en cuenta que la mayoría de las surgencias están asociadas a aprovechamientos de la zona y los caudales drenados no alcanzan el cauce. Por lo general, cuando el caudal es bajo, inferior a 200 l/s, la CE supera los 2.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ahora bien, si los caudales circulantes aumentan, el cauce recibe, además de las aportaciones externas, los sobrantes de los aprovechamientos y la escorrentía superficial e hipodérmica de las vertientes más cercanas, y la CE no supera los 1.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , valor que se aproxima al registrado en el acuífero de Almaens. En cualquier caso, las salinidades de estos últimos parecen elevadas y sus facies hidroquímicas son también cloruradas y/o sulfatadas, al menos en los que drenan la Sierra de Almaens, por lo que es posible que algún tramo en del cauce se comporte como perdedor y las facies de los acuíferos evolucionen de bicarbonatadas a cloruradas y/o sulfatadas.

Aunque se ha definido un modelo conceptual de cauces ganadores por descarga puntual de manantiales, en la red fluvial asociada al Barranco Vergerel también es posible un comportamiento análogo al anterior que afecta a la calidad de las surgencias.

El río Monnegre a su paso por el acuífero Cuaternario de San Juan-Campello se comporta como perdedor por conexión difusa indirecta. La CE registrada en la estación JU0608 en el periodo 2007-2008 se mantiene en torno a los 2.500-3.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , las facies hidroquímicas son sulfatado-cloruradas cálcico-sódicas o sódico-cálcicas y el caudal circulante ronda los 40-50 l/s. En las estaciones situadas aguas arriba (JU0602, sobre el río Monnegre antes de su confluencia con el río La Torre, y JU0603 sobre el río La Torre) las CE han llegado a superar los 4.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  cuando los caudales son bajos. Por tanto, las aportaciones del río Monnegre al acuífero Cuaternario de San Juan-Campello tienen una CE de, al menos, 2.500-3.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y las facies hidroquímicas son sulfatadas y/o cloruradas.

Se considera que el río Amadorio y su embalse son ganadores, aunque no se descarta que se comporte como perdedor cuando el río circula por las calizas cretácicas, entre el embalse de Relleu y el cañón de Relleu. Las aportaciones de agua superficial al acuífero tienen una

CE que fluctúa notablemente dependiendo del caudal circulante, entre 500 y 6.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la estación JUN604, mientras que en la JUN603 las fluctuaciones son menores, entre los 800 y 2.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Cuando el caudal circulante por el río Sella sobrepasa los 25 l/s la CE es inferior a 1.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y la facies hidroquímica tiende a ser bicarbonatada cálcica. Por su parte, la facies del embalse suele ser sulfatada cálcica (en ocasiones, sulfatado-bicarbonatadas cálcicas). La calidad del agua superficial que discurre por los tramos de cauce que pueden alimentar al acuífero corresponde a la que presenta la estación JUN604.

El tramo del Río Amadorio a su paso por el acuífero Cuaternario de Villajoyosa se ha definido como un río perdedor por conexión difusa indirecta. En la estación JUN613, situada en la desembocadura del río Amadorio, se registran CE superiores a las medidas en el embalse (1.000-2.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  frente a 2.000-3.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y las facies tienden a ser cloruradas sódicas. Esto puede ser un indicio de posibles aportaciones con mayor salinidad al río, lo que supondría que el modelo de río a definir sería el de ganador por posibles aportaciones de las areniscas del Terciario.

La red fluvial del Río Torres (Ríos Antxero y Alfanelles) se ha definido como ganadora, en régimen natural. Las CE registradas en la estación JUN601 (inactiva desde 1998) superan los 3.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  cuando el caudal circulante desciende por debajo de los 15 l/s en la desembocadura y tiende a descender cuando aumenta el caudal, coincidiendo con el incremento de las aportaciones superficiales y/o epidérmicas y/o incrementan las aportaciones de las surgencias que drenan el sector acuífero Benienzo u otras situadas fuera de la zona de estudio y/o los volúmenes no pueden ser aprovechados.

La red fluvial que discurre sobre el acuífero Cuaternario de Benidorm también se ha definido como perdedora. Aunque no hay datos de calidad se puede considerar, teniendo en cuenta los datos del resto de la zona, que las CE deben rondar los 1.500-3.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y las facies tienden a ser sulfatadas cálcicas.



## **7. CLIMATOLOGÍA. BALANCE HÍDRICO DEL SUELO**

### **7.1 ENCUADRE CLIMÁTICO REGIONAL**

La zona de estudio está sometida a un tipo de clima típico de ambientes semiáridos, caracterizado por una fuerte escasez e irregularidad del régimen de precipitaciones. Las cadenas montañosas de la provincia de Alicante condicionan que el área se encuentre resguardada de los vientos del Atlántico y expuesta a los del Mediterráneo, lo que favorece que sean los frentes procedentes de este último los que habitualmente provoquen las precipitaciones.

Los flujos de viento del este y sureste tienden a frenarse y generan nubes de gran inestabilidad que se traducen en intensos aguaceros de carácter local y corta duración. Los frentes del suroeste tan sólo originan algunas precipitaciones sobre las zonas altas de Alcoy y Sierra de Aitana, y los del sur se caracterizan por causar olas de calor en verano, a diferencia de los del norte o noreste que vienen acompañados de olas de frío en los meses de invierno, aunque normalmente ninguno de estos últimos contribuye con precipitaciones significativas.

El año meteorológico presenta estiajes que pueden alcanzar hasta cinco meses, durante los que se producen una acusada sequía estival y una elevada evaporación. En el otoño se introduce aire frío que origina una intensa inestabilidad y desencadena las gotas frías de mediados de septiembre a finales de noviembre. El invierno suele tener una duración de dos a tres meses y se caracteriza por tener temperaturas agradables, por el paso de algunos frentes que aportan precipitaciones escasas, y por presentar, a grandes rasgos, cielos despejados, con algunas heladas nocturnas e inversiones térmicas debidas a alguna ola de frío. La primavera se caracteriza por un tiempo variable con alternancia de chubascos y periodos de sol y calma, aunque en muchos lugares el mes de abril o mayo produce un máximo relativo en cuanto a las precipitaciones se refiere.

### **7.2 SERIES METEOROLÓGICAS DISPONIBLES**

Un elemento imprescindible para conocer las componentes que intervienen en un balance hídrico es el factor climático. La distribución geográfica de las estaciones del entorno geográfico estudiado se muestra en la Figura nº 39.

Las series climáticas de partida pertenecen a la red de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) que, en algunos casos, han sido tratadas por el Departamento del Ciclo Hídrico de la DPA y, en otros, se han completado con datos del Servicio Agroclimático para el Regadío (SIAR) del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM).

El completado de las series climáticas realizado por la DPA se efectuó para el periodo 1950-1999 mediante una aplicación informática que establece una proporcionalidad en función de la distancia y la diferencia de cota con estaciones del entorno.

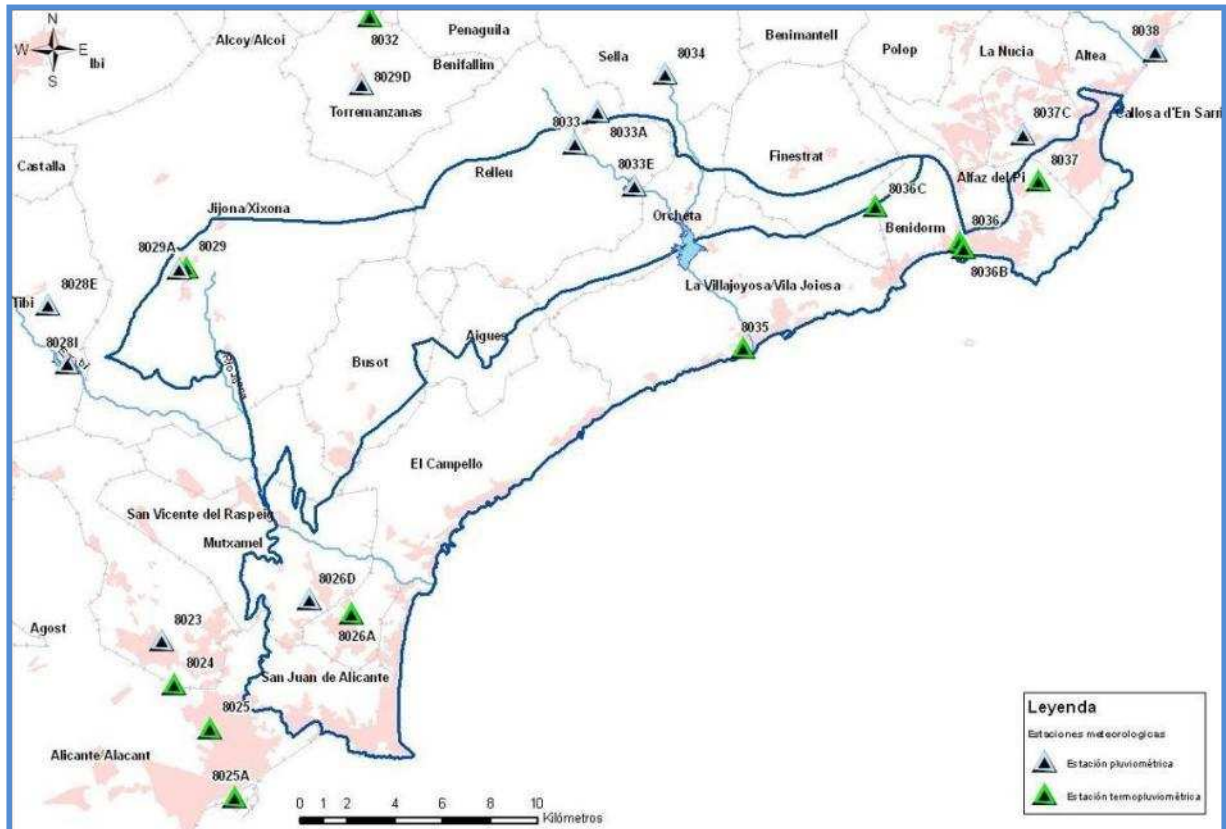


Figura nº 39.- Ubicación de estaciones meteorológicas (Fuente: AEM, 2009)

Se ha partido de los datos de 23 estaciones meteorológicas, todas situadas en la provincia de Alicante, para establecer el balance hídrico del suelo.

En la Tabla nº 19 se muestran los años disponibles con datos reales, interpolados por la DPA o completados con información procedente del SIAR. En el Anejo nº 2 se encuentran los datos de las estaciones meteorológicas y los balances diarios realizados.

Tabla nº 19.- Estaciones climatológicas utilizadas

Estación	Tipo	Coordenadas		Cota (m s.n.m.)	Año Inicio	Año Final
		X UTM	Y UTM			
8023 San Vicente de Raspeig	P	716.453	4.253.177	109	1950	2008
8024 Alicante La Rabasa	P-T	716.988	4.251.341	60	1946	1999
8025 Alicante Ciudad jardín	P-T	718.490	4.249.500	74	1939	2008
8025A Alicante Puerto	P-T	719.545	4.246.627	1	1950	1999

Estación	Tipo	Coordenadas		Cota (m s.n.m.)	Año Inicio	Año Final
		X UTM	Y UTM			
8026A San Juan de Alicante	P-T	724.434	4.254.322	40	1950	1999
8026D Mutxamel Ayuntamiento	P	722.646	4.254.889	63	1994	2008
8028E Tibi Taleca	P	711.712	4.267.243	590	1950	2008
8028I Tibi CHJ	P	712.504	4.264.796	437	1950	1999
8029 Jijona	P-T	717.486	4.268.817	415	1948	1999
8029A Jijona Ayuntamiento	P	717.196	4.268.778	450	1950	2008
8029D Torremanzanas Ayuntamiento	P	724.855	4.276.487	788	1994	2008
8032 Torremanzanas Sanatorio	P-T	725.187	4.279.335	980	1942	1999
8033 Relleu CHJ	P	733.813	4.274.029	429	1950	1999
8033A Relleu	P	734.743	4.275.352	429	1950	2008
8033E Embalse Amadorio	P	736.288	4.272.250	260	1950	2008
8034 Sella	P	737.603	4.276.918	419	1950	2008
8035 Villajoyosa	P-T	740.854	4.265.443	5	1942	2008
8036 Benidorm	P-T	749.931	4.269.887	67	1950	2008
8036B Benidorm AQUAGEST	P-T	750.109	4.269.615	10	1996	2008
8036C Benidorm Terra Mítica	P-T	746.418	4.271.383	110	2002	2003
8037 Benidorm Media Legua	P-T	753.243	4.272.460	25	1950	1999
8037C L'Alfàs del Pi Ayuntamiento	P	752.599	4.274.415	93	1994	2008
8038 Altea	P	758.157	4.277.864	17	1950	2008

\* P: Estación pluviométrica; P-T: Estación termo-pluviométrica.

### 7.3 ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN

Del análisis de los datos pluviométricos se concluye que:

La estación 8023 dispone de una serie histórica muy amplia con pocas lagunas desde 1961 hasta finales de 2008 (ver Figura nº 40). El periodo 1950-1961 está interpolado. No dispone de datos de temperatura.

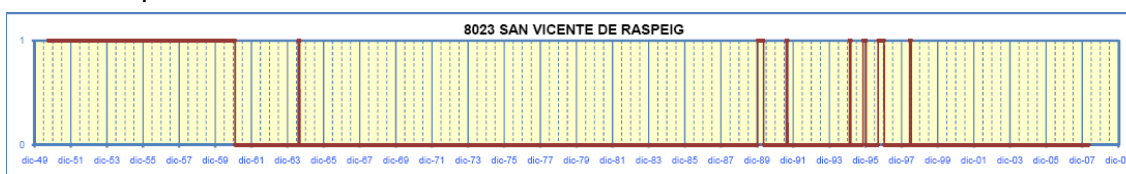


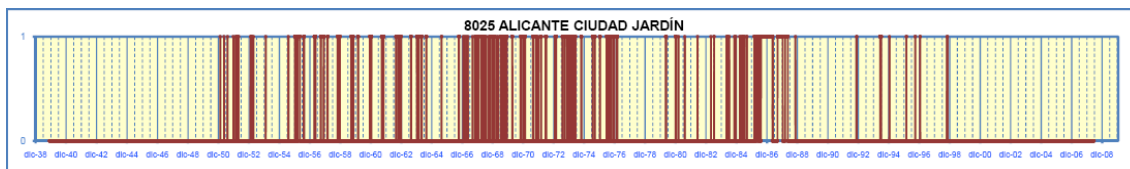
Figura nº 40.- Serie pluviométrica de la estación 8023. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados



Figura nº 41.- Serie pluviométrica de la estación 8024. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados

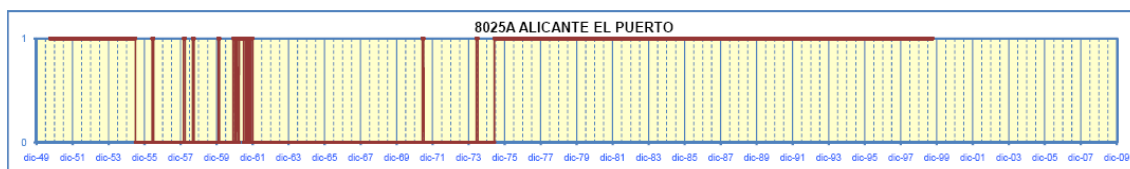
La estación 8024 cuenta con datos reales desde 1950 hasta 1965 y datos interpolados por la DPA hasta 1999 (ver Figura nº 41). Esta estación también cuenta con datos de temperatura.

La estación 8025 tiene una serie que abarca el periodo 1950-2008 con abundantes lagunas que la DPA rellena interpolando los datos de otras estaciones (ver Figura nº 42). Dispone de datos de temperatura.



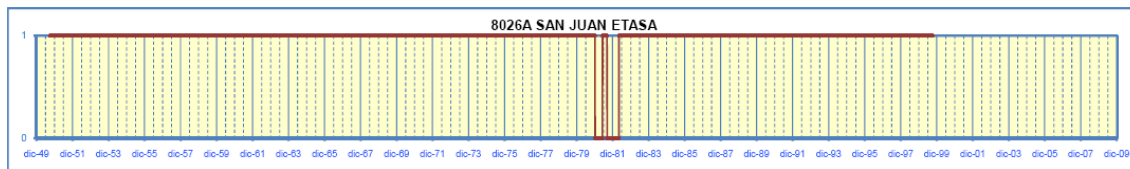
**Figura nº 42.- Serie pluviométrica de la estación 8025. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados**

La estación 8025A es sólo pluviométrica. Aunque la serie ocupa el periodo 1950-1999, los datos reales no interpolados sólo corresponden al periodo 1955-1975 que la DPA también ha completado por interpolación (ver Figura nº 43). Hay datos de temperatura.



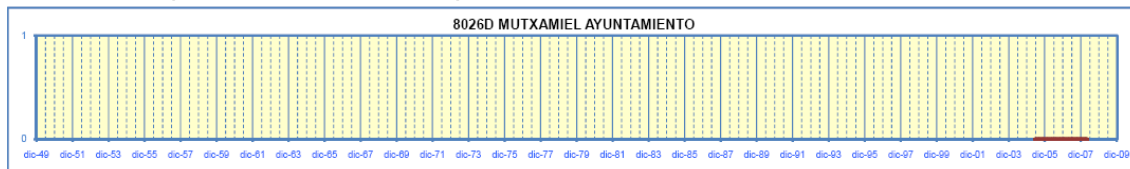
**Figura nº 43.- Serie pluviométrica de la estación 8025A. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados**

Prácticamente casi todos los datos del periodo 1950-1999 de la serie pluviométrica de la estación 8026 A han sido interpolados por la DPA, salvo algunos meses del periodo 1981-1982 (ver Figura nº 44). Cuenta con datos de temperatura.

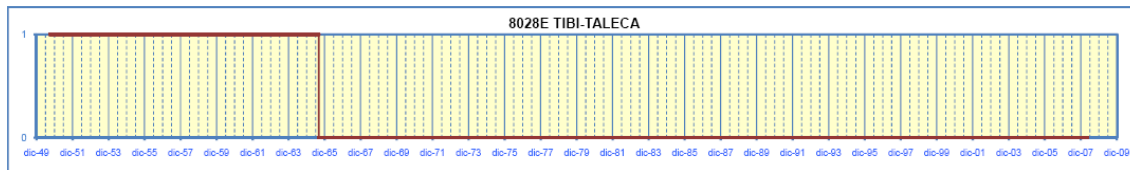


**Figura nº 44.- Serie pluviométrica de la estación 8026A. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados**

La serie de la estación 8026D es muy corta (ver Figura nº 45) y corresponde al periodo 2005-2008. No dispone de datos de temperatura.



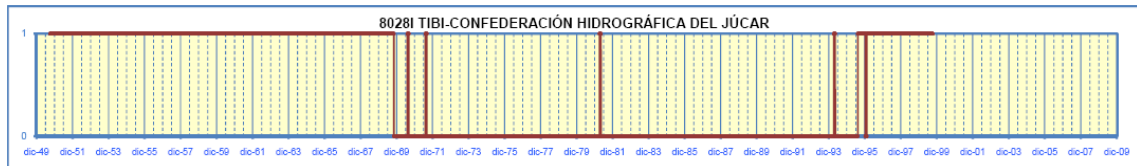
**Figura nº 45.- Serie pluviométrica de la estación 8026D. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados**



**Figura nº 46.- Serie pluviométrica de la estación 8028E. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados**

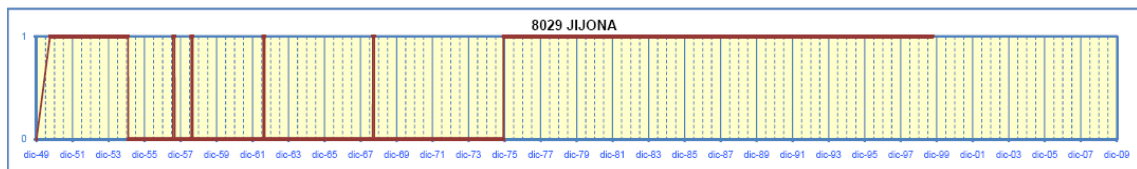
La serie de la estación 8028E corresponde al periodo 1950-2008. La DPA interpola todos los valores que corresponden al periodo 1950-1965 (ver Figura nº 46). No cuenta con datos de temperatura.

La estación pluviométrica 8028I cuenta con datos reales con algunas lagunas en el periodo 1969-1995. La DPA interpola los valores de las lagunas que existen en ese periodo y entre 1950 y 1969 y entre 1995 y 1999 (ver Figura nº 47).



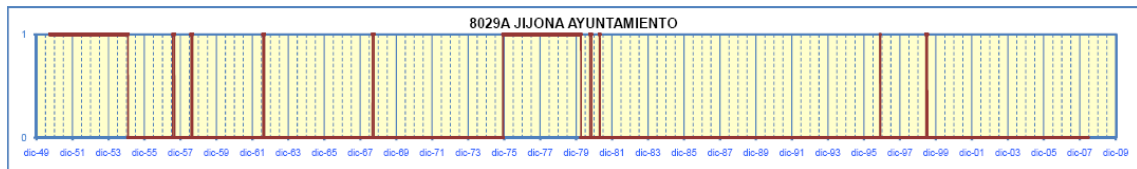
**Figura nº 47.- Serie pluviométrica de la estación 8028I. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados**

La estación termo-pluviométrica 8029 cuenta con datos reales de precipitación en el periodo 1955-1975. El resto de datos de los periodos 1950-1955 y 1975-1999 han sido interpolados por la DPA (ver Figura nº 48).



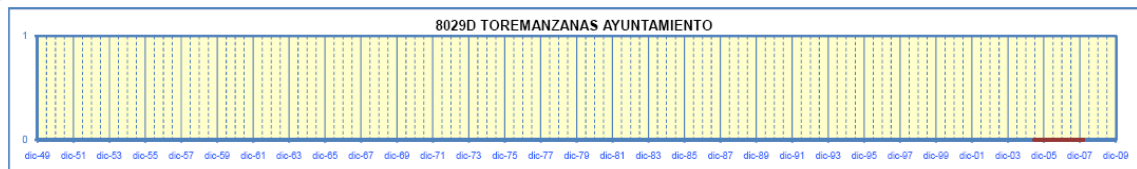
**Figura nº 48.- Serie pluviométrica de la estación 8029. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados**

La estación 8029 A sólo cuenta con datos de precipitación. La serie abarca el periodo 1950-2008, aunque parte de los datos se han interpolado por la DPA como se observa en la Figura nº 49.

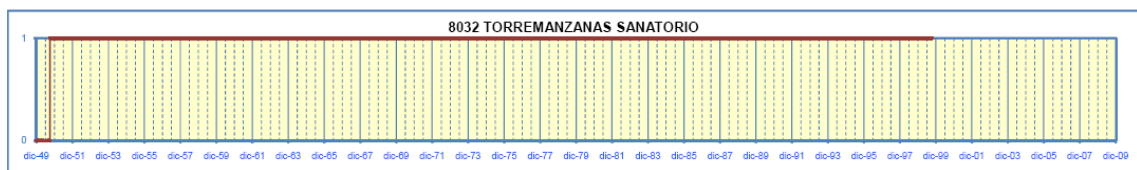


**Figura nº 49.- Serie pluviométrica de la estación 8029A. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados**

La estación 8029D sólo dispone de datos pluviométricos del periodo 2005-2008 (ver Figura nº 50).



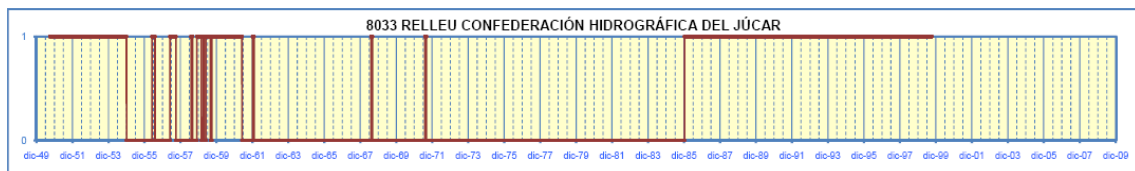
**Figura nº 50.- Serie pluviométrica de la estación 8029D. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados**



**Figura nº 51.- Serie pluviométrica de la estación 8032. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados**

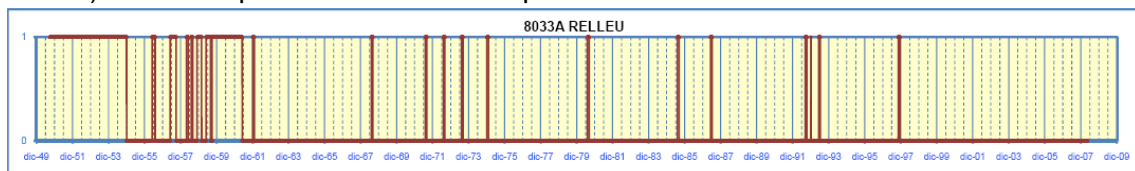
Todos los datos del periodo 1950-1999 de la estación 8032 han sido interpolados por la DPA (ver Figura nº 51). Se cuenta con datos de temperatura.

En la estación 8033 se dispone de una serie completa de precipitación para el periodo 1950-1999 tras la interpolación que realizó la DPA (ver Figura nº 52). No existen datos de temperatura.



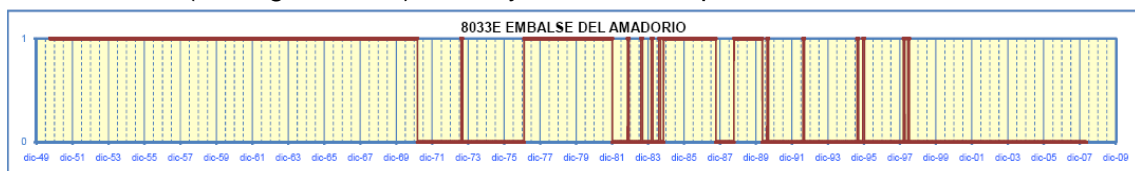
**Figura nº 52.- Serie pluviométrica de la estación 8033. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados**

En la estación 8033 A se dispone de una serie bastante completa de datos reales para el periodo 1950-2008. Las lagunas fueron completadas por la DPA mediante interpolación (ver Figura nº 53). No se dispone de datos de temperatura.



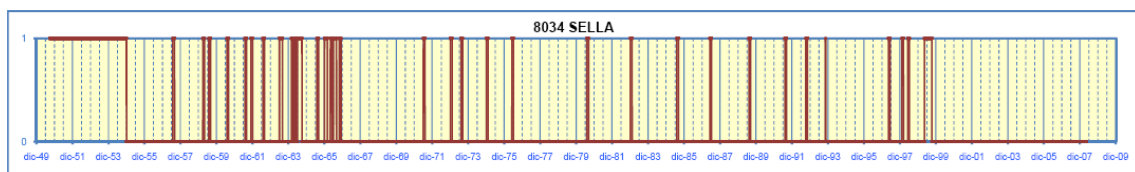
**Figura nº 53.- Serie pluviométrica de la estación 8033A. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados**

Los datos reales de la estación 8033E comienzan en 1970, aunque hasta 2008 hay bastantes lagunas que fueron rellenadas mediante interpolación por la DPA, al igual que el periodo 1950-1970 (ver Figura nº 54). No hay datos de temperatura.

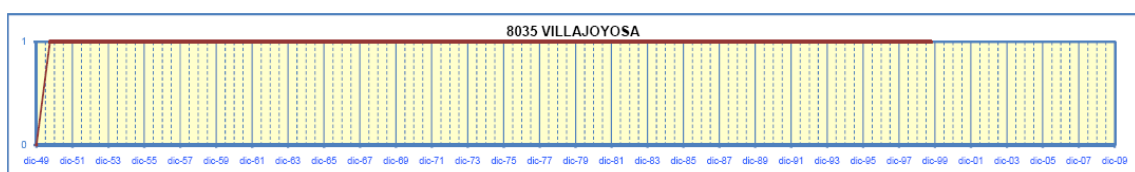


**Figura nº 54.- Serie pluviométrica de la estación 8033E. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados**

La estación 8034 dispone de una serie bastante completa únicamente de precipitación del periodo 1950-2008 cuyas lagunas las completó la DPA mediante interpolación (ver Figura nº 55).



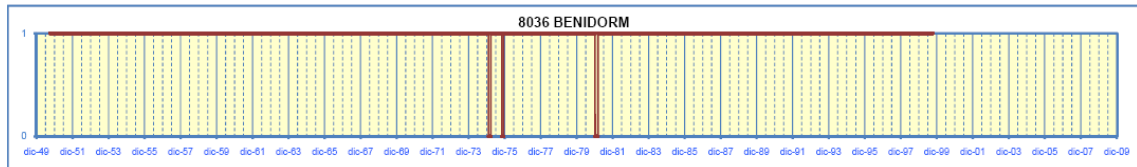
**Figura nº 55.- Serie pluviométrica de la estación 8034. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados**



**Figura nº 56.- Serie pluviométrica de la estación 8035. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados**

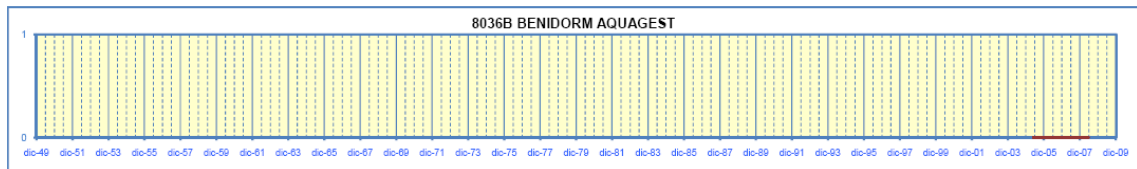
Todos los datos de la estación 8035 fueron interpolados por la DPA en el periodo 1950-1999 (ver Figura nº 56). El completado del periodo 1999-2008 se ha realizado con datos reales obtenidos del SIAR. Los datos de temperatura corresponden únicamente al periodo 1999-2008.

La estación termo-pluviométrica 8036 sólo cuenta con datos de precipitación interpolados por la DPA (ver Figura nº 57).



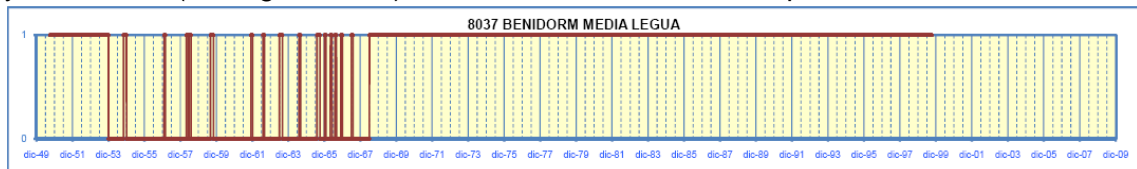
**Figura nº 57.- Serie pluviométrica de la estación 8036. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados**

La estación 8036B tiene series de precipitación y temperatura reales muy cortas (periodo 1996-2008), tal y como se observa en la Figura nº 58.



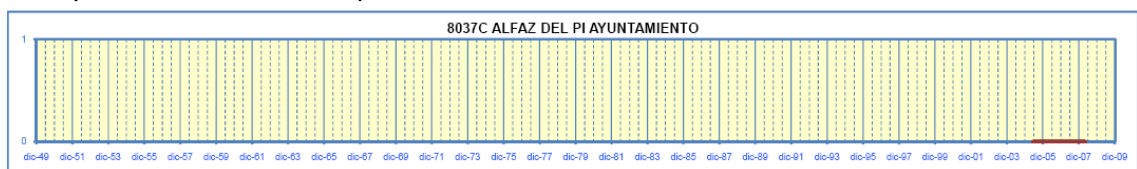
**Figura nº 58.- Serie pluviométrica de la estación 8036B. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados**

La estación 8037 sólo dispone de datos reales durante el periodo 1953-1968, por lo que la DPA completó las lagunas para ese periodo y las series completas de los periodos 1950-1953 y 1968-1999 (ver Figura nº 59). No cuenta con datos de temperatura.

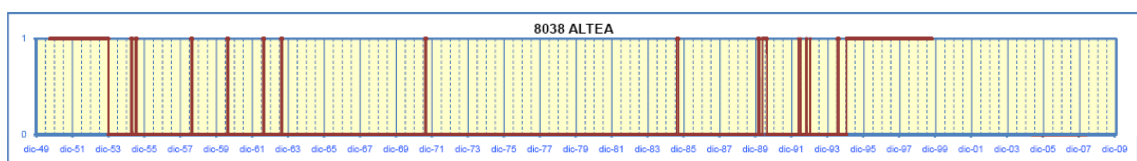


**Figura nº 59.- Serie pluviométrica de la estación 8037. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados**

La estación 8037C tiene una serie de pluviométrica de datos reales muy corta (ver Figura nº 60). No dispone de datos de temperatura.



**Figura nº 60.- Serie pluviométrica de la estación 8024. 0: Dato real; 1: Dato interpolado**



**Figura nº 61.- Serie pluviométrica de la estación 8038. 0: Datos reales; 1: Datos interpolados**

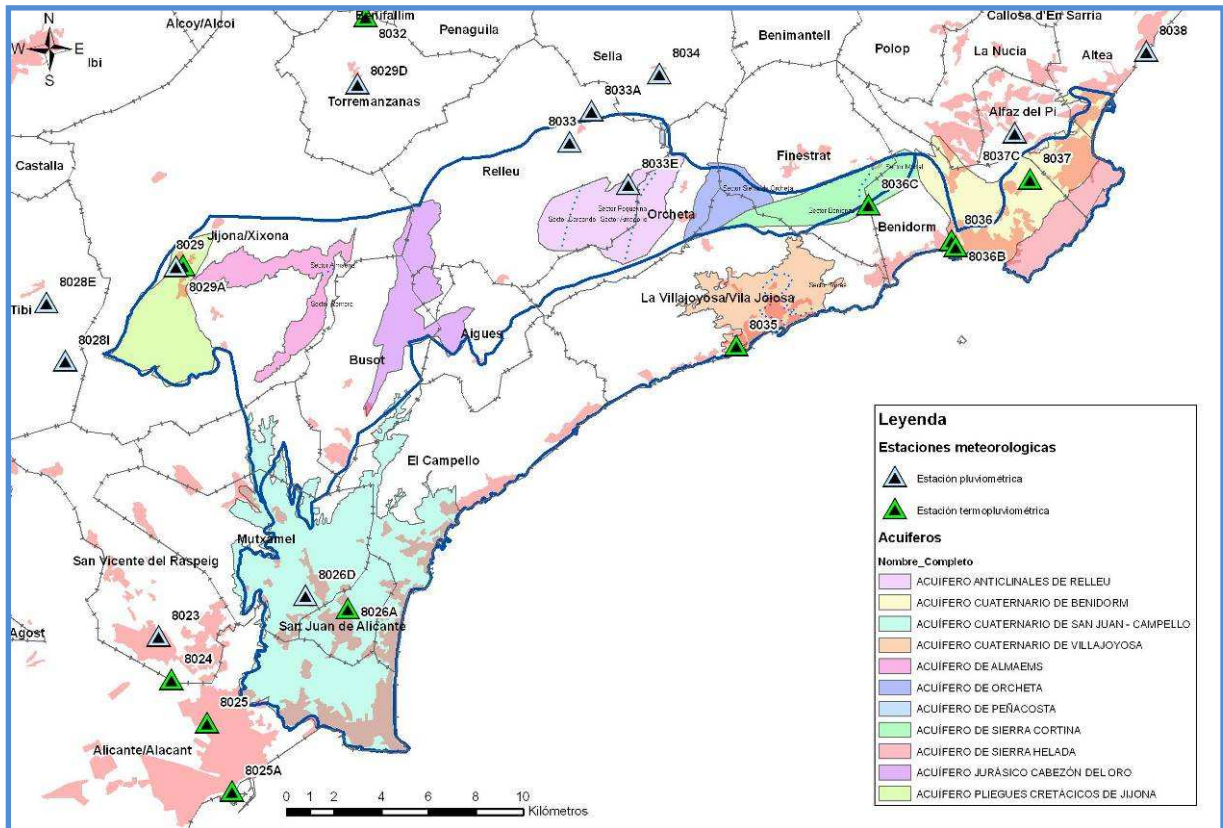


Figura nº 62.- Localización de estaciones meteorológicas

La estación 8038 dispone de datos reales e interpolados por la DPA de precipitación durante el periodo 1950-1999 (ver Figura nº 61). La serie se completa en el periodo 1999-2008 con información de temperatura y precipitación del SIAR.

Las estaciones que se van a utilizar en la zona de estudio son:

- Estación 8023 (San Vicente de Raspeig), situada a unos 5 km de la zona de estudio, en concreto al oeste del acuífero Cuaternario de San Juan-Campello (ver Figura nº 62), para correlacionar altitud y precipitación media anual del periodo 1/1/2000-31/12/2008 (en este periodo no hay datos interpolados).
- Estación 8025 (Alicante Ciudad Jardín), a unos 3 km del acuífero Cuaternario de San Juan-Campello (ver Figura nº 62), al suroeste, al contar con datos de temperatura y precipitación del periodo 1950-2008, algunos interpolados por la DPA. Se utilizará para realizar balance hídrico del suelo en el periodo 1980-1999 y para correlacionar altitud y precipitación media anual del periodo 1/1/2000-31/12/2008 (en este periodo no hay datos interpolados).



- Estación 8026A (San Juan de Alicante-ETASA), ubicada sobre el acuífero Cuaternario de San Juan-Campello (ver Figura nº 62), al disponer de una serie completa de datos reales e interpolados por la DPA de precipitación y temperatura para el periodo 1950-1999. Se utilizará para realizar el balance hídrico del suelo en el periodo 1980-1999.
- Estación 8028E (Tibi-Taleca), situada a unos 8 km al oeste del acuífero de Almaens (ver Figura nº 62), para correlacionar altitud y precipitación media anual del periodo 1/1/2000-31/12/2008 (en este periodo no hay datos interpolados).
- Estación 8029 (Jijona), situada al noroeste de la zona de estudio, junto a los afloramientos permeables que constituyen el acuífero de Almaens (ver Figura nº 62), al disponer de datos interpolados de precipitación y temperatura en el periodo 1950-1999. Se utilizará para realizar el balance hídrico del suelo en el periodo 1980-1999.
- Estación 8029A (Jijona Ayuntamiento), muy próxima a la estación anterior (ver Figura nº 62), al ser útil para correlacionar altitud y precipitación media anual del periodo 1/1/2000-31/12/2008 (en este periodo no hay datos interpolados).
- Estación 8032 (Torremanzanas-Sanatorio), situada a unos 3 km al norte de la estación anterior (ver Figura nº 62), al disponer de una serie completa de datos reales e interpolados por la DPA de precipitación y temperatura para el periodo 1950-1999 que van a permitir realizar el balance hídrico del suelo en ese periodo.
- Estación 8033A (Relleu), situada en las proximidades del acuífero Cretácico Anticlinales de Relleu (ver Figura nº 62), al contar con datos reales de precipitación en el periodo 1/1/2000-31/12/2008 que se pueden utilizar en la correlación de altitud.
- Estación 8033E (Embalse del Amadorio) para correlacionar precipitación media anual obtenida a partir de datos reales del periodo 1/1/2000-31/12/2008 con la altitud.
- Estación 8034 (Sella), situada a unos 2 km al norte de la zona de estudio (ver Figura nº 62), para correlacionar la precipitación media anual del periodo 1/1/2000-31/12/2008 con la altitud.
- Estación 8035 (Villajoyosa), situada en la costa sobre el acuífero Cuaternario de Villajoyosa (ver Figura nº 62), al disponer de una serie completa de datos reales e interpolados por la DPA de precipitación y temperatura en el periodo 1950-1999 y datos reales del periodo 1/1/2000-31/12/2008. Se utilizará para realizar el balance hídrico del suelo en el periodo 1980-1999 y correlacionar la altitud y precipitación media anual del periodo 1/1/2000-31/12/2008.
- Estación 8038 (Altea), ubicada a unos 3 km al este de la zona de estudio (ver Figura nº 62), con el fin de correlacionar precipitación media anual y la altitud al contar con datos reales en el periodo 1/1/2000-31/12/2008.

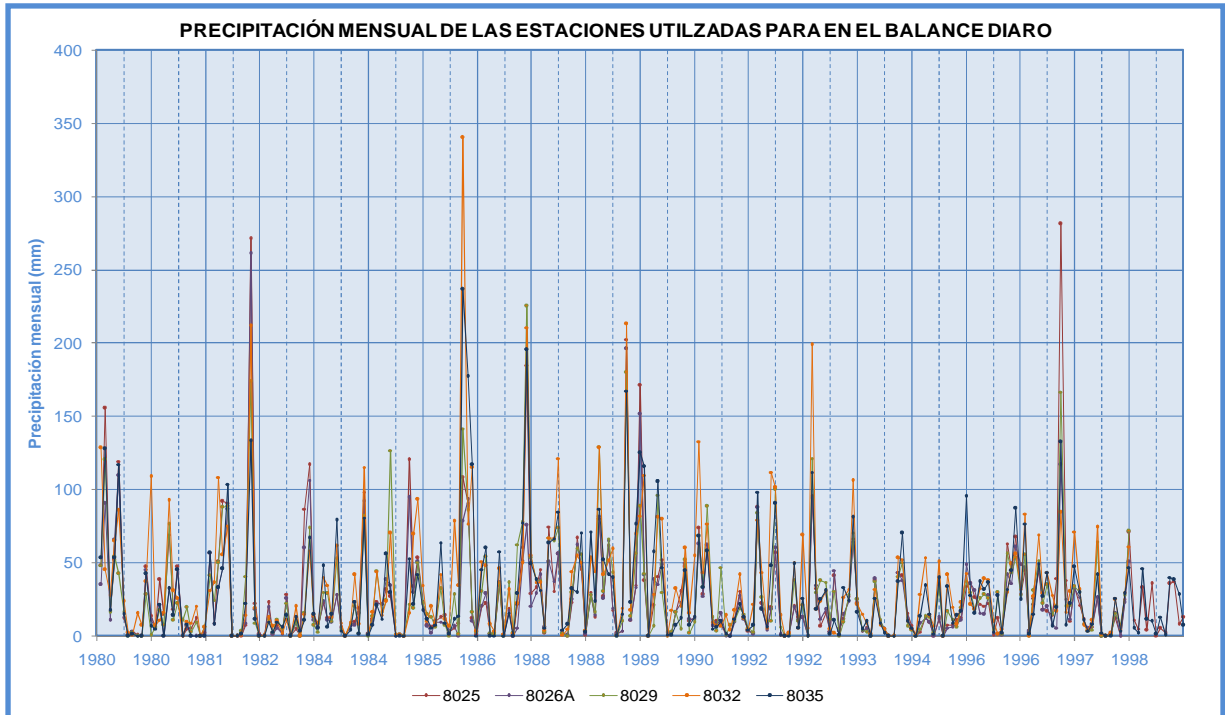


Figura nº 63.- Evolución mensual de la precipitación en las estaciones utilizadas para el balance del suelo

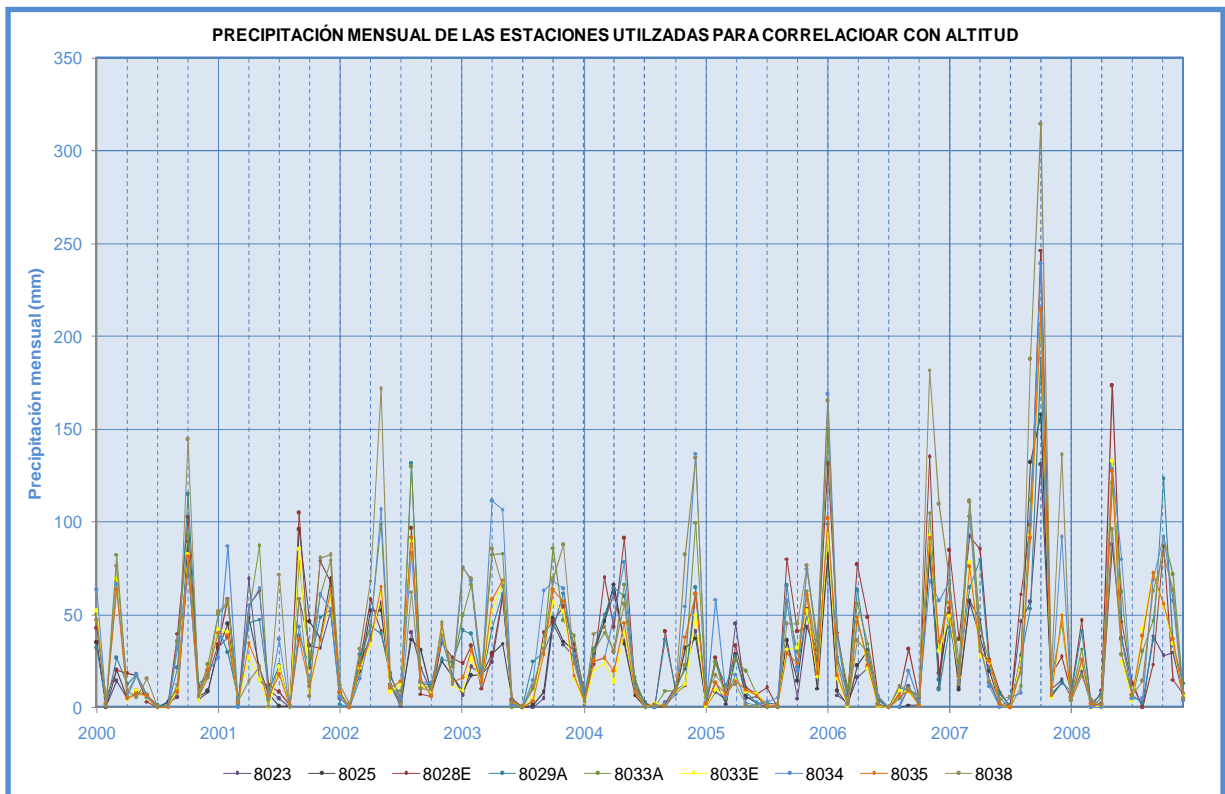
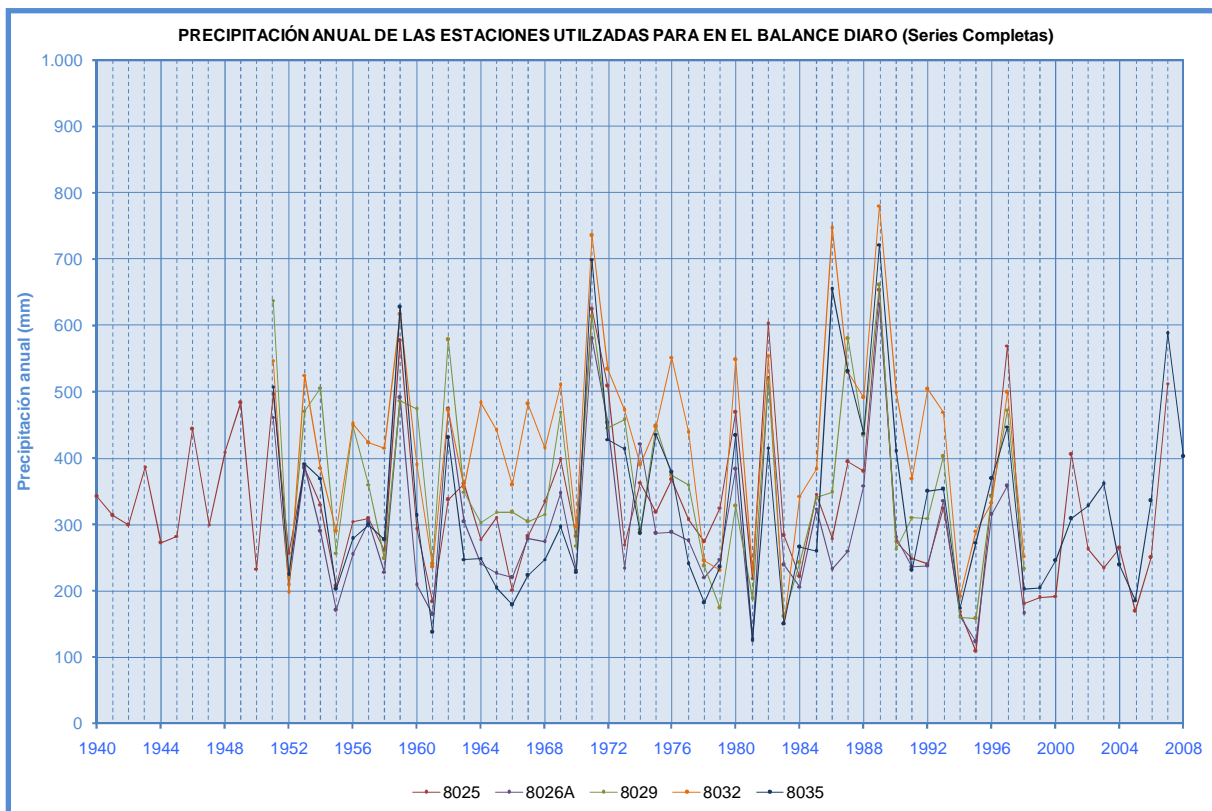
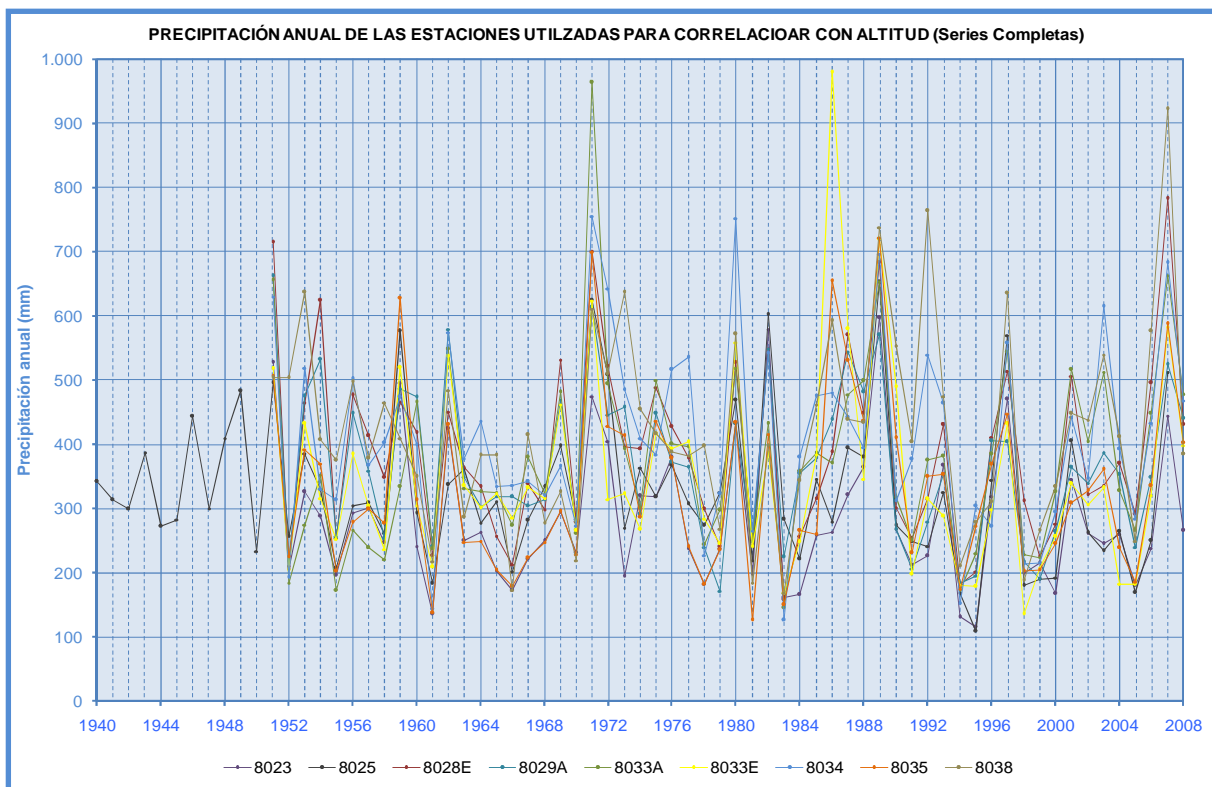


Figura nº 64.- Evolución mensual de precipitación en las estaciones utilizadas en la correlación de altitud



**Figura nº 65.- Evolución anual de precipitación de las estaciones utilizadas en los balances del suelo**



**Figura nº 66.- Evolución anual de precipitación de las estaciones utilizadas en la correlación de la altitud**

Si se representan periodos anuales comunes en las estaciones que se van a utilizar para realizar el balance diario (1 de enero de 1980 a 31 de diciembre de 1999) y correlacionar la precipitación media anual con la altitud (1 de enero de 2000 a 31 de diciembre de 2008), se puede comprobar la similitud de las series (ver Figura nº 63 y Figura nº 64).

En la Figura nº 65 y la Figura nº 66 se representan las precipitaciones anuales registradas en las estaciones seleccionadas.

Para todos los datos disponibles:

**Tabla nº 20.- Valores medios, máximos y mínimos anuales de precipitación (series completas)**

P (mm)	8023	8025	8026A	8028E	8029	8029A	8032	8033A	8033E	8034	8035	8038
Media	285,9	327,8	297,1	390,1	363,1	365,8	427,1	375,5	350,7	410,9	331,7	422,0
Máxima (año)	597,8 (1989)	653,1 (1989)	630,2 (1989)	782,5 (2007)	661,1 (1989)	662,5 (1951)	780,6 (1989)	964,0 (1971)	979,7 (1986)	755,0 (1971)	722,1 (1989)	922,8 (2007)
Mínima (año)	114,9 (1995)	108,9 (1995)	122,6 (1995)	157,8 (1983)	158,0 (1995)	171,6 (1979)	150,6 (1983)	145,5 (1983)	135,3 (1998)	125,8 (1983)	126,6 (1981)	167,9 (1983)

Para el periodo 1980–1999:

**Tabla nº 21.- Valores medios, máximos y mínimos anuales de precipitación (periodo 1980-1999)**

P (mm)	8023	8025	8026A	8028E	8029	8029A	8032	8033A	8033E	8034	8035	8038
Media	293,2	324,8	288,8	364,5	339,7	346,1	429,6	360,1	366,6	398,1	350,6	420,8
Máxima (año)	597,8 (1989)	653,1 (1989)	630,2 (1989)	683,5 (1989)	661,1 (1989)	570,4 (1989)	780,6 (1989)	653,6 (1989)	979,7 (1986)	752,2 (1980)	722,1 (1989)	763,9 (1992)
Mínima (año)	114,9 (1995)	108,9 (1995)	122,6 (1995)	157,8 (1983)	158,0 (1995)	182,9 (1994)	150,6 (1983)	145,5 (1983)	135,3 (1998)	125,8 (1983)	126,6 (1981)	167,9 (1983)

Para el periodo 2000–2008:

**Tabla nº 22.- Valores medios, máximos y mínimos anuales de precipitación (periodo 2000-2008)**

P (mm)	8023	8025	8026A	8028E	8029	8029A	8032	8033A	8033E	8034	8035	8038
Media	267,6	286,1		423,4		362,3		437,7	322,0	440,0	332,4	478,4
Máxima (año)	444,1 (2007)	512,5 (2007)		782,5 (2007)		524,9 (2007)		663,0 (2007)	581,3 (2007)	682,9 (2007)	587,4 (2007)	922,8 (2007)
Mínima (año)	167,2 (2000)	168,5 (2005)		276,2 (2000)		239,7 (2005)		265,5 (2005)	181,3 (2005)	284,0 (2005)	185,4 (2005)	249,2 (2005)

De las tablas anteriores se desprende que si se parte de los datos disponibles de las estaciones, la precipitación media anual oscila entre 280 y 430 mm, si se considera el periodo 1980-1999 lo hace entre 290 y 430 mm y en el periodo 2000-2008 entre 260 y 480 mm.

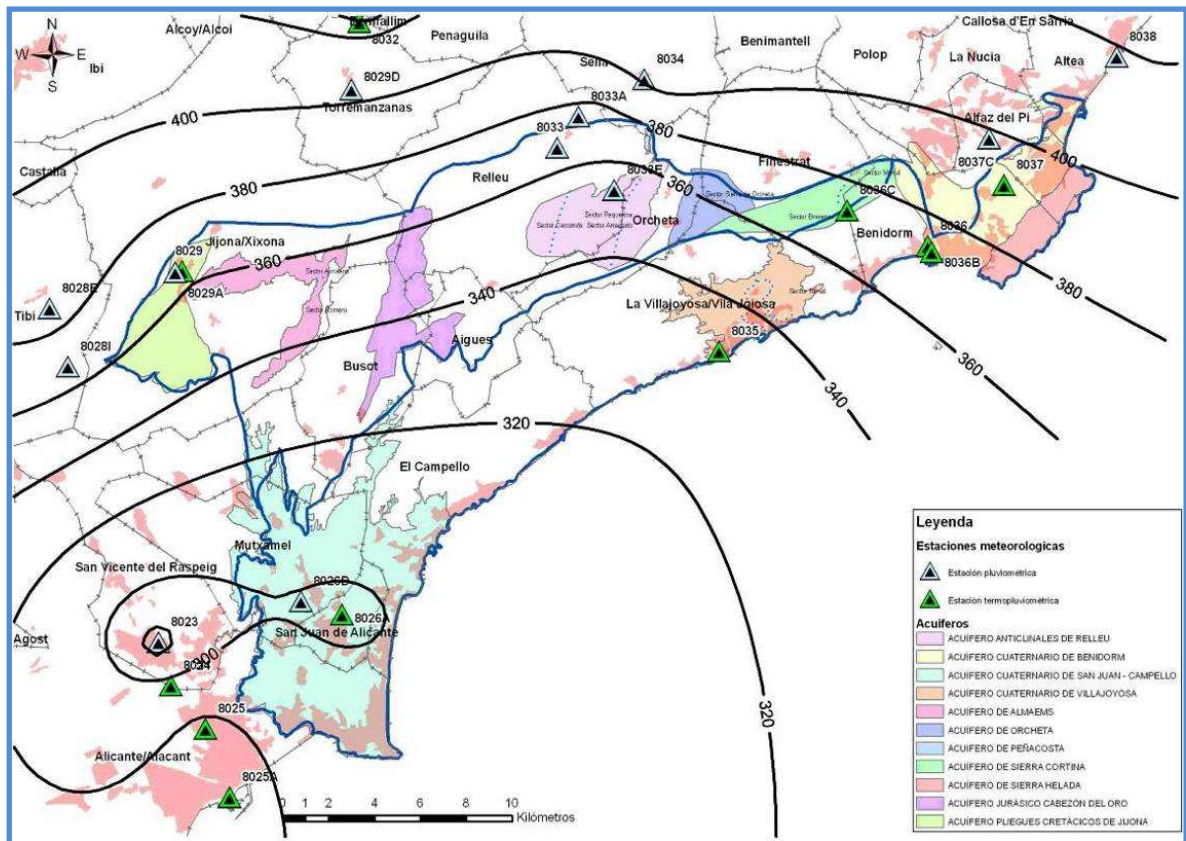


Figura nº 67.- Mapa de isoyetas de precipitaciones medias anuales (todos los años disponibles)

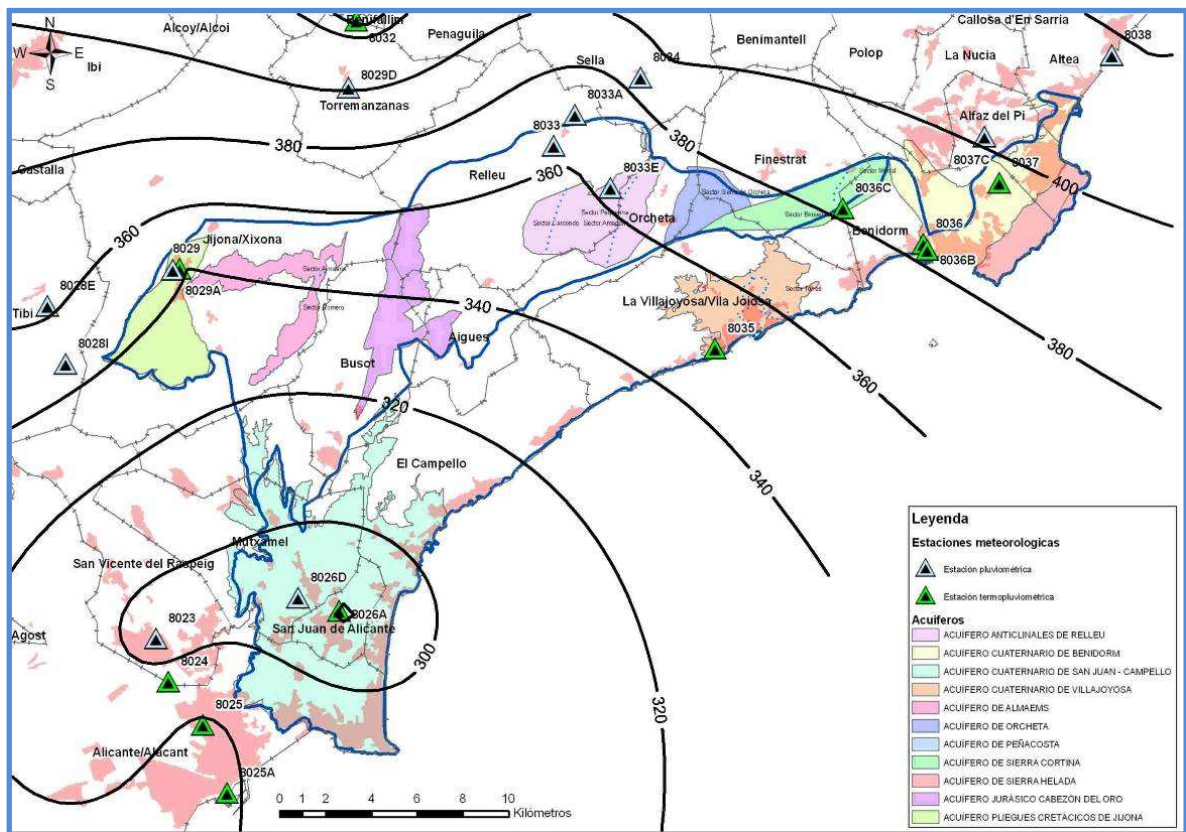


Figura nº 68.- Mapa de isoyetas de precipitaciones medias anuales (1980-1999)

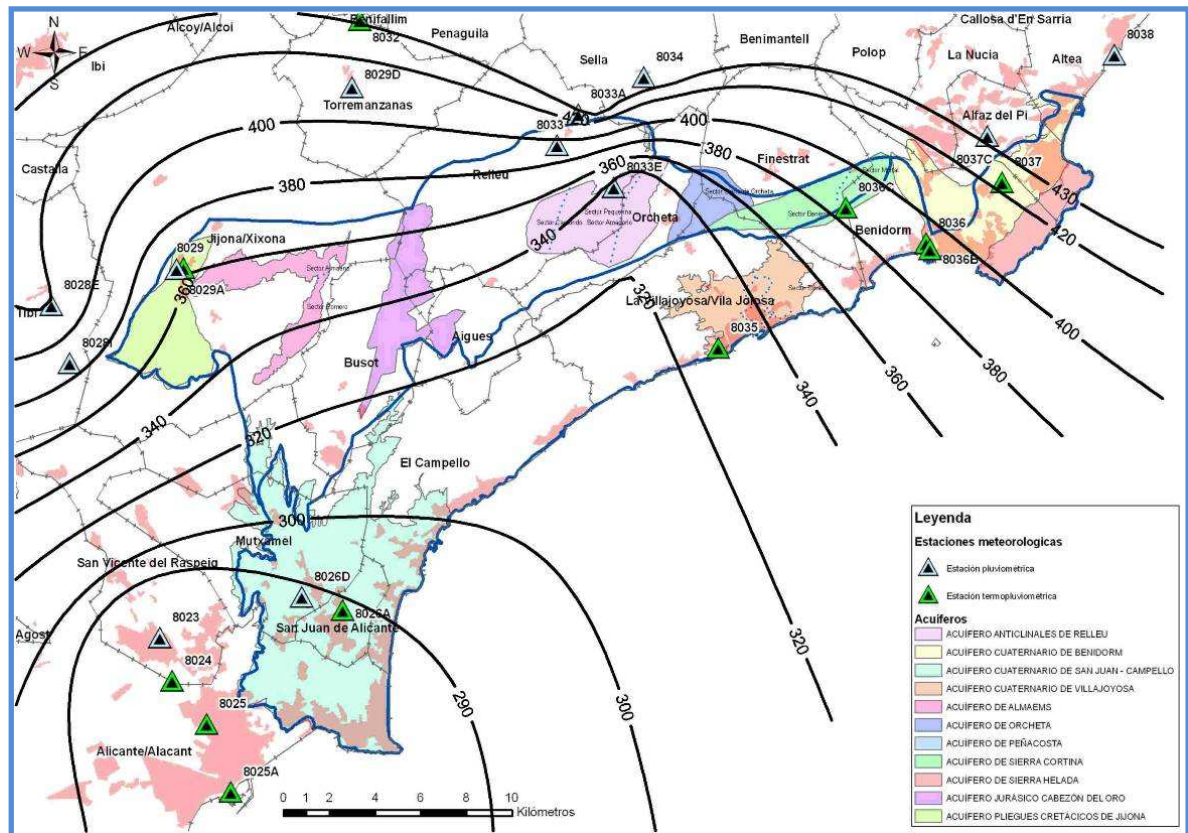


Figura nº 69.- Mapa de isoyetas de precipitaciones medias anuales (2000-2008)

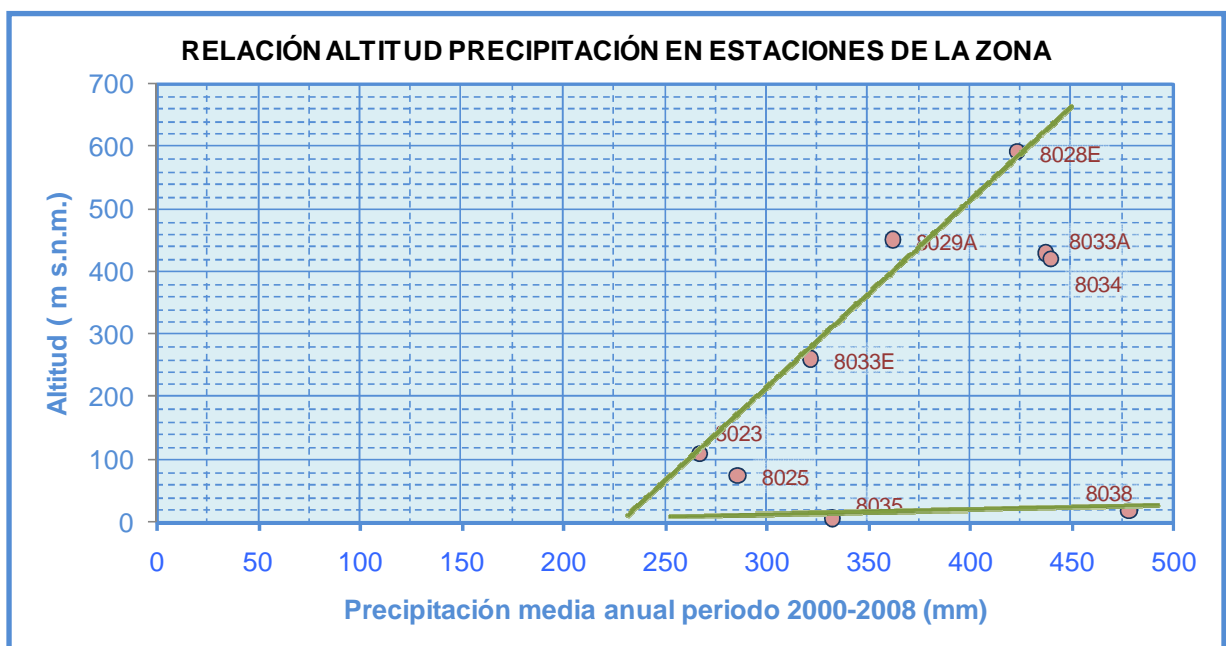


Figura nº 70.- Correlación entre altitud y precipitación media anual (periodo 2000-2008)

Si se observan los mapas de isoyetas realizados a partir de las precipitaciones medias anuales (ver Tabla nº 20, Tabla nº 21 y Tabla nº 22), se aprecia que en la zona de estudio la precipitación media anual varía entre 300 y 410 mm, si se consideran todos los datos disponibles (ver Figura nº 67) o los del periodo 1980-1999 (ver Figura nº 68) y entre 260 y 480 mm si se tienen en cuenta únicamente los del periodo 2000-2008 (ver Figura nº 69).

También en las figuras que se han representado las isoyetas se observa que la precipitación aumenta en dos direcciones, hacia el noreste y hacia el norte, pasando de valores que rondan los 280-300 mm/año en la zona de San Juan-Campello a valores que superan los 380 mm en las proximidades de Altea y en el área septentrional de la zona de estudio.

La relación de la altitud con los datos reales de precipitación medios anuales registrados en el periodo 2000-2008 se muestra en la Figura nº 70. En ésta se aprecia que no hay una clara correlación entre altitud y precipitación debido a las elevadas precipitaciones registradas en la Estación 8038 de Altea (cota: 17 m s.n.m.), que indica que la precipitación también está notablemente condicionada por la latitud, como muestran las isoyetas.

De acuerdo con el análisis de precipitación, a cada acuífero de las MASub de la zona de estudio se ha asignado una estación climatológica con datos reales y/o interpolados por la DPA en el periodo 1980/1998. En concreto, a los acuíferos calizo-dolomíticos Pliegues Cretácicos de Jijona, Almaens, Cabezón del Oro, Anticlinales de Relleu, Peñacosta, Orcheta y Sierra Cortina la estación 8029 Jijona, al acuífero Cuaternario de San Juan-Campello la estación 8026 A, al acuífero Cuaternario de Villajoyosa la 8035 y al acuífero de Sierra Helada y al acuífero Cuaternario de Benidorm el régimen de precipitaciones de la estación 8038 y los registros de temperatura de la estación 8035.

## 7.4 ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA

En el análisis de los datos de temperatura se concluye que:

La estación 8024 dispone de una serie histórica con datos reales, aunque con algunas lagunas del periodo 1961-1966. La DPA completó la serie interpolando datos de otras del entorno para el periodo 1950-1999 (ver Figura nº 71).

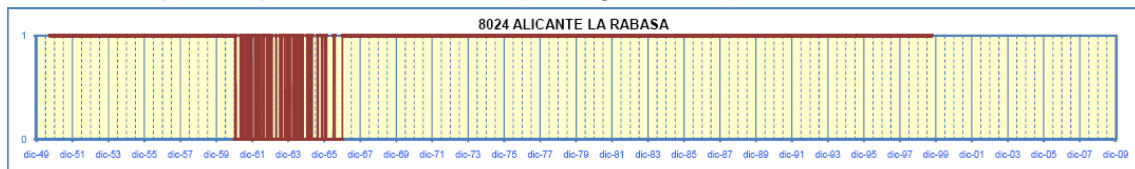


Figura nº 71.- Serie de temperatura de la estación 8024. 0: Dato real; 1: Dato interpolado

La estación 8025 cuenta con datos reales de los periodos 1949-1955, 1975-1985, 1988-19993 y 1995-2008, el resto de datos del periodo 1950-2008 los completó la DPA realizando interpolaciones mas con otras estaciones del entorno (ver Figura nº 72).

La estación 8025 A sólo cuenta con datos reales entre 1955 y 1975. La DPA obtiene una serie continua para el periodo 1950-1999 interpolando datos con otras estaciones del entorno (ver Figura nº 73).

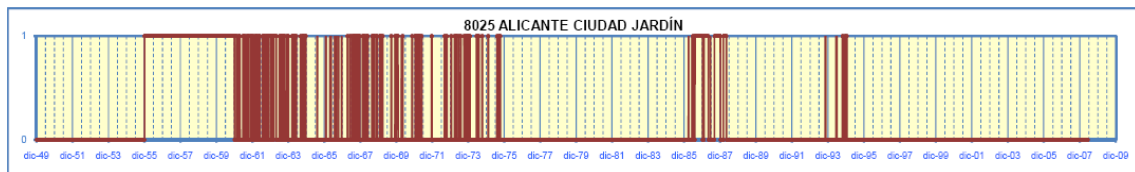


Figura nº 72.- Serie de temperatura de la estación 8025. 0: Dato real; 1: Dato interpolado

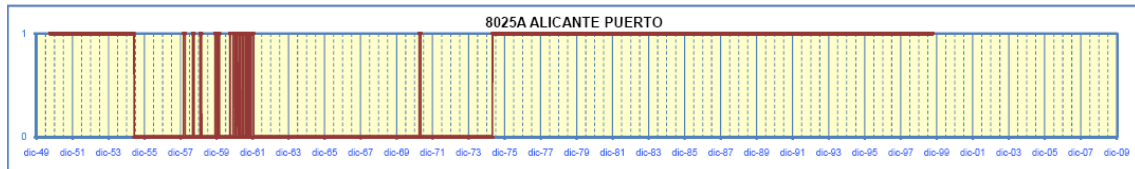


Figura nº 73.- Serie de temperatura de la estación 8025 A. 0: Dato real; 1: Dato interpolado

La estación 8026 A dispone de datos reales entre 1972 y 1982. La DPA interpola valores de otras estaciones para obtener la serie completa del periodo 1950-1999 (ver Figura nº 74).

Las estación 8029 cuenta con datos reales desde 1950 hasta 1976. Para conseguir una serie completa de datos del periodo 1950-1999 la diputación interpola los datos (ver Figura nº 75).

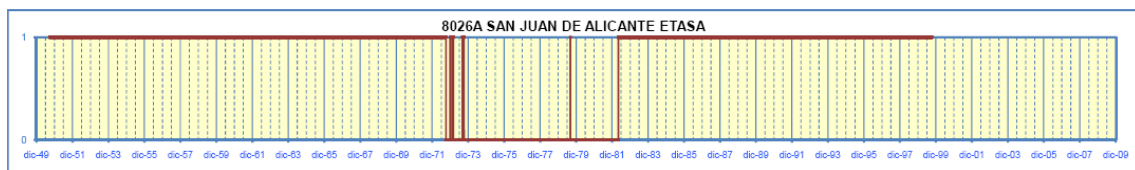


Figura nº 74.- Serie de temperatura de la estación 8026. 0: Dato real; 1: Dato interpolado.

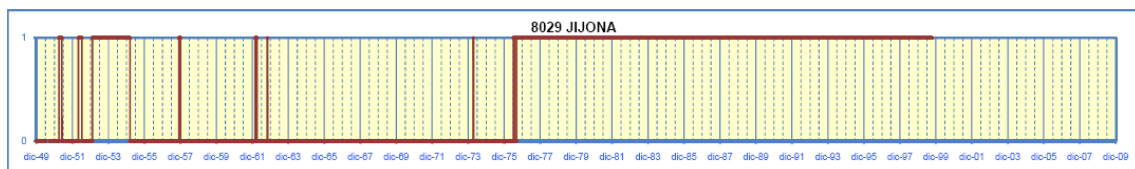


Figura nº 75.- Serie de temperatura de la estación 8029. 0: Dato real; 1: Dato interpolado

En la estación 8032 prácticamente todos los datos del periodo 1950-1999 han sido interpolados por la DPA (ver Figura nº 76).

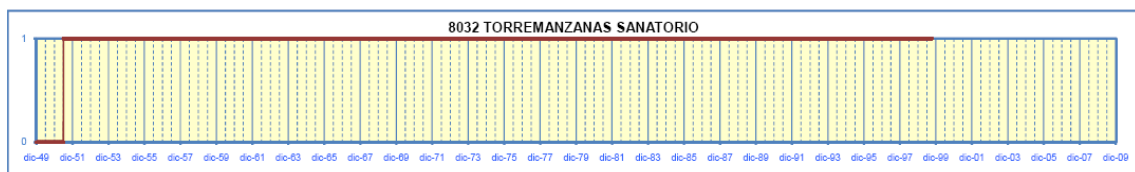


Figura nº 76.- Serie de temperatura de la estación 8032. 0: Dato real; 1: Dato interpolado

Los datos termométricos de la estación 8035 han sido interpolados por la DPA entre 1957 y 1999 (ver Figura nº 77). Entre 1999 y 2008 se han utilizado los datos reales del SIAR.

En la estación 8036 prácticamente todos los datos han sido interpolados por la DPA (ver Figura nº 78).



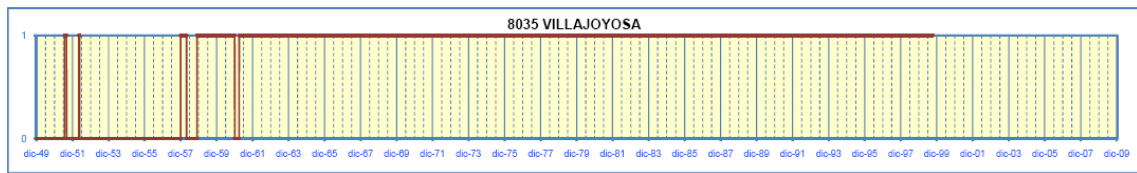


Figura nº 77.- Serie de temperatura de la estación 8035. 0: Dato real; 1: Dato interpolado.

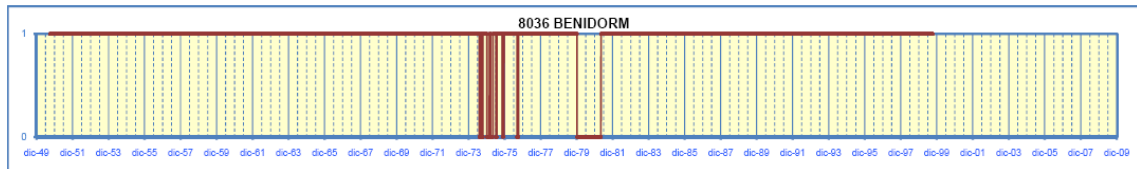


Figura nº 78.- Serie de temperatura de la estación 8036. 0: Dato real; 1: Dato interpolado.

En la estación 8036B se dispone de una serie histórica muy corta (ver Figura nº 79).

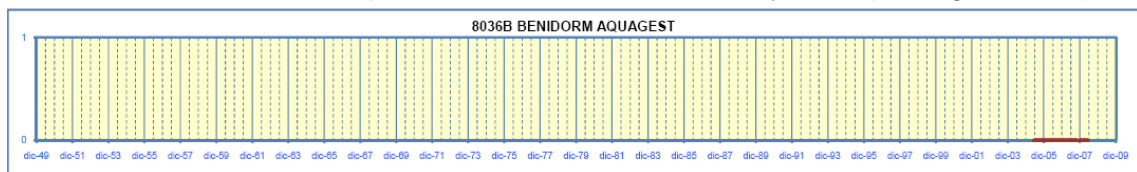


Figura nº 79.- Serie de temperatura de la estación 8036B. 0: Dato real; 1: Dato interpolado.

En la Figura nº 80 se muestra la evolución de la temperatura media mensual de la estación 8025 Alicante Ciudad Jardín en el periodo 1980-2008 (es la que dispone de más datos reales). La distribución muestra valores máximos de temperatura media mensual que oscilan entre 25 y 27 °C, que corresponden con los meses de julio y agosto, y valores mínimos que oscilan entre 8 y 10 °C que se registran entre los meses de diciembre y febrero.

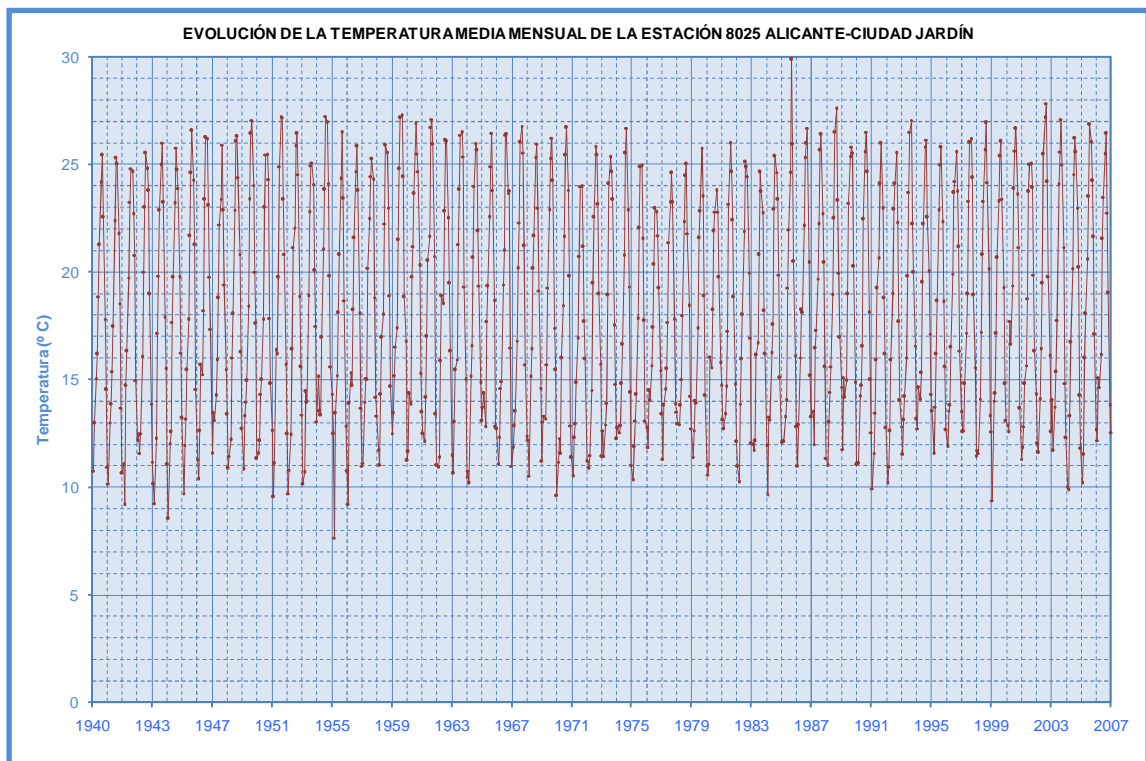


Figura nº 80.- Temperatura media mensual. Estación 8025

## 7.5 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

La evapotranspiración es un mecanismo que permite la salida de agua del sistema mediante la combinación de dos procesos, la evaporación y la transpiración a través de las plantas. La evapotranspiración potencial (ETP) es un concepto introducido por Thornthwaite en el que se establece la cantidad de agua que se perdería con este mecanismo en una superficie totalmente cubierta de vegetación y con humedad suficiente. La realidad es que la ETP es un valor máximo que nunca se alcanza y por ello es necesario determinar la evapotranspiración real (ETR).

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial se ha procedido a aplicar la fórmula empírica de Thornthwaite, utilizando datos diarios correspondientes a las estaciones meteorológicas citadas en el periodo comprendido entre el 1 de enero de 1980 y el 31 de diciembre de 1998. Esta fórmula tiene en cuenta además otros parámetros como la insolación en función de la latitud y el índice de calor anual.

Thornthwaite obtiene la “ETP” mensual sin ajustar en mm con la siguiente expresión:

$$\text{“ETP”} = 16 \times (10 \times T_m/I)^a$$

donde:

“ $T_m$ ” es la temperatura media mensual en  $^{\circ}\text{C}$

“ $I$ ” es el índice anual de calor

“ $a$ ” es un parámetro que se calcula a partir de “ $I$ ” según la expresión:

$$a = 0,000000675 \times I^3 - 0,0000771 \times I^2 + 0,01792 \times I + 0,49239$$

El índice de calor anual se calcula como:

$$I = \sum i \text{ (sumatoria de los doce índices de calor mensual)}$$

El índice de calor mensual se obtiene:

$$i = (T_m/5)^{1,514}$$

Finalmente tiene en cuenta la duración real del mes y el número máximo de horas de sol, según la latitud del lugar, y llega a la expresión:

$$\text{ETP} = \text{“ETP”} \times K$$

donde  $K$  se obtiene a partir de:

$$K = N/12 \times d/30 \times d$$

donde:

“ $N$ ” es el número máximo de horas de sol según la latitud

“ $d$ ” es el número de días del mes

“ETP” es la evapotranspiración potencial sin ajustar.

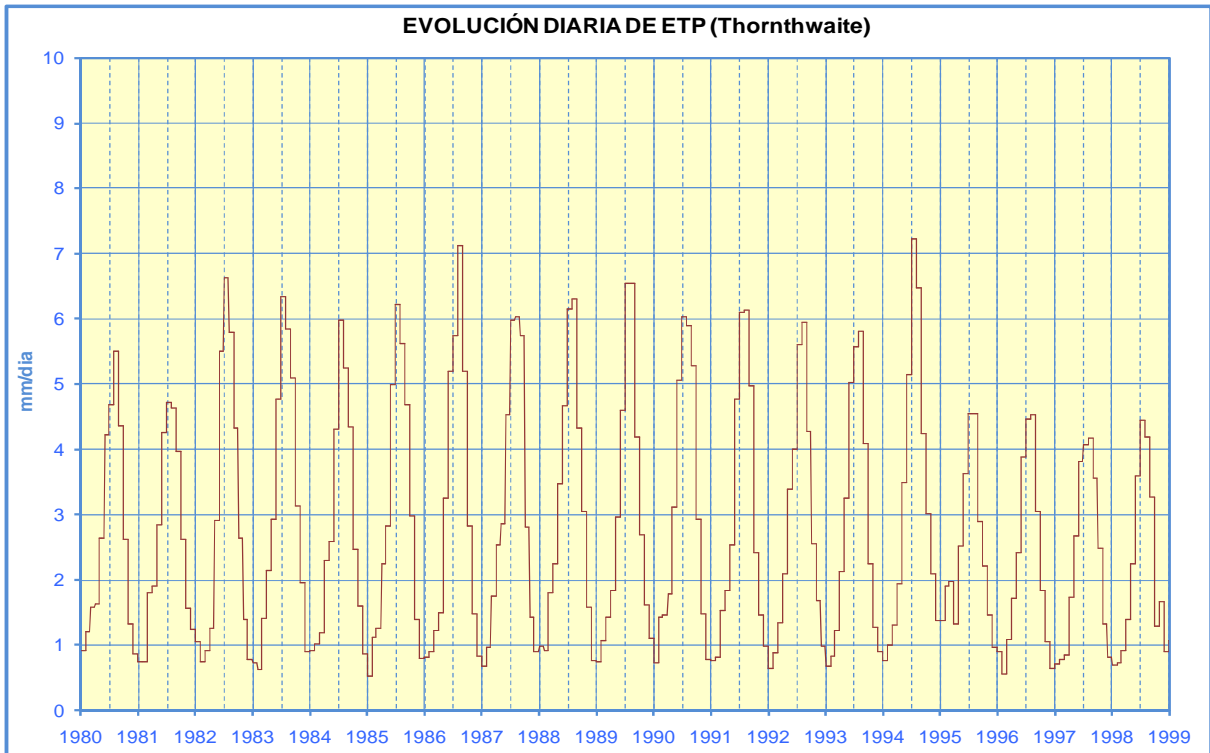


Figura nº 81.- Evolución de la ETP diaria. Estación 8026 A

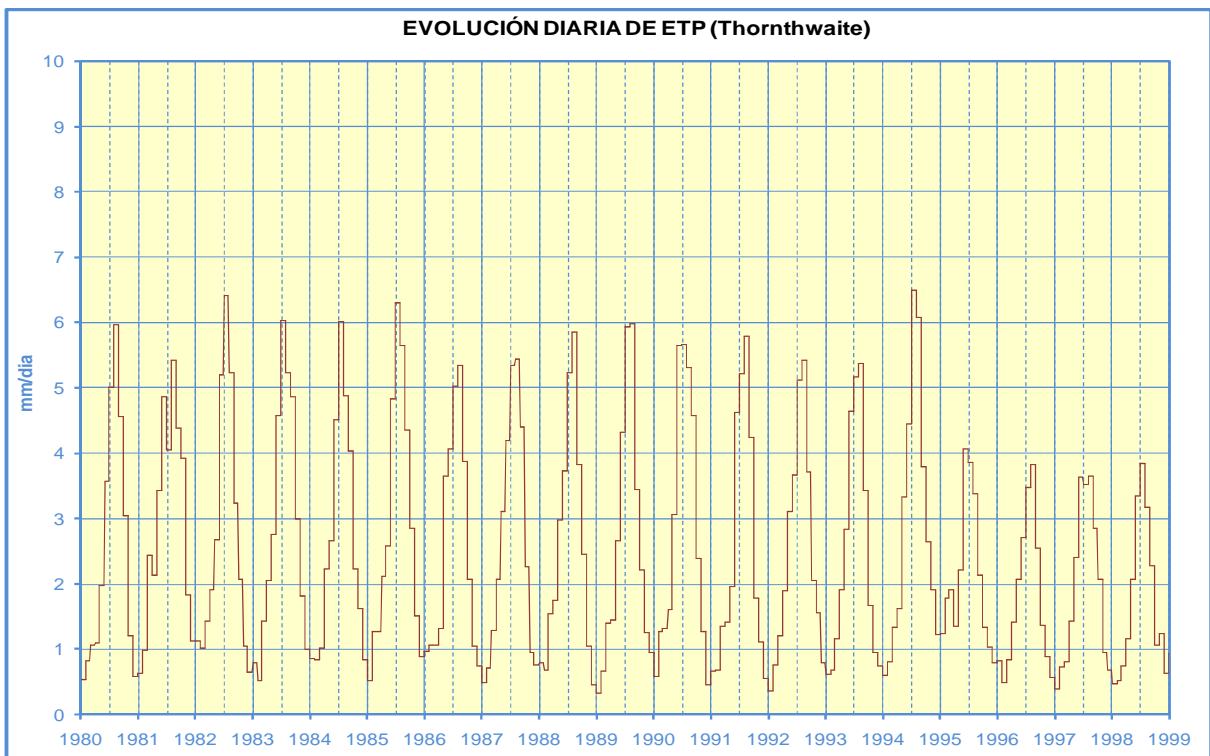


Figura nº 82.- Evolución de la ETP diaria. Estación 8029

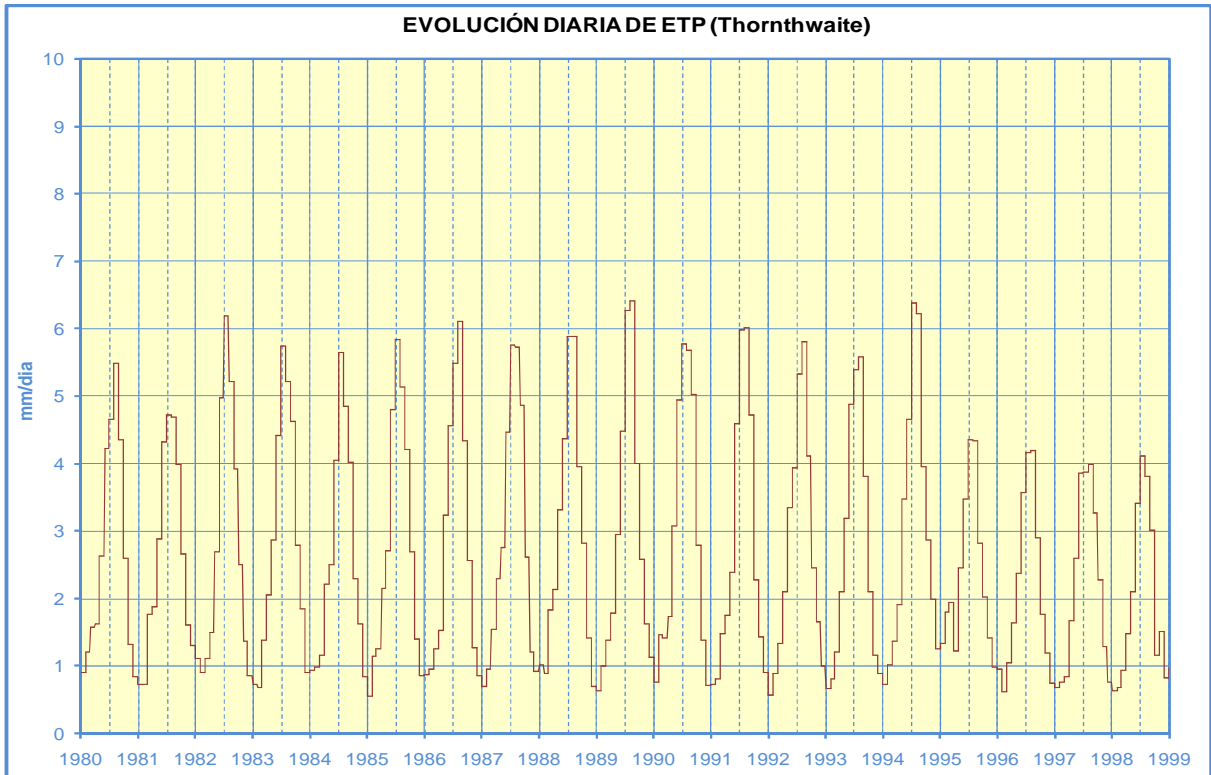


Figura nº 83.- Evolución de la ETP diaria. Estación 8035

Los resultados obtenidos para las estaciones 8026 A, 8029 y 8035 se muestran, respectivamente, en la Figura nº 81, Figura nº 82 y Figura nº 83.

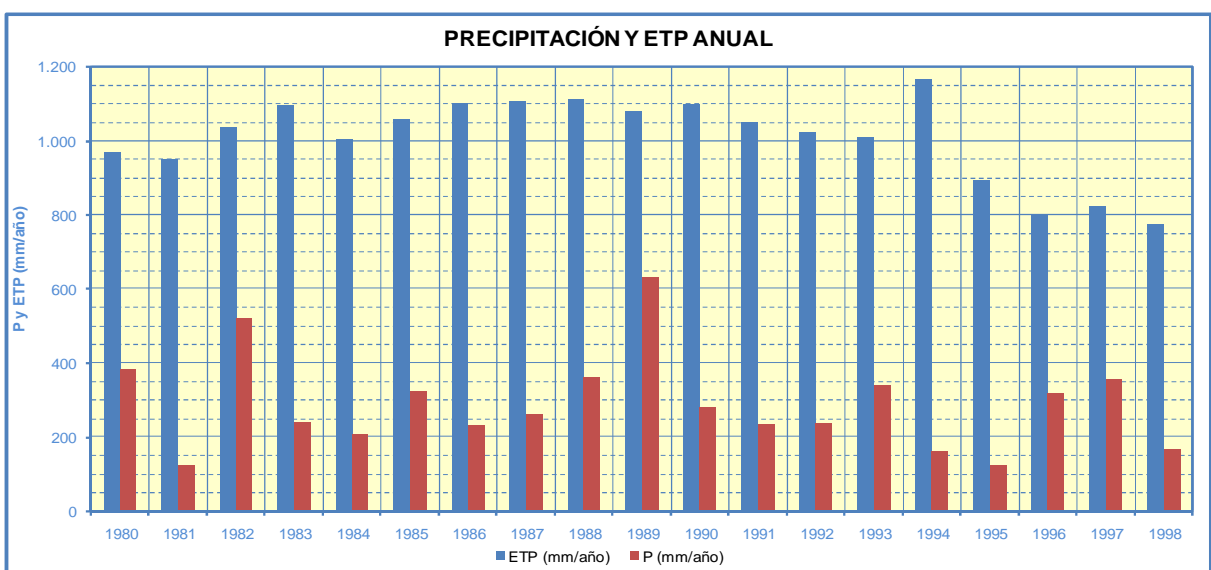


Figura nº 84.- Precipitación anual y ETP calculada por Thornthwaite. Estación 8026 A

Las gráficas muestran que los días de mayor ETP están comprendidos entre mayo y septiembre. Los valores máximos se sitúan entre 5 y 7 mm/día y los mínimos próximos a 1 mm/día.

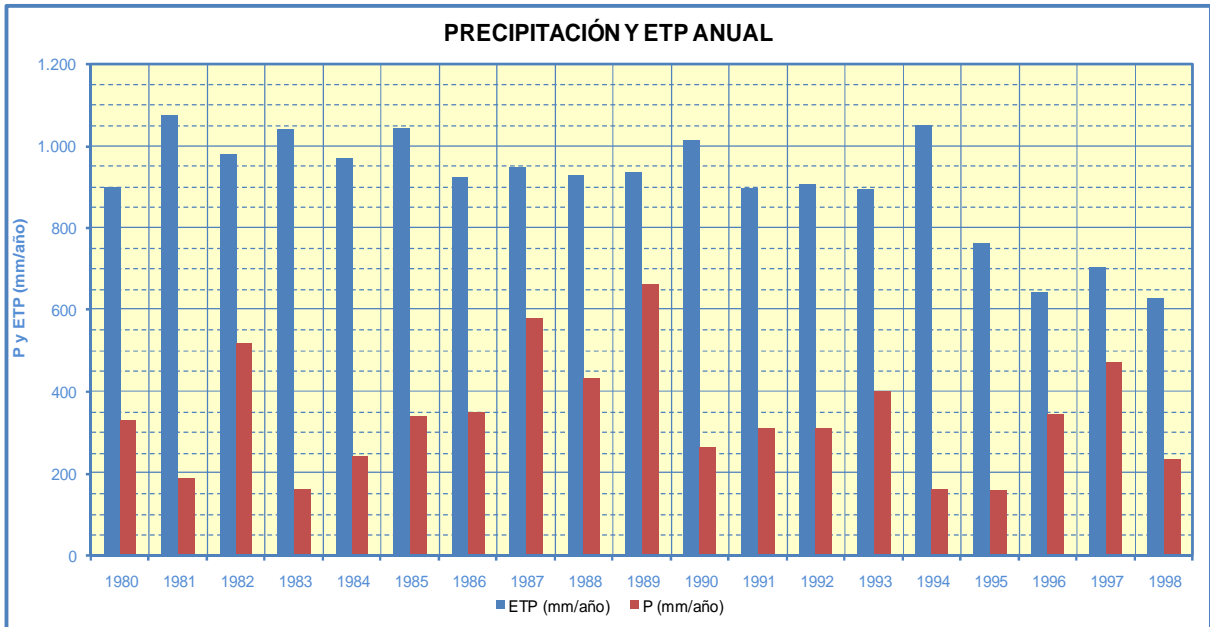


Figura nº 85.- Precipitación anual y ETP calculada por Thornthwaite. Estación 8029

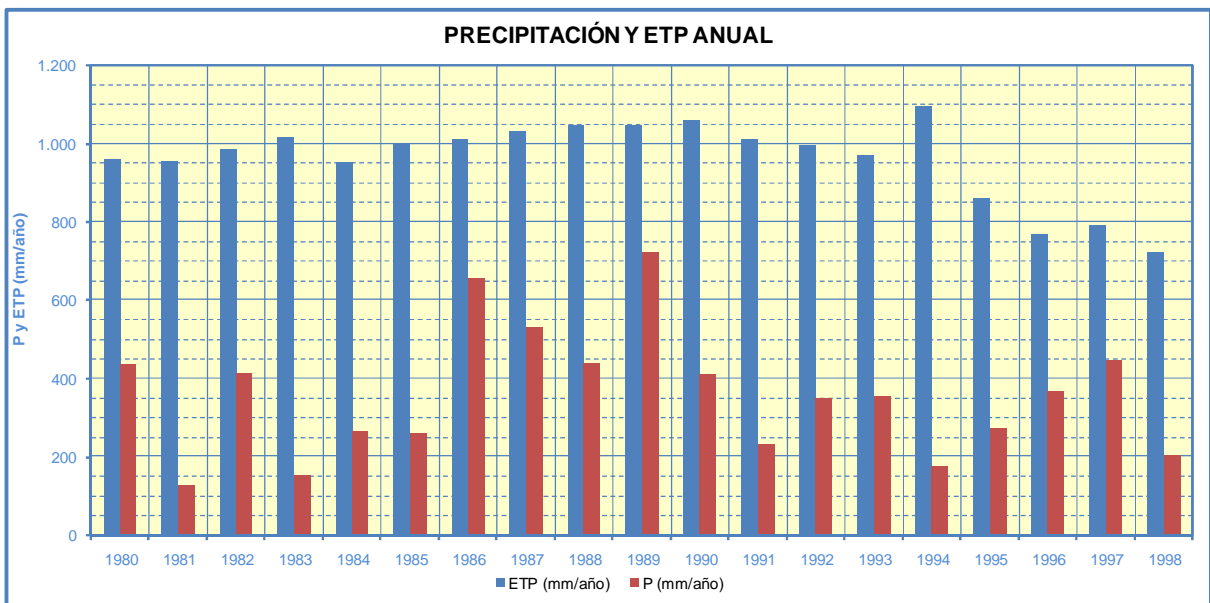


Figura nº 86.- Precipitación anual y ETP calculada por Thornthwaite. Estación 8035

La ETP media anual para las tres estaciones consideradas varía entre los 1.000 mm/año de la 8026 A (ver Figura nº 84) y los 900 mm/año de la 8029 (ver Figura nº 85). En la estación 8035 la ETP media anual ronda los 960 mm (ver Figura nº 86).

Si se representa la distribución anual de los datos mensuales de P y ETP se comprueba que los meses de mayor ETP están comprendidos entre mayo y septiembre, mientras que la precipitación se concentra en los meses de noviembre y marzo. Para su representación se ha utilizado el año 1993 (desde el 1 de enero de 1993 hasta el 31 de diciembre de 1993), que es un año cercano a la precipitación media registrada en cada una de las estaciones.

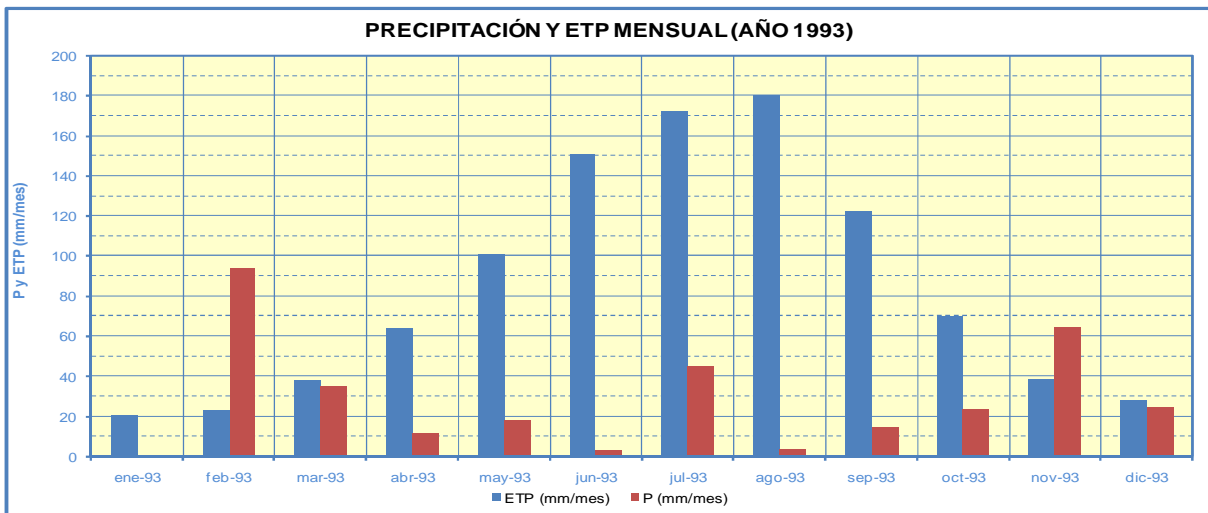


Figura nº 87.- Precipitación y ETP mensuales en el año hidrológico 1993 (Estación 8026 A)

En las tres estaciones la mayor ETP se calcula en los meses de julio y agosto, en los que se alcanzan valores que rondan los 160-180 mm/mes, mientras que en los meses de enero y diciembre se aproximan a los 20 mm/mes.

En la Figura nº 87 se ha representado la precipitación y ETP mensuales del año 1993 de la estación 8026 A, en la Figura nº 88 los de la estación 8029 y en la Figura nº 89 los de la estación 8035.

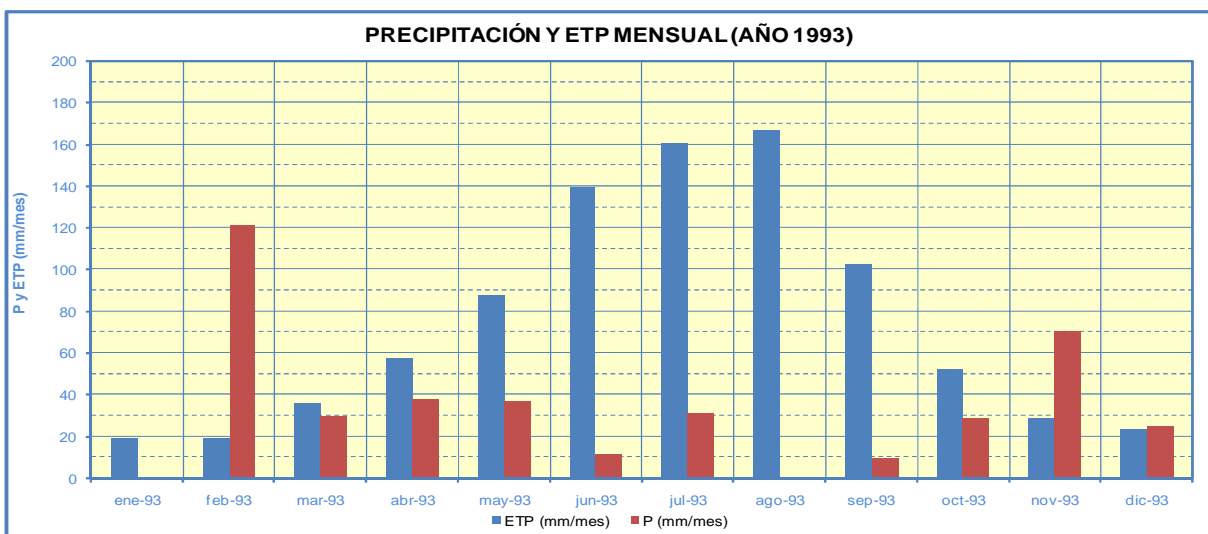


Figura nº 88.- Precipitación y ETP mensuales en el año hidrológico 1993 (Estación 8029)

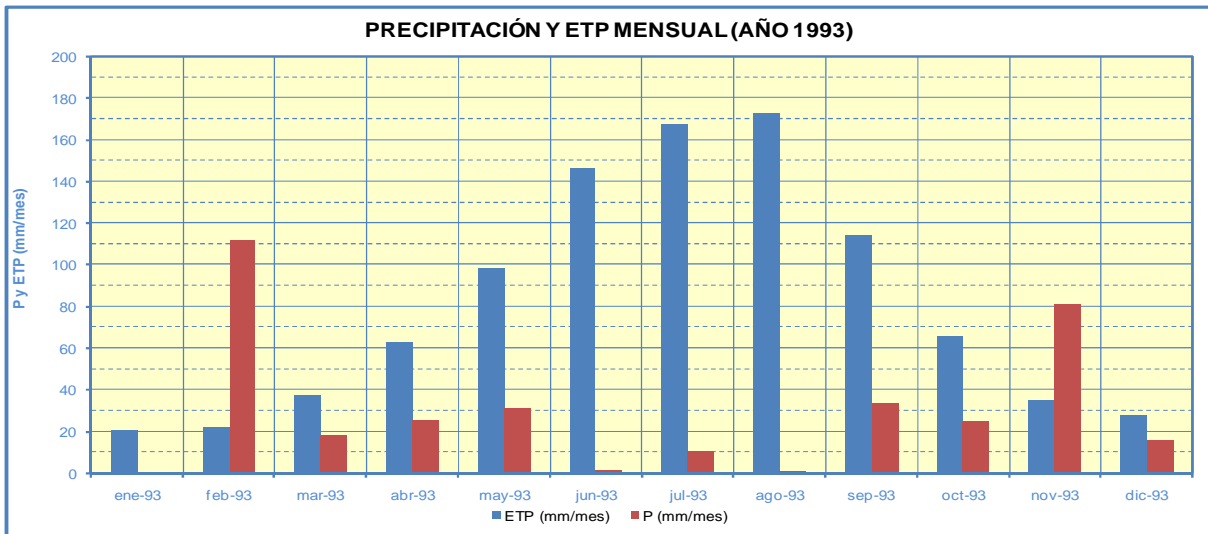


Figura nº 89.- Precipitación y ETP mensuales en el año hidrológico 1993 (Estación 8035)

## 7.6 EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL Y LLUVIA ÚTIL

Una vez calculada la ETP se ha procedido a estimar la ETR mediante la utilización de fórmulas empíricas de validez ampliamente reconocida. Tras calcular la ETR, el resto de agua pasará a formar parte de la lluvia útil o eficaz, una parte de la cual se infiltrará (escorrentía subterránea) y la restante correrá como escorrentía superficial.

Para el cálculo de la ETR se han utilizado la fórmula de Thornthwaite, a la cual se le han introducido unos valores de capacidad de reserva en el suelo.

Se ha empleado el programa EASY\_BAL ver. 3.0, desarrollado por el Departamento de Ingeniería del Terreno de la Universidad Politécnica de Cataluña. El periodo que se ha analizado en las estaciones seleccionadas es de 19 años, desde 1/01/1980 a 31/12/1998.

### 7.6.1 RESERVA DE AGUA UTILIZABLE

La reserva de agua utilizable (RAU) corresponde a la humedad del suelo que puede ser utilizada por los cultivos. Para determinar este valor es necesario conocer la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente que son, respectivamente, un máximo y un mínimo a partir de los cuales el agua puede circular por el suelo. Cuando se alcanza el máximo se provocará escorrentía superficial o infiltración subterránea, mientras que en las proximidades del mínimo se dificulta la absorción del agua por las raíces de las plantas (agua inerte o higroscópica). Este punto se alcanza como consecuencia de la evaporación y transpiración de las plantas.

En la tabla adjunta se muestran los valores típicos de humedad o agua útil de acuerdo con la textura del suelo.

**Tabla nº 23.- Valores típicos de humedad o agua útil en función de la textura del suelo**

Textura del Suelo	Capacidad de Campo	Punto de Marchitez	Humedad
Arenoso	9%	2%	7%
Arenoso-franco	14%	4%	10%
Franco arenoso-limoso	23%	9%	14%
Franco arenoso con materia orgánica	29%	10%	19%
Franco	34%	12%	22%
Franco-arcilloso	30%	16%	14%
Arcilloso	38%	24%	14%
Arcilloso con buena estructura	50%	30%	20%

Para determinar el volumen utilizable por las plantas es necesario conocer la profundidad radicular media y la densidad aparente del suelo. En la Tabla nº 24 se muestran las profundidades medias de raíces para diferentes cultivos.

El volumen de agua utilizable (RAU) en mm se calcula mediante la expresión:

$$RAU = (CC-PM) \times P_r \times \rho_a \times 10$$

donde:

CC es la capacidad de campo

PM el punto de marchitez permanente

$P_r$  la profundidad radicular

$\rho_a$  la densidad aparente del suelo

**Tabla nº 24.- Profundidad de raíces media de diferentes cultivos**

Cultivo	Prof. (metros)	Cultivo	Prof. (metros)	Cultivo	Prof. (metros)
Aguacate	0.8-1.2	Col y coliflor	0.6	Patata	0.8-0.9
Albaricoque	0.6-1.4	Espárrago	1.2-1.8	Pepino	0.4-0.6
Alcachofa	0.6-0.9	Espinaca	0.4-0.6	Peral	0.6-1.2
Alfalfa	1.2-1.8	Fresa	0.3-0.5	Pimiento	0.4-0.9
Algodón	0.6-1.8	Girasol	1.5-2.5	Remolacha	0.6-1.2
Almendro	0.6-1.2	Guisantes	0.4-0.8	Soja	0.6-1.0
Avena	0.6-1.1	Lechuga	0.2-0.5	Sorgo	0.6-0.9
Berenjena	0.5-0.6	Leguminosas grano	0.5-1.0	Tabaco	0.5-0.9
Cebada	0.9-1.1	Maíz grano	0.6-1.2	Tomate	0.6-1.2
Cebolla	0.3-0.6	Manzano	0.8-1.4	Trigo	0.8-1.1
Cerezo	0.8-1.2	Melocotón	0.6-1.2	Vid	0.8-1.1
Ciruelo	0.8-1.2	Melón	0.6-1.1	Zanahoria	0.4-0.6
Cítricos	0.9-1.5	Olivo	0.9-1.5		



En el ámbito de la zona de estudio existen suelos arenosos, areno-limosos y zonas en las que apenas hay desarrollo de esta capa del terreno.

En zonas llanas cultivadas (situadas sobre los acuíferos Cuaternarios de San Juan-Campello, Villajoyosa y Benidorm) se estiman valores de RAU que pueden oscilar entre los 50 y 100 mm, considerando un espesor medio de la zona radicular de hasta 0,5 m.

Por su parte, a los afloramientos calizo-dolomíticos con escaso desarrollo del suelo (formaciones permeables de los acuíferos: Pliegues Cretácicos de Jijona, Almaens, Cabezón del Oro, Anticlinales de Relleu, Peñacosta, Orcheta, Sierra Cortina y Sierra Helada) se le ha asignado una RAU de 15 y 35 mm. Este último valor únicamente a los que corresponden al acuífero de Almaens, al no observarse morfologías asociadas a procesos de carstificación tan desarrolladas como en el resto y porque las calizas presentan una textura de brecha calcárea (ver 10.2.6.- Serie Litoestratigráfica del Flanco Meridional de Almaens).

### 7.6.2 EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL

La ETR se ha calculado realizando el balance hidrometeorológico diario, tomando valores de RAU de 50 y 100 mm en las estaciones que se van a utilizar para estimar la alimentación de agua de lluvia de los acuíferos cuaternarios de San Juan-Campello (estación 8026 A), Villajoyosa (estación 8035) y Benidorm (estación 8038), 15 mm en las que se van a utilizar en los acuíferos calizo-dolomíticos Pliegues Cretácicos de Jijona, Cabezón del Oro, Anticlinales de Relleu, Peñacosta, Orcheta, Sierra Cortina (estación 8029) y Sierra Helada (estación 8038) y 35 mm en las que se van a utilizar en el cálculo del acuífero de Almaens (estación 8029).

Dado que la capacidad de reserva del suelo plantea una nueva hipótesis, se ha aplicado también la fórmula de Turc (que ha sido experimentada y calibrada en multitud de cuencas de todo el planeta) para la determinación de la ETR con el fin de “tantear” los valores obtenidos. Hay que tener en cuenta que la fórmula de Turc siempre devuelve valores por exceso, pero tiene al menos un carácter orientativo. La fórmula de Turc tiene la siguiente expresión:

$$ETR = P / (0,9 \times P^2 / L^2)^{1/2}$$

donde:

ETR es la evapotranspiración real en mm/año

P es la precipitación en mm/año

$$L = 300 + 25 t + 0,05 t^2$$

t es la temperatura media mensual en °C

En las tablas siguientes se comparan los valores de ETR obtenidos por el método de Thornthwaite para diferentes RAU y la fórmula de Turc de las estaciones seleccionadas.

**Tabla nº 25.- Comparativa de valores de ETR obtenidos por Thornthwaite y Turc. Estación 8026A**

Año	P (mm/año)	T (°C)	ETP (mm/año)	ETR Thornthwaite				ETR Turc (mm/año)
				RAU 15 mm	RAU 35 mm	RAU 50 mm	RAU 100 mm	
1980	383,4	17,1	965,4	193,2	289,6	320,7	383,4	354,8
1981	125,1	17,3	948,5	88,6	123,0	125,1	125,1	129,9
1982	520,1	17,7	1.036,6	167,0	251,3	309,1	341,3	444,2
1983	238,8	18,5	1.096,0	160,5	180,0	180,0	220,8	239,6
1984	206,0	17,8	1.003,6	143,1	169,3	199,3	242,0	208,8
1985	323,9	18,2	1.058,0	219,8	264,8	279,8	323,2	312,2
1986	232,0	18,6	1.102,5	153,1	182,4	197,4	241,9	233,4
1987	260,1	18,9	1.106,7	158,8	213,4	231,5	237,0	259,1
1988	358,6	18,9	1.109,6	293,4	350,4	369,8	387,2	341,0
1989	630,2	18,6	1.079,8	281,8	352,3	382,3	444,2	506,7
1990	279,8	18,6	1.097,6	238,4	286,6	301,6	351,6	276,0
1991	235,3	18,0	1.049,7	162,3	182,3	197,3	235,3	235,9
1992	236,8	17,8	1.022,1	154,9	181,9	196,9	232,3	237,2
1993	336,3	17,8	1.008,7	241,6	271,6	286,6	315,2	321,2
1994	161,0	19,1	1.164,1	138,3	180,7	186,7	186,7	166,0
1995	122,6	15,4	894,7	98,5	98,5	98,5	98,5	127,1
1996	315,3	13,5	799,3	210,2	252,8	267,8	267,8	295,7
1997	357,3	14,3	824,2	224,3	279,5	309,5	400,5	328,2
1998	165,5	14,8	774,9	130,0	152,2	152,2	161,3	169,0
<b>Medias</b>	<b>288,8</b>	<b>17,4</b>	<b>1.007,5</b>	<b>182,0</b>	<b>224,3</b>	<b>241,7</b>	<b>273,4</b>	<b>272,9</b>

**Tabla nº 26.- Comparativa de valores de ETR obtenidos por Thornthwaite y Turc. Estación 8029**

Año	P (mm/año)	T (°C)	ETP (mm/año)	ETR Thornthwaite				ETR Turc (mm/año)
				RAU 15 mm	RAU 35 mm	RAU 50 mm	RAU 100 mm	
1980	327,8	16,2	900,9	161,5	218,0	238,2	288,2	311,4
1981	187,8	18,7	1.075,1	158,4	184,8	186,7	186,7	191,9
1982	518,9	16,9	978,3	218,1	326,7	367,2	417,5	439,3
1983	161,4	17,9	1.041,0	135,9	155,9	167,9	217,9	166,0
1984	241,8	17,1	968,9	176,1	211,7	227,3	230,5	241,1
1985	341,0	17,6	1.041,9	232,6	279,4	296,3	333,6	324,5
1986	348,4	16,0	923,6	192,3	221,6	236,6	250,7	326,4
1987	579,8	16,1	947,7	180,9	243,6	273,6	327,6	464,7

Año	P (mm/año)	T (°C)	ETP (mm/año)	ETR Thornthwaite				ETR Turc (mm/año)
				RAU 15 mm	RAU 35 mm	RAU 50 mm	RAU 100 mm	
1988	433,8	15,8	927,9	277,9	382,9	422,8	474,9	383,9
1989	661,1	16,2	936,0	289,2	375,7	406,4	506,4	500,4
1990	263,5	16,7	1.011,5	207,0	247,0	277,0	328,7	259,6
1991	311,1	15,1	896,5	165,8	205,8	221,8	271,8	296,1
1992	309,4	15,6	906,8	192,5	232,6	258,1	298,2	295,9
1993	401,8	15,6	892,1	257,3	283,0	298,0	348,0	362,5
1994	160,1	16,8	1.048,7	125,1	182,4	197,4	215,9	164,5
1995	158,0	11,4	763,7	135,6	138,8	138,8	138,8	160,3
1996	342,5	9,8	642,7	244,2	302,1	314,9	314,9	301,6
1997	472,9	11,1	705,6	254,3	318,4	354,4	410,7	379,1
1998	232,5	11,7	626,6	147,2	194,5	196,1	237,1	226,9
<b>Medias</b>	<b>339,7</b>	<b>15,4</b>	<b>907,1</b>	<b>197,5</b>	<b>247,6</b>	<b>267,3</b>	<b>305,2</b>	<b>305,1</b>

Tabla nº 27.- Comparativa de valores de ETR obtenidos por Thornthwaite y Turc. Estación 8035

Año	P (mm/año)	T (° C)	ETP (mm/año)	ETR Thornthwaite				ETR Turc (mm/año)
				RAU 15 mm	RAU 35 mm	RAU 50 mm	RAU 100 mm	
1980	434,2	17,0	959,3	195,9	294,2	324,2	391,4	389,0
1981	126,6	17,2	955,1	92,6	126,6	126,6	126,6	131,4
1982	415,5	17,2	986,5	178,2	272,1	323,7	373,2	377,4
1983	150,3	17,6	1.015,5	125,3	141,6	141,6	183,7	155,1
1984	265,5	17,0	950,4	182,6	236,4	259,8	262,9	261,7
1985	259,6	17,4	999,0	174,3	226,1	245,1	256,4	257,1
1986	654,1	17,6	1.009,7	212,3	269,2	290,9	292,7	509,1
1987	530,9	18,0	1.031,4	173,5	248,3	301,6	374,1	451,7
1988	438,0	18,1	1.046,9	334,2	425,8	452,9	502,9	395,7
1989	722,1	18,2	1.047,2	331,1	424,6	458,6	558,6	541,7
1990	410,6	18,0	1.059,3	241,2	281,2	311,2	377,4	376,9
1991	231,3	17,3	1.010,6	147,7	167,7	182,7	232,7	231,8
1992	349,7	17,4	995,1	220,6	273,4	288,4	332,4	330,7
1993	353,5	17,1	969,6	234,0	264,3	279,3	329,3	332,9
1994	174,6	18,2	1.094,9	147,1	192,9	207,9	213,6	179,0
1995	272,7	14,6	859,0	188,7	202,0	202,0	202,0	264,5
1996	369,4	12,9	768,8	259,1	323,0	338,0	373,2	331,4

Año	P (mm/año)	T (° C)	ETP (mm/año)	ETR Thornthwaite				ETR Turc (mm/año)
				RAU 15 mm	RAU 35 mm	RAU 50 mm	RAU 100 mm	
1997	447,6	13,4	789,4	257,7	330,8	360,8	442,7	380,8
1998	201,8	13,9	722,0	158,3	198,3	205,2	223,4	202,4
<b>Medias</b>	<b>358,3</b>	<b>16,7</b>	<b>961,6</b>	<b>202,9</b>	<b>257,8</b>	<b>279,0</b>	<b>318,4</b>	<b>321,1</b>

Los valores obtenidos por la fórmula de Turc superan en un 50-80% las estimaciones de ETR calculadas por Thornthwaite para una RAU de 15 mm y un 10-25% cuando se trata de RAU de 50 mm. La ETR calculada por Thornthwaite para una RAU de 100 mm es muy parecida a la estimada por la fórmula de Turc.

Tabla nº 28.- Comparativa de valores de ETR obtenidos por Thornthwaite y Turc. Estación 8038

Año	P (mm/año)	T (° C)	ETP (mm/año)	ETR Thornthwaite				ETR Turc (mm/año)
				RAU 15 mm	RAU 35 mm	RAU 50 mm	RAU 100 mm	
1980	572,2	17,0	959,3	192,2	285,7	315,7	382,2	467,1
1981	184,1	17,2	955,1	153,7	194,9	209,9	259,9	187,8
1982	397,8	17,2	986,5	190,8	269,1	301,0	351,3	365,3
1983	167,9	17,6	1.015,5	90,8	113,4	128,4	161,6	172,3
1984	343,9	17,0	950,4	200,1	251,1	271,9	288,6	325,4
1985	461,9	17,4	999,0	214,6	282,0	303,3	364,9	408,6
1986	592,5	17,6	1.009,7	196,9	286,7	316,7	395,9	481,2
1987	439,0	18,0	1.031,4	150,4	228,3	254,6	285,2	395,9
1988	434,1	18,1	1.046,9	222,0	356,5	416,2	507,4	393,1
1989	737,7	18,2	1.047,2	286,4	375,6	416,2	505,1	547,5
1990	554,0	18,0	1.059,3	244,0	328,0	381,0	478,3	464,6
1991	404,0	17,3	1.010,6	200,9	266,9	287,7	351,5	370,2
1992	763,9	17,4	995,1	196,3	259,2	304,2	395,4	548,4
1993	474,6	17,1	969,6	196,0	245,3	260,3	310,3	414,7
1994	210,0	18,2	1.094,9	142,9	208,0	230,7	280,7	212,8
1995	278,7	14,6	859,0	199,2	235,3	241,4	241,4	269,4
1996	310,7	12,9	768,8	212,1	283,4	298,4	304,5	290,7
1997	635,4	13,4	789,4	266,7	340,8	380,6	440,8	464,6
1998	188,3	13,9	722,0	149,5	184,5	199,5	249,5	190,0
<b>Medias</b>	<b>429,0</b>	<b>16,7</b>	<b>961,6</b>	<b>195,0</b>	<b>262,9</b>	<b>290,4</b>	<b>345,0</b>	<b>366,8</b>

Otra forma empírica de calcular la ETR es con la fórmula de Coutagne, que tiene la siguiente expresión:

$$ETR = P - XP^2$$

Ésta sólo es aplicable cuando se cumple la condición en la que P se sitúa entre  $1/8X$  y  $1/2X$ , siendo  $X = 1/(0.8 + 0.14t)$ , donde t es la temperatura en °C y P es la precipitación en m/año. Aunque no se cumple la premisa indicada en todos los casos en la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos para valores medios anuales de precipitación y temperatura del periodo 1980-1998.

Tabla nº 29.- Comparativa de valores de ETR medios anuales obtenidos por Thornthwaite y Coutagne

Estación	P (mm/año)	T (°C)	Límites de aplicación de Coutagne			ETR Coutagne (mm/año)	ETR Thornthwaite (mm/año)			
			1/8X	X	1/2X		RAU 15 mm	RAU 35 mm	RAU 50 mm	RAU 100 mm
8026 A	288,8	17,4	0,04	0,31	0,14	258,4	215,4	224,3	250,8	279,9
8029	339,7	15,4	0,04	0,34	0,17	293,4	240,9	247,6	288,4	330,7
8035	358,3	16,7	0,04	0,32	0,18	309,9	246,8	257,8	301,2	324,8
8038	429,0	16,7	0,05	0,32	0,21	360,8	266,4	262,9	323,5	362,2

Los valores obtenidos por la fórmula de Coutagne son muy parecidos a los de Turc en las estaciones 8026 A y 8038 y prácticamente coinciden con los que se deducen del balance hidrometeorológico diario con una RAU de 100 mm. En las estaciones 8029 y 8035 se aproximan a los obtenidos por Thornthwaite considerando una RAU de 50 mm.

### 7.6.3 ESCORRENTÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

Los valores de RAU que finalmente se han adoptado para estimar la lluvia útil son:

- 50 mm cuando hay desarrollo de suelo (acuíferos Cuaternarios de San Juan-Campello, Villajoyosa y Benidorm)
- 35 mm a afloramientos calizo-dolomíticos con escaso espesor de suelo y poco carstificados (acuífero de Almaens).
- 15 mm a afloramientos calizo-dolomíticos con escaso espesor de suelo que presentan mayor desarrollo de carstificación (acuíferos Pliegues Cretácicos de Jijona, Cabezón del Oro, Anticlinales de Relleu, Peñacosta, Orcheta, Sierra Cortina y Sierra Helada).

La lluvia útil calculada se ha descompuesto en escorrentía superficial y subterránea siguiendo el método de Soil Conservation Service de EEUU (SCSUS), que se basa en el hecho de que sólo se produce escorrentía superficial cuando se supera un determinado umbral de escorrentía ( $P_o$ ), cuyo valor depende de la litología, la pendiente y la vegetación.

El umbral de escorrentía  $P_o$  se puede obtener de forma teórica de las tablas que aparecen a continuación.

**Tabla nº 30.- Estimación inicial del umbral de escorrentía  $P_o$  (mm)**

USO DE LA TIERRA	PENDIENTE (%)	CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS	GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Barbecho	>3	R	15	8	6	4
		N	17	11	8	6
	<3	R/N	20	14	11	8
Cultivos en hilera	>3	R	23	13	8	6
		N	25	16	11	8
	<3	R/N	28	19	14	11
Cereales de invierno	>3	R	29	17	10	8
		N	32	19	12	10
	<3	R/N	34	21	14	12
Rotación de cultivos pobres	>3	R	26	15	9	6
		N	28	17	11	8
	<3	R/N	30	19	13	8
Rotación de cultivos densos	>3	R	37	20	12	9
		N	42	23	14	11
	<3	R/N	47	25	16	13
Praderas	>3	Pobre	24	14	8	6
		Media	53	23	14	9
		Buena	*	33	18	13
		Muy buena	*	41	22	15
	<3	Pobre	58	25	12	7
		Media	*	35	17	10
		Buena	*	*	22	14
		Muy buena	*	*	25	16
Plantaciones regulares aprovechamiento forestal	>3	Pobre	62	26	15	10
		Media	*	34	19	14
		Buena	*	42	22	15
	<3	Pobre	*	34	19	14

USO DE LA TIERRA	PENDIENTE (%)	CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS	GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.)		Media	*	42	22	15
		Buena	*	50	25	16
		Muy clara	40	17	8	5
		Clara	60	24	14	10
		Media	*	34	22	16
		Espesa	*	47	31	23
		Muy espesa	*	65	43	33

N: denota cultivo según las curvas de nivel; R: denota cultivo según la línea de máxima pendiente; \*: denota que esa parte de cuenca debe considerarse inexistente a efectos de cálculo de caudales de avenida; las zonas abancaladas se incluirán entre las de pendiente menor del 3%.

Tabla nº 31.- Clasificación de suelos a efectos del umbral de escorrentía

GRUPO	INFILTRACION (cuando están muy húmedos)	POTENCIA	TEXTURA	DRENAJE
A	Rápida	Grande	Arenosa, Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa, Franca, Franco-arcillosa-arenosa, Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa, Franco-arcillo-limosa, Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

En la Tabla nº 32 se muestran las características de los acuíferos del área de estudio y el umbral de escorrentía adoptado (se parte de las descripción que realiza en el epígrafe 9.- USOS Y APROVECHAMIENTOS DEL SUELO de este documento).

Tabla nº 32.- Estimación de umbrales de escorrentía de la zona de estudio

Acuífero	Usos	Pendiente	Características Hidrológicas	Tipo de Suelo	P <sub>o</sub>
<b>Pliegues Cretácicos de Jijona</b>	100% Matorrales y coníferas (Masas forestales)	> 3%	Medias a Muy Claras	B (Textura Franco Arenosa)	17-34
	<b>Valor medio</b>				<b>25,5</b>
<b>Almaens</b>	87% Matorrales y coníferas (Masas forestales)	> 3%	Medias a Muy Claras	B (Textura Franco Arenosa)	17-34
	13% Frutales de secano (Rotación de cultivos pobres)		R/N	B (Textura Franco Arenosa)	17
<b>Valor medio ponderado</b>				<b>24,4</b>	
<b>Cabezón del Oro</b>	100% Matorrales y coníferas (Masas forestales)	> 3%	Medias a Muy Claras	B (Textura Franco Arenosa)	17-34

Acuífero	Usos	Pendiente	Características Hidrológicas	Tipo de Suelo	P <sub>o</sub>
<b>Valor medio</b>					<b>25,5</b>
<b>Anticlinales de Relleu</b>	96% Matorrales y coníferas (Masas forestales)	> 3%	Medias a Muy Claras	B (Textura Franco Arenosa)	17-34
	4% Frutales de secano (Rotación de cultivos pobres)		R/N	B (Textura Franco Arenosa)	17
<b>Valor medio ponderado</b>					<b>25,2</b>
<b>Peñacosta</b>	100% Matorrales y coníferas (Masas forestales)	> 3%	Medias a Muy Claras	B (Textura Franco Arenosa)	17-34
	<b>Valor medio</b>				
<b>Orcheta</b>	100% Matorrales y coníferas (Masas forestales)	> 3%	Medias a Muy Claras	B (Textura Franco Arenosa)	17-34
	<b>Valor medio</b>				
<b>Sierra Cortina</b>	100% Matorrales y coníferas (Masas forestales)	> 3%	Medias a Muy Claras	B (Textura Franco Arenosa)	17-34
	<b>Valor medio</b>				
<b>Sierra Helada</b>	100% Matorrales y coníferas (Masas forestales)	> 3%	Medias a Muy Claras	B (Textura Franco Arenosa)	17-34
	<b>Valor medio</b>				
<b>Benidorm (*)</b>	55% Matorrales y coníferas (Masas forestales)	< 3%	Medias a Muy Claras	B (Textura Franco Arenosa)	17-34
	35% Frutales de regadío (Rotación de cultivos densos)		R/N	A ó B (Textura Areno-limosa o Franco Arenosa)	25-47
	20% Cultivos y frutales de secano (Rotación de cultivos pobres)		R/N	A ó B (Textura Areno-limosa o Franco Arenosa)	19-30
<b>Valor medio ponderado</b>					<b>29,0</b>
<b>Villajoyosa (*)</b>	20% Matorrales y coníferas (Masas forestales)	< 3%	Medias a Muy Claras	B (Textura Franco Arenosa)	17-34
	65% Frutales de regadío (Rotación de cultivos densos)		R/N	A ó B (Textura Areno-limosa o Franco Arenosa)	25-47
	15% Cultivos y frutales de secano (Rotación de cultivos pobres)		R/N	A ó B (Textura Areno-limosa o Franco Arenosa)	19-30
<b>Valor medio ponderado</b>					<b>32,2</b>
<b>San Juan-Campello (*)</b>	30% Matorrales y coníferas (Masas forestales)	< 3%	Medias a Muy Claras	B (Textura Franco Arenosa)	17-34
	55% Frutales de regadío (Rotación de cultivos densos)		R/N	A ó B (Textura Areno-limosa o Franco Arenosa)	25-47
	15% Cultivos y frutales de secano (Rotación de cultivos pobres)		R/N	A ó B (Textura Areno-limosa o Franco Arenosa)	19-30



Acuífero	Usos	Pendiente	Características Hidrológicas	Tipo de Suelo	P <sub>o</sub>
<b>Valor medio ponderado</b>					<b>31,1</b>

(\*) Las proporciones de usos del suelo corresponden únicamente a zonas no urbanizadas. En las zonas urbanizadas toda la precipitación es recogida por la red de pluviales (P<sub>o</sub> = 1,5-2 mm).

Los valores adoptados en las estaciones seleccionadas así como los resultados medios anuales obtenidos se muestran en la Tabla nº 33.

**Tabla nº 33.- Balances del suelo por estación climática y áreas de aplicación**

Estación	Acuífero	P (mm/año)	ETR (mm/año)	RAU (mm)	P <sub>o</sub> (mm)	Lluvia Útil (mm/año)			% Inf
						Infiltr.	Esc. Sup.	Total	
8026A	San Juan-Campello	288,8	241,7	50	35	39,5	6,5	46,0	13,7
8029	Almaens	339,7	247,6	35	25	67,6	22,6	90,2	19,9
8029	Pliegues Cretácicos de Jijona	339,7	197,5	15	25	113,3	28,1	141,4	33,4
	Cabezón del Oro								
	Anticlinales de Rellou								
	Peñacosta								
	Orcheta								
Sierra Cortina									
8035	Villajoyosa	358,3	279,0	50	35	66,5	11,6	78,2	18,6
8038	Sierra Helada	429,0	195,0	15	25	168,1	65,5	233,6	39,1
	Benidorm		290,4	50	30	101,4	35,7	137,1	23,6

Los resultados anuales de cada estación se muestran en la Tabla nº 34 y la Tabla nº 35, en las que se aprecia que son muy pocos los años en los que se produce escorrentía superficial mientras que, en general, la mayor parte de la lluvia útil pasa a formar parte de la infiltración.

**Tabla nº 34.- Balances anuales en estaciones utilizadas**

Año	Estación 8026 A (mm) RAU=50; P <sub>o</sub> =35				Estación 8029 (mm) RAU=15; P <sub>o</sub> =25				Estación 8029 (mm) RAU=35; P <sub>o</sub> =25			
	P	ETR	INF	ESC	P	ETR	INF	ESC	P	ETR	INF	ESC
1980	383,4	320,7	62,7	0,0	327,8	161,5	91,0	75,3	327,8	218,0	45,1	64,6
1981	125,1	125,1	0,0	0,0	187,8	158,4	28,3	0,0	187,8	184,8	1,9	0,0

Año	Estación 8026 A (mm) RAU=50; P <sub>o</sub> =35				Estación 8029 (mm) RAU=15; P <sub>o</sub> =25				Estación 8029 (mm) RAU=35; P <sub>o</sub> =25			
	P	ETR	INF	ESC	P	ETR	INF	ESC	P	ETR	INF	ESC
1982	520,1	309,1	87,0	124,0	518,9	218,1	232,7	69,3	518,9	326,7	144,0	49,3
1983	238,8	180,0	40,0	0,0	161,4	135,9	25,5	0,0	161,4	155,9	5,5	0,0
1984	206,0	199,3	25,5	0,0	241,8	176,1	65,7	0,0	241,8	211,7	30,1	0,0
1985	323,9	279,8	20,5	0,0	341,0	232,6	95,2	0,0	341,0	279,4	42,4	0,0
1986	232,0	197,4	58,1	0,0	348,4	192,3	121,0	48,3	348,4	221,6	97,7	48,3
1987	260,1	231,5	17,4	0,0	579,8	180,9	235,9	159,0	579,8	243,6	173,3	139,0
1988	358,6	369,8	0,0	0,0	433,8	277,9	159,8	0,0	433,8	382,9	58,3	0,0
1989	630,2	382,3	199,0	0,0	661,1	289,2	283,4	74,5	661,1	375,7	227,5	40,4
1990	279,8	301,6	27,1	0,0	263,5	207,0	67,9	0,0	263,5	247,0	47,9	0,0
1991	235,3	197,3	38,0	0,0	311,1	165,8	146,6	0,0	311,1	205,8	106,6	0,0
1992	236,8	196,9	35,4	0,0	309,4	192,5	106,2	0,0	309,4	232,6	65,7	0,0
1993	336,3	286,6	28,6	0,0	401,8	257,3	154,2	0,0	401,8	283,0	109,0	0,0
1994	161,0	186,7	0,0	0,0	160,1	125,1	37,3	0,0	160,1	182,4	0,0	0,0
1995	122,6	98,5	0,0	0,0	158,0	135,6	12,3	0,0	158,0	138,8	0,0	0,0
1996	315,3	267,8	30,6	0,0	342,5	244,2	95,6	0,0	342,5	302,1	26,8	0,0
1997	357,3	309,5	79,8	0,0	472,9	254,3	109,8	108,2	472,9	318,4	83,1	88,2
1998	165,5	152,2	0,0	0,0	232,5	147,2	83,7	0,0	232,5	194,5	19,1	0,0
<b>Media</b>	<b>288,8</b>	<b>241,7</b>	<b>39,5</b>	<b>6,5</b>	<b>339,7</b>	<b>197,5</b>	<b>113,3</b>	<b>28,1</b>	<b>339,7</b>	<b>247,6</b>	<b>67,6</b>	<b>22,6</b>

Tabla nº 35.- Balances anuales en estaciones utilizadas (continuación)

Año	Estación 8035 (mm) RAU=50; P <sub>o</sub> =35				Estación 8038 (mm) RAU=15; P <sub>o</sub> =25				Estación 8038 (mm) RAU=50; P <sub>o</sub> =30			
	P	ETR	INF	ESC	P	ETR	INF	ESC	P	ETR	INF	ESC
1980	434,2	324,2	62,9	47,1	572,2	192,2	277,4	89,3	572,2	315,7	168,0	40,1
1981	126,6	126,6	0,0	0,0	184,1	153,7	43,7	0,0	184,1	209,9	22,5	0,0
1982	415,5	323,7	91,8	0,0	397,8	190,8	207,0	0,0	397,8	301,0	96,8	0,0
1983	150,3	141,6	0,0	0,0	167,9	90,8	33,4	43,7	167,9	128,4	33,7	0,0
1984	265,5	259,8	14,4	0,0	343,9	200,1	98,9	44,9	343,9	271,9	77,7	0,0
1985	259,6	245,1	0,0	0,0	461,9	214,6	170,1	64,3	461,9	303,3	76,6	49,9
1986	654,1	290,9	244,6	124,9	592,5	196,9	221,5	187,1	592,5	316,7	130,8	177,1
1987	530,9	301,6	147,9	49,1	439,0	150,4	221,1	56,1	439,0	254,6	141,1	0,0
1988	438,0	452,9	12,9	0,0	434,1	222,0	155,5	68,0	434,1	416,2	59,2	0,0
1989	722,1	458,6	226,3	0,0	737,7	286,4	239,5	196,8	737,7	416,2	150,3	123,1
1990	410,6	311,2	147,3	0,0	554,0	244,0	325,0	0,0	554,0	381,0	223,0	0,0
1991	231,3	182,7	50,7	0,0	404,0	200,9	203,1	0,0	404,0	287,7	115,9	0,0

Año	Estación 8035 (mm) RAU=50; P <sub>o</sub> =35				Estación 8038 (mm) RAU=15; P <sub>o</sub> =25				Estación 8038 (mm) RAU=50; P <sub>o</sub> =30			
	P	ETR	INF	ESC	P	ETR	INF	ESC	P	ETR	INF	ESC
1992	349,7	288,4	44,0	0,0	763,9	196,3	240,3	314,3	763,9	304,2	184,8	227,3
1993	353,5	279,3	58,2	0,0	474,6	196,0	238,7	53,0	474,6	260,3	241,6	0,0
1994	174,6	207,9	0,0	0,0	210,0	142,9	67,1	0,0	210,0	230,7	0,0	0,0
1995	272,7	202,0	35,2	0,0	278,7	199,2	77,0	0,0	278,7	241,4	0,0	0,0
1996	369,4	338,0	31,4	0,0	310,7	212,1	96,1	0,0	310,7	298,4	22,3	0,0
1997	447,6	360,8	96,8	0,0	635,4	266,7	231,4	127,3	635,4	380,6	172,1	60,1
1998	201,8	205,2	0,0	0,0	188,3	149,5	47,1	0,0	188,3	199,5	10,7	0,0
<b>Media</b>	<b>358,3</b>	<b>279,0</b>	<b>66,5</b>	<b>11,6</b>	<b>429,0</b>	<b>195,0</b>	<b>168,1</b>	<b>65,5</b>	<b>429,0</b>	<b>290,4</b>	<b>101,4</b>	<b>35,7</b>

## 8. INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA

### 8.1 INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

Para alcanzar los objetivos propuestos en el presente proyecto se ha efectuado una revisión del inventario de puntos de agua subterránea de la zona de estudio. En la ejecución del inventariado se han llevado a cabo dos campañas de toma de datos (medidas de nivel, CE del agua captada y toma de muestras de agua para realizar análisis de mayoritarios, minoritarios e isótopos), una tras el periodo invernal o húmedo (mayo y junio de 2009) y otra tras el estiaje (septiembre y octubre de 2009), con el fin de optimizar la información obtenida, y así poder conocer el comportamiento anual de los acuíferos.

La metodología seguida ha consistido en un trabajo previo de gabinete donde se recopiló toda la información bibliográfica existente, ya sean publicaciones científicas o proyectos anteriores llevados a cabo por el IGME o la DPA, dando especial relevancia a los trabajos de inventario realizados por la DPA en 2005 en el ámbito del proyecto “Estudio de Viabilidad de Utilización de Acuíferos Costeros Provinciales para Abastecimiento en Usos Urbanos Directos No Restringidos” en el que se actualiza la información de los puntos de agua de los acuíferos Cuaternarios de San Juan-Campello, Benidorm, Sierra Helada y Villajoyosa.

No obstante, hay que hacer hincapié en el hecho de la modificación que ha sufrido la zona de estudio durante los últimos años, debido al cambio de una actividad económica basada en la agricultura a otra orientada al turismo, que ha provocado que algunas captaciones dedicadas a actividad agrícola hayan desaparecido, no se usen, estén desinstaladas y/o posiblemente desaparezcan en un breve plazo, sobre todo las que se ubicaban en la zona costera (acuíferos Cuaternarios de Benidorm, Villajoyosa y San Juan-Campello).

Para seleccionar puntos representativos de los inventarios del IGME y la DPA se han seguido los siguientes criterios:

- Que sean puntos representativos de las características piezométricas de las formaciones permeables.
- Que tengan la mayor información posible respecto a sus características geológicas (columna litológica), hidrogeológicas (parámetros hidrogeológicos) y constructivas (profundidad, entubación, posición de los filtros, etc.).
- Que cuenten con series de datos históricos lo más completas posibles.
- Que estén distribuidos de forma homogénea, siguiendo criterios geológicos e hidrogeológicos.

En todos los puntos visitados se fijaron sus coordenadas UTM mediante GPS, tomando como sistema de referencia European Datum 1950 (ED50) Huso 30 Norte. Las cotas topográficas de la mayoría de los puntos visitados se han obtenido de la base cartográfica 1/10.000 de la Generalitat Valenciana y, el resto (20 puntos), mediante GPS de precisión (ver Anejo nº 6).

También se han cuantificado las extracciones durante 2008 de las captaciones visitadas partiendo de los datos facilitados por los gestores o propietarios de las mismas. Cuando se ha contado con suficiente información, se han realizado series históricas de bombeos.

Con los datos obtenidos en campo se han rellenado las fichas modelo del IGME de los puntos visitados, a las que se han anexo planos y fotografías aéreas de situación y de detalle, así como todos los datos relacionados que se han podido recopilar (evoluciones de niveles, análisis químicos, ensayos de bombeo, etc.).

Por último, se ha incorporado la información obtenida y las modificaciones en la base de datos del IGME, utilizando para ello el programa facilitado por el IGME "CARGADATOS v 2.0".

En el Anejo nº 5 se muestra un resumen de las características más significativas de los puntos visitados. En total son 194, de los cuales 99 corresponden a nuevos puntos y el resto a captaciones ya incluidas en las bases de datos del IGME y la DPA. En torno al 55% de los puntos visitados se encontraban en uso y el resto desinstalados (cuando se trataba de pozos o sondeos), abandonados, colapsados o enterrados.

También se han incorporado las surgencias inventariadas en 2004 por la guardería fluvial de la CHJ (inventariadas para caracterizar la relación entre aguas superficiales y subterráneas de los Sistemas de Explotación Marina Baixa y Vinalopó-L'Alacantí).

Los puntos se dividen en:

Tipo	Total	Visitado	Nuevo
Sondeo	129	83	53
Pozo	151	74	35
Pozo-sondeo	12	1	0
Pozo-galería	37	16	3
Manantial o galería	61	20	32
<b>Total</b>	<b>380</b>	<b>194</b>	<b>123</b>

Por masas de agua se comprueba que la mayor concentración de captaciones se encuentra en la MASub 080.073 San Juan-Benidorm, con un total de 134. En la MASub 080.072 se han visitado 54 puntos de agua.

Por acuíferos se han visitado los siguientes puntos:

Pliegues Cretácicos de Jijona:	1
Almaens:	3
Jurásico Cabezón del Oro:	13
Anticlinales de Relleu:	11
Peñacosta:	0
Orcheta:	1
Sierra Cortina:	12
Cuaternario de Benidorm:	43
Cuaternario de Villajoyosa:	32
Cuaternario de San Juan-Campello:	37
Otros de escaso interés hidrogeológico:	30
Fuera de la zona de estudio:	7

Los volúmenes más elevados se extraen de las captaciones que se utilizan como fuentes de suministro de sistemas de abastecimiento. En los pozos de Villajoyosa (2933-7-10, 2933-8-39 y 2933-8-38) se alcanzaron en 2008 los 322.007 m<sup>3</sup>, en los de Aigües y Busot (2933-6-2, 2933-6-8 y 2934-2-18) unos 608.000 m<sup>3</sup>, en el de Relleu (2933-7-11) 45.328 m<sup>3</sup>, en el que abastece la desaladora de L'Albir de L'Alfàs del Pi (3033-6-4) unos 547.468 m<sup>3</sup> y en el pozo de Finestrat (2933-8-112) alrededor de 70.850 m<sup>3</sup>. La captación donde se han bombeado los volúmenes más elevados ha sido la 2934-2-4 (pozo Vincle), en la que se alcanzaron en 1990 los 2,3 hm<sup>3</sup>.

También existen otros pozos o sondeos que se utilizan para cubrir necesidades agrícolas o usos recreativos o no restringidos de los abastecimientos de la zona en los que se han superado los 50.000 m<sup>3</sup>/año (2933-5-8 con 50.000 m<sup>3</sup>, 3033-5-53 con 77.400 m<sup>3</sup>, 3033-6-14 con 77.760 m<sup>3</sup>, 2933-8-77 con 80.000 m<sup>3</sup> y 2934-1-9 con 150.000 m<sup>3</sup>).

Las surgencias naturales más importantes son: la Fuente del barranco de Orgègia (2934-5-18) con 10-12 l/s, la fuente de la Balsa de Collado (2934-1-8) con 5-7 l/s y las fuentes del Parque La Ereta (2933-5-35), de Benienzo (2933-8-96), el Nacimiento del barranco Alfarelles (2933-8-139) y el Salt (2933-5-12) con unos 4-5 l/s cada una.

Como se ha comentado, se han llevado a cabo dos campañas de toma de datos de niveles, y muestreo y calidad del agua (Tabla nº 36).

Tabla nº 36.- Puntos visitados donde se midieron niveles y/o se tomaron muestras de agua

Código	Primera Campaña					Segunda Campaña					
	Fecha	Prof. N.E. (m)	CE (µs/cm)	T (°C)	Muestras	Fecha	Prof. N.E. (m)	CE (µs/cm)	T (°C)	Muestras	Muestra isótopos
293330007	12-05-09		850	16,1	SI						
293330009						20-10-09		760	19,5	SI	SI
293350011	10-03-09	1,06									
293350012	13-05-09		1.600		SI						
	20-05-09		1.700		SI	07-10-09		1.410	19,1	SI	
						19-10-09		1.500	23,1		SI
293350029	09-07-09		1.600		SI						
293360002	20-05-09	317,00	2.050	32,0	SI	06-10-09	269,00	2.110	31,5	SI	SI
293360008	11-03-09	235,00									
293360034	13-03-09	250,00				05-10-09	245,60				
293360039	12-05-09		800	21,0	SI						
	27-04-09	90,18	800	22,0							
293360040	21-03-09	82,15									
293360053	12-05-09		800	21,0	SI						
293370007	25-03-09		500		SI	20-10-09		585	18,8	SI	SI
293370008	25-03-09		600	21,0	SI	20-10-09		655	19,3	SI	SI
293370010	23-02-09	-0,26	1.470	22,7	SI	08-10-09	-0,26				
293370011	19-05-09	80,10	2.330	22,0	SI	20-10-09	78,83	1.430	18,6	SI	SI
293370012	20-05-09		4.750		SI	20-10-09		3.860	18,1	SI	SI
293370013	20-05-09	2,21				13-10-09	2,12				
293370014	20-05-09	2,24				13-10-09	2,19				
293370015	20-05-09	23,20				13-10-09	23,07				
293370017						14-10-09	6,97				
293370020	14-07-09	34,70	1.100								
293380006	10-03-09	5,50									
293380016	10-03-09	4,31				05-10-09	4,11				
293380029	02-06-09	28,92	3.020	20,9	SI	08-10-09	26,20	2.910	20,7	SI	
						19-10-09		2.920	20,3		SI
293380030	10-03-09	4,12									
293380038	03-06-09		1.000		SI						
	10-03-09	9,70	1.190	22,9	SI	12-11-09	16,90	1.210	21,0	SI	SI
293380039	10-03-09	0,87	1.100	27,6	SI	12-11-09	8,06	1.150	21,1	SI	SI
293380049	11-03-09	13,15	3.100	21,0	SI						
293380063	11-03-09	6,95									
293380065	11-03-09	16,40	3.350			14-11-09	16,11				
293380075	11-03-09	3,99	2.950	22,8	SI	14-11-09	3,86				
293380076	11-03-09	2,90	2.980			14-11-09	2,98				
293380095						27-07-10	3,39				
293380112	21-04-09	21,10		20,0	SI	12-11-09	21,91	880	18,4	SI	SI

Código	Primera Campaña					Segunda Campaña					
	Fecha	Prof. N.E. (m)	CE (µs/cm)	T (°C)	Muestras	Fecha	Prof. N.E. (m)	CE (µs/cm)	T (°C)	Muestras	Muestra isótopos
293380113	13-06-09	77,00									
293380114						07-10-09		3.000		SI	
						19-10-09		2.890	18,8		SI
293380119	07-05-09	12,92	3.300	21,0	SI	05-10-09	11,91	2.900	26,4	SI	
						19-10-09		2.950	24,1		SI
293380122	22-04-09	9,90	3.000			07-10-09	9,06	3.100	22,0	SI	
						20-10-09		2.940	21,6		SI
293380123	01-05-09	21,90	3.800		SI	04-11-09	22,06	3.670	21,6	SI	SI
293380124	13-05-09	5,45	3.980			05-10-09	3,47	2.840	24,6	SI	
						19-10-09		3.430	19,5		SI
293380125	04-05-09	7,23	2.500								
293380126	04-05-09	7,27	4.830								
293380128	07-05-09	8,00	2.980			08-10-09	7,66				
293380132	27-03-09	8,80									
293380133	03-06-09	17,14	2.550	22,1	SI	08-10-09	16,91	2.400	23,2	SI	
						20-10-09		2.530	20,7		SI
293380134	02-03-09	7,57	3.400	21,4	SI	06-10-09	6,87	3.300	22,6	SI	
293380135	03-06-09	21,06	3.850	23,1	SI	08-10-09	17,42	3.600	24,2	SI	
293380136	02-06-09	12,07	2.470	20,8	SI	06-10-09	7,01	2.500	24,0	SI	
						19-10-09		2.900	21,6		SI
293380137	03-06-09	25,79	8.000	24,4	SI						
293380138						27-07-10	17,98				
293410018	02-06-09	4,78	4.110	21,7	SI	06-10-09	16,27	5.540	22,1	SI	
						20-10-09		5.620	21,7		SI
293410017	02-06-09	16,21	5.700	22,4	SI	06-10-09	15,88				
293420003	12-05-09	15,71	4.600		SI	05-10-09	15,48	4.460	24,0	SI	
						19-10-09		4.600	20,9		SI
293420004	15-04-09	38,00	8.000		SI						
293420012	19-05-09	303,00	1.700	27,0	SI	06-10-09	297,00	1.650	28,0	SI	SI
293420018	27-03-09	301,00	1.900			05-10-09	299,97	1.850			
293420019	02-06-09		17.500	23,2	SI						
293440001	03-06-09	3,12				06-10-09	2,04	20.000	25,3	SI	
						20-10-09		2.050	20,4		SI
293440002	13-06-09	3,23	15.850	22,2	SI	20-10-09	2,16	15.630	22,2		SI
293450012	13-05-09	27,09	2.800	22,0	SI	07-10-09	27,02	2.130	21,3	SI	
						19-10-09		2.120	21,2		SI
293450015	13-03-09	5,90	900	22,0	SI	08-10-09	5,39				
293450017	18-03-09	14,03	8.300		SI	07-10-09	18,02	8.190	21,0	SI	
						19-10-09		8.130	21,0		SI
293460003	21-05-09	29,12	5.900	22,0	SI	05-10-09	28,29	5.890	21,1	SI	



Código	Primera Campaña					Segunda Campaña					
	Fecha	Prof. N.E. (m)	CE (µs/cm)	T (°C)	Muestras	Fecha	Prof. N.E. (m)	CE (µs/cm)	T (°C)	Muestras	Muestra isótopos
293460010						08-10-09	2,51	6.100	23,1	SI	
								6.300	20,5		SI
293460012	27-03-09	36,01	5.400	21,0	SI	07-10-09	35,96				
293460014	27-03-09	5,99				07-10-09	5,80				
293460015	27-03-09	5,82	9.200			07-10-09	5,70				
293460016	27-03-09	4,91				07-10-09	4,74				
303320025	24-02-09	4,70				01-10-09	4,03				
303350002	12-03-09		3.860	21,0	SI	08-10-09		3.860	22,8	SI	
303350011	18-03-09	23,80	2.560	24,0	SI	08-10-09	23,97	2.800	24,0	SI	
						19-10-09		2.840	20,1	SI	SI
303350047	10-03-09	15,30	2.910								
303350050	19-03-09	17,80	2.530			08-10-09	16,77	2.590	20,1		
						19-10-09		2.800	20,2		SI
303350051	19-03-09	11,05	2.650			08-10-09	11,02	2.700	23,1	SI	
303350052	14-05-09		2.560	24,0		20-10-09		2.640	19,3		SI
303350053	21-04-09	2,07				12-11-09	2,11	25.700			
303360001	17-03-09	8,50	3.010								
303360002	27-02-09	2,31	3.100								
303360003	24-02-09	2,52									
303360004	24-02-09	11,10	2.800		SI	01-10-09	11,83	2.600	19,7	SI	
						12-11-09					SI
303360019	27-02-09	6,50				01-10-09	8,96				
303360052	03-06-09	5,00	3.810			09-10-09	4,99	3.950	24,0	SI	
303360054	10-02-09	1,15	3.950	23,0	SI	20-10-09	1,12	2.700	19,6	SI	SI
303360055	10-02-09	17,90	3.800								
303360058	10-02-09	9,00	4.200								
303360059	10-02-09	6,00	4.000								
303360062						04-11-09	6,87	2.870	21,4	SI	SI
303360064	16-02-09	17,75	2.450			07-10-09	12,51	2.800	23,6	SI	
						19-10-09		2.700	20,1		SI
303360066	20-02-09	16,23	2.860		SI	19-10-09	14,16	3.320	20,1		SI
303360067	20-02-09	13,75	2.890			07-10-09	12,28	2.880			
303360068	16-02-09	15,26	2.890			07-10-09	13,33				
Amadorio	11-05-09				SI						

La mayoría de los puntos no visitados corresponden, según las fichas de campo (en su mayoría completas en 1976), a captaciones destinadas a uso doméstico y otras, sobre todo las localizadas en las inmediaciones de Cabezón del Oro, a pozos que se encuentran en la actualidad fuera de servicio. En el Anejo nº 5.2 se muestran las características más

significativas de los puntos no visitados del inventario del IGME y de los nuevos manantiales que la guardería fluvial de la CHJ visitó en 2004.

En el Plano nº 2 se ubican todos los puntos inventariados, diferenciándose del resto los que se utilizan para abastecimiento y los que cuentan con series de piezometría y/o datos de calidad.

## 8.2 SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO

La zona de estudio inicialmente prevista cubría de forma parcial o total los municipios de Jijona, Busot, Aigües, Relleu, Orxeta, Finestrat, Benidorm, L'Alfàs del Pi, Altea, Alicante, Mutxamel, Sant Joan d'Alacant, El Campello y Villajoyosa, todos incluidos en las comarcas de L'Alacantí o la Marina Baixa (ver Figura nº 90). A estos se ha añadido el de La Nucía, incluido en la comarca de la Marina Baixa, al ampliarse la zona de trabajo tras la redefinición de los límites del acuífero Cuaternario de Benidorm. En la Tabla nº 37 aparece la población anual censada por el INE en el periodo 2000-2008 en estos municipios y el crecimiento medio anual durante el mismo.

Según el Plan Hidrológico de la Cuenca del Júcar en algunos de estos municipios durante la temporada estival, debido al aflujo turístico, se pueden llegar a registrar incrementos poblacionales hasta del 225% para el caso de la Marina Baixa y del 35% para la comarca de L'Alacantí.

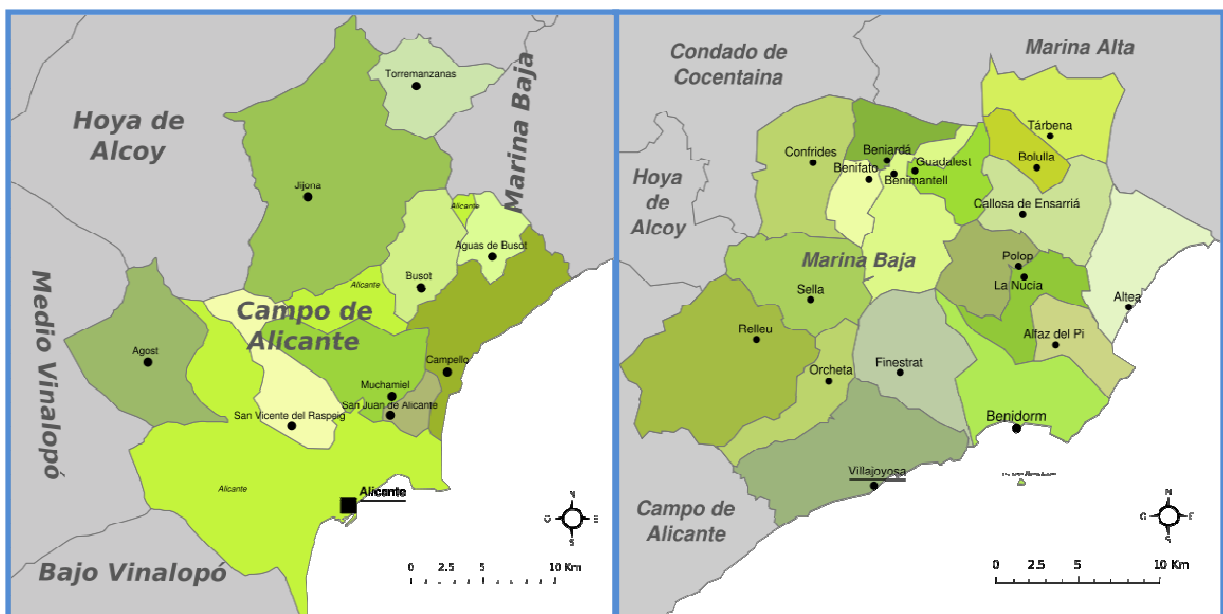


Figura nº 90.- Comarca de L'Alacantí (izquierda) y Marina Baixa (derecha)

**Tabla nº 37.- Población municipal censada (periodo 2000-2008)**

Municipio	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Crecimiento (%)
Aigües	581	592	624	637	737	801	827	951	1.047	7,76
L'Alfàs del Pi	14.139	14.980	15.848	16.164	14.656	16.843	18.469	19.913	20.939	5,24
Alicante	276.886	283.243	293.629	305.911	310.330	319.380	322.431	322.673	331.750	2,29
Altea	15.579	16.294	17.608	18.976	19.514	21.154	21.898	22.648	23.532	5,31
Benidorm	54.321	57.227	61.352	64.267	64.956	67.492	67.627	69.058	70.280	3,30
Busot	1.717	1.793	1.875	1.998	2.127	2.421	2.643	2.847	3.021	7,35
El Campello	18.366	19.238	20.393	21.761	22.380	23.640	24.674	25.055	26.043	4,47
Finestrat	2.169	2.333	2.550	2.858	3.377	3.797	4.172	4.945	5.844	13,27
Jijona	7.337	7.304	7.353	7.369	7.400	7.494	7.596	7.553	7.575	0,40
La Nucía	8.616	9.365	10.135	11.522	10.672	12.573	14.006	15.519	16.958	9,06
Mutxamel	14.693	15.275	16.198	16.971	17.599	18.452	19.264	20.364	21.481	4,86
Orxeta	427	422	418	285	675	718	719	758	830	15,54
Relleu	795	784	821	856	925	1.022	1.046	1.090	1.205	5,41
Sant Joan	16.895	17.017	17.478	18.107	19.027	19.711	20.430	20.997	21.681	3,17
Villajoyosa	23.704	24.246	25.073	26.433	26.792	27.983	29.263	30.550	32.534	4,05
<b>Total</b>	<b>456.225</b>	<b>470.113</b>	<b>491.355</b>	<b>514.115</b>	<b>521.167</b>	<b>543.481</b>	<b>555.065</b>	<b>564.921</b>	<b>584.720</b>	<b>3,16</b>

Algunos de los Sistemas de Abastecimiento de los municipios cuentan con captaciones de aguas subterráneas localizadas en el área de estudio, y otros se abastecen total o parcialmente de recursos de distintas procedencias (Tabla nº 38).

**Tabla nº 38.- Origen de los recursos de los abastecimientos urbanos de la zona**

Municipio	Origen del Recurso	Gestor
Aigües	Sondeos ETASA (2933-6-8) y Racó Amplé (2933-6-2) que captan el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro	Aquagest Levante, S.A.
L'Alfàs del Pi	Consorcio de la Marina Baixa y pozo La Angelita (3033-6-4). Esta captación se ubica en el acuífero Cuaternario de Benidorm y alimenta la desaladora de L'Albir	Aquagest Levante, S.A.
Alicante	Mancomunidad de Canales del Taibilla y sondeos ubicados fuera del área de estudio, concretamente en el Alto Vinalopó	Aguas de Alicante
Altea	Consorcio de la Marina Baixa y sondeos Bernia (3033-2-61 y 66) y Riquet (3033-2-23 y 24), que captan acuífero de Bernia de la U.H. 08.47, situado fuera de la zona de estudio. Las urbanizaciones de la Sierra de Bernia se abastecen de otros sondeos: Semiramis I (3033-2-51), Semiramis II (3033-2-52), Parcela nº 31 (3033-2-63), Pozo 1 (3033-7-7), Bunnik y Peña Roja nº 5 (3033-2-50)	UTE Tyosa-Aguas de Valencia y APOBERSA (urbanizaciones de Sierra de Bernia)

Municipio	Origen del Recurso	Gestor
Benidorm	Consortio de la Marina Baixa y captaciones playeras para captar agua de mar destinada a lava-pies de las playas de Levante y Poniente (3033-5-53 y 54)	Aquagest Levante, S.A.
Busot	Sondeos Salmitre (2934-2-12 y 18) que captan el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro (uno del ayuntamiento y otro de Aguas de Muchavista) y sondeos de BONNYSA situados en Castalla y Tibi, para mezclar y mejorar la calidad del agua	10% Municipal (Urb. Pla Lloma) y 90% Aguas de Muchavista, S.L. (núcleo urbano y urbanizaciones Llano Los Pastores, Valle Dorado, Teular, Hoya de Los Patos y Bonalba Alta)
El Campello	Mancomunidad de Canales del Taibilla y sondeos ubicados fuera del área de estudio	Aguas de Alicante
Finestrat	Consortio de la Marina Baixa, Font del Molí (2933-8-93), situado fuera de la zona de estudio y sondeo Farella (2933-8-112), que capta el sector Benienzo del acuífero de Sierra Cortina	Aquagest Levante, S.A.
Jijona	Sondeos Pineta (2833-8-33), Lloca Malatta (2833-8-37), Mas de Brossa (2933-1-68) y Madroñal (2833-8-56), que captan los acuíferos de Jijona (el primero) y Barrancones (el resto), situados fuera del área de estudio	Aquagest Levante, S.A.
La Nucía	Sondeos San Antonio de Padua y Paletes (3033-1-33) y Rotes (3033-1-50), situados fuera de la zona de estudio y Consortio de la Marina Baixa	Aqualia, S.A.
Mutxamel	Sociedad del Canal de la Huerta de Alicante, que capta el agua que distribuye (para riego o abastecimiento) en sondeos situados fuera de la zona de estudio	Aquagest Levante, S.A.
Orxeta	Sondeo Castellet o Realet (2933-4-17) y manantiales Font del Xoi (2933-4-1) y Banyetes (2934-4-4), situados fuera del área de estudio	Aquagest Levante, S.A.
Relleu	Pozo Maset del Vicari (2933-3-7) y Manantial La Tosca (2933-3-9), situados fuera de la zona de estudio, y pozo Pequerina (2933-7-11) que se emplaza sobre el sector Pequerina del acuífero Anticlinales de Relleu	Municipal
Sant Joan	Mancomunidad de Canales del Taibilla y sondeos ubicados fuera del área de estudio	Aguas de Alicante
Villajoyosa	Consortio de la Marina Baixa y pozos Román (2933-8-39), Nozal (2933-8-38) y río Amadorio (2933-7-10), situados en el sector acuífero Amadorio del acuífero Anticlinales de Relleu. En la playa de Villajoyosa hay una captación de agua de mar.	Aquagest Levante, S.A.

Los municipios de Alicante, Sant Joan d'Alacant y El Campello utilizan tanto recursos suministrados en alta por la MCT como captados de acuíferos del Alto y Medio Vinalopó (situados fuera del área de estudio). La MCT abastece agua potable actualmente a 79 municipios, de los que 43 pertenecen a la provincia de Murcia, 34 a la provincia de Alicante y 2 a la provincia de Albacete (en la Figura nº 92 se muestra la infraestructura general del sistema de distribución).



Figura nº 91.- Trazado del Canal de Alicante de la MCT

Las principales fuentes de suministro de la MCT son el río Taibilla, la desalación y el transvase Tajo-Segura. El agua alcanza el municipio de Alicante, desde donde se distribuye a los de El Campello y Sant Joan d'Alacant, a través del Canal de Alicante y el Nuevo Canal de Alicante (que discurre paralelo al primero), ambos continuación del Canal del Segura, cuyo origen está en el límite de las provincias de Murcia y Alicante y finaliza en los depósitos de Alicante (ver Figura nº 91). Su trazado sigue la orientación del Canal del Segura. A lo largo de su recorrido se abastecen los siguientes municipios de la provincia de Alicante, Albatera, Alicante, Benejúzar, Benferri, Bigastro, Callosa, Catral, Crevillente, Dolores, Elche, Guardamar del Segura, Jacarilla, Orihuela, Redován, San Miguel de Salinas, San Vicente del Raspeig, Santa Pola y Torreveija.

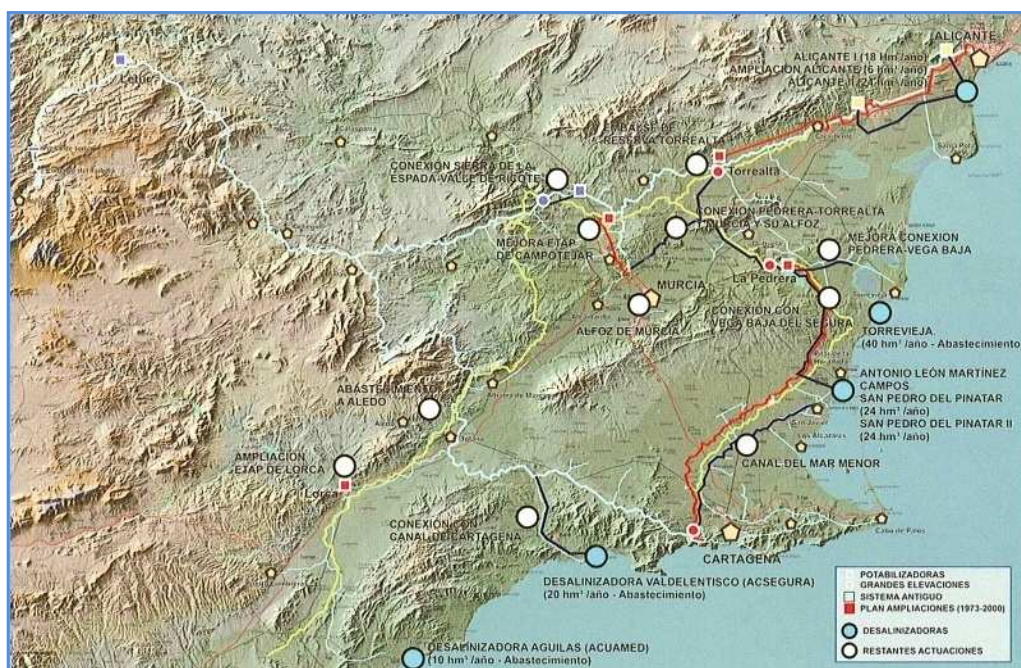


Figura nº 92.- Infraestructura hidráulica de la MCT



Figura nº 93.- Infraestructura hidráulica del Consorcio de la Marina Baixa

Los municipios de L'Alfàs del Pi, Altea, Benidorm, Finestrat, La Nucía y Villajoyosa forman parte del Consorcio de Aguas de la Marina Baixa, que es una entidad pública local en la que además son miembros la DPA y la CHJ.

Las fuentes de suministro del Consorcio son el Embalse de Guadalest, los pozos de Beniarda, las fuentes del Algar y, ocasionalmente, el Embalse del Amadorio (en la Figura nº 93 se muestra el esquema de la infraestructura de distribución en alta).

Mutxamel se abastece de la Sociedad del Canal de la Huerta, cuyos recursos proceden exclusivamente de la U.H. 08.35 Jumilla-Villena. Esta sociedad suministra agua tanto para uso urbano como para uso agrícola. Otros abastecimientos urbanos que están conectados son: Elda (que utiliza además pozos propios), Novelda (cuyas necesidades se complementan con un 50% de recursos gestionados por Aguas de Alicante) y Agost (que cuenta con pozos propios y recursos gestionados por Aguas de Alicante).

En la Tabla nº 39 se muestran los volúmenes suministrados en alta para abastecimiento durante 2008 en cada uno de los municipios de la zona.

**Tabla nº 39.- Volumen suministrado en los abastecimientos de la zona**

Municipio	hm <sup>3</sup>	Rendimiento red (%)	Observaciones
Aigües	0,24	66	La extracción total de los pozos (2933-6-8 y 2) es de 0,33 hm <sup>3</sup> . Antes de suministrarse a los usuarios se trata parte del agua bombeada (0,26 hm <sup>3</sup> ) en ETAP con microfiltración (el ratio agua salida/agua bruta de la ETAP es del 0,65)
L'Alfàs del Pi	2,90	70	Consortio de la Marina Baixa: 2,51 hm <sup>3</sup> ; desalobrador de L'Albir: 0,35 hm <sup>3</sup> . La desaladora de L'Albir se alimenta del pozo Angelita (3033-6-4) por lo que es necesario bombear 0,64 hm <sup>3</sup> (el ratio agua permeada/agua bruta de la desalobrador del 0,55).
Alicante	25,34	90	MCT y sondeos situados en el Medio y alto Vinalopó
Altea	3,40	79	Consortio Marina Baixa: 1,3 hm <sup>3</sup> ; pozos Riquet y Bernia de Sierra de Bernia: 1,3 hm <sup>3</sup> ; pozos de urbanizaciones: 0,8 hm <sup>3</sup> /año
Benidorm	11,95	91	Se incluye el consumo de TERRA MÍTICA: 0,45 hm <sup>3</sup>
Busot	0,50	55	Sondeo Salmitre municipal (2934-2-12): 0,02 hm <sup>3</sup> , sondeo Salmitre de Muchavista (2934-2-18): 0,30 hm <sup>3</sup> ; sondeos de Castalla y Tibi de BONYSA: 0,20 hm <sup>3</sup>
El Campello	3,66	79	Los recursos proceden de Aguas de Alicante
Finestrat	1,08	80	Consortio Marina Baixa: 0,78 hm <sup>3</sup> ; Fuente Molí: 0,22 hm <sup>3</sup> ; Pozo Farella (2933-8-112): 0,07 hm <sup>3</sup>
Jijona	0,90	70	Todos los recursos son captados en sondeos propios situados fuera de la zona de estudio
La Nucía	2,20	70	El 90% lo suministra el Consortio de la Marina Baixa
Mutxamel	1,40	80	Recursos distribuidos en alta por la Sociedad del Canal de la Huerta de Alicante
Orxeta	0,12	54	Sondeo Castellet: 0,05 hm <sup>3</sup> ; Font del Xoi: 0,07 hm <sup>3</sup> . Disponen de ETAP con ratio agua tratada/agua bruta del 0,98.
Relleu	0,11	60	Pozo Pequerina (2933-7-11): 0,05 hm <sup>3</sup> ; Pozo Maset del Vicari (2933-3-8): 0,03 hm <sup>3</sup> ; Manantial La Tosca 2933-3-26: 0,03 hm <sup>3</sup>
Sant Joan	1,91	90	Los recursos proceden de Aguas de Alicante
Villajoyosa	2,86	80	Consortio de la Marina Baixa: 2,54 hm <sup>3</sup> ; Pozos del Amadorio (2933-7-10 y 2933-8-38 y 39): 0,32 hm <sup>3</sup> . Disponen de una ETAP para tratar toda el agua con ratio agua salida/agua bruta de 0,97

Como se observa en la Tabla nº 38 y en la Tabla nº 39 sólo los abastecimientos de Aigües, L'Alfàs del Pi, Busot, Finestrat, Relleu y Villajoyosa cuentan con captaciones ubicadas en la zona de estudio, y de ellos únicamente el primero cubre todas sus demandas con recursos de los acuíferos de la zona. A estos seis municipios hay que añadir el de Orxeta que tiene previsto incorporar en un futuro una nueva captación (2933-7-20), situada sobre el sector Amadorio del acuífero Anticlinales de Relleu, para garantizar el suministro actual y posibles crecimientos futuros.

En la Tabla nº 40 se muestran las previsiones de demandas futuras (año horizonte 2020) de los abastecimientos que cuentan con captaciones sobre la zona de estudio.

**Tabla nº 40.- Previsiones de demanda futura de municipios que captan los acuíferos de la zona**

Municipio	Suministro 2008*	Crecimiento anual 2000/2008	Estimación demanda futura		
			Incremento		Demanda total (hm <sup>3</sup> )*
			%	hm <sup>3</sup>	
Aigües	0,33	7,64%	242	0,47	0,80
L'Alfàs del Pi	3,19	5,03%	180	2,55	5,74
Busot	0,50	7,32%	233	0,67	1,17
Finestrat	1,08	13,19%	442	3,69	4,77
Orxeta	0,12	8,66%	271	0,21	0,33
Relleu	0,11	5,34%	187	0,10	0,21
Villajoyosa	2,89	4,04%	143	1,24	4,13

\*Agua bruta (extracciones de pozos o suministros de otras fuentes previos a posibles tratamientos).

Aigües cuenta en la actualidad con dos sondeos en el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro (2933-6-2 y 8), en el que se viene registrando un descenso progresivo del nivel por los efectos de la sobreexplotación. Para garantizar el suministro en el horizonte 2020, sería necesario contar con fuentes alternativas e incrementar la disponibilidad de caudales con nuevas perforaciones, situadas sobre el acuífero captado, hasta que se disponga de nuevos puntos de toma.

El ayuntamiento de L'Alfàs del Pi proyecta poner en funcionamiento una segunda línea de tratamiento de la desaladora de L'Albir, con lo que se incrementarían las extracciones que se vienen realizando del acuífero Cuaternario de Benidorm en unos 0,64 hm<sup>3</sup> incorporando las captaciones de Susi (3033-6-19) y el Pou de L'Albir (3033-6-2). El resto de la demanda 1,95 hm<sup>3</sup>, a priori, los suministraría el Consorcio de la Marina Baixa.

Para cubrir el incremento de demanda del abastecimiento de Busot (0,67 hm<sup>3</sup>) sería necesario aumentar las extracciones en el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro (2934-2-12 y 18) y/o las aportaciones de los pozos que Bonnyssa o Aguas de Muchavista tiene situados en los municipios de Castalla y Tibi.

El ayuntamiento de Finestrat cuenta con una concesión otorgada por la CHJ que le permite extraer del pozo Farella (2933-8-112) hasta 0,21 hm<sup>3</sup>/año. El resto de recursos y, posiblemente, parte de los volúmenes concedidos debería aportarlos el Consorcio de la Marina Baixa y la Font del Molí (2933-8-93).

Según el techo de viviendas del PGOU del municipio de Orxeta la demanda podría alcanzar los 0,48 hm<sup>3</sup>. El ayuntamiento ha previsto incorporar un sondeo situado en el sector



Amadorio del acuífero Anticlinales de Relleu (2933-7-20). La previsión es bombear 0,21 hm<sup>3</sup> de este pozo y el resto de las captaciones actuales.

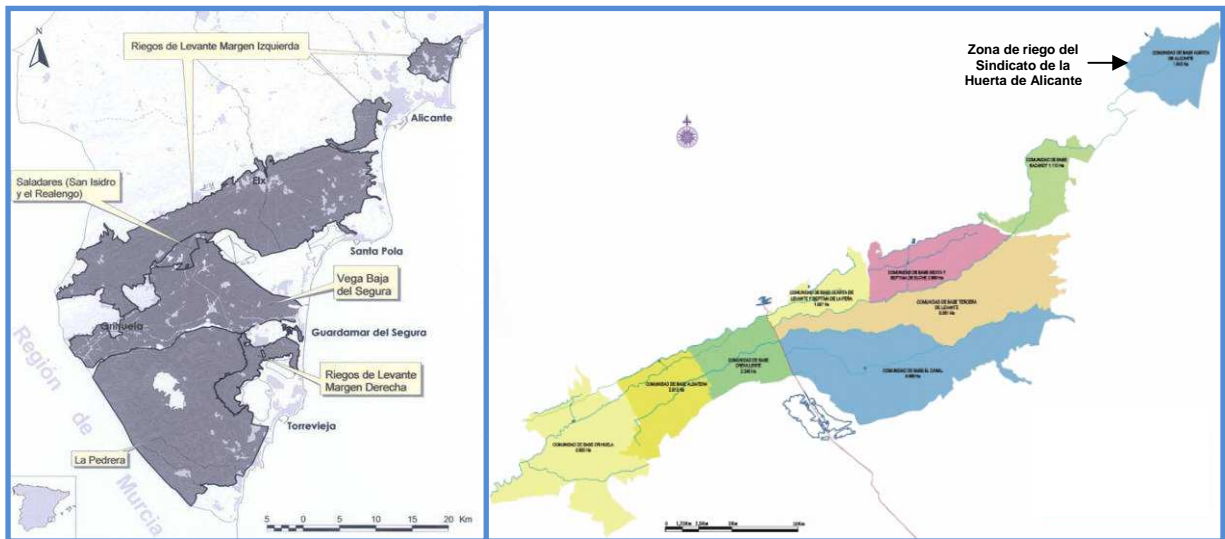
Según el crecimiento poblacional de los últimos años la demanda del municipio de Relleu alcanzaría 0,21 hm<sup>3</sup>, aunque si se parte del PGOU rondarían 1,35 hm<sup>3</sup>. Lo que supone que con los recursos disponibles del área de influencia del municipio sólo se podría cubrir una parte del incremento de la demanda prevista en el PGOU, según los trabajos realizados por la DPA. Para conseguir satisfacer la demanda anterior se tendrían que aumentar las extracciones del pozo Pequerina (2933-7-11), hasta igualarlas con los recursos del sector acuífero que capta (sector Pequerina del acuífero Anticlinales de Relleu), y realizar nuevas perforaciones para captar las formaciones de escaso interés hidrogeológico de la Depresión de Relleu y el acuífero Peñacosta, donde se estima que se pueden extraer 0,05 y 0,01 hm<sup>3</sup>/año, respectivamente.

Según las previsiones municipales, el incremento de demanda de Villajoyosa se cubrirá aumentando las extracciones en los sondeos 2933-7-10 y 2933-8-38 y 39, que captan el sector Amadorio del acuífero Anticlinales de Relleu (hasta 0,46 hm<sup>3</sup>/año) y con nuevas aportaciones del Consorcio de la Marina Baixa (3,67 hm<sup>3</sup>/año).

### 8.3 SISTEMAS DE RIEGO

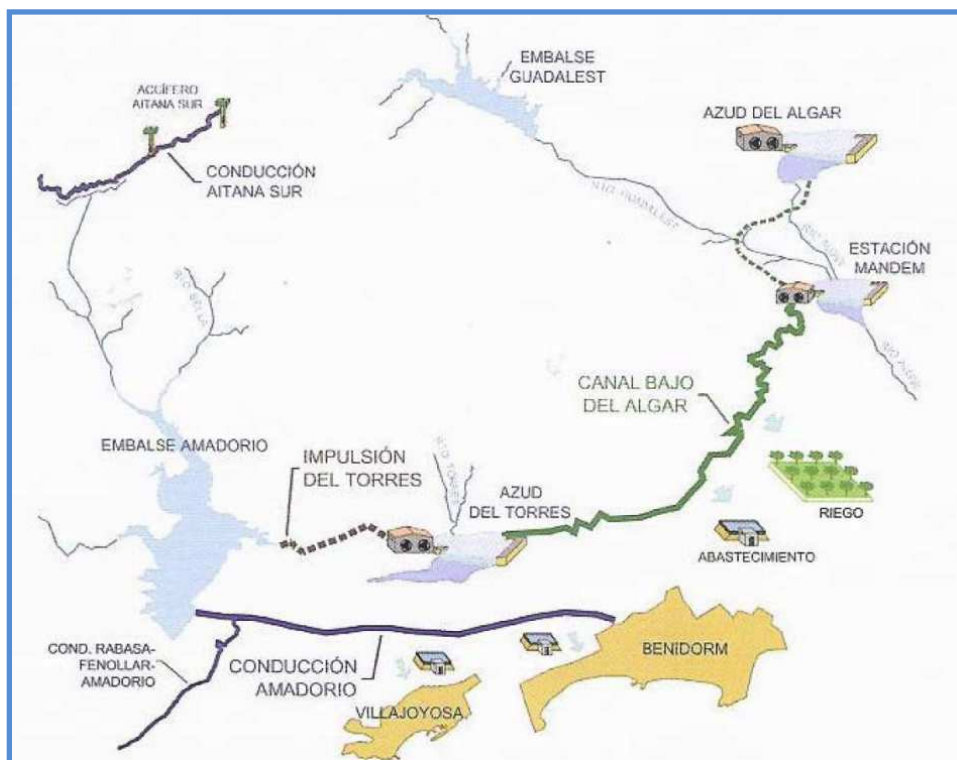
Las principales infraestructuras de riego de la zona corresponden a la Comunidad General de Riegos de Levante Margen Izquierda, la Comunidad de Regantes del Canal del Bajo Algar, la Sociedad Canal de la Huerta de Alicante y la Comunidad de Regantes de la Huerta de Villajoyosa.

La Compañía de Riegos de Levante S.A., creada en 1918, unifica en 1946 las concesiones obtenidas en 1918, 1919 y 1922 (2.500 l/s de aguas procedentes del río Segura cerca de la desembocadura de Guardamar del Segura, 2.600 l/s de los azarbes Señor, Reina, Culebrina, Acierto, Enmedio y Mayayo, y 2.600 l/s de la cola del río Segura). La Comunidad de Riegos de Levante Margen Izquierda del Segura fue creada en 1940 agrupando a los propietarios y regantes que aprovechaban las aguas elevadas por las instalaciones de la Compañía Riegos de Levante S.A. en la margen izquierda del río Segura. Actualmente la Comunidad también posee una concesión de agua del Trasvase Tajo-Segura de 85 hm<sup>3</sup>/año. Inicialmente la zona regable se localiza en Elche, Crevillente y Albuera, extendiéndose posteriormente a la Huerta de Alicante y finalmente a Orihuela y su área de influencia mediante el Cuarto Canal de Poniente. Actualmente los municipios a los que dota de riego son: Orihuela, Benferri, Cox, Redován, Callosa del Segura, Granja de Rocamora, Albuera, San Isidro, Catral, Crevillente, Elche, Santa Pola, Alicante, Mutxamel, Sant Joan d'Alacant y El Campello, en una extensión aproximada de 32.000 ha y 21.000 comuneros (ver Figura nº 94).



**Figura nº 94.- Zonas regables de la Comarca Meridional de Alicante de Riegos de Levante (izquierda) y Comunidades de Base de la Margen Izquierda (derecha)**

La Comunidad General de Regantes Riegos de Levante Margen Izquierda del Segura funciona como una Comunidad General de Usuarios dividida en varias Comunidades de Base, entre las que se encuentra la del Sindicato de la Huerta de Alicante, que está formada por las tierras dominadas por el Tercer Canal de Levante en los términos municipales de Mutxamel, El Campello y Sant Joan d'Alacant. Tiene una superficie de riego de 1.843 ha.



**Figura nº 95.- Esquema de funcionamiento del Canal del Bajo Algar**

La Comunidad de Regantes del Canal Bajo del Algar, constituida en 1945, cubre 2.330 ha regadas y agrupa a 1.900 comuneros. Pertenece a la CHJ y engloba los municipios de Marina Baixa (Altea, L'Alfàs del Pi, Benidorm, Finestrat, Villajoyosa y La Nucía). El tipo de regadío que se emplea de manera mayoritaria es por gravedad y los cultivos principales son los cítricos y los nísperos. Los recursos tienen un origen subterráneo, de la U.H. 08.46 Serrella-Aixorta-Algar, y superficial. Estos últimos proceden de los embalses del Guadalest y del Amadorio, y de las depuradoras de aguas residuales gestionadas por el Consorcio de la Marina Baixa. La demanda total de agua de esta sociedad alcanza los 18,75 hm<sup>3</sup>/año (la Figura nº 95 muestra un esquema de su funcionamiento).

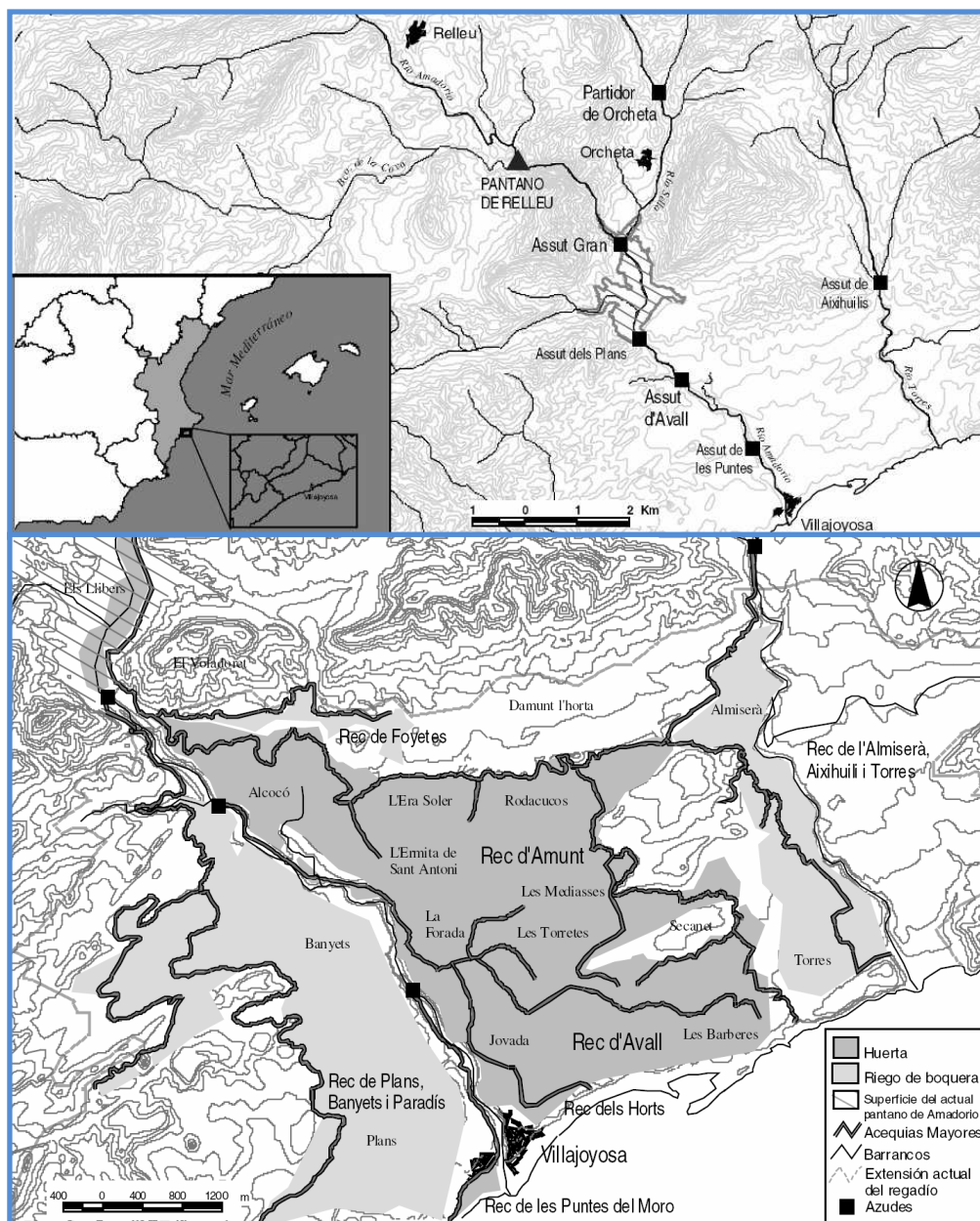


Figura nº 96.- Aproximación al riego tradicional de la Huerta de Villajoyosa

La Comunidad de Regantes de las Huertas de Villajoyosa puede utilizar los recursos que almacenan los embalses de Relleu (actualmente fuera de uso) y el Amadorio, los que drena la Fuente Arch (sita en el término municipal de Benimantell, código 2933-4-3), parte de los caudales que circulan por el río Torres y las aguas depuradas en la EDAR de Villajoyosa. La superficie regable de esta Comunidad es de 840 ha y el consumo alcanza los 6,3 hm<sup>3</sup>/año. El aprovechamiento cuenta con varias acequias con sus presas y brazales (Mayor de Arriba, Mayor de Abajo, del Charco, Mayor dels Plans, de Foyetes y del Carrichal y sus prolongaciones hasta la playa y las de la Rancallosa y Salomons con su equipo de elevación), balsas (Rodacucos, Bañets, Foya Grana de 74.000 m<sup>3</sup> y Alfondons de 330.000 m<sup>3</sup>), tuberías de presión con sus equipos de elevación (desde el margen izquierdo del río Torres hasta la partida de Alcocons, desde esta última hasta la cabecera y hasta la acequia del Charco y la balsa Foya Grana) y bombeos (río Amadorio para elevar aguas residuales de Villajoyosa, río Torres y EDAR de Villajoyosa). En la Figura nº 96 se muestra una aproximación al riego tradicional de la Huerta de Villajoyosa.

La Sociedad del Canal de la Huerta de Alicante cuenta con una conducción de 55 km de longitud capaz de transportar hasta 420 l/s, que comienza en las captaciones que tiene la U.H. 08.35 Jumilla-Villena. Las aguas bombeadas en los pozos que tiene esta sociedad se distribuyen para usos agrícolas y urbanos alcanzando el municipio de Mutxamel.



Figura nº 97.- Situación de explotaciones agrícolas bajo invernaderos de Bonnysa

Entre los términos municipales de El Campello, Alicante, Mutxamel y Sant Joan d'Alacant hay dos sociedades anónimas, BONNY S.A. y ETASA que poseen bastas extensiones de tierras en régimen de arrendamiento, que desde principios de los años sesenta han venido explotando agrícolaemente, transformando el secano alicantino en plantaciones hortícolas que alternan con parcelas más reducidas de cítricos, parrales, frutales e invernaderos, así como viveros de plantas ornamentales. Ambas sociedades contaban con sondeos en Aigües, en la partida Salmitre (sondeos Planteret y Ciscaret, 2933-6-11 y 17, respectivamente), pero sus caudales eran insuficientes por lo que, entre 1970 y 1975, se asocian para realizar nuevas captaciones en Castalla y Tibi y una tubería de 27 km de longitud capaz de transportar hasta 300 l/s. Estas empresas son excedentarias de agua por lo que la comercializan vendiéndola a agricultores y urbanizaciones (Llano Los Pastores, Valle Dorado, Teular, Hoya de Los Patos y Bonalba Alta, todas del municipio de Aigües) e incluso han llegado a abastecer a municipios deficitarios (como Aigües). Bonnysa también cuenta con una desaladora localizada en el municipio de El Campello, que utiliza de forma excepcional (según la propiedad), cuya fuente de suministro es una captación situada sobre el acuífero Cuaternario de San Juan-Campello (pozo Vincle, 2934-2-4), que es capaz de aportar hasta 80 l/s y del que se han llegado a bombear más de 2 hm<sup>3</sup>/año. En la Figura nº 97 se muestra la situación de las 295 ha de invernaderos de Bonnysa.

Otros aprovechamientos agrícolas con infraestructuras de menor entidad son los que se describen en la Tabla nº 41.

**Tabla nº 41.- Otros aprovechamientos e infraestructuras de riego de la zona**

Zona de Riego	Superficie regable (ha)	Consumo (hm <sup>3</sup> /año)	Fuentes de suministro
Entorno del caso urbano de Orxeta (ámbito de la C.R. de Orxeta)	70	0,53	Aguas residuales de Orxeta y río Sella
Entorno del núcleo urbano de Relleu	< 50 ha	?	Aguas residuales de Relleu y río Amadorio
Entorno del núcleo urbano de Aigües	?	0,02	Pozos del abastecimiento de Aigües (2933-6-2 y 8)
Sur del núcleo urbano de Finestrat	< 50 ha	?	Aguas residuales de Finestrat, río Antxero, fuente Antxero (2933-8-131) y otras situadas en el borde septentrional de la zona de estudio
Municipio de L'Alfàs del Pi (Rec Major de L'Alfàs del Pi)	352	2,64	Creado en 1966, se integró en el sistema de riego del Bajo Algar
Municipio de L'Alfàs del Pi (Pou de L'Albir)	104	0,78	El pozo (3033-6-2) está fuera de servicio, aunque está proyectado que se utilice en un futuro como fuente de suministro de la desaladora de L'Albir del sistema de abastecimiento de L'Alfàs del Pi. La zona regable se integró en el sistema de riego del Bajo Algar

## 8.4 OTROS USOS E INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DE LA ZONA

Además de usos urbanos y agrícolas en la zona existen usos industriales y recreativos. Entre los primeros, el más significativo es el de la fábrica de Chocolates Valor, S.A., situada en el municipio de Villajoyosa, concretamente a las afueras del casco urbano, en la margen izquierda del río Amadorio. Cuenta con un pozo excavado (2933-8-29) y una desaladora para tratar el agua captada (en la Figura nº 98 se muestra su situación geográfica). La desaladora, situada en el interior de la factoría, tiene una capacidad de 22 m<sup>3</sup>/día, una tasa de conversión de agua bruta a desalada del 70% y está diseñada para tratar agua con unos 3.000 µS/cm (el rechazo se vierte al alcantarillado).

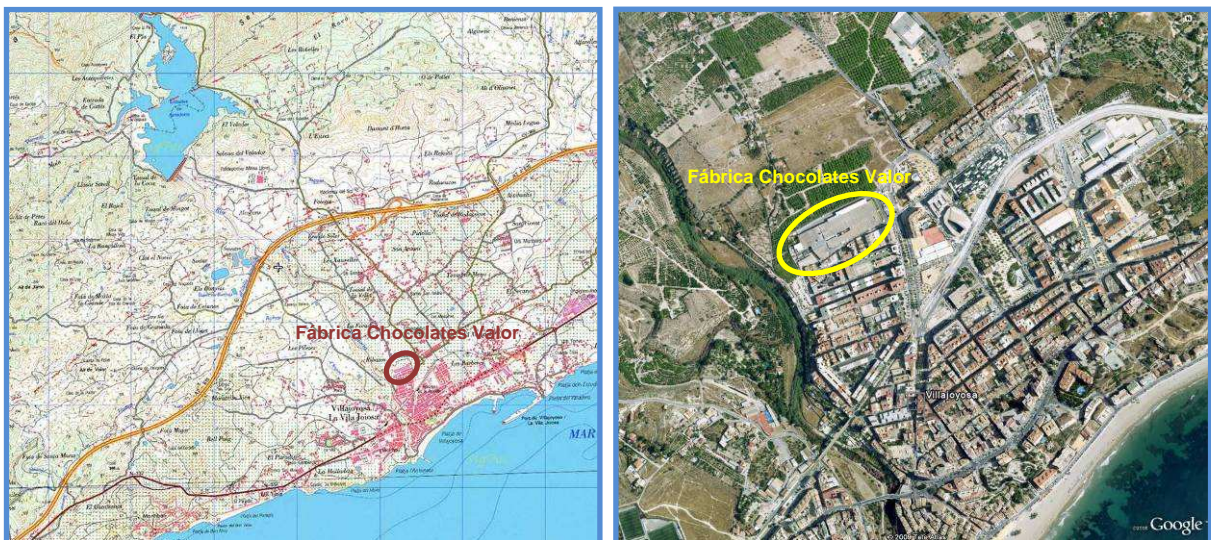


Figura nº 98.- Situación de la fábrica de Chocolates Valor, S.A



Figura nº 99.- Situación del parque acuático Aqualandia Benidorm

Los usos recreativos corresponden a los parques acuáticos de Aqualandia de Benidorm y Terra Mítica, también situada en Benidorm, y a los Campos de Golf Real de Faula o Villa Aitana de Benidorm, Golf & SPA Bonalba de Mutxamel y Alicante Golf Club.

El parque acuático de Aqualandia se localiza en el municipio de Benidorm, concretamente en el sector occidental de la ladera septentrional de Sierra Helada (ver Figura nº 99), y cuenta con dos sondeos que captan agua de mar a través de las formaciones permeables del acuífero de Sierra Helada (sondeos 3033-6-14 y 15).

El parque temático Terra Mítica se ubica en la ladera meridional de Sierra Cortina, al noroeste del casco urbano de Benidorm (ver Figura nº 100). Dispone de una toma de agua de mar situada en el peñón occidental de la Playa de Poniente de Benidorm. De acuerdo con los datos facilitados por Aquagest Levante, S.A., empresa que gestiona el servicio de agua potable de Benidorm, anualmente se le suministran unos 0,45 hm<sup>3</sup> de agua potable. También se proyectó la ejecución de una desaladora en el recinto de Terra Mítica con una capacidad de 1.000 m<sup>3</sup>/día, una tasa de conversión de agua bruta a tratada del 40% y CE del agua tratada de 37.000 µS/cm. Actualmente, en algunos de los usos no restringidos del Parque se debe estar utilizando el agua captada en la toma de agua de mar.

El campo de Golf Real de Faula o Villa Aitana también se emplaza en la ladera meridional de Sierra Cortina, al noroeste del casco urbano de Benidorm (ver Figura nº 101). Este campo se emplazó sobre la infraestructura que permitía el uso de los manantiales del sector Murtal del acuífero de Sierra Cortina, que en la actualidad ha desaparecido, lo cual impide el aprovechamiento de estas surgencias. El campo de golf tiene 36 hoyos y el agua utilizada procede del terciario de la depuradora de Benidorm.



Figura nº 100.- Situación del parque temático Terra Mítica

El campo de Golf & SPA Bonalba se encuentra, en el municipio de Mutxamel, entre las explotaciones agrícolas que tiene Bonnysa (ver Figura nº 102). El campo tiene 18 hoyos y el agua utilizada debe proceder de los pozos que tiene esta empresa en los municipios de Castalla, Tibi y Busot, aunque según el inventario de infraestructuras del proyecto “Estudio de Viabilidad de Utilización de Acuíferos Costeros Provinciales para Abastecimiento en Usos Urbanos Directos No Restringidos”, realizado en 2005 por la DPA, existe una desaladora para cubrir sus necesidades.

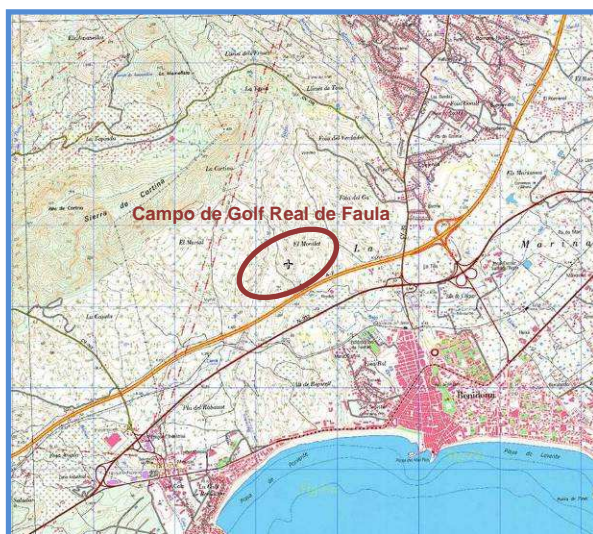


Figura nº 101.- Situación del campo de Golf Real de Faula

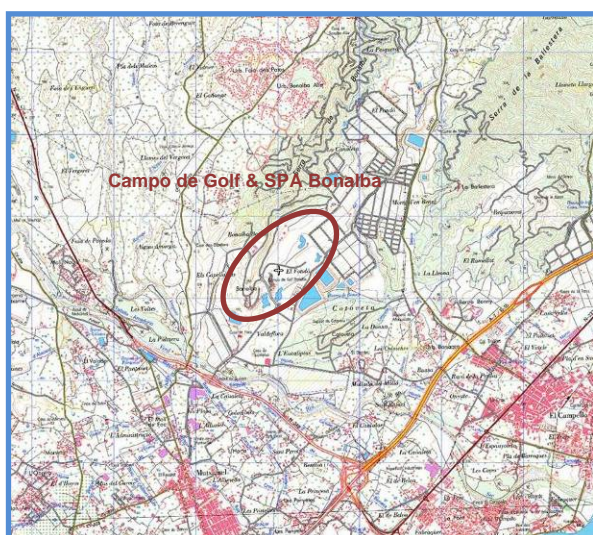


Figura nº 102.- Situación del campo de Golf & SPA Bonalba

El Alicante Golf Club tiene 18 hoyos y se localiza en la zona nororiental del municipio de Alicante (ver Figura nº 103). Aunque cuenta con tres captaciones de agua subterránea y una



desalobrador para tratar el agua bombeada, en la actualidad según los gestores las necesidades se cubren con recursos de los sistemas de riego de la zona, aunque no se descarta que utilicen alguna de las captaciones (2934-6-14, 15 y 16), y que el rechazo se inyecte en el subsuelo mediante un sondeo profundo (2934-6-17).



Figura nº 103.- Situación del Alicante Golf Club

Por último, hay que indicar que, además de las captaciones de agua de mar con que cuenta Villajoyosa, en la Playa de Villajoyosa, y Benidorm, en las Playas de Levante y Poniente, para cubrir las necesidades de lava-pies, existen otros aprovechamientos de aguas subterráneas de la zona que se destinan al riego de jardines o zonas verdes, como el jardín del Palau de Villamarco (2934-6-10), situado en el municipio de El Campello; las zonas verdes del Club de Tennis de Villajoyosa (2933-8-119) y de la Hacienda del Sol (2933-8-128), también de Villajoyosa; la zona verde del Residencial del BBVA (2934-4-1 y 2), sito el paraje Paradis de Villajoyosa; las áreas verdes del Hospital Psiquiátrico de Sant Joan d'Alacant (2934-5-12); las zonas recreativas del Colegio de los Salesianos de El Campello (2934-2-3) y las zonas verdes del Club Atlético de Montemar de Alicante (2934-5-15), entre otros, o que bombean para cubrir parte de las necesidades de algunos campings como el de Benidorm (3033-6-65), Villamar (3033-6-66, 67 y 68), Villasol (3033-5-50 y 51) y Armanello (3033-5-11), todos en el municipio de Benidorm.

## 9. USOS Y APROVECHAMIENTOS DEL SUELO

### 9.1 USOS URBANOS

De acuerdo con el Plan Hidrológico de la Cuenca del Júcar (PHCJ), la zona de estudio se incluye en los Sistemas de Explotación de la Marina Baixa y Vinalopó-L'Alacantí (ver Plano nº 3). El primero ocupa una extensión de 583 km<sup>2</sup> y comprende las cuencas propias de los ríos Algar y Amadorio y las subcuencas litorales entre el río Algar y el límite sur del término municipal de Villajoyosa. Los municipios incluidos en este Sistema que se encuentran dentro de la zona de estudio son: Relleu, Orxeta, Finestrat, Benidorm, L'Alfàs del Pi, La Nucía, Sella, Altea y Villajoyosa.

Por su parte, el Sistema de Explotación Vinalopó-L'Alacantí, que se extiende por una superficie de 2.786 km<sup>2</sup>, ocupa las cuencas propias de los ríos Monnegre, Rambla de Rambuchar y Vinalopó, y las subcuencas litorales comprendidas entre el límite norte del término municipal de El Campello y la divisoria con la Cuenca del Segura. Los municipios incluidos en este Sistema que se encuentran dentro de la zona de estudio son: Jijona, Busot, Aigües, Alicante, Mutxamel, San Joan de Alicante y El Campello.

En la Tabla nº 42 se muestra la superficie de los términos municipales citados y la que ocupan en la zona de estudio.

**Tabla nº 42.- Superficies de los municipios de la zona de estudio**

Municipio	Superficie Total (km <sup>2</sup> )	Superficie sobre zona de estudio (km <sup>2</sup> )		
		080.072 Orcheta	080.073 San Juan-Benidorm	Total
Aigües	18,53	10,19	8,34	18,53
L'Alfàs del Pi	19,13	0,00	7,60	7,60
Alicante	201,67	12,54	21,85	34,40
Altea	34,61	0,00	1,79	1,79
Benidorm	38,74	1,82	25,60	27,42
Busot	33,90	30,68	3,21	33,90
El Campello	55,70	55,16	0,00	55,16
Finestrat	42,31	9,04	4,70	13,74
Jijona	163,49	57,68	0,00	57,68
La Nucía	21,71	0,00	0,00	0,00
Villajoyosa	59,19	3,82	54,89	58,71
Mutxamel	47,52	1,17	23,82	24,99
Orxeta	24,09	16,79	2,71	19,50

Municipio	Superficie Total (km <sup>2</sup> )	Superficie sobre zona de estudio (km <sup>2</sup> )		
		080.072 Orcheta	080.073 San Juan-Benidorm	Total
Relleu	77,05	50,92	0,00	50,92
Sant Joan	9,56	0,00	9,56	9,56
Sella	39,00	0,47	0,00	0,47
<b>TOTAL</b>	<b>886,20</b>	<b>250,28</b>	<b>164,07</b>	<b>414,37</b>

La mayoría de estos municipios han sufrido durante los últimos años un cambio sustancial de la actividad económica que desarrollaban, pues el turismo ha pasado a ser el sector de más auge y, en consecuencia, se ha originado una explosión urbanística que ha modificado el uso y aprovechamiento del suelo, transformando zonas tradicionalmente agrícolas en desarrollos urbanos.

En la Tabla nº 43 se indican las superficies urbanizadas por municipio, que se sitúan sobre la zona de estudio, y una estimación de los recursos que se utilizan para su abastecimiento, calculada a partir del volumen total suministrado, que aparece en la Tabla nº 39, y la proporcionalidad que se puede establecer entre la superficie total urbanizada de cada municipio y la que se localiza sobre la zona de estudio.

Tabla nº 43.- Superficie urbanizada situada sobre la zona por municipios

Municipio	S. total urbanizada (km <sup>2</sup> )	V. total suministrado en 2008 (hm <sup>3</sup> )	S urbanizada en zona de estudio (km <sup>2</sup> )			Estimación volumen (hm <sup>3</sup> ) suministrado en zona (2008)
			080.072 Orcheta	080.073 San Juan-Benidorm	Total	
Aigües	0,53	0,24	0,35	0,18	0,53	0,24
L'Alfàs del Pi	6,14	2,90	0,00	2,94	2,94	1,39
Alicante	49,40	25,34	0,18	11,18	11,36	5,83
Altea	3,80	2,60	0,00	0,42	0,42	0,29
Benidorm	8,70	11,95	0,00	7,57	7,57	10,40
Busot	2,70	0,50	2,64	0,06	2,70	0,50
El Campello	7,58	3,66	0,00	7,58	7,58	3,66
Finestrat	4,40	1,08	0,44	1,02	1,45	0,36
Jijona	0,81	0,90	0,69	0,00	0,69	0,77
La Nucía	5,05	2,20	0,00	0,44	0,44	0,19
Villajoyosa	4,51	2,86	0,00	4,51	4,51	2,86

Municipio	S. total urbanizada (km <sup>2</sup> )	V. total suministrado en 2008 (hm <sup>3</sup> )	S urbanizada en zona de estudio (km <sup>2</sup> )			Estimación volumen (hm <sup>3</sup> ) suministrado en zona (2008)
			080.072 Orcheta	080.073 San Juan-Benidorm	Total	
Mutxamel	7,92	1,40	0,00	4,51	4,51	0,80
Orxeta	0,32	0,12	0,32	0,00	0,32	0,12
Relleu	0,18	0,11	0,18	0,00	0,18	0,11
Sant Joan	4,21	1,91	0,00	4,21	4,21	1,91
Sella	0,14		0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>106,39</b>	<b>57,77</b>	<b>4,80</b>	<b>44,62</b>	<b>49,41</b>	<b>29,43</b>

De la tabla anterior se desprende que en la zona de estudio el suministro urbano (incluido industrias conectadas a los sistemas de abastecimiento) rondó los 29,41 hm<sup>3</sup> en 2008 y que la superficie urbanizada es de 49,42 Km<sup>2</sup>.

La mayor parte de la superficie urbanizada de los municipios de la zona de estudio se localiza en la franja costera y corresponde con los acuíferos Cuaternarios que forman parte de la MASub 080.073 San Juan-Benidorm. En la Tabla nº 44 se presenta la distribución de las zonas urbanizadas sobre los acuíferos de la zona de estudio.

Tabla nº 44.- Distribución de superficies urbanizadas sobre acuíferos

Municipio	Sobre acuíferos (km <sup>2</sup> )				Sin definir (km <sup>2</sup> )
	Benidorm	Villajoyosa	San Juan-Campello	Resto	
Aigües					0,53
Alicante			11,13		0,23
Altea	0,47				0,00
Benidorm	6,04			0,26	1,27
Busot			0,02	0,08	2,60
El Campello			4,77		2,81
Finestrat				0,40	1,05
Jijona				0,04	0,65
L'Alfàs del Pi	2,56			0,01	0,37
La Nucía	0,44				0,00
Mutxamel			4,47		0,04
Orxeta				0,03	0,29
Relleu					0,18
Sant Joan			4,31		0,00

Municipio	Sobre acuíferos (km <sup>2</sup> )				Sin definir (km <sup>2</sup> )
	Benidorm	Villajoyosa	San Juan-Campello	Resto	
Sella					0,00
Villajoyosa		1,98			2,53
<b>TOTAL</b>	<b>9,51</b>	<b>1,98</b>	<b>24,70</b>	<b>0,82</b>	<b>12,55</b>

Fuente de superficies urbanizadas: Planimetría de usos y aprovechamientos del suelo de DPA (2008).

Los sistemas de abastecimiento son aprovechamientos que cuentan con unas fuentes de suministro cuyos recursos se almacenan o regulan en depósitos desde donde se surte a los usuarios a través de una red de distribución. Pero no todo el recurso es contabilizado en los contadores de los usuarios debido a que se pueden producir fugas, en su mayoría en las redes de distribución, que por encontrarse generalmente enterradas alcanzan el subsuelo recargando los acuíferos.

En la Tabla nº 46 se estima el volumen de pérdidas de los abastecimientos que pueden recargar los acuíferos detríticos de la zona. En ella se tienen en cuenta los rendimientos de los sistemas de abastecimiento de la Tabla nº 39 y la superficie urbanizada sobre los acuíferos de la Tabla nº 44 (no se considera la posible infiltración sobre acuíferos calizos o dolomíticos al no existir infraestructura de distribución sobre afloramientos permeables). Para calcular el volumen aplicado sobre las zonas urbanizadas sobre los acuíferos de la zona (ver Tabla nº 45) se ha utilizado el mismo criterio de proporcionalidad con el que se ha estimado el suministro para la zona de estudio de la Tabla nº 43.

Tabla nº 45.- Estimación de volumen suministrado en zonas urbanizadas sobre acuíferos

Municipio	Volumen suministrado en zonas urbanizadas sobre acuíferos (hm <sup>3</sup> )				Sin definir (hm <sup>3</sup> )
	Benidorm	Villajoyosa	San Juan-Campello	Resto	
Aigües	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24
Alicante	0,00	0,00	5,71	0,00	0,12
Altea	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00
Benidorm	8,30	0,00	0,00	0,36	1,74
Busot	0,00	0,00	0,00	0,01	0,48
El Campello	0,00	0,00	2,30	0,00	1,36
Finestrat	0,00	0,00	0,00	0,10	0,26
Jijona	0,00	0,00	0,00	0,04	0,72
L'Alfàs del Pi	1,21	0,00	0,00	0,00	0,17
La Nucía	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00
Mutxamel	0,00	0,00	0,79	0,00	0,01

Municipio	Volumen suministrado en zonas urbanizadas sobre acuíferos (hm <sup>3</sup> )				Sin definir (hm <sup>3</sup> )
	Benidorm	Villajoyosa	San Juan-Campello	Resto	
Orxeta	0,00	0,00	0,00	0,01	0,11
Relleu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
Sant Joan	0,00	0,00	1,96	0,00	0,00
Sella	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Villajoyosa	0,00	1,26	0,00	0,00	1,60
<b>TOTAL</b>	<b>10,02</b>	<b>1,26</b>	<b>10,76</b>	<b>0,53</b>	<b>6,93</b>

Tabla nº 46.- Estimación de pérdidas en zonas urbanizadas sobre acuíferos

Municipio	Rendimiento de red (%)	Pérdidas en zonas urbanizadas sobre acuíferos (hm <sup>3</sup> )				Sin definir (hm <sup>3</sup> )
		Benidorm	Villajoyosa	San Juan-Campello	Resto	
Aigües	66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
Alicante	90	0,00	0,00	0,57	0,00	0,01
Altea	79	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
Benidorm	91	0,75	0,00	0,00	0,03	0,16
Busot	55	0,00	0,00	0,00	0,01	0,22
El Campello	79	0,00	0,00	0,48	0,00	0,28
Finestrat	80	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05
Jijona	70	0,00	0,00	0,00	0,01	0,22
L'Alfàs del Pi	70	0,36	0,00	0,00	0,00	0,05
La Nucía	70	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Mutxamel	80	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00
Orxeta	54	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05
Relleu	60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
Sant Joan	90	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00
Sella	70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Villajoyosa	80	0,00	0,25	0,00	0,00	0,32
<b>TOTAL</b>	<b>85</b>	<b>1,23</b>	<b>0,25</b>	<b>1,41</b>	<b>0,08</b>	<b>1,49</b>

## 9.2 USOS AGRÍCOLAS

La CHJ además de dividir la cuenca en Sistemas de Explotación, ha agrupado los aprovechamientos agrícolas en Unidades de Demanda Agraria (UDA), en función de su proximidad geográfica y del origen de los recursos que utilizan para cubrir sus necesidades.

En la zona de estudio las UDAs que se han definido son las siguientes (ver Figura nº 104):

**Tabla nº 47.- UDAs definidas en la zona de estudio**

Código	Denominación	Sistema Explotación	Superficie (km <sup>2</sup> )	
			Total	En zona de estudio
081069A	Pequeños regadíos Marina Baja	Marina Baixa	9,23	3,69
081070A	Riegos del Sindicato Algar-Guadalest	Marina Baixa	62,48	21,34
081071A	Riegos del Amadorio	Marina Baixa	24,51	24,39
081072A	Riegos del Monnegre	Vinalopó-L'Alacantí	8,90	5,88
081072B	Riegos del río Jijona	Vinalopó-L'Alacantí	5,89	3,24
081078A	L'Alacantí	Vinalopó-L'Alacantí	112,09	39,65
081079A	Riegos de Levante Margen Izquierda	Vinalopó-L'Alacantí	46,86	42,33
<b>TOTAL</b>			<b>269,95</b>	<b>140,50</b>

**Tabla nº 48.- Superficie de UDAs sobre zona de estudio y tipos de cultivos de regadío**

Código UDA	081069A	081070A	081071A	081072A	081072B	081078A	081079A	TOTALES	
Cultivos de regadío (ha)	Herbáceos	0	25	98	10	14	217	716	1.080
	Frutales	132	433	703	20	0	109	386	1.783
	Olivar	6	4	0	0	0	1	10	22
	Viñedo	2	0	0	0	0	0	2	4
	Invernaderos	0	9	3	1	0	252	37	302
	Otros*	0	0	9	0	0	44	54	107
	<b>TOTAL</b>	140	471	813	31	14	623	1.206	3.298
Superficie total en zona de estudio (ha)	369	2.110	2.415	588	324	3.964	4.232	14.002	

\*Zonas verdes urbanas y campos de golf

De acuerdo con la planimetría de usos del suelo que dispone la DPA, realizada en 2008 por la Universidad de Catilla-La Mancha, no toda la superficie de las UDAs está ocupada por cultivos de regadío y hay otras parcelas de riego que se localizan fuera de sus límites (ver Plano nº 3). En la Tabla nº 48 se comparan las superficies de las UDAs que se sitúan sobre la zona de estudio con los cultivos de regadío.

En la tabla siguiente se contabilizan las superficies de regadío que se sitúan en la zona de estudio independientemente de que se encuentren o no incluidas en alguna de las UDAs definidas por la CHJ.

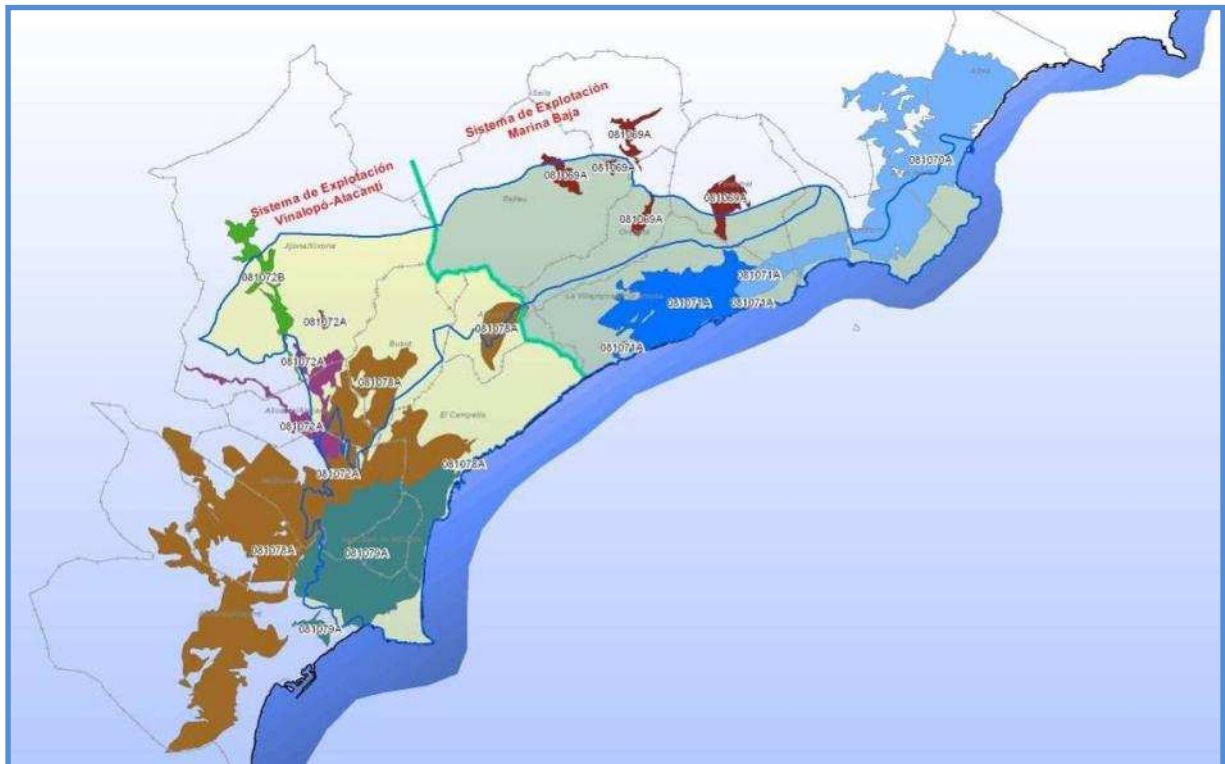


Figura nº 104.- UDAs definidas por la CHJ en el ámbito de la zona de estudio

Tabla nº 49.- Superficies de los regadíos de la zona de estudio

MASUB	Herbáceos	Frutales	Olivar	Viñedo	Invernaderos	Otros*	TOTAL
<b>080.072</b>	48	372	14	2	22	26	<b>484</b>
<b>080.073</b>	1.087	1.668	16	3	290	322	<b>3.386</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1.136</b>	<b>2.039</b>	<b>30</b>	<b>5</b>	<b>312</b>	<b>348</b>	<b>3.870</b>

\* Zonas verdes urbanas y Campos de Golf

De acuerdo con las dotaciones medias que establece la DPA (Mapa del Agua de la Provincia de Alicante, 2007), para los cultivos de la Marina Baixa (4.500 m<sup>3</sup>/ha/año) y de L'Alacantí (5.000 m<sup>3</sup>/ha/año) la demanda agraria total en la zona de estudio (1.989 ha en la zona de L'Alacantí y 1.705 ha en la Marina Baixa (sin contabilizar las zonas verdes urbanas incluidas en los Sistemas de Abastecimiento) se puede estimar en unos 17,63 hm<sup>3</sup>/año (ver Tabla nº 50).

Tabla nº 50.- Estimación de demanda de cultivos de la zona de estudio (dotaciones DPA)

Comarca	Superficie (ha)	Dotación bruta (m <sup>3</sup> /ha/año)	Demanda total (hm <sup>3</sup> /año)
L'Alacantí	1.989	5.000	9,95



Marina Baja	1.705	4.500	7,68
<b>TOTAL</b>	<b>3.695</b>	<b>4.769</b>	<b>17,63</b>

Por otro lado, si se aplican los criterios del Artículo 18 y el Anexo 2 de la Normativa del Plan Hidrológico de la Cuenca del Júcar, se estima que la demanda agraria alcanza los 19,33 hm<sup>3</sup>/año (ver Tabla nº 51).

Tabla nº 51.- Estimación de demanda de cultivos de la zona de estudio (dotaciones PHCJ)

Cultivos de regadío	Tipo cultivo según PHCJ	S (ha)	Dotación neta (m <sup>3</sup> /ha/año)	Eficiencia riego (%)	Dotación bruta (m <sup>3</sup> /ha/año)	Demanda (hm <sup>3</sup> /año)
<b>Comarca L'Alacantí</b>						
Campos de golf	Alfalfa y praderas	72	6.920	0,7	9.886	0,72
Bajo plástico	Tomates	300	3.920	0,9	4.356	1,31
Herbáceos	Hortícolas y forrajeras	992	3.315	0,7	4.736	4,70
Frutales	Cítricos	605	4.700	0,8	5.875	3,55
Olivar	Olivo	18	3.600	0,8	4.500	0,08
Viñedo	Vid	2	4.250	0,8	5.313	0,01
<b>Totales Comarca L'Alacantí</b>		<b>1.989</b>	<b>3.962</b>	<b>0,8</b>	<b>5.210</b>	<b>10,36</b>
<b>Comarca Marina Baja</b>						
Campos de golf	Alfalfa y praderas	100	6.230	0,7	8.900	0,89
Bajo plástico	Tomates	12	3.590	0,9	3.989	0,05
Herbáceos	Hortícolas y forrajeras	144	2.820	0,7	4.029	0,58
Frutales	Cítricos	1.434	4.120	0,8	5.150	7,39
Olivar	Olivo	12	3.270	0,8	4.088	0,05
Viñedo	Vid	3	3.860	0,8	4.825	0,02
<b>Totales Marina Baja</b>		<b>1.705</b>	<b>4.124</b>	<b>0,8</b>	<b>5.267</b>	<b>8,98</b>
<b>Totales Zona de Estudio</b>		<b>3.695</b>	<b>4.035</b>	<b>0,8</b>	<b>5.235</b>	<b>19,34</b>

A partir de las superficies de riego situadas sobre los acuíferos detríticos de la zona (ver Tabla nº 52) se ha estimado la alimentación de éstos (ver

Tabla nº 53) debida a la infiltración de retornos de riego. Se ha considerado que alrededor del 15% de la dotación bruta aplicada sobre los cultivos puede alcanzar la zona saturada (no se estima la posible infiltración sobre acuíferos calizos o dolomíticos al no existir cultivos sobre sus afloramientos permeables).

**Tabla nº 52.- Cultivos sobre los acuíferos detríticos (km<sup>2</sup>)**

Acuífero	Herbáceos	Frutales	Olivar	Viñedo	Invernaderos	Campos de golf	TOTAL
Cuaternario Benidorm	0,35	4,71	0,04		0,07	0,20	<b>5,37</b>
Cuaternario Villajoyosa	0,62	5,48			0,04		<b>6,14</b>
Cuaternario S. Juan-Campello	9,46	5,15	0,11	0,02	2,18	0,67	<b>17,59</b>
<b>TOTAL</b>	<b>10,43</b>	<b>15,34</b>	<b>0,15</b>	<b>0,02</b>	<b>2,29</b>	<b>0,87</b>	<b>29,10</b>

**Tabla nº 53.- Estimación de infiltración por retornos de riego**

Acuífero	Demanda de cultivos de zona de riego (hm <sup>3</sup> /año)							Retornos (hm <sup>3</sup> /año)
	Herbáceos	Frutales	Olivar	Viñedo	Invernaderos	Otros	TOTAL	
Cuaternario Benidorm	0,14	2,43	0,02	0,00	0,03	0,18	2,79	0,42
Cuaternario S. Juan-Campello	0,25	2,82	0,00	0,00	0,02	0,00	3,09	0,46
Cuaternario Villajoyosa	4,48	3,03	0,05	0,01	0,95	0,66	9,18	1,38
<b>TOTAL</b>	<b>4,87</b>	<b>8,27</b>	<b>0,07</b>	<b>0,01</b>	<b>0,99</b>	<b>0,84</b>	<b>15,05</b>	<b>2,26</b>

## 10. GEOLOGÍA

### 10.1 ENCUADRE GEOLÓGICO

Desde el punto de vista geológico, el sureste de la Península Ibérica se encuadra en las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas y más concretamente en el Dominio Prebético, donde se diferencian dos áreas paleogeográficas diferentes (Azema, 1966): Prebético Externo y Prebético Interno, o Prebético de Alicante.

La zona estudiada se encuadra en el segundo, Prebético de Alicante, caracterizado por presentar secuencias de materiales del Mesozoico propios de ambientes de plataforma abierta, con importantes discontinuidades estratigráficas a nivel del Cretácico Inferior y potentes y continuas formaciones del Cretácico Medio y Superior y Paleoceno, con facies tanto carbonatadas como hemipelágicas y, a diferencia del Prebético Interno, con escasa o nula influencia continental.

Los sedimentos del resto del Paleógeno se encuentran en discordancia angular sobre los precedentes, desarrollándose a partir del Mioceno inferior en una serie de cuencas marinas con bordes de componente tectónico, cuencas sin-orogénicas, donde se registran importantes acumulaciones de sedimentos hemipelágicos y olistolitos procedentes de frentes o rampas laterales de mantos de cabalgamiento.

A partir del Mioceno superior los materiales son de carácter postectónico y se presentan con facies marinas hasta el Plioceno desarrollándose, posteriormente, durante el Cuaternario, una importante gama de depósitos continentales asociados a sistemas aluviales y fluviales.

La geología del Prebético de Alicante ha sido objeto de numerosos estudios, la referencia más antigua se remonta a la mitad del siglo XIX, al trabajo titulado “Cup d’Oeil Sur la Constitution Géologique de Quelques Provinces de l’Espagne”, publicado en 1852 por Vernouill y Coullomb.

Durante la primera parte del siglo XX se publican pequeñas referencias sobre yacimientos fosilíferos y observaciones de facies y estructuras geológicas puntuales, y ya, en la década de los 70, es cuando aparecen los primeros trabajos de geología regional, en tesis doctorales de geólogos franceses y holandeses (Azema, 1977,...) y en la cartografía geológica escala 1:50.000 del Mapa Geológico Nacional (IGME, 1978, 1981,...).

Cada uno de estos trabajos incorpora una cartografía geológica y describe las secuencias litoestratigráficas y correlaciones entre los principales afloramientos cretácicos, observándose importantes discrepancias de unos autores a otros en cuanto a los criterios de división y/o asignación de tramos litológicos y a su datación, esto último es consecuencia del uso de litofacies como niveles guía y organismos bentónicos de amplia escala cronoestratigráfica.

Estas discrepancias se pusieron de manifiesto en las síntesis geológicas de la zona prebética, publicadas por Rodríguez-Estrella, T. (1977 a y b) y Baena Pérez, J. y Jerez Mir, L. (1982), que propusieron una nueva y más amplia división paleogeográfica para poder correlacionar en un modelo coherente un mayor número de secuencias.

Con posterioridad se ha publicado la tesis doctoral titulada “Le Crétacé Inférieur de la Costa Blanca entre Busot et Altea, Alicante (Espagne): Biostratigraphie, Sédimentologie y Evolution Tectono-Sédimentaire”, de Granier, B. (1987), la cual incluye detalladas series litoestratigráficas de los principales afloramientos cretácicos de la zona de estudio y efectúa su datación precisa, despejando gran parte de las incertidumbres de correlación existentes hasta la fecha.

Más recientemente, diversos investigadores ligados a la Universidad de Alicante, Granada y Jaén (Yébenes, Estévez, Andreu, Alfaro, Castro, Sanz de Galdeano,...), han aportado nuevos y más precisos datos cartográficos, sedimentológicos y tectónicos, sobre la geología de la zona. También cabe destacar los trabajos Martínez del Olmo, W., sobre estratigrafía secuencial y Paleogeografía del Prebético de Alicante y sur de Valencia.

## 10.2 ESTRATIGRAFÍA

### 10.2.1 SERIES ESTUDIADAS

Se ha realizado el levantamiento de 11 series litoestratigráficas (ver Figura nº 105) en afloramientos de rocas de edad Jurásico Superior a Paleógeno (Tabla nº 54).

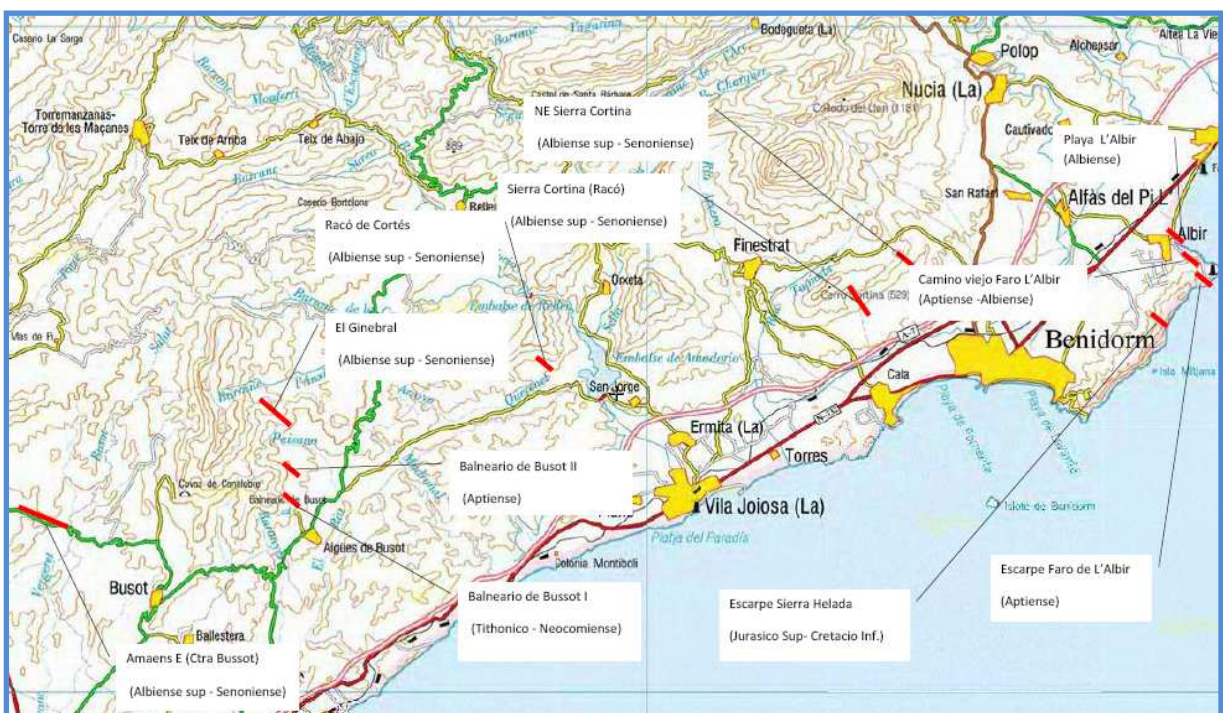


Figura nº 105.- Localización de series litoestratigráficas

En cada una se han realizado las pertinentes observaciones sobre la naturaleza, textura y estructura de las rocas, y se han tomado muestras de los niveles margosos para su datación mediante nannofósiles. Las dataciones han sido realizadas por Roque Aguado Merlo, Profesor de la Escuela Politécnica de Linares (Jaén).

Además de estas series, durante las jornadas de cartografía geológica se han llevado a cabo numerosas observaciones puntuales, y se ha complementado la toma de muestras para su datación en pisos no incluidos en las series hasta un total de 17 (ver Anejo nº 14).

**Tabla nº 54.- Localización de series litoestratigráficas**

SERIE	COORDENADAS MURO		COORDENADAS TECHO	
	X UTM	Y UTM	X UTM	Y UTM
Sierra Helada-Escarpe	756.570	4.271.669	756.570	4.271.669
Sierra Helada-Faro	757.087	4.272.527	757.087	4.272.527
Sierra Helada-Carretera Faro	756.720	4.272.445	756.720	4.272.445
Sierra Helada-Playa de L'Albir	756.142	4.273.274	756.142	4.273.274
Cabezón Oro-Balneario I	729.117	4.266.158	729.117	4.266.158
Cabezón Oro-Balneario II	729.389	4.266.484	729.389	4.266.484
Cabezón de Oro-Ginebral	728.799	4.268.346	728.799	4.268.346
Orxeta - Racó de Cortés	736.840	4.269.609	736.840	4.269.609
Sierra Cortina-Racó	745.898	4.271.747	745.898	4.271.747
Sierra Cortina-Extremo Noreste	748.208	4.273.629	748.208	4.273.629
Carretera Busot-Jijona	722.610	4.264.883	722.610	4.264.883

## 10.2.2 SERIE LITOESTRATIGRÁFICA DE SIERRA HELADA

Sierra Helada se localiza en el extremo oriental de área estudiada y ofrece una potente secuencia de sedimentos de edades comprendidas entre el Jurásico Superior y el Albiense. Se describen cuatro secuencias, levantadas en los afloramientos con mejores condiciones de observación, que en conjunto constituyen una misma serie litoestratigráfica en la que se diferencian 6 términos (ver Tabla nº 55):

**Tabla nº 55.- Términos de la serie de Sierra Helada**

COLUMNA	TRAMO	EDAD
Sierra Helada-Escarpe	Calizas micríticas grises	Tithónico
	Ritmita margoso calcárea con ammonites	Aptiense
Sierra Helada-Faro	Calizas con corales y toucasias	

COLUMNA	TRAMO	EDAD
Sierra Helada-Carretera Faro	Calcarenitas y calizas oolíticas	Albiense inferior
	Calizas de rudistas	Albiense medio-superior
Sierra Helada-Playa de L'Albir	Ritmita margoso calcárea con erizos	Albiense superior
	Calizas y margas	
	Ritmita margoso calcárea con erizos	

#### 10.2.2.1 SIERRA HELADA-ESCARPE

Esta serie (ver Figura nº 106 y Fotografía nº 1) sólo es accesible desde el mar. La columna se ha levantado por observaciones directas desde el punto más accesible y las descripciones que se realizan proceden del trabajo de Yébenes, A. (1996) y de la tesis doctoral de Granier, B. (1987).

De muro a techo se diferencian los siguientes términos:

**Calizas micríticas grises.** Se localizan en un único afloramiento ubicado a 1.100 m al sureste del Faro de L'Albir, formando un escarpe de hasta 50 m sobre el mar.

Corresponden a unas calizas wackestone y floatstone, de color gris, en estratos gruesos a muy gruesos, con niveles de oncolitos y otros laminados de tipo estromatolítico.

En los niveles superiores se observan numerosos diques neptúnicos con relleno de micritas de la unidad superior. Culmina con un hard-ground ferruginoso bien desarrollado con restos de corales y serpúlidos.

La presencia de *Clypeina sulcata*, *Salpingoporella annulata*, *Thaumatoporella parvovesiculífera* y otros organismos bentónicos, permiten datarla como Tithónico.

**Ritmita margoso calcárea con ammonites.** Como su nombre indica el tramo corresponde a una alternancia de margas y calizas de tonalidades grises, en estratos de 0,2 a 0,4 m, que alcanza una potencia de 150 m.

El contacto con la caliza jurásica es ligeramente discordante, localizándose en la base un nivel calcáreo de condensación y potencia inferior a 1 m, con macrofósiles reelaborados (ammonites, belemnites, braquiópodos y equinodermos) de edad Bedouliense inferior (Aptiense).

Sobre este nivel se desarrolla una monótona secuencia de margas con intercalaciones de calizas micríticas, con frecuentes ammonites piritizados y belemnites. En los metros superiores se intercalan calizas detríticas, cada vez más frecuentes, en una transición al tramo superior.

La edad del tramo, asignada por la fauna de ammonites que presenta, es Aptiense (Bedouliense-Claisiense).

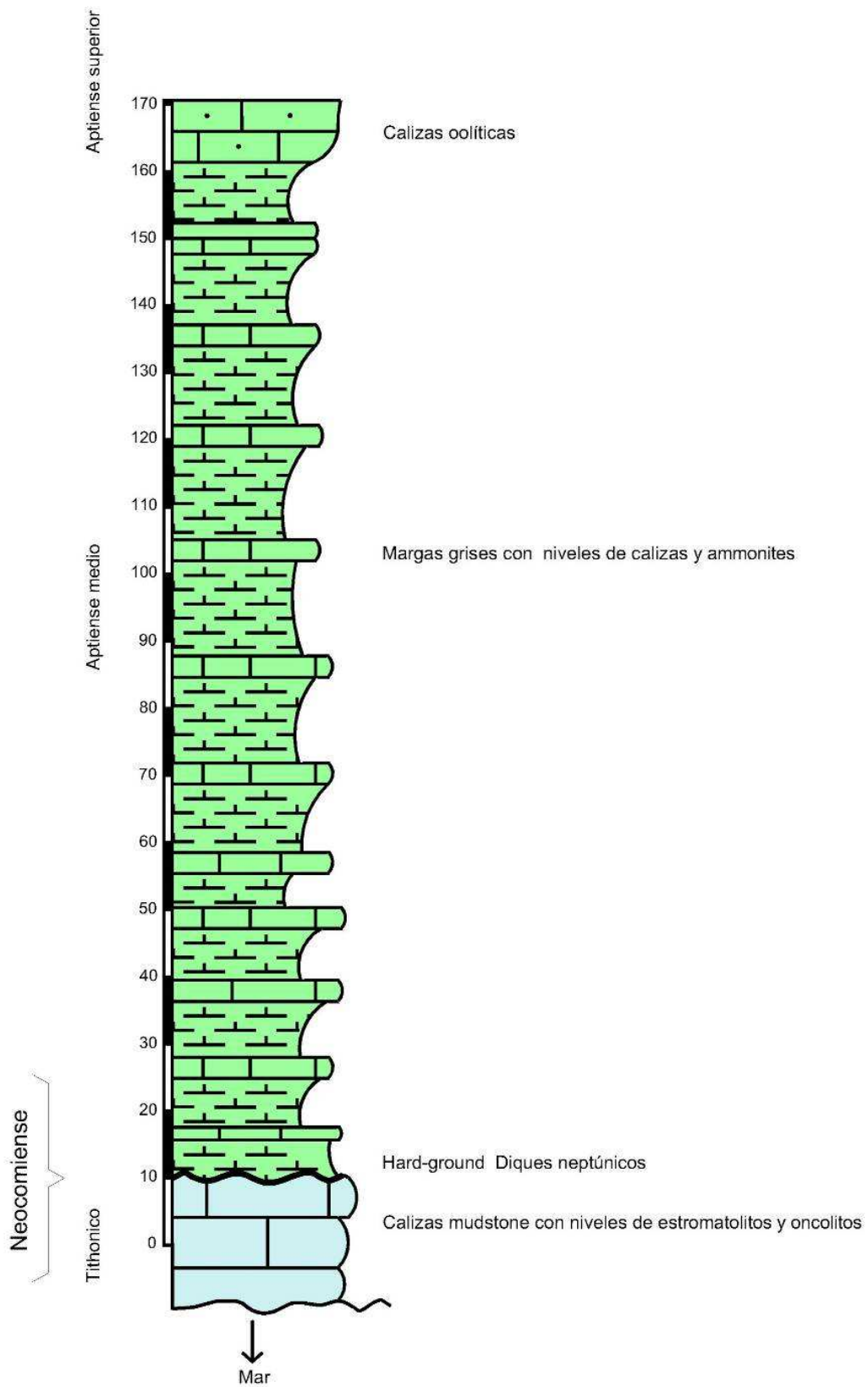


Figura nº 106.-Secuencia estratigráfica Sierra Helada-Escarpe



Fotografía nº 1.- Panorámica de la vertiente marina de Sierra Helada

En el extremo izquierdo afloran las calizas jurásicas, en la parte central la ritmita margoso calcárea del Aptiense y a la derecha las calcarenitas del Aptiense superior

#### 10.2.2.2 SIERRA HELADA-FARO

A unos 200 m del Faro de L'Albir existe un mirador sobre el acantilado del que parte una estrecha senda que baja hasta el mar.

Los 50 m superiores de dicho escarpe se componen de calizas con corales y toucasias, calizas nodulosas y niveles de margas, que están dispuestos en tres ciclos de secuencias positivas de unos 50 m de potencia total y de 15 a 20 m por ciclo.

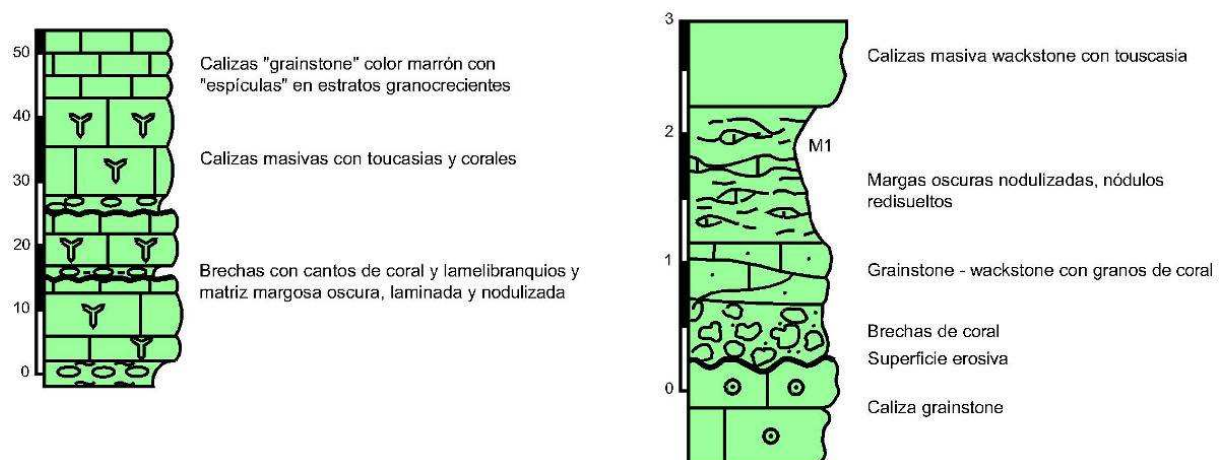


Figura nº 107.- Secuencias calcáreas del acantilado Faro de L'Albir



De muro a techo, en cada secuencia se diferencian los siguientes términos (ver Figura nº 107):

**Brecha.-** La base corresponde a un hard-ground erosivo con signos de carstificación, sobre el que se encuentra un nivel de brechas calcáreas con restos de corales, braquiópodos, espículas, etc., de 0,3 a 0,5 m de potencia, que puede terminar en un nivel detrítico laminado de 0,1 a 0,3 m (ver Fotografía nº 2).



Fotografía nº 2.- Brecha de base de las secuencias

**Margas oscuras.-** En contacto neto sobre la brecha o el nivel detrítico, hay de 1 a 2 m de margas arcillosas oscuras, laminadas y con frecuentes láminas de calcita estriada y nódulos carbonatados y restos de rudistas (toucacias), corales y otros fósiles redisueltos. Lateralmente se acuñan y pasan a calizas nodulosas con intercapas margosas (ver Fotografía nº 3).

**Calizas nodulosas.-** 2 a 3 m de calizas wackestone color gris-marrón con estructuras nodulizadas y restos de rudistas, corales, braquiópodos, etc., con intercapas margosas (ver Fotografía nº 3).

**Calizas con rudistas.-** Nivel semimasivo de 10 a 15 m de potencia, de calizas wackestone de color gris-marrón, con abundantes restos de rudistas y corales (ver Fotografía nº 4).

**Calizas laminadas.-** Calizas grainstone, con texturas oolíticas y restos de corales y espículas, en estratos granodecrecientes poco definidos con laminaciones cruzadas de bajo ángulo y otras bidireccionales. En el techo se desarrolla un hard-ground erosivo con signos

de carstificación. La potencia es variable, de 2 m en el ciclo inferior a más de 6 m en el superior, enlazando aparentemente con las calcarenitas de Sierra Helada–Carretera Faro.



Fotografía nº 3.- Niveles de margas oscuras y calizas nodulosas



Fotografía nº 4.- Niveles de calizas con rudistas

En las margas oscuras se ha tomado una muestra para su datación por nannoplancton (SH-M1) que ha resultado azoica.

### 10.2.2.3 SIERRA HELADA-CARRETERA FARO

La carretera de acceso al faro de L'Albir permite levantar una detallada columna con los dos tramos litológicos más característicos de Sierra Helada (ver Figura nº 108).

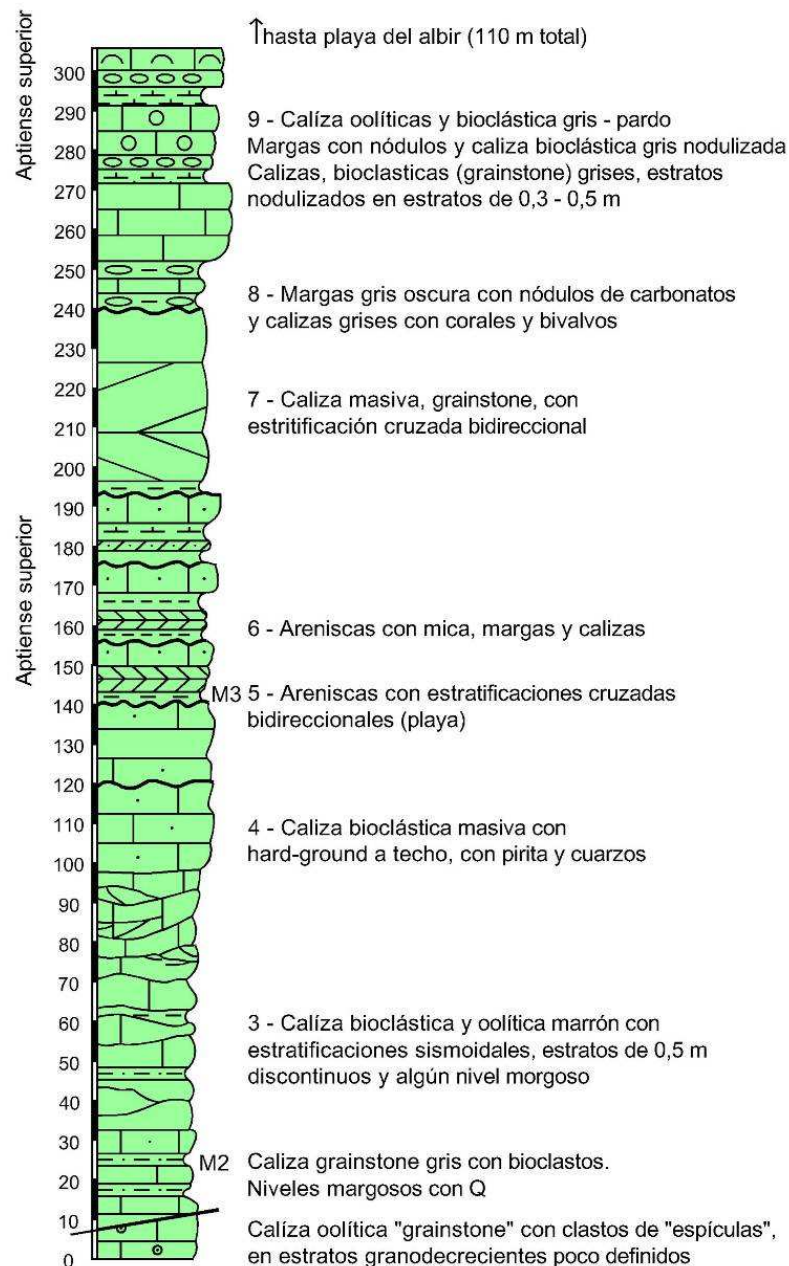
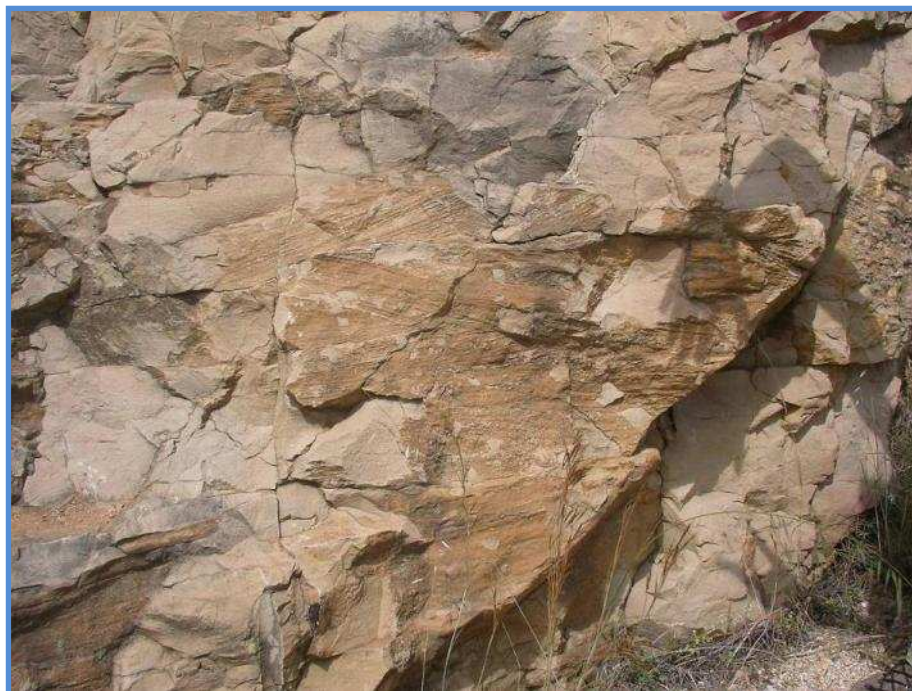


Figura nº 108.- Secuencia estratigráfica Camino Viejo Faro de L'Albir

**Calcarenitas y calizas oolíticas.-** Tramo de característico tono pardo, de 235 m de potencia, en el que se diferencian unos niveles basales de calizas bioclásticas grainstone-calcarenitas, en estratos de 0,5 m, con alguna intercapa margosa, estructuras sigmoidales y esporádicos niveles de marga con granos de cuarzo.



**Fotografía nº 5.- Estructuras sigmoidales y estratificaciones cruzadas**



**Fotografía nº 6.- Estratificaciones cruzadas bidireccionales**

Hacia la mitad de la columna el tramo presenta secuencias progradantes, que se inicia en un hard-ground, sobre el que se desarrollan niveles areniscas de hasta 5 m de potencia, con granos de cuarzo y mica y estratificaciones cruzadas de bajo ángulo y bidireccionales de depósitos de playa (ver Fotografía nº 5), que hacia el techo intercalan niveles de margas y culminan con un paquete de calizas bioclásticas en estratos de 0,5 m. Los últimos 45 m del tramo corresponden a calizas oolíticas semimasivas, de típico color ocre, con estratificaciones cruzadas y bidireccionales (ver Fotografía nº 6), que terminan con un hard-ground ferruginoso.

En este tramo se han tomado dos muestras para su datación mediante nannofósiles (SH-M2 y SH-M3), encontrando una escasa y mal conservada población con *Rhagodiscus angustus* y *Prediscosphaera* cretácea, que permiten datar el tramo como parte alta del Aptiense inferior-Aptiense superior.

En la memoria de la Hoja MAGNA nº 848 Benidorm se describe microfauna bentónica (*Pseudocyclamina hedbergi*, *Lenticulina* sp, *Protocythere* cf. *triebli*, *Centrocythete denticulata*, etc.) asignada al Albiense medio-superior.



Fotografía nº 7.- Margas de base de secuencias sobre hard-ground de techo del tramo de calcarenitas

**Calizas con rudistas.-** Sobre el hard-ground anterior se desarrollan tres secuencias positivas parecidas a las observadas en la columna del Faro: margas gris oscuras con nódulos de carbonatos a la base (ver Fotografía nº 7), seguidos de calizas nodulosas y en transición a calizas grises wackestone con corales, rudistas, espículas y otros microfósiles

bentónicos (ver Fotografía nº 8). Los dos primeros ciclos completos tienen 5 y 3 m de potencia, mientras que las calizas con rudistas del tercero alcanzan los 40 m.

En la memoria de la Hoja MAGNA nº 848 Benidorm se describe en este mismo tramo la presencia de *Neorbitolinopsis conulus*, *Orbitolina* (mesorbitolina) subcónica, *Sabaudia minuta* y otros microfósiles que permiten datarla como Albiense medio-superior, aunque Granier, B. (1987) lo sitúa en el Albiense inferior.

**Calizas y margas.**- Es este corte sólo son visibles los términos inferiores del tramo (30 m), de carácter más calcáreo, que se encuentran organizados en secuencias de 10 a 15 m de potencia, que se inician con 0,5 a 1 m de margas arenosas, que hacia techo incorporan nódulos calcáreos y pasan gradualmente a calizas nodulosas (1 a 2 m) y culminan con unas calizas grises de textura grainstone, en ocasiones nodulizados y en estratos bien definidos de 0,3 a 0,5 m.



Fotografía nº 8.- Nivel calcáreo con rudistas de techo de secuencia

Estas secuencias se repiten hasta alcanzar la playa de L'Albir (ver Fotografía nº 9), incrementándose gradualmente la potencia de los tramos margosos de base y disminuyendo las calizas de techo de cada secuencia, alcanzando una potencia total de 115 m.

Granier, B. (1987) cita en este tramo niveles de brechas sedimentarias y orbitolinas y lo data, al menos en su base, como Albiense inferior.



Fotografía nº 9.- Panorámica del tramo hasta playa de L'Albir

#### 10.2.2.4 SIERRA HELADA-PLAYA DE L'ALBIR

En el sector meridional de playa de L'Albir se desarrolla un pequeño escarpe que deja visible 230 m de secuencia del tramo que se ha denominado **Ritmita margoso calcárea con erizos**, cuya base se corresponde con el techo del tramo de calizas y margas anteriormente descrito, quedando unos 80 m de serie sin reconocer oculta por derrubios (ver Figura nº 109).

La serie se inicia en un estrato de calizas bioclásticas grises tapizado por un hard-ground ferruginoso, sobre el que se desarrollan secuencias de 8 a 10 m, con base de margas arenosas amarillentas que progresivamente intercalan calizas bioclásticas nodulizadas y finalizan en una barra de 0,5 m de calizas bioclásticas con abundantes bioturbaciones y parcialmente nodulizado (ver Fotografía nº 10).

Hacia techo los tramos margosos son predominantes, destacando en el relieve los bancos calcáreos por su mayor resistencia a la erosión. En estos bancos se observan espectaculares estructuras de bioturbación (ver Fotografía nº 11) y son relativamente frecuentes estructuras laminadas y de estratificación cruzada.

Como microfósiles característicos del tramo se destacan los equinodermos, que suelen concentrarse en determinados niveles de margas, y restos de bivalvos, concentrados en los niveles calcáreos.

Para datar el tramo se han tomado dos muestras, una en la base de la columna y otra en los niveles de techo.

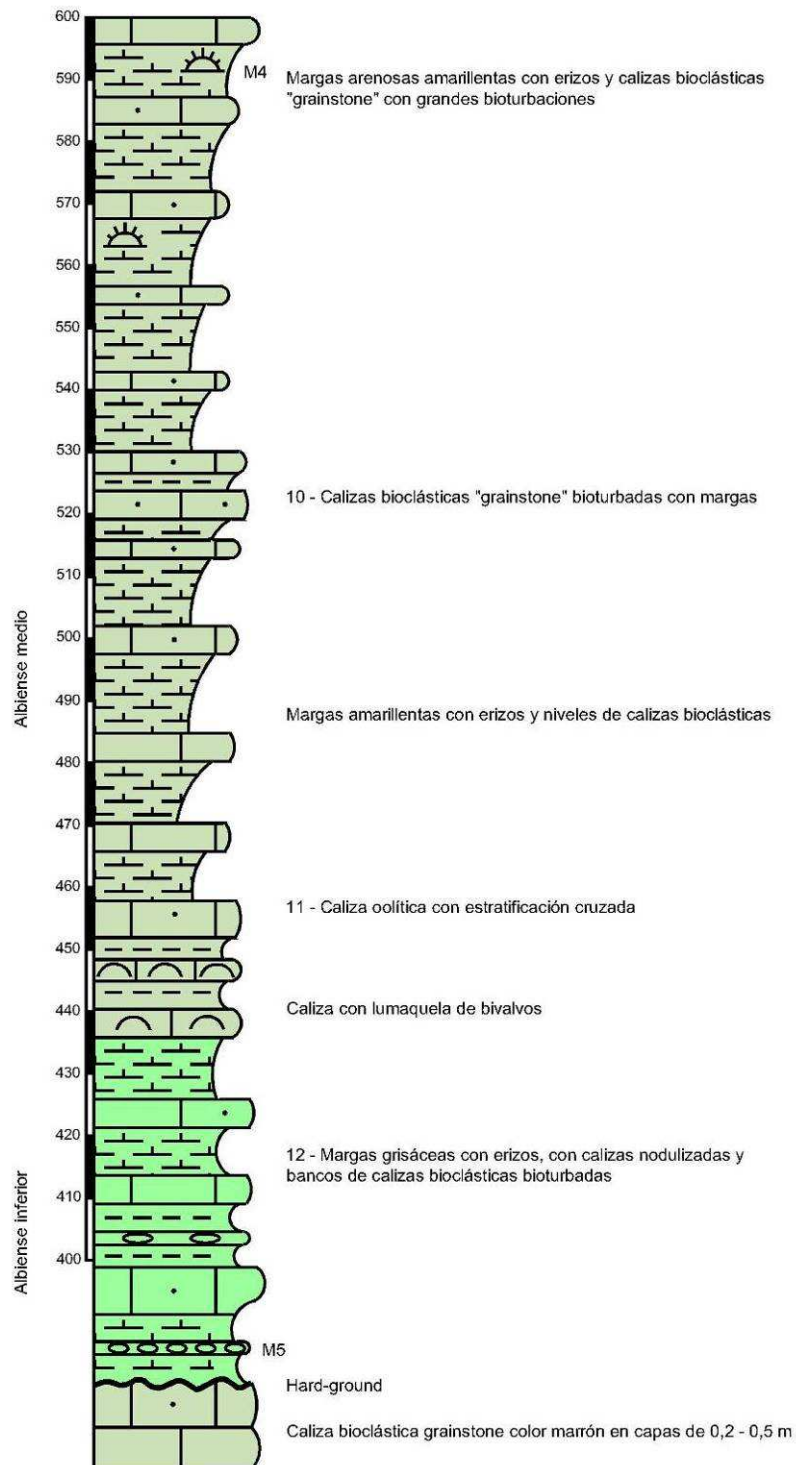


Figura nº 109.- Secuencia estratigráfica Playa de L'Albir





Fotografía nº 10.- Muro del tramo sobre el hard-ground de base



Fotografía nº 11.- Bioturbaciones

La primera (SH-M5) presenta poca variedad de nannofósiles, pero permite la asignación de la muestra a un intervalo comprendido entre la parte alta del Albiense superior (donde tiene lugar la primera aparición de *E. turriseiffelii*) y el final del Cenomaniense (donde tienen lugar las desapariciones de *R. achlyostaurion* y *F. oblongus*). La segunda (SH-M4) presenta

nannofósiles del periodo comprendido entre el Aptiense inferior y el Cenomaniense inferior, que coincide con la distribución temporal de *B. africana*, pero teniendo en cuenta la datación de la muestra anterior, situada más baja en la columna, se podría restringir dicho intervalo considerándolo como Albiense superior-Cenomaniense inferior.

En este tramo Granier, B. (1987) cita la presencia de ammonites del Albiense inferior y medio, así como *Favusella washitensis*, que desaparece en el Cenomaniense inferior. Por su parte, en la memoria de la Hoja MAGNA nº 848 Benidorm se cita la presencia de una abundante y diversa microfauna en levigados, que permiten datar el tramo como Albiense superior.

### 10.2.3 SERIE LITOESTRATIGRÁFICA DE SIERRA CORTINA

Sierra Cortina se localiza al norte de Benidorm y corresponde al flanco septentrional del denominado Sinclinal de Benidorm, cuyo flanco meridional lo forma Sierra Helada. En este enclave se han levantado dos columnas, en Racó y en el extremo noreste de la sierra, donde se cortan tres tramos litológicos del Cretácico y otro más del Paleógeno (ver Tabla nº 56).

Tabla nº 56.- Términos de la serie de Sierra Cortina

COLUMNA	TRAMO	EDAD
Sierra Cortina-Racó	Ritmita margoso calcárea con erizos	Albiense superior
	Calizas y dolomías	Cenomaniense-Turonense
	Calizas tableadas blancas	Senoniense
	Margas grises	Paleógeno
Sierra Cortina-Extremo Noreste	Calizas y dolomías	Cenomaniense-Turonense
	Margas y calizas blancas	Senoniense
	Calizas tableadas blancas	

#### 10.2.3.1 SIERRA CORTINA-RACÓ

Esta columna se ha levantado en el Barranco del Racó donde el cauce ha erosionado las calizas y dolomías cenomanienses y deja aflorar los términos más bajos, siendo posible reconocer 200 m continuos de serie (ver Figura nº 110).

**Ritmita margoso calcárea con erizos.**- En este corte sólo son visibles los 90 m superiores del tramo. Se inicia con unas margas de típico color amarillento y aspecto “terroso” por los numerosos bioclastos que presentan, en los que se intercalan niveles de calizas o margocalizas bioclásticas de color gris al corte fresco, con laminaciones paralelas y núcleos de limonita. Los niveles margosos tienen de 0,5 a 3 m de potencia y ocasionalmente son

muy ricos en equinodermos, mientras que los calcáreos son de 0,2 a 0,4 m. Hacia la mitad de la secuencia los niveles carbonatados se hacen más frecuentes y pueden alcanzar 1 m de potencia, presentando una recristalización general con signos de dolomitización, nódulos de sílex y laminaciones paralelas. En los niveles de techo las margas vuelven a ser predominantes, con características similares a las localizadas más abajo.

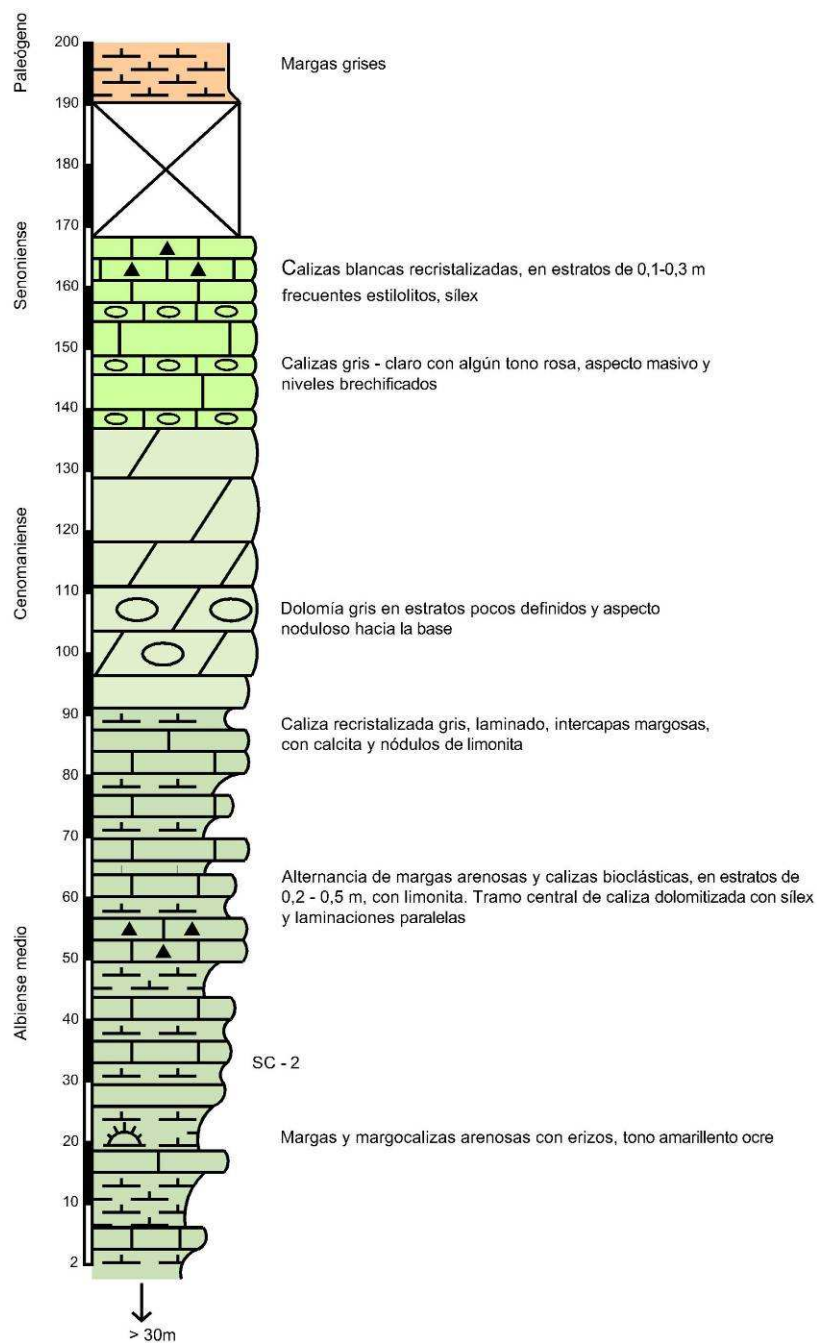


Figura nº 110.- Secuencia estratigráfica Sierra Cortina-Racó

En los niveles inferiores se ha tomado la muestra SC2, cuyo contenido en nannofósiles permite identificar la Zona de E. turriseiffelii, Subzona de H. albiensis, que corresponde a la parte media del Albiense superior. Esta datación coincide con la realizada con foraminíferos en la Hoja Magna nº 848 Benidorm.

**Calizas y dolomías.**- Sobre el tramo anterior se encuentra un tramo calcáreo de unos 70 m de potencia, responsable del relieve de Sierra Cortina, que comienza con unas calizas recristalizadas de tonos beige (grises en corte fresco), con frecuentes fracturas rellenas de calcitas estriadas y en estratos mal definidos, presentando delgadas intercapas margosas en los primeros metros, que pasan, hacia techo, a tener aspecto noduloso y ocasionalmente nódulos de limonita. En los niveles medios del tramo se encuentran de 20 a 25 m de calizas recristalizadas y dolomías de color gris claro y aspecto masivo, que hacia el techo incorporan algunos niveles brechificados, nódulos de limonita y sílex, que en general son más claras y en los que es frecuente encontrar algún nivel de tono rosado.

En este corte no se han tomado muestras del tramo para su datación.

**Calizas tableadas blancas.**- Se encuentran a techo del tramo anterior, en un pequeño afloramiento no diferenciado en cartografía, en el que se observan sus 10 primeros metros. Corresponden a unas calizas blancas en estratos de 0,1 a 0,3 m, que le imprime un aspecto tableado, muy fracturadas y con niveles de calcita estriada. La caliza se encuentra recristalizada, no observándose con lupa ninguna textura, y presentan numerosos y nódulos de sílex.

En la memoria de la hoja Magna nº 848 Benidorm se describe una columna realizada en el extremo suroeste de Sierra Cortina, a unos 2 km de la descrita, que ha aportado microfauna del Senoniense, en concreto del Coniaciense, Santoniense y Campaniense.

**Margas grises.**- Tras unos 20 m de serie oculta por derrubios, se encuentran unas margas grisáceas asignadas al Paleógeno. El contacto entre las margas y las calizas tableadas blancas debe corresponder a una fractura.

#### 10.2.3.2 SIERRA CORTINA-EXTREMO NORESTE

Esta columna se ha levantado en una senda que parte de los accesos a Terra Natura en dirección norte.

La serie se inicia en un banco de calizas masivas que aflora en un núcleo anticlinal y finaliza muy próximo al contacto de los materiales cretácicos con el Paleógeno (ver Figura nº 111).

**Calizas y dolomías.**- 10 m de calizas recristalizadas de tonalidades gris claro, con laminaciones y aspecto masivo. Por similitud y continuidad cartográfica se asignan al Cenomaniense-Turoniense.

**Margocalizas y calizas blancas.**- Tras 20 m ocultos por derrubios, se desarrolla una alternancia de margocalizas y calizas de color blanquecino, en estratos de 0,3 a 0,5 m,

donde se encuentran esporádicos niveles laminados, de microbrecha de cantos redondeados, otros con concentración de nódulos de sílex y otros con núcleos de limonita. La facies de este tramo permite asignarlo al Senoniense.

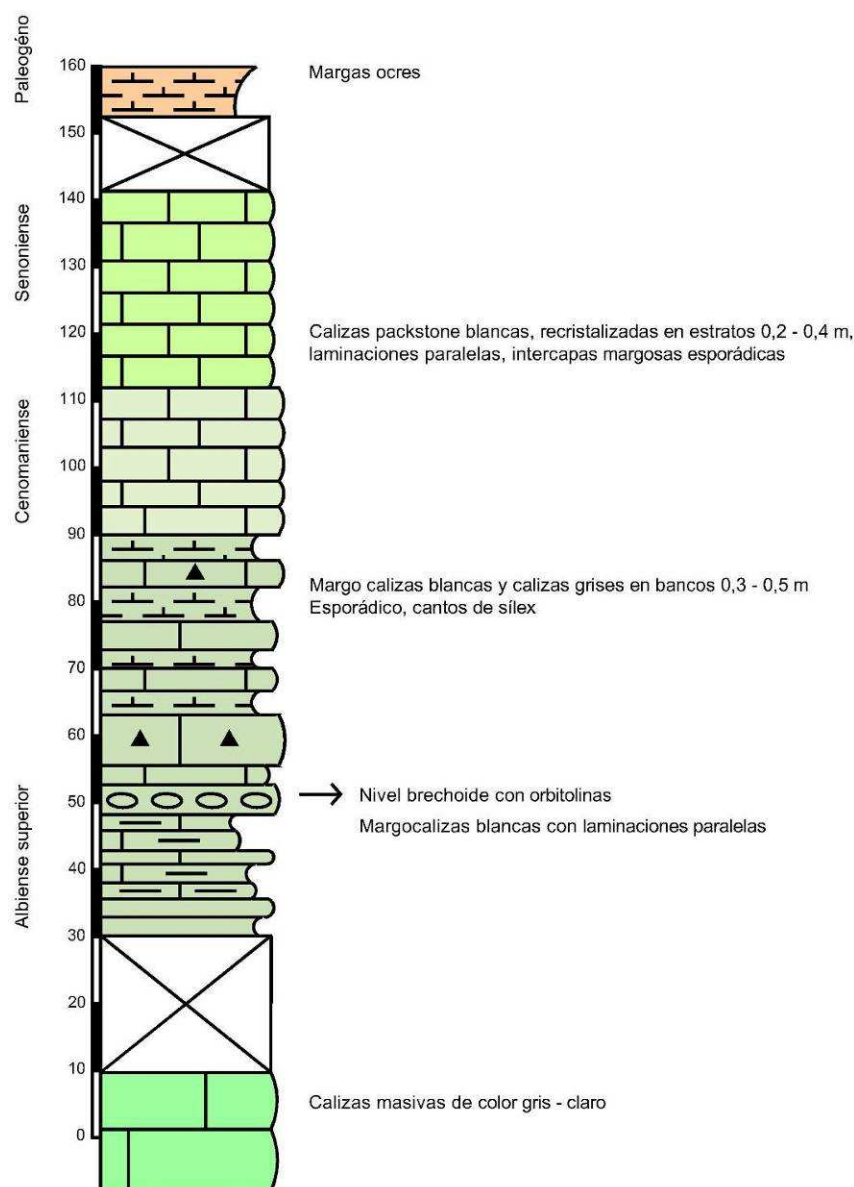


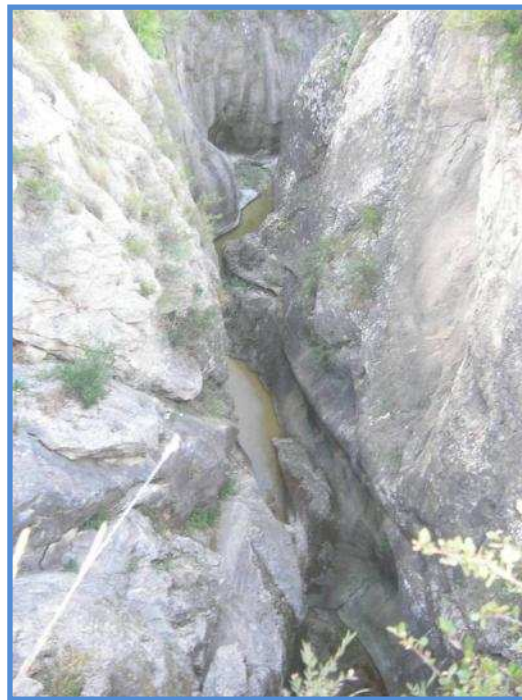
Figura nº 111.- Secuencia estratigráfica Sierra Cortina-Extremo Noreste

En un afloramiento de similares características situado en el paraje de Tosalet, entre Sierra de Cortina y Sierra Helada, se ha tomado la muestra SH-M6, con nannofósiles propias de la Zona de *Uniplanarius trifidus*, más concretamente con la Subzona de *Reinhardtites levis* que permiten datar el Campaniense superior.

**Calizas tableadas blancas.-** Calizas blancas recristalizadas y textura packstone, en estratos bien definidos de 0,2 a 0,4 m, con intercapas margosas, normalmente muy fracturados con frecuentes laminaciones paralelas. La facies de este tramo permite asignarlas al Senoniense.

#### 10.2.4 SERIE LITOSTRATIGRÁFICA DE LA SIERRA DE RELLEU

En la Sierra de Relleu estaba previsto realizar dos columnas, en Racó de Cortes y en el cañón del Amadorio. De ellas sólo se ha realizado la primera (ver Figura nº 112) debido a que no ha sido posible acceder al cañón al presentar varios pasos inundados por agua, al menos, en las dos ocasiones que se intentó (ver Fotografía nº 12).



Fotografía nº 12.- Cañón del Amadorio

En Racó de Cortes se encuentra una secuencia de materiales parecida a la descrita para el Racó de Sierra Cortina, donde se diferencian los siguientes tramos (ver Tabla nº 57):

Tabla nº 57.- Tramos de la serie de Sierra de Relleu

COLUMNA	TRAMO	EDAD
Sierra Relleu–Racó de Cortés	Ritmita margoso calcárea con erizos	Albiense superior
	Calizas y dolomías	Genomaniense-Turoniense
	Calizas tableadas blancas	Senoniense

COLUMNA	TRAMO	EDAD
Sierra Rellou–Racó de Cortés	Ritmita margoso calcárea con erizos	Albiense superior
	Margas grises	Paleógeno

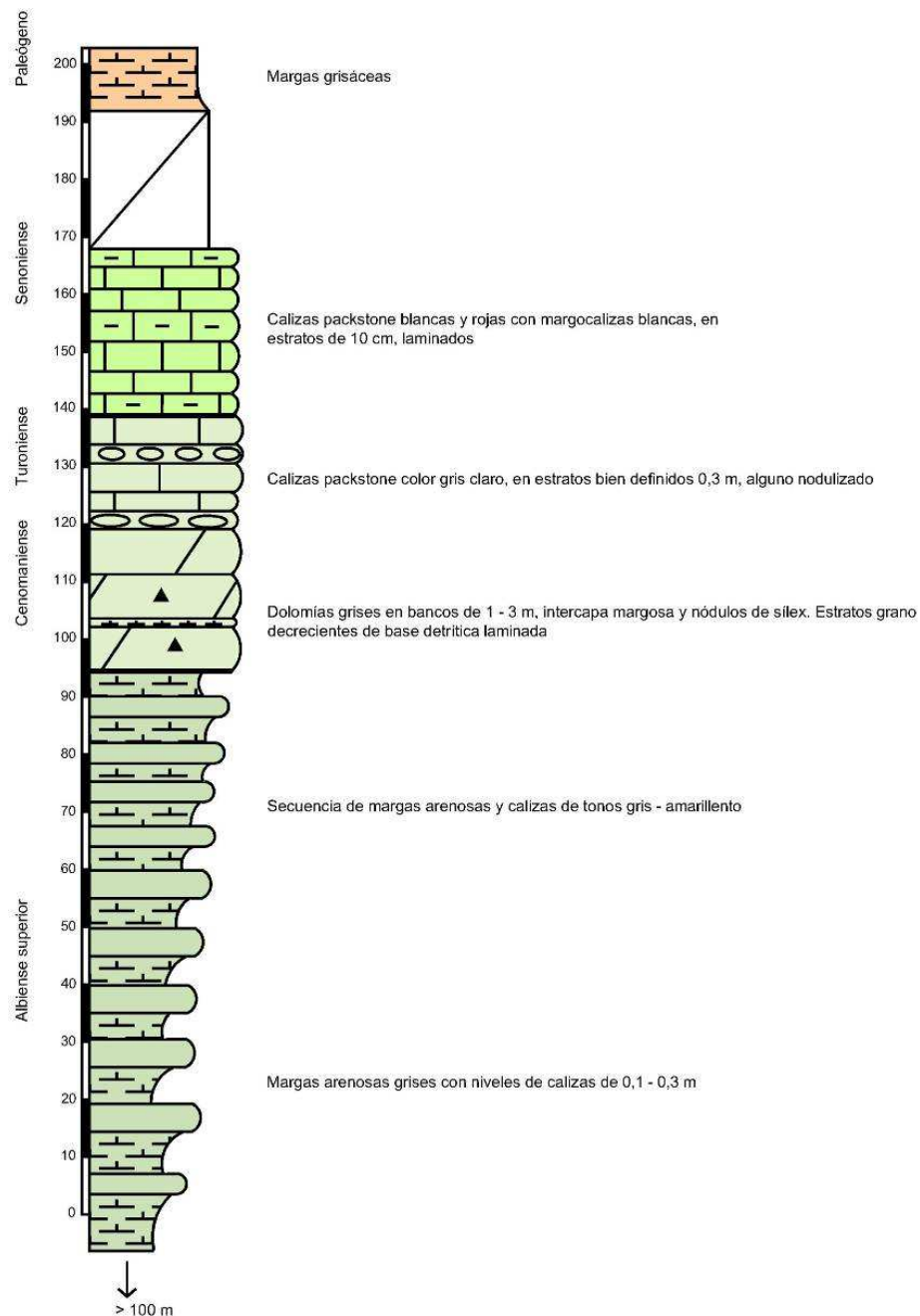
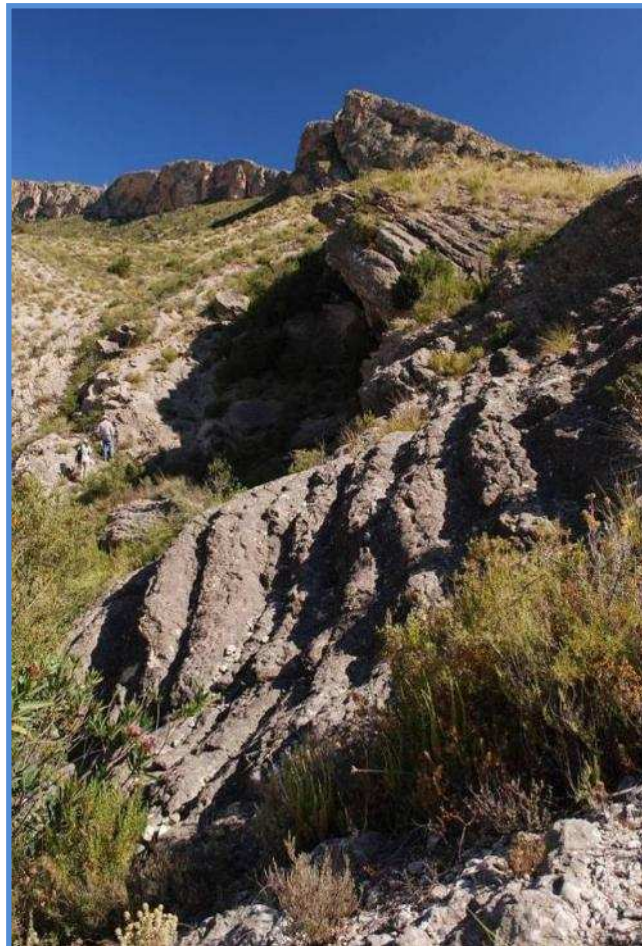


Figura nº 112.- Secuencia estratigráfica Sierra de Rellou-Racó de Cortés

**Ritmita margoso calcárea con erizos.**- Esta columna presenta características similares a las descritas en otros afloramientos: alternancia de margas arenosas de tonos amarillentos, con nódulos de pirita, y calizas margosas grises al corte fresco en estratos de 0,2 a 0,4 m, que se hacen menos frecuentes hacia la base. Son relativamente frecuentes niveles ricos en equinodermos. En este corte, la potencia mínima del tramo supera los 100 m.

**Calizas y dolomías.**- Mediante un contacto neto, sobre el tramo anterior se encuentran unas dolomías de grano fino y tonos gris-claro, en bancos de 1 a 3 m de espesor, donde se observan laminaciones y secuencias granodecrecientes, así como esporádicos nódulos de sílex (ver Fotografía nº 13). Los niveles superiores del tramo corresponden a unas calizas blancas packstone, en estratos de 0,3 m, y algunas intercapas margosas con aspecto noduloso en superficie.



Fotografía nº 13.- Niveles de base del tramo calizo dolomítico

La potencia del conjunto alcanza los 50 m en el corte efectuado, pero en los escarpes que rodean el Racó se superan los 100 m. En estos escarpes se observan acuñamientos de los



niveles dolomíticos inferiores a favor de las calizas superiores, definiendo estructuras de dunas progradantes (ver Fotografía nº 14).

**Calizas tableadas blancas.**- Mediante un contacto no bien definido, sobre el tramo anterior se encuentran unas calizas de color blanco y textura packstone, en estratos de 0,10 m, que le infieren un aspecto tableado, donde se intercalan niveles de margocalizas blancas, así como otros niveles de tonos rojos (ver Fotografía nº 15). La potencia visible en este corte es de 30 m, pero en afloramientos próximos supera los 100 m.

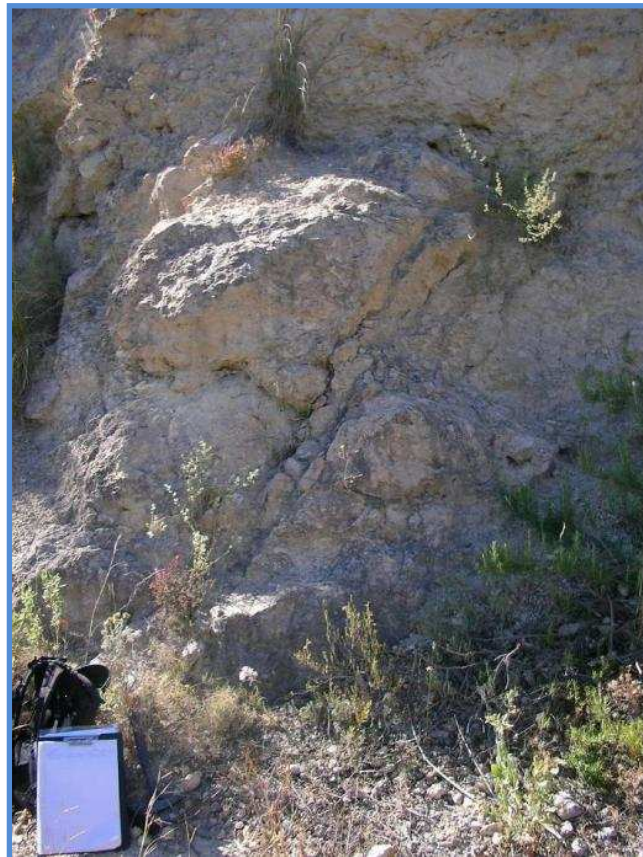


Fotografía nº 14.- Acuñamiento de niveles en los carbonatos del Cenomaniense-Turonense



Fotografía nº 15.- Calizas tableadas blancas

**Margas grises.**- Tras unos recubrimientos de glacia, que se interrumpe la observación directa, la secuencia prosigue con unas margas grises entre las que se intercalan niveles de 0,1 a 0,2 m de calizas margosas y arenosas, con frecuentes bioclastos. Los últimos niveles de secuencia corresponden a unas calizas brechoides con rodolitos de algas, corales y espículas de erizos (ver Fotografía nº 16).



Fotografía nº 16.- Calizas con rodolitos de algas

En las margas se ha tomado la muestra M-1, donde se ha identificado la presencia de *S. redistentus* y *P. orangensis* j (nannoflora), que junto con la ausencia de *Reticulofenestra umbilicus* y *Sphenolithus ciperoensis*, permiten la asignación de esta muestra a la Zona de *Sphenolithus predistentus* que corresponde a un Oligoceno medio (Rupeliense).

#### 10.2.5 SERIE LITOESTRATIGRÁFICA DE CABEZÓN DEL ORO

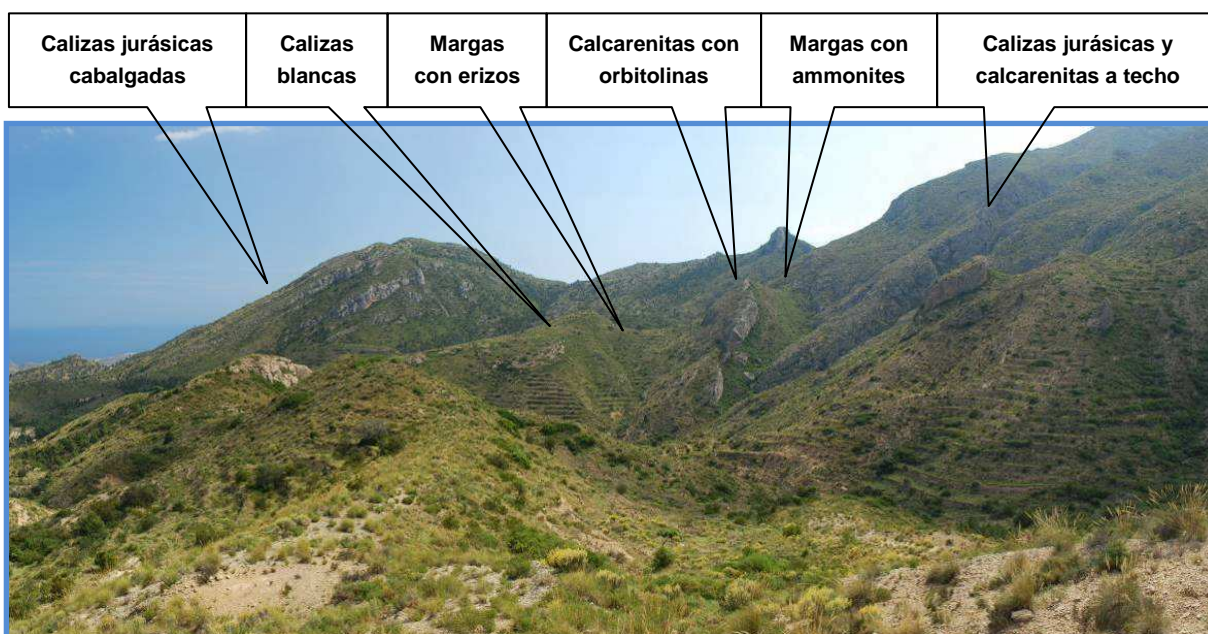
La elevación montañosa conocida como Cabezón del Oro se encuentra en el sector centro-occidental del área de trabajo, conformando un anticlinal en cuyo núcleo se encuentra el único afloramiento de materiales jurásicos reconocido.

En sus flancos afloran ampliamente y en buenas condiciones de observación una completa secuencia cretácica, que ha sido profusamente estudiada desde los primeros autores que describen la geología de la provincia de Alicante. Los estudios más detallados se llevaron a cabo por Estévez et al. (1984) y Granier, B. (1987). Posteriormente han sido recogidos y completados con una cartografía actualizada en la colección Itinerarios Geológicos de la Provincia de Alicante correspondientes a Cabezón del Oro (Charron et al, 2004).

La sucesión completa de materiales se ha reconocido en tres cortes: Balneario de Busot I, Balneario de Busot II y Ginebral, localizados en el flanco oriental de la sierra, donde se han diferenciado hasta 9 términos litológicos distintos (ver Tabla nº 58):

**Tabla nº 58.- Tramos de la serie de Cabezón del Oro**

COLUMNA	TRAMO	EDAD
Balneario de Busot I	Calizas jurásicas	Tithónico
	Calcarenitas ocre	Neocomiense
	Margas con ammonites	Aptiense
Balneario de Busot II	Calcarenitas	Neocomiense
	Margas con ammonites	Aptiense
	Calcarenitas con orbitolinas	Aptiense-Albiense
	Margas y calcarenitas	
	Calizas arrecifales	Albiense
Ginebral	Ritmita margoso calcares con erizos	
	Calizas blancas	Cenomaniense-Senoniense
	Margas grises	Paleógeno



**Fotografía nº 17.- Panorámica del flanco este de Cabeço d`Or de norte a sur**

### 10.2.5.1 CABEZÓN DEL ORO-BALNEARIO I

Esta serie se localiza al noroeste del edificio del balneario de Busot, en la parte inferior de la ladera oriental de Cabezón del Oro.

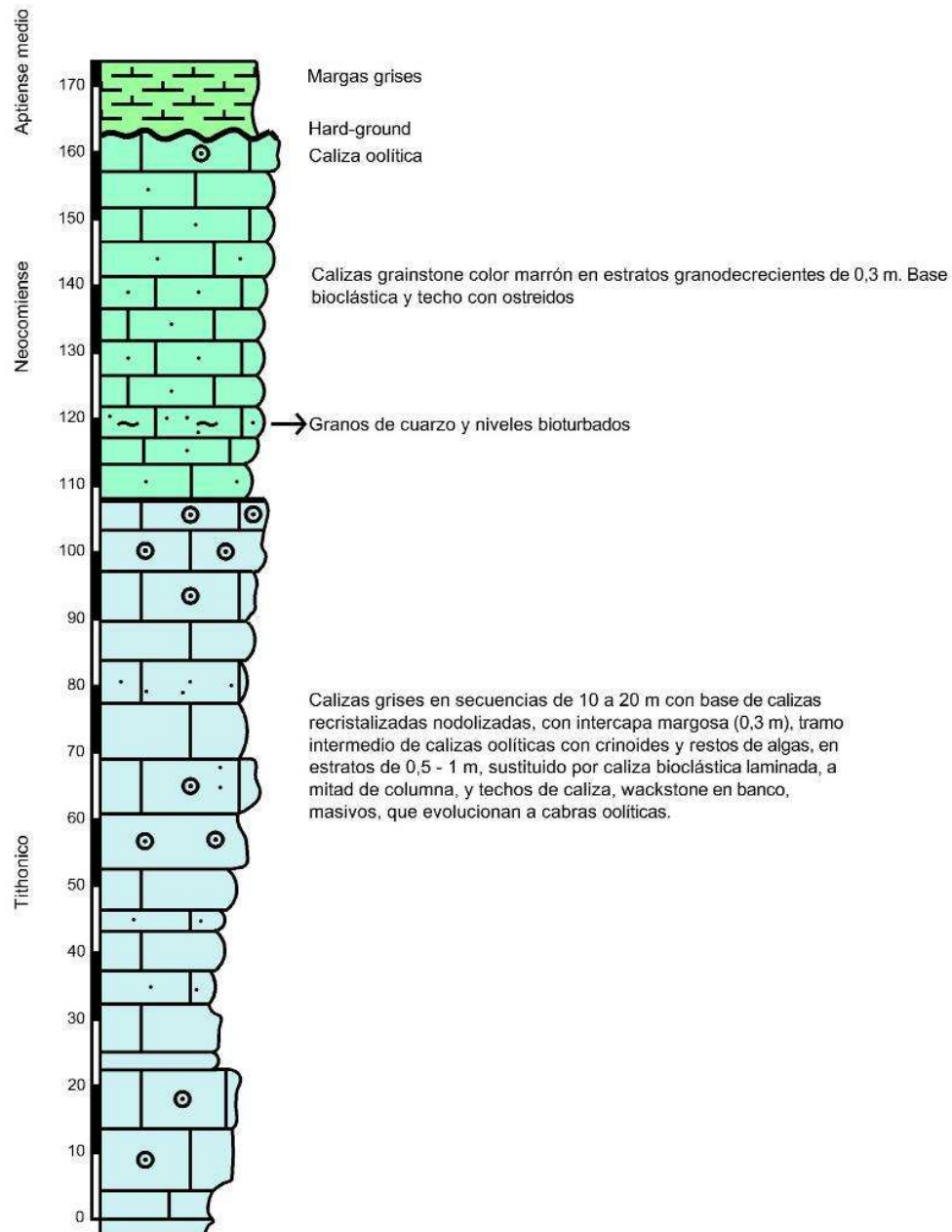


Figura nº 113.- Secuencia estratigráfica de Cabezón de Oro en Balneario Aguas de Busot I

Los términos que se diferencian son los siguientes (ver Figura nº 113):

**Calizas jurásicas.**- En el núcleo del anticlinal son visibles un mínimo de 250 m de secuencia, de los que se han reconocido en detalle los 110 m superiores. Corresponden a unas calizas grises, beige en corte fresco, en estratos gruesos a semimasivos, que se organizan en secuencias negativas de 20 a 40 m de potencia, que comienzan un subciclo inferior de unos 5 m de espesor, donde alternan calizas nodulizadas de grano grueso e intercapas margosas con calizas de textura grainstone con oolitos y clastos de crinoides, en estratos de 0,3 a 0,5-1 m, respectivamente. Le sigue un paquete masivo de 4-6 m de calizas packstone-wackestone y finaliza con otro subciclo, de 8 a 10 m de potencia, de calizas oolíticas en bancos gruesos de 0,5 a 1 m de espesor. El techo del estrato superior suele presentar un hard-ground ferruginoso.

Hacia techo del tramo se han observado intercalaciones de 0,2 a 0,4 m de calcarenitas de color marrón con laminaciones paralelas y cruzadas de bajo ángulo (ver Fotografía nº 18).



Fotografía nº 18.- Intercalaciones de calcarenitas con estratificaciones paralelas

El tramo finaliza con un hard-ground ferruginoso con signos de carstificación, a favor del cual se han desarrollado numerosas catas y prospecciones mineras para la explotación de hierro.

En los niveles inferiores del tramo se ha determinado la presencia de *Clypeina* jurásica (memoria de la hoja Magna nº 847 Villajoyosa, 1981, Granier, B., 1987) que caracterizaría el Tithónico (Portlandiense), mientras que en las calizas oolíticas Granier, B. (1987) cita la presencia de *Protopeneroplis infragranulata* del Berriasiense.

**Calcarenitas ocreas.**- En continuidad con las calizas se encuentran unas calcarenitas y calizas detríticas de tonalidades ocreas, en estratos granodecrecientes de 0,2 a 0,4 m de espesor, con laminaciones paralelas y cruzadas. Son frecuentes las secuencias con base de

niveles más detríticos, donde es genérica la presencia de granos de cuarzo, alcanzando en ocasiones el tamaño de grava y presentando bordes sub-redondeados, y techos más calcáreos, donde se desarrollan bivalvos de gran tamaño, cuyos fragmentos recristalizados se acumulan hacia el techo de los estratos (ver Fotografía nº 19).

El tramo finaliza con unos niveles calcáreos y hard-ground ferruginoso.

En base al contenido en foraminíferos bentónicos y algas Granier, B. (1987) data el tramo como Valanginiense inferior, mientras que los niveles calcáreos de techo los interpreta como niveles de condensación, que representarían el intervalo Valanginiense superior-Barremiense.

**Margas con ammonites.-** Se desarrollan sobre el hard-ground ferruginoso de techo del tramo anterior y sólo son visibles sus primeros metros en este corte. Corresponden a unas margas de tonalidades amarillentas, con esporádicos niveles de calizas margosas grises de espesor centimétrico.



Fotografía nº 19.- Secuencia granocreciente con secciones de bivalvos a techo

#### 10.2.5.2 CABEZÓN DEL ORO-BALNEARIO II

Esta sección se localiza a unos 500 m al noreste de la anterior, y parte desde las inmediaciones de casa del Racó Amplé. Los términos que se diferencian son (ver Figura nº 114):

**Margas con ammonites.**- Se encuentran sobre el hard-ground con el que finalizan las calcarenitas ocreas, siendo su litología muy monótona en todo su trazado, correspondiendo a unas margas amarillentas con esporádicos niveles de calizas margosas de espesor comprendido entre 0,1 y 0,2 m. Son frecuentes los nódulos de limonita así como los pequeños ammonites piritizados.

En los niveles basales del tramo se ha tomado la muestra CO-M2, cuyo contenido en nannofósiles indica que pertenece a la Zona de Rhagodiscus angustus, definida como el intervalo entre las primeras apariciones de R. angustus y Prediscosphaera cretácea del Aptiense superior.

En los niveles de techo se ha tomado la muestra CO-M3 y, al igual que la anterior, debe ser asignada a la Zona de Rhagodiscus angustus del Aptiense superior.

**Calcarenitas con orbitolinas.**- Corresponde a una barra calcárea de unos 20 m de potencia, cuyo trazado puede seguirse por una serie de cumbres alineadas.

Litológicamente se relaciona con unas calizas detríticas y calcarenitas de tonos marrón, con niveles de calizas bioclásticas de color gris oscuro, en bancos de 0,6 a 1 m, que disminuyen de potencia hacia techo. En los estratos bioclásticos pueden distinguirse secciones de orbitolinas (ver Fotografía nº 20).

**Calcarenitas y margas.**- La secuencia continúa con una alternancia de calcarenitas y margas de 35 m de potencia total.

En su mitad inferior el tramo se organiza en secuencias de 2 a 4 m, con 1,5 m de calizas nodulosas con intercapas margosas en la base y calizas bioclásticas y oolíticas (grainstone) gris-marrón a techo, donde es frecuente la presencia de geodas rellenas de calcita. A mitad del tramo se intercalan algunos niveles de areniscas bioturbadas y, en su parte superior, la presencia de arena es ya común entre las margas. El techo corresponde a un nivel detrítico, formado casi exclusivamente por orbitolinas (ver Fotografía nº 21).

La muestra tomada en la base de este tramo, CO-M4, presenta nannoflora asignable a Zona de Rhagodiscus angustus. No se ha encontrado D. lehmanii y sí algunas formas que podrían ser A. terebrodentaria, pero que el estado de preservación no permite determinar con precisión. Esto podría excluir, tanto la parte más baja como la más alta de la Zona, y la edad de esta muestra podría quedar restringida, con algunas reticencias, a la parte inferior del Aptiense superior, excluyendo la extrema base del Aptiense superior.

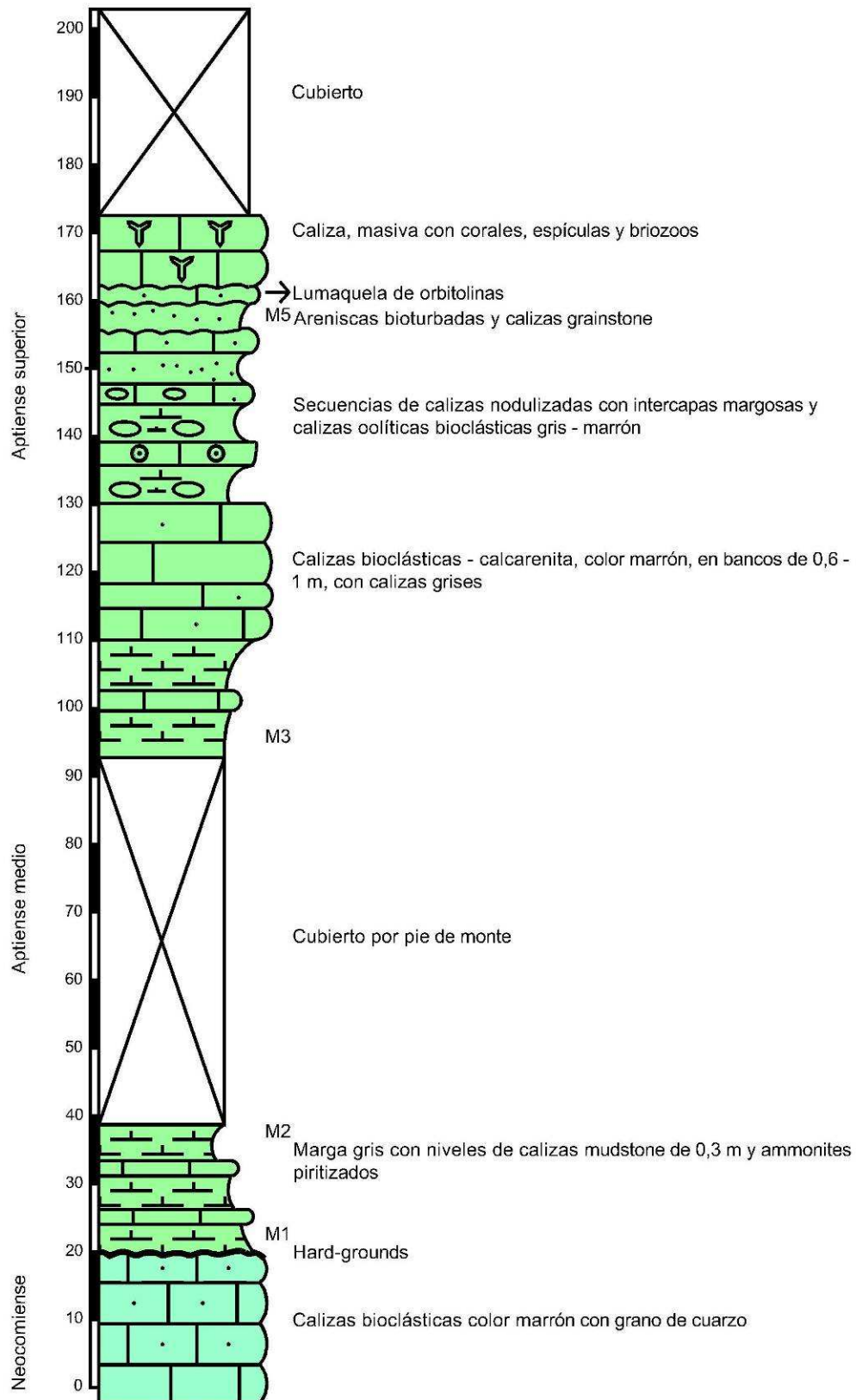


Figura nº 114.- Secuencia estratigráfica de Cabezón de Oro en Balneario Aguas de Busot II





Fotografía nº 20.- Aspecto de las calcarenitas con orbitolinas



Fotografía nº 21.- Lumaquela de orbitolinas

**Calizas arrecifales.-** Culminando este corte se encuentran un continuo banco calcáreo, de 10 m de potencia, conformado por calizas masivas con restos de corales, briozoos, espículas y rudistas (ver Fotografía nº 22).

En el techo de esta formación se encuentran unas margas, parcialmente ocultas por derrubios de ladera en este sector.



Fotografía nº 22.- Calizas arrecifales

#### 10.2.5.3 CABEZÓN DEL ORO-EL GINEBRAL

En esta sección se pueden reconocer, en buenas condiciones de observación, los tramos superiores no aflorantes en los cortes anteriores (ver Figura nº 115). La columna se ha levantado siguiendo el camino que accede al paraje El Ginebral desde el sur.

**Ritmita margoso calcárea con erizos.**- La base del tramo se encuentra oculta por una fractura, que pone en contacto estos niveles con calizas laminadas blancas y rosadas asignables a Senoniense.

El tramo conforma una monótona serie de margas grises y amarillentas, de aspecto arenoso, en las que se intercalan niveles esporádicos de calizas micríticas grises de grano fino, de 0,1 a 0,2 m de espesor, así como frecuentes niveles de margas con abundante fauna de equinodermos (ver Fotografía nº 23).

Hacia techo se acentúa la presencia de calizas, siendo frecuente tanto la existencia de nódulos de limonita como de belemnites.

En los niveles de techo del tramo se ha tomado la muestra CO-M7 cuyo nannoflora debe ser asignada a la Zona de Prediscosphaera columnata y más concretamente a la Subzona de Tranolithus phacelosus. La edad de la muestra sería la parte baja del Albiense superior, aunque correlaciones recientes con la escala cronoestratigráfica (Bown et al., 1998) asignan

una edad Albiense medio-parte baja del Albiense superior al intervalo equivalente a esta Subzona.

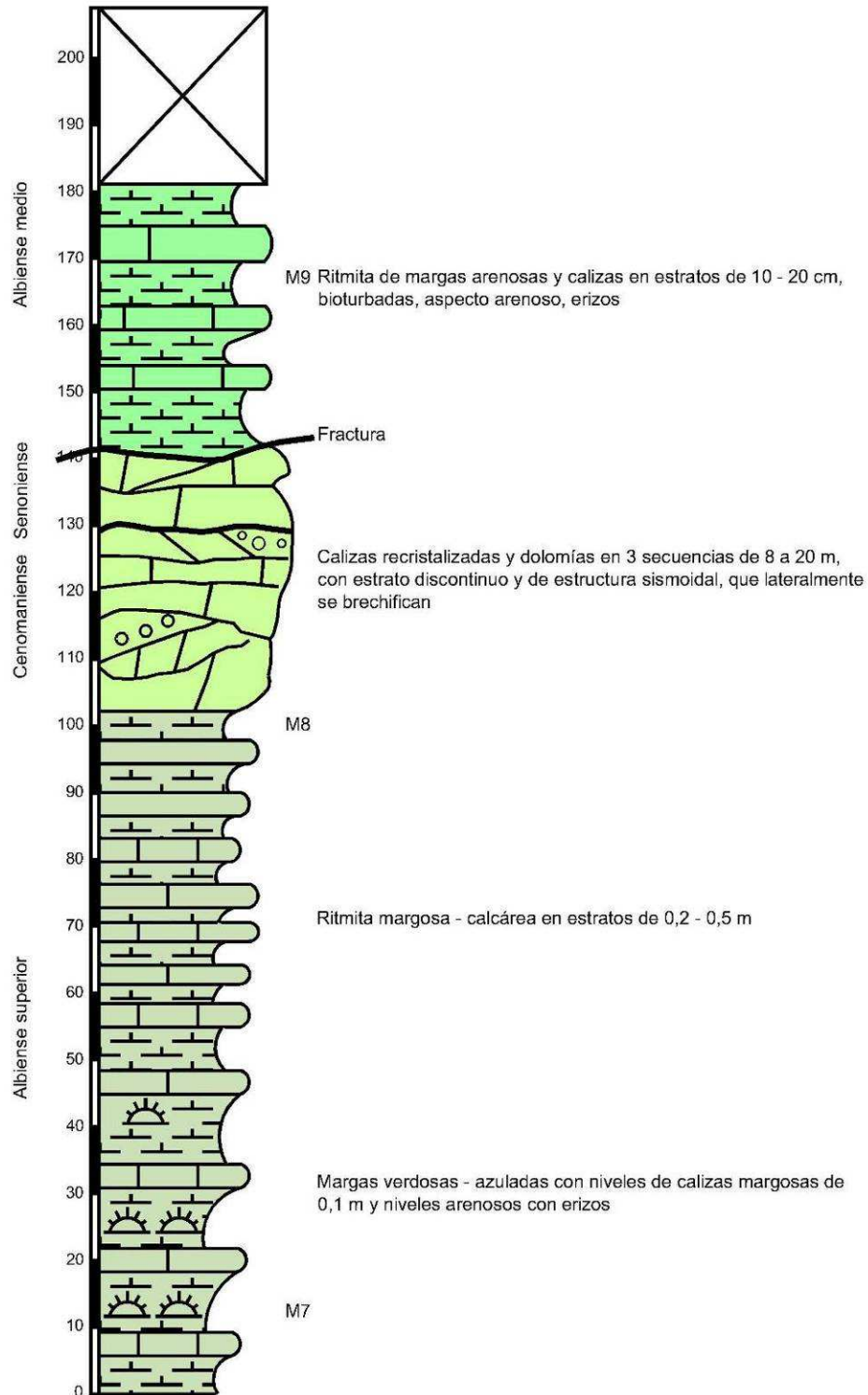


Figura nº 115.- Secuencia estratigráfica de Cabezón de Oro-El Ginebral

En la muestra CO-M9, tomada también en la parte superior del tramo, se han podido determinar un corto número de especies de nanoflora, entre las que se encuentra *Braarudosphaera africana*, que aparece en el Aptiense inferior, pero es una especie muy escasa a lo largo del Aptiense, y es común en las asociaciones del Albiense medio y a lo largo del Albiense superior, y desaparece en el Cenomaniense inferior. Por ello, se podría acotar su edad al intervalo Albiense medio-Cenomaniense inferior.



Fotografía nº 23.- Ritmita margoso calcáreas del Albiense superior (margas con erizos)

**Calizas blancas.**- La serie continúa con unas calizas recristalizadas y unas dolomías de tonos blanquecinos, dispuestas en estratos mal definidos y niveles brechificados. Las calizas forman estructuras progradantes, conformadas por secuencias negativas de 10 a 20 m de potencia cada una, con estratificaciones sigmoidales y acuñamientos visibles a escala de afloramiento.

La columna finaliza en una falla inversa que superpone la ritmita margoso calcárea con erizos sobre las calizas, donde se ha tomado la muestra CO-M9.

**Margas grises.**- En discordancia sobre la serie comentada se encuentran unas margas grises con esporádicos niveles de calizas bioclásticas de carácter masivo y hasta 3 m de potencia, con numerosos restos de nummulites y otros organismos bentónicos.

En sus niveles de base se ha tomado la muestra CIO-M6, con nanoflora de la parte media del Luteciense (Eoceno medio), Zona NP15 de Martini (1971).

## 10.2.6 SERIE LITOESTRATIGRÁFICA DEL FLANCO MERIDIONAL DE ALMAENS

La carretera que une las localidades de Busot y Jijona atraviesa la serie del Cretácico Superior estructurada en escamas y en apretados pliegues, recuperando a partir de la rambla de Busot una continuidad de afloramientos. Entre los PK 6 y 7,5 de dicha carretera se ha levantado la columna siguiente (ver Figura nº 116):

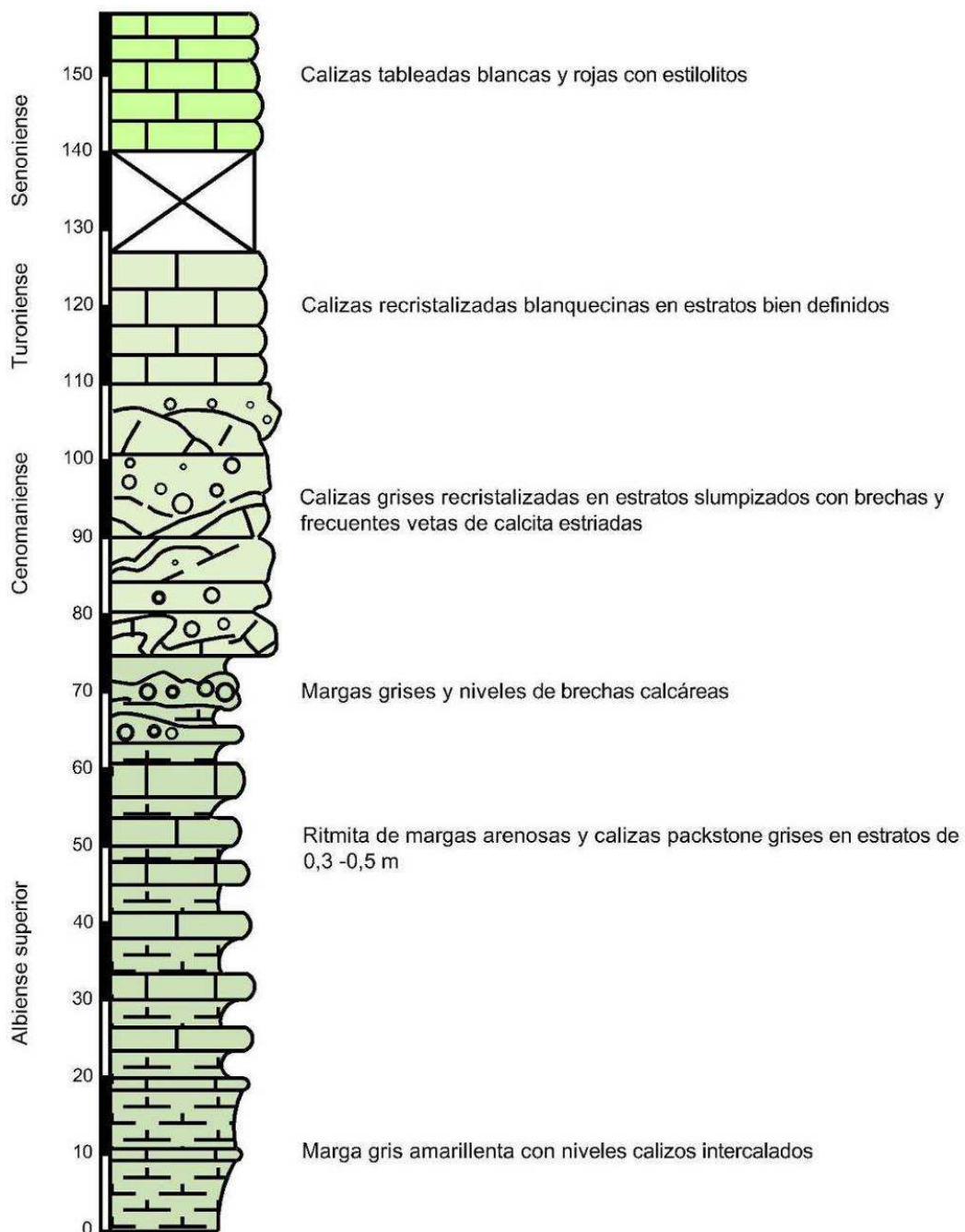


Figura nº 116.- Secuencia estratigráfica Flanco Meridional de Almaens

**Ritmita margoso calcárea con erizos.-** En este corte el tramo basal presenta 75 m, diferenciándose unos niveles basales (20 m), donde predominan unas margas de tonos gris amarillento, a los que le sigue un tramo intermedio de unos 40 m de alternancia de margas arenosas con calizas, en estratos de 0,2 a 0,3 m, donde son frecuentes los nódulos de limonita. La formación culmina con 15 m donde los niveles calizos son sustituidos por otros más potentes de brechas de cantos angulosos y de la misma naturaleza calcárea.

En la zona inferior de la serie se ha tomado la muestra BX2. Esta continúa con una asociación de nanoflora compatible con la Zona de *P. columnata* (NBK9) Subzona de *C. ehrenbergii*, que corresponde a la parte superior del Albiense medio, aunque correlaciones recientes con la escala cronoestratigráfica (Bown et al., 1998), asignan a esta Zona una edad equivalente a la parte alta del Albiense inferior-parte baja del Albiense medio.

**Calizas grises y brechas.-** La secuencia continúa con un tramo de unos 35 m de carácter caótico, donde coexisten sin aparente orden, calizas grises en estratos de 0,1 a 0,3 m, con niveles slumpizados y otros de brechas masivas con cantos angulosos de medidas decimétricas y ocasionalmente redondeados. Es muy frecuente en el tramo la presencia de venas de calcita estriadas.

**Calizas blancas.-** Los relieves más elevados están culminados por 20 m de calizas recristalizadas de tonos claros en estratos bien definido de 0,2-0,3 m.

**Calizas tableadas blancas y rojas.-** En un afloramiento próximo al corte descrito se encuentra un núcleo sinclinal donde se encuentran sobre el tramo anterior unas calizas de aspecto noduloso, en estratos bastante homogéneos de 0,1 a 0,2 m de potencia y con tonalidades típicas blancas y asalmonadas, propias de sedimentos del Senoniense.

## 10.2.7 ANÁLISIS CORRELACIONAL. MODELO TECTO-SEDIMENTARIO

### 10.2.7.1 PROPUESTA DE CORRELACIÓN DE SERIES Y COLUMNAS DE LA ZONA

La correlación de columnas litoestratigráficas levantadas se resumen en la Figura nº 117, confeccionada a partir de las secuencias y dataciones realizadas en el marco del presente trabajo, apoyadas con información obtenida de la bibliografía.

En este cuadro se han anotado las potencias que adquieren los conjuntos litoestratigráficos diferenciados en cada columna, dejando en blanco cuando no aflora en superficie.

Atendiendo a los resultados del cuadro de correlaciones, en la zona de estudio se pueden diferenciar hasta seis ciclos tectosedimentarios definidos por la presencia de discontinuidades e hiatos importantes entre ellos. Estos son:

**Triásico.-** Representado por los afloramientos localizados en el límite septentrional de la zona de estudio, en las inmediaciones de Finestrat. En todos los casos se trata de materiales desenraizados de origen extrusivo, limitados por contactos mecánicos y sin continuidad estratigráfica con el resto de afloramientos.

**Jurásico Superior.**- Sólo se encuentran en la base del acantilado de Sierra Helada y núcleo del anticlinorio de Cabezón de Oro, en ambos casos con facies de carbonatos someros. En el primer enclave el techo presenta un paleokarst relleno de sedimentos condensados del Cretácico Inferior (diques neptúnicos), mientras que en el segundo a techo sólo se desarrolla un hard-ground, pasando a sedimentos cretácicos en continuidad sedimentaria.

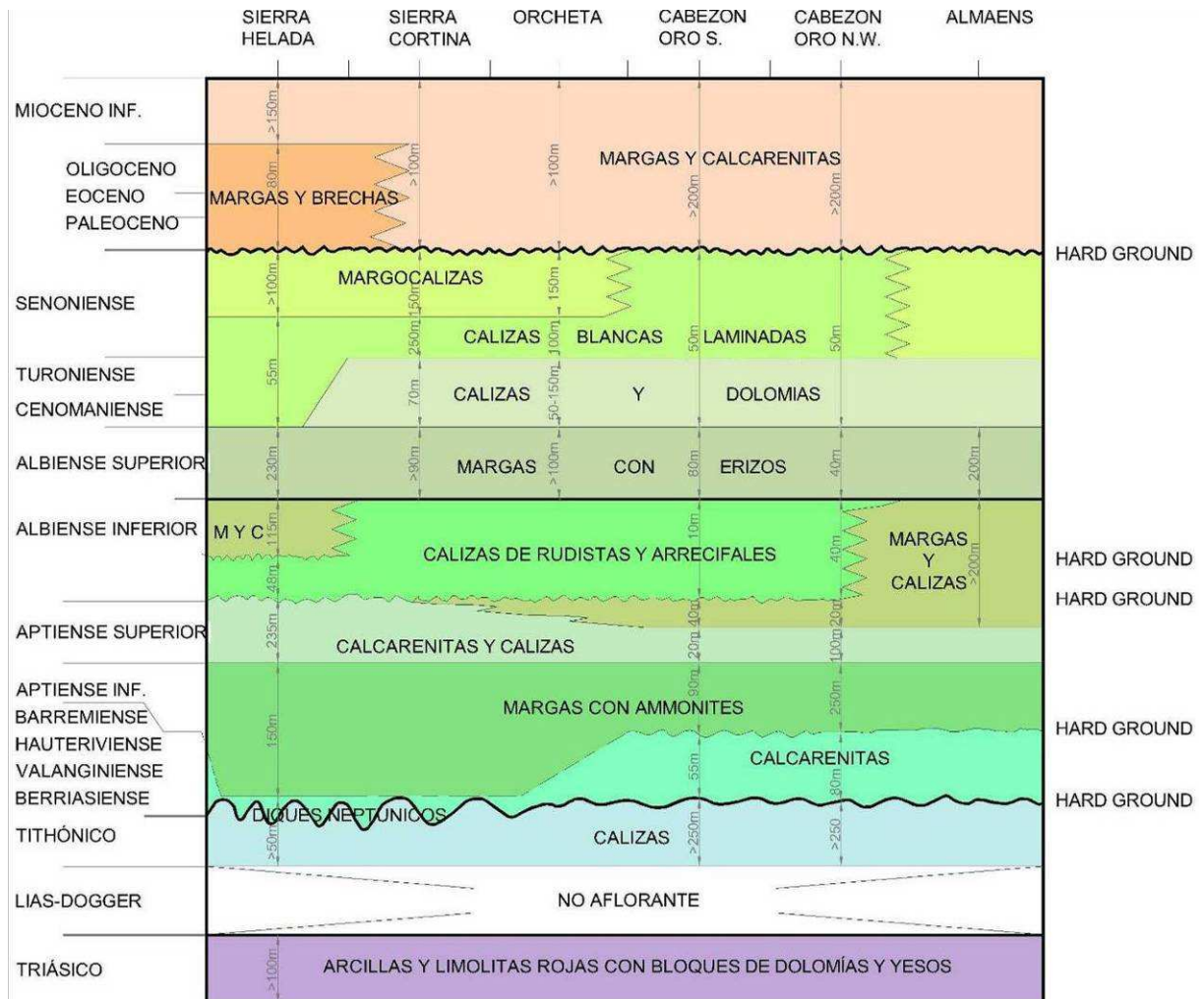


Figura nº 117.- Cuadro de relaciones estratigráficas de la zona estudiada

**Neocomiense.**- Sedimentos de esta edad sólo se han reconocido en ambos flancos del anticlinal de Cabezón de Oro, como calizas oolíticas y calcarenitas, culminando con un hard-ground ferruginoso de edad Barremiense. En las inmediaciones del pueblo de Busot presentan intercalaciones margosas con abundante fauna de ammonites, marcando una tendencia hacia sedimentos hemipelágicos en dirección sur. En Sierra Helada el Neocomiense sólo se reconoce en diques neptúnicos desarrollados en el techo del Jurásico.

**Cretácico Inferior.**- Aflora ampliamente en Sierra Helada, en los flancos de Cabezón de Oro y en el núcleo del anticlinal de Almaens. Pueden diferenciarse dos subciclos:

Inferior (margas con ammonites), de edad Aptiense medio y superior, bastante homogéneo que está caracterizado por facies hemipelágicas.

Superior, desarrollado entre el Aptiense superior y el Albiense inferior, con una extensa variedad de litológica que marca una clara progradación de facies someras (areniscas y calizas con orbitolinas, calizas de rudistas y arrecifales) a hemipelágicas (ritmita de calizas y margas), en dirección E-W. Así, en Sierra Helada el subciclo está conformado por una potente secuencia de calcarenitas, areniscas y calizas arrecifales con escasas intercalaciones margosas; en el flanco oriental de Cabezón de Oro los niveles calcáreos son de menor potencia e intercalan tramos margosos y en el núcleo de Almaens sólo están presentes estos últimos.

**Cretácico Superior.**- Son los sedimentos mejor representados en la zona de estudio, con amplios afloramientos en Sierra Cortina, Sierras de Orxeta y Relleu, Carcondo y Sierra Almaens. Se pueden diferenciar tres subciclos, de características bastantes homogéneas.

Inferior (margas con erizos).- Del Albiense superior y con las mismas litofacies en toda la zona de estudio, pudiéndose considerar como un nivel guía.

Tramo carbonatado.- Del Cenomaniense-Turonense, conformado por facies de plataforma (calizas y dolomías) y de talud (brechas calcáreas), presentando importantes variaciones de potencia en sentido N-S.

Formación Quípar-Jorquera.- De edad Senoniense y Paleoceno, formada por una potente secuencia de margocalizas, margas y calizas de tonos blancos y característicos tramos rojos. Cartográficamente se ha diferenciado un tramo inferior más calcáreo, que ocasionalmente se ha incluido en el nivel infrayacente.

**Terciario.**- En las secuencias estratigráficas más completas, como en ambos flancos de Cabezón del Oro o en Orxeta, sobre la formación Quípar-Jorquera se desarrollan sedimentos del Eoceno-Oligoceno. Los sedimentos del Mioceno se localizan en cuencas sedimentarias de carácter sin y post orogénico, limitadas por importantes fracturas.

#### 10.2.7.2 AMBIENTES SEDIMENTARIOS

Los sedimentos mesozoicos estudiados se asignan al Prebético Interno, los cuales se depositaron en una plataforma marina asociada al paleomargen Sudibérico.

Esta plataforma mantuvo las características de somera durante el Jurásico generándose importantes acumulaciones de carbonatos. Durante el **Neocomiense** se registra una fragmentación de la plataforma, pasando a sedimentarse calcarenitas y calizas en facies de plataforma abierta en cabezón de Oro, que algo más al sur, en Busot, ya presenta niveles hemipelágicos marcando una tendencia hacia la plataforma externa, mientras que la zona



oriental, en Sierra Helada, la plataforma llega a emerger produciéndose la carstificación de las calizas jurásicas, con pequeños pulsos sumergidos que generan sedimentos condensados que rellenan el karst como diques neptúnicos (ver Figura nº 118).



Figura nº 118.- Ambientes sedimentarios durante el Neocomiense

Durante el **Aptiense inferior** se registró una transgresión generalizada, que se manifiesta en un nivel hemipelágico de similares características en todo el sector, margas y margocalizas con ammonites, que puede considerarse como nivel guía.

Durante el **Aptiense superior-Albiense inferior** se registra una importante variabilidad de ambientes sedimentarios (ver Figura nº 119):

En Sierra Helada se instaura una plataforma somera de carácter abierto (calcarenitas) que prograda hacia facies de plataforma interna (calizas con rudistas) y arrecifales coralinos.

En el extremo opuesto, en el núcleo de Almaens y sector meridional se área estudiada, se mantienen las condiciones hemipelágicas del tramo inferior.

En Cabezón de Oro se localiza el cambio de facies entre ambos, encontrando una superposición de niveles propios de los dos ambientes (calizas con orbitolinas y margas), con mayor desarrollo de facies proximales en el flanco oriental que en el occidental.

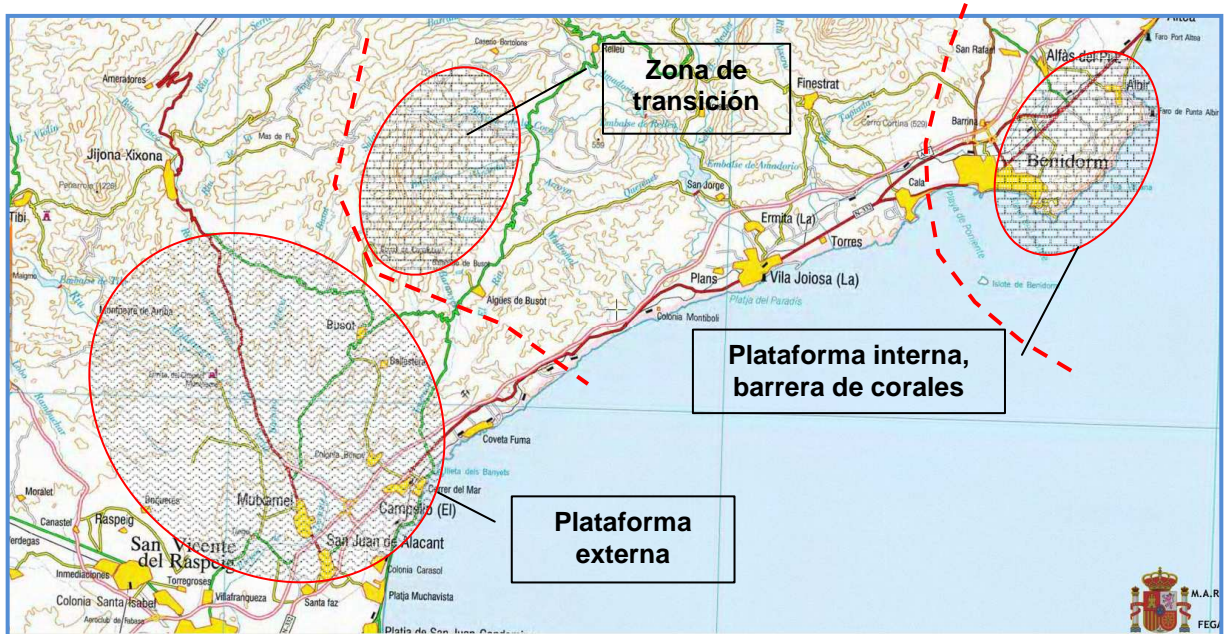


Figura nº 119.- Distribución de ambientes sedimentarios en el Aptiense superior-Albiense Inferior

En el **Albiense superior** vuelve a homogeneizarse la cuenca, depositándose un nivel continuo y potente de margas con erizos, en una plataforma externa poco profunda.

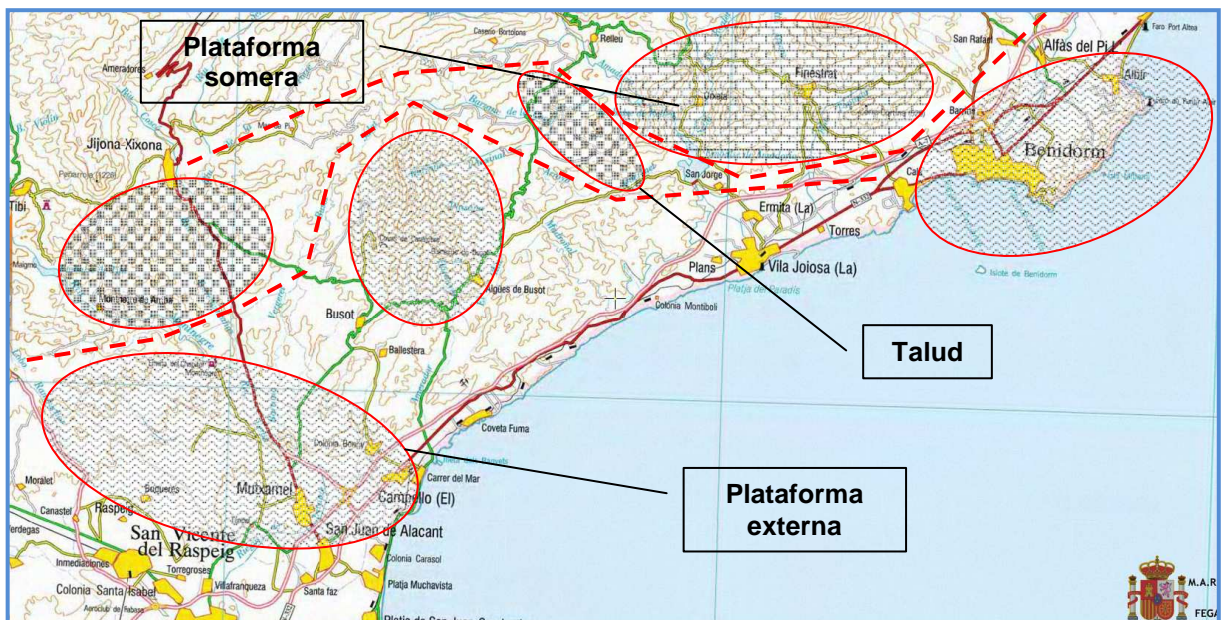


Figura nº 120.- Distribución de ambientes sedimentarios en el Cenomaniense-Turonense

Durante el ciclo **Cenomaniense-Turonense** vuelven a registrarse importantes acumulaciones de carbonatos en amplias zonas del área de estudio, presentando una

importante variabilidad de facies, reconocibles a pesar de recristalizaciones y dolomitizaciones. En los afloramientos más potentes, localizados en las sierras de Orxeta, Relleu y Cortina, se destaca la presencia de texturas energéticas (grainstone) asociadas a megaestratificaciones cruzadas, propias de barras arenosas, con niveles de texturas finas y nódulos de sílex, que podrían representar facies de lagoon. En la orla perimetral de estas sierras, Racó de Cortes, Carcondo y flanco meridional de Almaens, el tramo muestra niveles slumpizados, con brechas intraformacionales y registra una importante reducción de potencia, en lo que se interpreta como un talud. Por último, hay un tercer grupo de afloramientos, como en Sierra del Oro, sur de Busot y Benidorm, donde el tramo tiene una potencia muy reducida y facies hemipelágicas.

En el **Senoniense-Paleoceno**, el margen Sudibérico muestra una homogenización de ambientes sedimentarios, implantándose unas condiciones de plataforma externa. Se deposita la formación Quípar-Jorquera, con su típica secuencia de margocalizas, margas y calizas blancas y rosadas.

A partir del **Eoceno** la Cuenca comienza a registrar los efectos de la orogenia Alpina, formándose cuencas sedimentarias, con un fuerte control tectónico, que se rellenan con materiales procedentes de la denudación de relieves que se están creando y con frecuentes vertidos olistostrómicos. Ya en el **Mioceno** se individualizan varias cuencas intramontañosas diferenciándose dentro de la zona estudiada la de Relleu y la de Villajoyosa.

La sedimentación marina continúa hasta el **Plioceno inferior**, produciéndose en el Villafranquiense la continentalización definitiva de la zona, e iniciándose la sedimentación de un complejo juego de glaciares y formaciones fluviales, en el que se refleja una activa neotectónica con varios niveles de terrazas, incisiones y erosiones remontantes.

## 10.3 TECTÓNICA

### 10.3.1 INTRODUCCIÓN

La zona incluida en el estudio fue denominada por Granier, B. (1987) como “banda de anomalías estructurales Busot-Altea”, en alusión, entre otros, a la presencia de estructuras apretadas de directriz anómala con respecto a la directriz bética (N60E).

Esta banda de estructuras anómalas tiene su origen en el diapiro de Altea, adquiere forma de cuña y queda limitado por (ver Figura nº 121):

En el límite septentrional: fracturas y cabalgamientos sobre flanco sur de la antiforma Sierra Aitana-Carrasqueta.

En el límite meridional: Sierra Helada, afloramientos terciarios de La Marina (Campello-Villajoyosa) y Cuaternarios de la Huerta de Alicante.

En el límite occidental: Sierra Alto de Foyetes y margen derecha del río Verde-Torremanzanas.

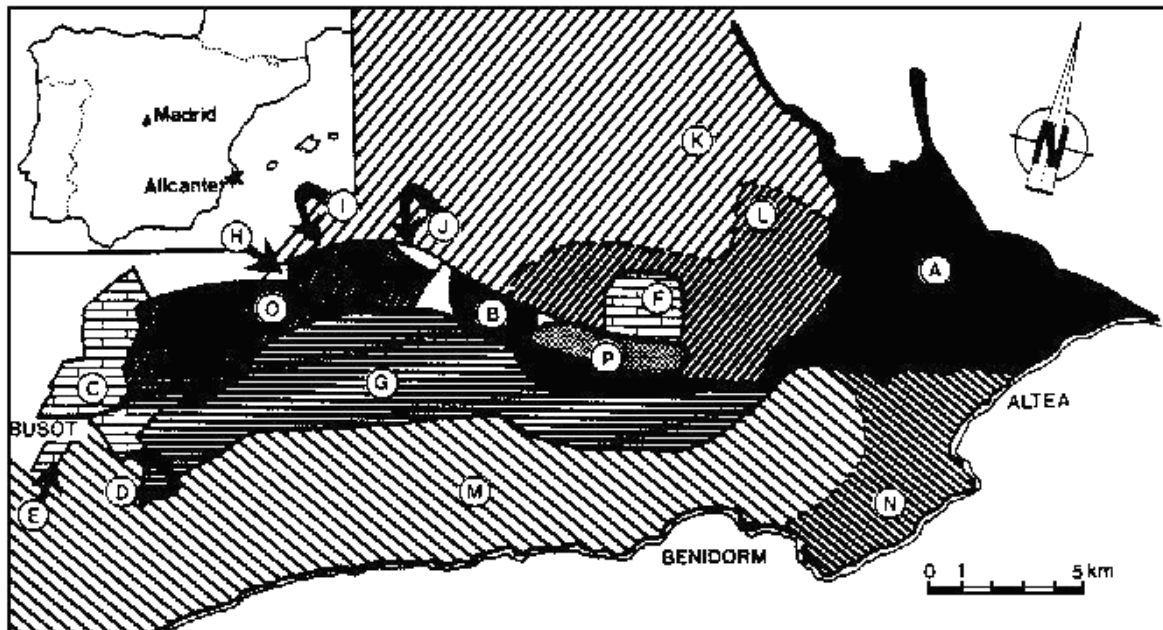


Figura nº 121.- Banda de anomalías estructurales (Granier, B., 1987)

Leyenda: diapiros de Altea (A) y de Finestrat (B); extrusiones del Cabezón de Oro (C), del Sanatorio (D), de la Foya de Cobes (E) y del Puig Campana (F); de Oeste a Este, Cretácico de la Macaroba, de Amadorio, de Orxeta y de la Cortina (G); "extrusiones" de la Senia (H), del Figuerets (I) y del Río Ancho (J); Terciario de Aitana (K) y Cretácico de los alrededores del Puig Campana (L); Terciario de la Marina (M) y Cretácico de la Sierra Helada (N).

Los principales rasgos estructurales de esta zona de anomalías son:

- Presencia de pliegues apretados de directriz N20-30E con vergencia al oeste.
- Escamas y fallas inversas en los flancos occidentales de estas estructuras.
- Deformaciones dextrosas en los ejes de algunos pliegues (Cabezón del Oro, Sierra Orxeta).
- Delimitación de estructuras principales por fracturas de gran continuidad lateral, trazado sinuoso e importante salto.
- Extrusiones triásicas asociadas a fracturas.
- Formaciones terciarias con olitostromas y megabrechas.

La interpretación del origen de estas anomalías ha sufrido una evolución similar a la registrada en la interpretación tectónica de la cuenca.

Así, los autores que trataron la tectónica de la zona hasta la mitad del siglo pasado, en su mayoría pertenecientes a la escuela francesa, hacían la siguiente interpretación (transcripción de Castany incluida en la tesis doctoral de Granier, B., 1987): Se trata de "masas perforantes a través de capas plásticas. Los elementos expulsados" (...) "están circunscritos por contactos anormales con brechas de fricción importantes y toman así el aspecto de bloques exóticos flotantes en las capas margosas que los rodean. Por ello

frecuentemente han sido confundidos con testigos aislados, klippes o mantos de corrimiento".

Esta misma interpretación está recogida en las memorias de los planos geológicos a escala 1:50.000 MAGNA nº 847, Villajoyosa, y 872, Alicante, donde se indica que existen dos afloramientos jurásicos extrusivos cuyo origen (Vienot, 1928-Castany, 1955) podrían corresponder a una manifestación del zócalo jurásico en superficie a manera de estructura anticlinal aguda, con sus extremos fracturados y su disposición isoclinal con los materiales adyacentes (J. Goquel, 1952) como resultantes de una inyección de los bloques calcáreos a través de la cobertera plegada por movimientos de intensa compresión. Estos esfuerzos compresivos también serían los responsables del "Accidente de Finestrat", si bien justifican la extrusión de materiales triásicos por la creación de zonas distensivas entre bloques (Puig Campana y Cabezón de Oro) con diferentes desplazamientos.

En la memoria del plano geológico MAGNA nº 848 Benidorm, ya se recoge una interpretación tectónica derivada de un modelo global y encuadrada en la colisión entre el margen continental Sudibérico y la Placa de Alborán en su desplazamiento hacia el oeste.

En este documento se justifican las principales estructuras tectónicas por dos pulsos diferentes de la Orogenia Alpina:

Compresión de dirección NE-SO durante el Eoceno superior-Oligoceno

Compresión NNO a NO, durante Mioceno inferior y medio

El afloramiento de materiales triásicos de Finestrat se identifica como "Diapiro de Finestrat" y se interpreta asociado a "...una zona de relevo distensivo (pull-apart) entre fallas transcurrentes destrales de orientación bética...", que asocia al juego de fallas del accidente Crevillente-Alicante. A esta gran estructura estarían ligadas otras estructuras antes interpretadas como extrusivas, como es el caso de Puig Campana, fuera del área de trabajo, que ahora se reinterpreta como grandes masas desenraizadas y vertidas en una cuenca sedimentaria adyacente (olistolitos).

### 10.3.2 PRINCIPALES ESTRUCTURAS DE LA ZONA

En el sector estudiado se pueden diferenciar las siguientes estructuras tectónicas principales, de E a W:

Monoclinal de Sierra Helada

Anticlinal de Sierra Cortina

Sinclinales y anticlinales de Sierras Orxeta, Relleu y Carcondo

Accidente de Finestrat

Sinclinorio de Villajoyosa-Campello

Depresión de Relleu

Anticlinal de Cabezón de Oro

Anticlinorio de Jijona

Pliegues de Jijona-Puntal de Mascorra

#### 10.3.2.1 MONOCLINAL DE SIERRA HELADA

La integridad de la sierra presenta una estructura monoclinial, de dirección N50E y de 30 a 35° de buzamiento al norte.

Tradicionalmente esta estructura se ha interpretado confinada entre dos fracturas paralelas de dirección SO-NE que serían las responsables del importante escarpe que presenta la línea de costa, en un caso, y de un supuesto contacto mecánico con los sedimentos del sinclinal de Villajoyosa, el cual justificaría la ausencia del potente tramo de carbonatos del Cenomaniense-Turoniense en este flanco del sinclinal.

La interpretación paleogeográfica realizada en este trabajo para dicho tramo indica que puede encontrarse en facies hemipelágicas y con menor potencia, lo cual quitaría sentido a la mencionada fractura.

#### 10.3.2.2 ANTICLINAL DE SIERRA CORTINA

Los afloramientos cretácicos de Sierra Cortina afloran en una estructura anticlinal, de dirección bética (N45E), que se localiza en el flanco septentrional del sinclinal de Villajoyosa.

La Sierra está delimitada, al norte, por una falla vertical de dirección N60E, que pone en contacto los sedimentos cretácicos con materiales triásicos muy desorganizados, mientras que al sur se encuentra otra falla, subparalela a la anterior, oculta en la mayor parte de su trazado por materiales recientes, que la delimitan de los sedimentos terciarios del sinclinal de Villajoyosa.

La estructura anticlinal se define en el sector occidental de la Sierra y su eje es oblicuo a las dos fallas que la confinan al norte y sur, de tal forma que en el sector central y oriental corresponde a su flanco meridional, y define una estructura monoclinial.

#### 10.3.2.3 SINCLINALES Y ANTICLINALES DE SIERRAS DE ORTXETA, RELLEU Y CARCONDO

En estas tres localizaciones se encuentra una sucesión de pliegues en relevo, de dirección y estilo diferentes.

La Sierra de Orxeta tiene una morfología de pirámide de base triangular de fuerte condicionamiento tectónico. Dos de sus facetas están definidas por la bifurcación del accidente de Finestrat, concretamente una fractura de dirección N60E, continuidad de la localizada al norte de Sierra Cortina y, otra de dirección N120E, que corresponde a un giro del accidente principal. La tercera vertiente corresponde al flanco verticalizado de un anticlinal de dirección N20E vergente al este. El eje de este pliegue presenta una importante

rotación dextrorsa en la zona central y oriental de la Sierra, hasta alcanzar una dirección N110E.

La Sierra de Rellu tiene una estructura más simple, conformada por un anticlinal de tipo isoclinal, de dirección N20E, que presenta hacia el N una rotación dextrorsa hasta alcanzar una dirección N45E y chocar con el accidente de Finestrat, mientras que por el sur se define un cierre periclinal seccionado por las fracturas del barranco de la Ombría.

Entre ambas estructuras se encuentra el valle de Orxeta, conformado por un sinclinal de dirección N20E, de núcleo muy apretado donde afloran sedimentos margosos. El pliegue es vergente al E, y presenta el flanco oriental verticalizado e incluso con tramos invertidos.

Finalmente, en Carcondo se localiza esta estructura antiformal de dirección N20E a N30E, mucho más abierta que las anteriores, y en la que es muy patente su cierre periclinal meridional.

#### 10.3.2.4 ACCIDENTE DE FINESTRAT

Comprende una serie de tres fallas principales y otras menores que en su conjunto conforman una franja de fracturas anastomosadas de gran continuidad lateral, y que dentro de la zona estudiada puede reconocerse entre el extremo oriental de Sierra Cortina y el septentrional de Cabezón de Oro.

La fractura más continua tiene dirección N60E y delimita la vertiente septentrional de Sierra Cortina, la meridional de Sierra de Orxeta, atraviesa el embalse del Amadorio y prosigue por el barranco de la Ombría hasta su cabecera, donde rota a dirección N45E hasta cerca de Baños de Busot. Más al norte se encuentra otra fractura paralela, que secciona los anticlinales de Sierra de Rellu y Carcondo y es continuidad de la falla meridional de Puig Campana. La fractura más septentrional tiene dirección E-O y delimita por el norte la cuenca terciaria de Rellu, prolongándose hacia el este por el barranco de los Borbotons.

Estas fallas principales están conectadas por otras fracturas menores de dirección N150E a NS, en ocasiones de trazado alabeado.

Los planos de este juego de fracturas se encuentran muy verticalizados, delimitando en ambos labios materiales de muy diversa edad, lo que implica saltos de gran entidad.

En la zona central y oriental del accidente se ha desarrollado una extrusión de material triásico, posiblemente asociado a la creación de zonas distensivas entre las principales fallas imbricadas, así como un cortejo de masas olistolíticas y tramos de materiales resedimentados.

#### 10.3.2.5 SINCLINORIO DE VILLAJOSYOSA-CAMPELLO

Esta estructura se extiende por toda la franja costera del área estudiada, entre El Campello y Benidorm, alojando en su núcleo exclusivamente a materiales terciarios.

El sinclinorio comprende un conjunto de pliegues en relevo con ejes de directriz general N60E, delimitados, al norte, por la fractura principal del accidente de Finestrat. Su límite meridional se encuentra en el mar, en una hipotética fractura entre Sierra Helada y cabo de Huertas.

#### 10.3.2.6 DEPRESIÓN DE RELLEU

Corresponde a una cuenca terciaria que se desarrolla entre las dos fallas principales más septentrionales del accidente de Finestrat, donde los sedimentos se encuentran muy deformados, conformando un sinclinorio de dirección general N60E, cuyo eje tiene una rotación sinextrosa a N30E

En el flanco meridional de esta estructura también se definen pequeños pliegues en gancho con rotación sinextrosa.

#### 10.3.2.7 ANTICLINAL DE CABEZÓN DE ORO

Esta estructura es la más llamativa del área de estudio y su origen ha estado sujeto a diversas hipótesis y controversias.

Corresponde a un pliegue anticlinal vergente al este, de dirección N20E, en cuyo núcleo se encuentran los afloramientos jurásicos más extensos de la zona. Su flanco oriental está verticalizado, mientras que el flanco occidental se encuentra afectado por una escama de la misma vergencia general. Hacia el norte, ya en materiales cretácicos, el anticlinal sufre una rotación dextrorsa hasta direcciones N60E y finalmente alcanza una de las fallas del accidente de Finestrat, mientras que hacia el sur el eje es afectado por varias fallas transversales de importante salto vertical, a partir de las cuales el pliegue queda amortiguado por un juego de escamas y fallas inversas de difícil seguimiento en materiales margosos.

Se interpreta que tanto el anticlinal como las mencionadas fallas inversas son reflejo de la respuesta de sustratos de diferente competencia a unos mismos esfuerzos, en concreto, de las calizas y dolomías del Jurásico terminal y Cretácico Inferior, en el primer caso, y de su cambio de facies a margas y margocalizas, en el segundo caso.

#### 10.3.2.8 ANTICLINORIO DE JIJONA

Al este de las estructuras de Cabezón de Oro y su vertiente oriental (cabecera de la rambla de Busot) se encuentra un extenso afloramiento de materiales cretácicos que conforman un suave anticlinorio con eje de dirección N45E, cuyos flancos se encuentran en Sierra Almaens y Sierra Sivila, y su núcleo se extiende por el paraje de L'Espartal.



Esta amplia estructura de suaves buzamientos contrasta con las zonas de intensa deformación que se registran tanto al este como al oeste, en Cabezón de Oro-cabecera de rambla de Busot y el núcleo de Jijona-Puntal de Mascorra, respectivamente.

#### 10.3.2.9 PLIEGUES DE JIJONA-PUNTAL DE MASCORRA

En la esquina NE del área estudiada se encuentra otra zona de intensa deformación, entre la localidad de Jijona y los altos del Puntal de la Mascorra, donde los sedimentos cretácicos muestran una sucesión de pliegues en relevo de dirección general N20E, de flanco occidental invertido y/o afectado por fallas inversas, cuyo trazado confluye en un plano de fractura en las inmediaciones de Jijona, a modo de abanico de escamas.

Los pliegues son de flancos apretados y con apenas unos centenares de metros entre charnelas, con morfologías propias de plegamientos dúctiles.

Hacia el sur estas estructuras están solapadas por los afloramientos triásicos de Sierra Grossa, extrusionados a favor de importantes fracturas que siguen la traza de los ríos Torremanzanas y Monnegre.

#### 10.3.2.10 INTERPRETACIÓN ESTRUCTURAL

Como se indicó en la introducción, varias de las principales estructuras tectónicas de la zona estudiada han sido consideradas como anomalías en el ámbito general de la Zona Prebética y se han asociado con extrusiones de tipo local.

Sin embargo, todas las estructuras descritas en el apartado anterior tienen encaje en los modelos de deformación general de la Cordillera Bética que se han desarrollado en las últimas décadas del siglo, los cuales se basan en la colisión entre el margen pasivo Sudibérico y la placa de Alborán, representada por las Zonas Internas, en su desplazamiento hacia el oeste.

En este escenario, el accidente de Finestrat representaría una de las fallas de desgarre más septentrionales y un reflejo de los diversos impulsos tectónicos registrados durante gran parte del Mioceno inferior y medio, no siempre de la misma dirección ni intensidad.

Atendiendo a las direcciones de los pliegues, al menos se pueden diferenciar dos fases principales:

##### **Primera fase de deformación**

Asociada a una compresión de dirección general E-O, que da lugar a los pliegues de dirección N20E de Sierra de Orxeta, Cabezón de Oro-cabecera del barranco de Busot y Jijona-Puntal de Mascorra (ver Figura nº 122).

Estos pliegues se asociarían a una lámina cabalgante que se desplaza hacia el este sobre las arcillas y evaporitas triásicas, representando cada uno de ellos rampas frontales (Jijona-

Puntal de Mascorra) o zonas de despegue (el resto) de láminas menores que no han llegado a romper el conjunto.

El desgarre septentrional sería de tipo dextrorso y los principales desplazamientos se asociarían a las fallas más septentrionales del accidente de Finestrat, de dirección general E-O.



Figura nº 122.- Esquema de primera fase de deformación

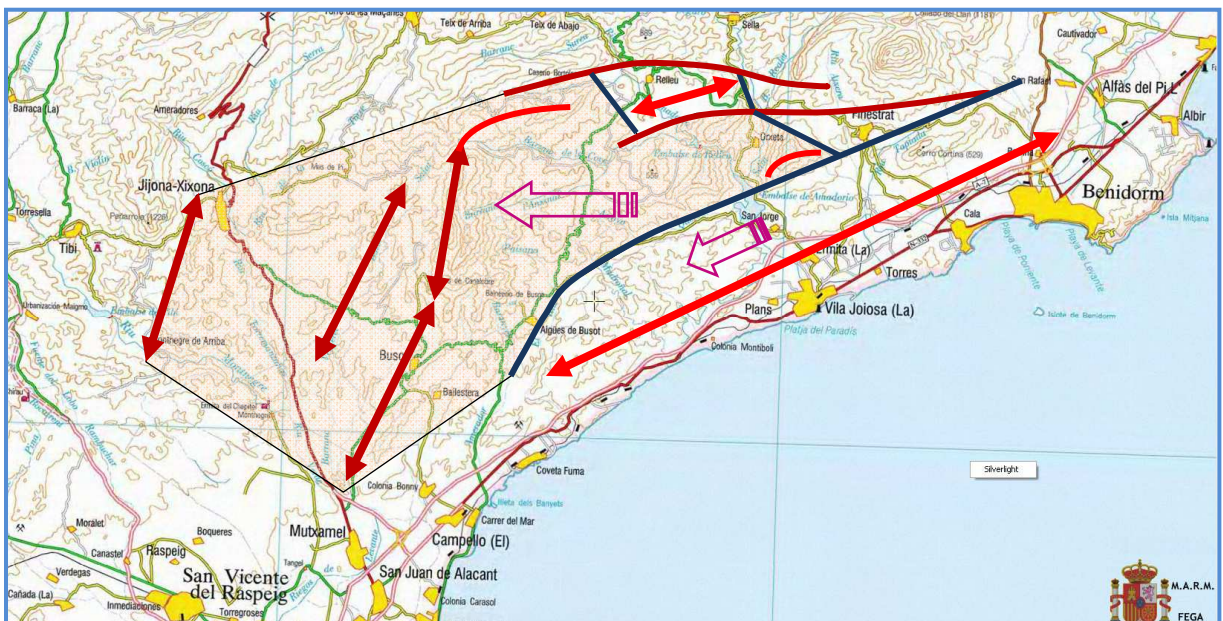


Figura nº 123.- Esquema de la segunda fase de deformación

## **Segunda fase de deformación**

Esta segunda fase también responde a compresiones de dirección general E-O, pero en esta ocasión se generan desgarres de dirección preferencial N60E y fallas distensivas de dirección N150E (ver Figura nº 123).

Frente a estos nuevos esfuerzos la zona anteriormente deformada actúa como un bloque y se desplaza hacia el este en su conjunto.

El desplazamiento del bloque induce la rotación de estructuras previas cerca de los desgarres septentrionales, mientras que las diferencias de movimientos entre ellos generan zonas distensivas, por donde extruyen materiales triásicos (Finestrat), o cuencas pull-apart, donde se resedimentan importantes volúmenes de materiales (Relleu).

A esta segunda fase también se asociarían los sinclorios de dirección N60E de Villajoyosa-Campello y Depresión de Relleu.

### **10.3.3 NEOTECTÓNICA**

La actual configuración estructural de la zona estudiada se debe a las dos fases compresivas anteriormente comentadas, la última durante el Mioceno medio, pero con posterioridad se han registrado otros movimientos que han deformado y basculado los sedimentos hasta del Plioceno inferior, como ha quedado registrado en los entornos de Sant Joan d'Alacant y Alicante.

Los sedimentos del Plioceno superior y Cuaternario aún presentan signos de movimientos más recientes, principalmente isostacias y basculamientos, que han quedado reflejados en la morfología de vertientes y de la red de drenaje. En la línea de costa también han quedado registradas importantes variaciones del nivel del mar, si bien en ocasiones se deben exclusivamente a movimientos eustáticos.

Los principales efectos de esta neotectónica reconocidos en la zona son:

Encajonamiento de la red fluvial en los sedimentos continentales más antiguos, normalmente adosados a los principales relieves u ocupando planas litorales, con incisiones de más de 20 m de salto.

Escarpes de más de 30 m en línea de costa, con materiales cuaternarios colgados (Villajoyosa, Benidorm, L'Alfàs del Pi,...).

Variaciones en la orientación de los glacis y abanicos aluviales en sentido E-O (norte de Benidorm).

Depósitos de pie de monte alineados y/o afectados por fallas de borde de estructuras tectónicas preexistentes (entornos del embalse del Amadorio, barranco de la Umbría,...).

Saltos en el perfil longitudinal de cauces (río Torremanzanas en Jijona)

## 11. HIDROGEOLOGÍA

### 11.1 MARCO HIDROGEOLÓGICO

De acuerdo con la delimitación de MASub realizada para aplicar el artículo 5 de la Directiva Marco del Agua de 2004, en la zona de estudio se han definido dos masas de agua que ocupan la totalidad de la Unidad Hidrogeológica 08.48 Anticlinales de Orcheta, así como parte de la U.H. 08.44 Barrancones-Carrasqueta, según nomenclatura de la CHJ (ver Figura nº 1).

La correspondencia entre MASub (de acuerdo con la denominación actual y la existente antes del inicio de los trabajos), Unidades Hidrogeológicas y acuíferos definidos en la zona de estudio, se muestra en la Tabla nº 59.

Tabla nº 59.- Correspondencia entre acuíferos, Unidades Hidrogeológicas y MASub

Masa de Agua Subterránea (MASub)		Acuífero	Unidad Hidrogeológica
Denominación actual	Denominación anterior		
080.183 Orcheta	080.072 Orcheta	Sierra Cortina	08.48 Anticlinales de Orcheta
		Orcheta	
		Peñacosta	
		Anticlinales de Rellou	
		Jurásico de Cabezón del Oro	
		Almaens	08.44 Barrancones-Carrasqueta
Pliques Cretácicos de Jijona			
080.184 San Juan-Benidorm	080.073 San Juan-Benidorm	Sierra Helada	08.48 Anticlinales de Orcheta
080.190 Bajo Vinalopó		Cuaternario de Benidorm	
		Cuaternario de Villajoyosa	
		Cuaternario de San Juan-Campello	

### 11.2 REDES DE CONTROL

Se dispone de datos de redes de control piezométrico y de calidad de los acuíferos incluidos en la zona de estudio de la DPA, el IGME y la CHJ. El IGME dejó de medir y muestrear sus redes en el 2001, si bien la DPA ha continuado con su labor. Los datos de la CHJ hasta esa fecha son los aportados a este organismo por el IGME.

La DPA tiene varios puntos de telecontrol (2933-6-2, 2933-6-27, 2933-7-11 y 3033-6-19) en los que se registran datos diarios de piezometría.

También se cuenta con datos de control periódico de captaciones de los abastecimientos gestionados por Aquagest Levante, S.A., cuyo registro es diario o semanal (2933-7-10, 2933-8-38, 2933-8-39, 2933-8-112 y 3033-6-4).

La CHJ dispone en la actualidad, previa a la implantación de las nuevas redes de control previstas en la Directiva Marco del Agua, de una red oficial de control de piezometría, calidad, intrusión e hidrometría. En la zona de estudio hay 33 puntos de control piezométrico donde existen registros periódicos, y otros 224 en los que se han realizado alguna medida, 41 puntos periódicos de control de calidad y 85 en los que se han tomado muestras puntuales, y ninguno de control de la intrusión e hidrometría. Este número de puntos de control incluyen tanto los que siguen activos como los que sólo disponen de datos históricos.

### 11.3 DATOS HIDROQUÍMICOS UTILIZADOS Y TRATAMIENTO DE LOS MISMOS

El estudio de las características químicas de las aguas subterráneas de la zona se ha llevado a cabo a partir de los datos obtenidos en dos campañas, una tras el periodo invernal o húmedo (mayo y junio de 2009) y otra tras el estiaje (septiembre y octubre de 2009), así como de los procedentes de las redes de control del IGME y DPA.

Para dicha caracterización se han tomado 80 muestras procedentes de pozos, sondeos y manantiales, distribuidos entre los distintos acuíferos, y una del embalse del Amadorio.

En cuanto al procedimiento de muestreo, hay que significar que la mayoría de las muestras pertenecen a sondeos en explotación y el resto a manantiales, en el exterior de la captación o en la misma galería de acceso a la surgencia. En todos los casos se utilizó un recipiente de polietileno de doble tapón, con capacidades de 0,5 y 1 litro.

Para la manipulación y envío de las muestras se han tomado las oportunas precauciones con objeto de evitar posibles errores derivados del almacenaje y tiempo de recepción desde su toma hasta su análisis en los laboratorios del IGME en Madrid.

Para las mediciones de campo se utilizó un conductímetro con termómetro, calibrado, según las normas del fabricante, antes de cada campaña. Las medidas de parámetros inestables se tomaban con rapidez, para evitar el calentamiento de la muestra, repitiéndolas dos veces más para comprobar la exactitud de los valores.

En la Tabla nº 36 se incluyen los códigos de los puntos muestreados y los resultados obtenidos en los parámetros analizados en campo (CE y temperatura del agua). En todos los puntos de la red de control hidroquímico, se ha llevado a cabo un análisis de parámetros físico-químicos (CE y pH) y constituyentes mayoritarios (sodio, potasio, calcio, magnesio, amonio, nitritos, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos), DQO, fosfatos, sílice, boro, bromuros, hierro y manganeso. Además, se han realizado análisis isotópicos de  $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$  en 34 muestras.

Las determinaciones analíticas de constituyentes mayoritarios y minoritarios se han realizado en el laboratorio de aguas del IGME en Tres Cantos (Madrid) y los análisis isotópicos en el Laboratorio de Biogeoquímica de Isótopos Estables del CSIC-UGR en Granada. Ambos están dotados de la tecnología adecuada para la realización de los análisis indicados.

Todos los datos de análisis químicos de aguas subterráneas se han sometido a un tratamiento, tanto numérico como gráfico, que aparece en el Anejo nº 11. Este anejo incluye los resultados analíticos de los muestreos, los partes de laboratorio y su tratamiento, junto con los registros históricos disponibles. Para los puntos que cuentan con un amplio registro se han realizado gráficos de evolución temporal para los distintos parámetros (CE, temperatura, calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruros, sulfatos, nitratos y bicarbonatos) y de algunos ratios ( $rK/rNa$ ,  $rMg/rCa$ ,  $rSO4/rCl$ ,  $rCl$ ,  $rHCO3$ ,  $rNa/rCa$ , etc.) y gráficos de relaciones iónicas. También se han representado los resultados sobre diagramas de Piper y de Schöeller-Berkaloff y gráficos de aptitud del agua para el riego o para uso urbano. Por último se han realizado cálculos geotermométricos.

Para analizar la aptitud de las aguas para abastecimiento humano se ha elaborado un diagrama de potabilidad (ver Figura nº 124) en base a la normativa vigente, en el que se han representado los resultados analíticos obtenidos durante el desarrollo de este proyecto y los existentes en las bases de datos del IGME, CHJ y DPA, junto con los máximos que establece el RD 140/2003.

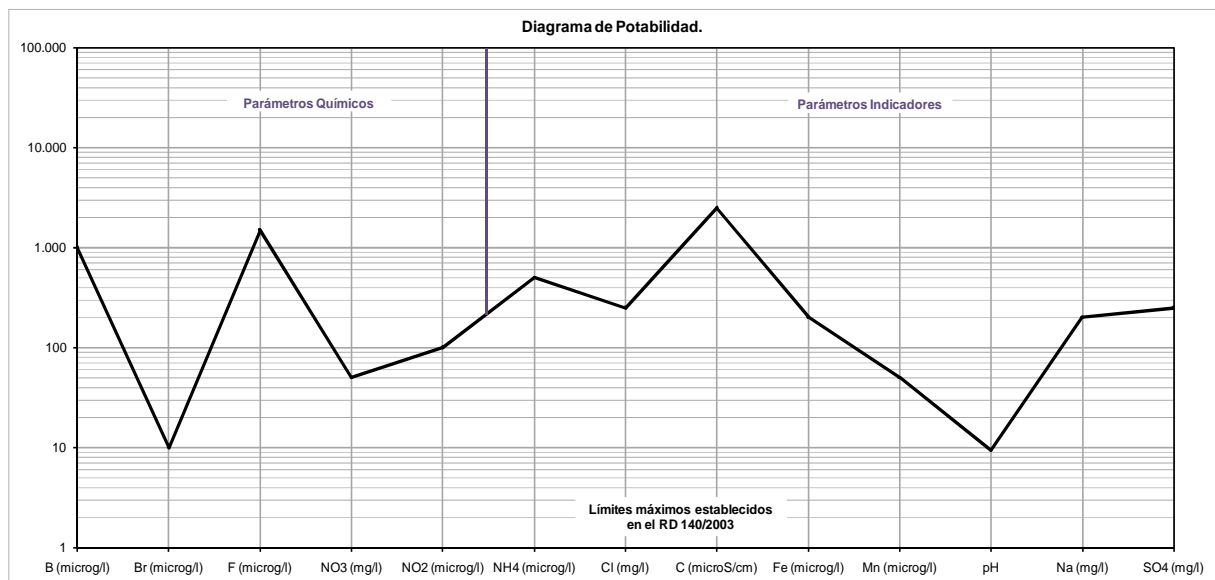


Figura nº 124.- Diagrama de Potabilidad

También se ha analizado la aptitud de las aguas subterráneas para regadío, considerando los problemas que en ocasiones puede plantear su utilización. En este análisis se ha utilizado la clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff (Riverside, California), propuesto

por Richards en 1954, basada en la medida de la CE del agua para determinar el riesgo de salinización del suelo, y en el cálculo de la Relación de Adsorción de Sodio (RAS ó, en inglés, SAR) para determinar el riesgo de sodificación o alcalinización.

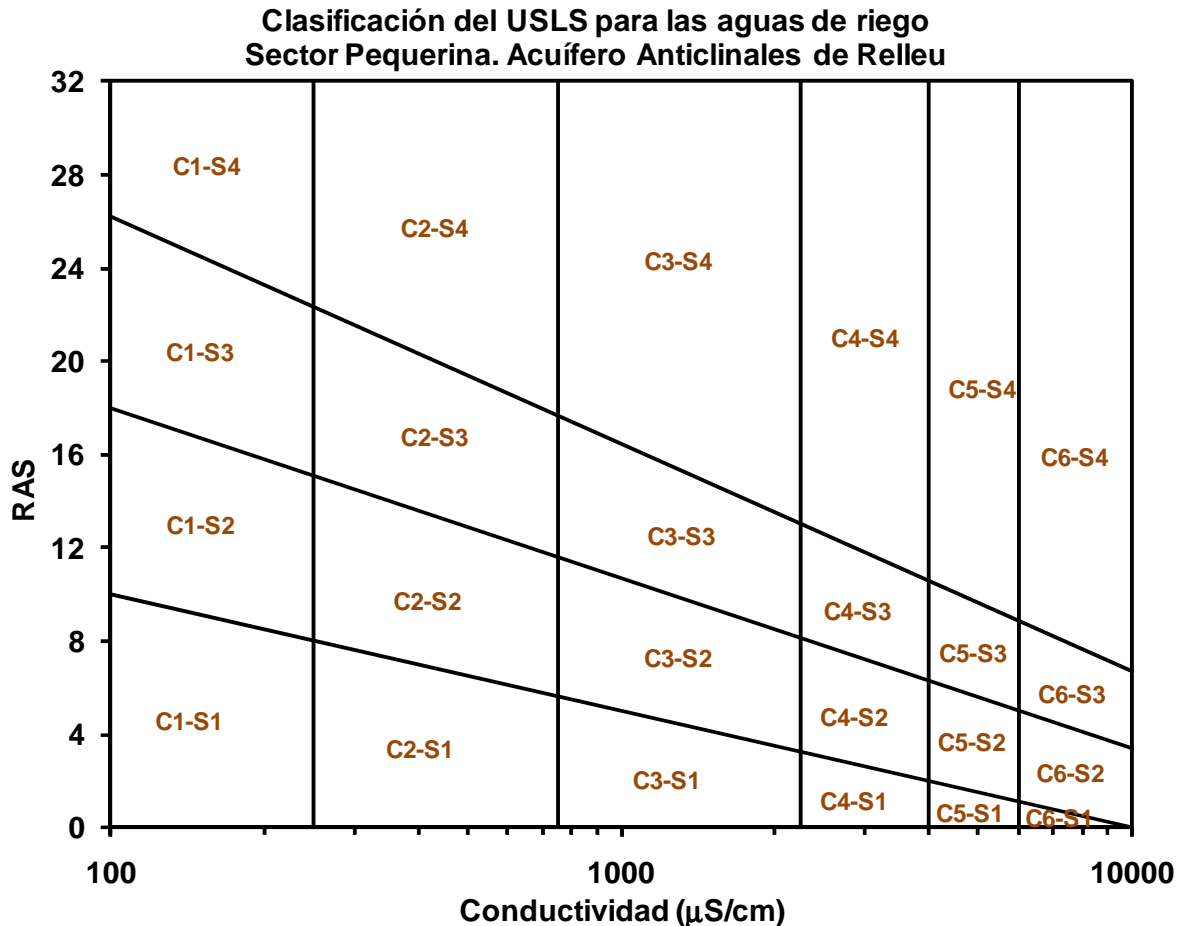


Figura nº 125.- Diagrama para clasificar las aguas de riego según el U.S. Salinity Laboratory Staff

En la clasificación anterior se definen cuatro tipos de riesgo de salinización y otras seis de riesgo de sodificación (ver Figura nº 125), resultando 24 clases de agua (C1-S1, C1-S2, etc.) cada una de las cuales tiene unos condicionantes para ser utilizada en regadío (no considera las aguas que tienen CE extremadamente elevadas, superiores a 10.000 µS/cm, puesto que no tiene sentido su aprovechamiento en usos agrícolas). En la Tabla nº 60 se describen las normas de aplicación de cada tipo.

Tabla nº 60.- Normas de uso de tipos de agua según clasificación USSL

Tipos	Calidad y normas de uso
C <sub>1</sub>	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad.

Tipos	Calidad y normas de uso
C <sub>2</sub>	Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
C <sub>3</sub>	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C <sub>4</sub>	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C <sub>5</sub>	Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.
C <sub>6</sub>	Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.
S <sub>1</sub>	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
S <sub>2</sub>	Agua con contenido medio en sodio, y por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario
S <sub>3</sub>	Agua con alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación de sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
S <sub>4</sub>	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

Es necesario puntualizar que la clasificación anterior es simplista e intenta representar un amplio rango de condiciones de cultivo, fundamentalmente en Estados Unidos, por lo que su aplicación en la zona de estudio debe tomarse con reserva, ya que los cultivos están adaptados a condiciones de elevada salinidad del agua, de manera que las limitaciones de los cultivos entre las clases C1 a C6 se desplazarían hacia valores mayores de CE.

	GRADO DE RESTRICCIÓN DE USO		
	Ninguno	Ligero o moderado	Severo
Problema potencial: SALINIDAD			
C.E.	<0,7	0,7-3,0	<3,0
Problema potencial: INFILTRACIÓN			
RAS entre 0 y 3 y C.E. =	> 0,7	0,7 - 0,2	< 0,2
RAS entre 3 y 6 y C.E. =	> 1,2	1,2 - 0,3	< 0,3
RAS entre 6 y 12 y C.E. =	> 1,9	1,9 - 0,5	< 0,5
RAS entre 12 y 20 y C.E. =	> 2,9	2,9 - 1,3	< 1,3
RAS entre 20 y 40 y C.E. =	> 5,0	5,0 - 2,9	< 2,9

Figura nº 126.- Clasificación de la calidad del agua para riego según la FAO (Ayers y Westcot, 1985). CE: Conductividad eléctrica (en mS/cm ó dS/m)



Algunos autores opinan que la clasificación de la USSLS debe ser abandonada y reemplazada por otra más adecuada, como la de FAO (ver Figura nº 126 y Figura nº 127), al adolecer de graves defectos, como unos rangos muy conservadores para la determinación del riesgo de salinidad y, sobre todo, un importante error conceptual en los niveles admisibles del RAS en función de la salinidad del agua. Se admiten mayores valores de SAR al disminuir la CE cuando en estas condiciones el riesgo de sodificación del suelo aumenta.

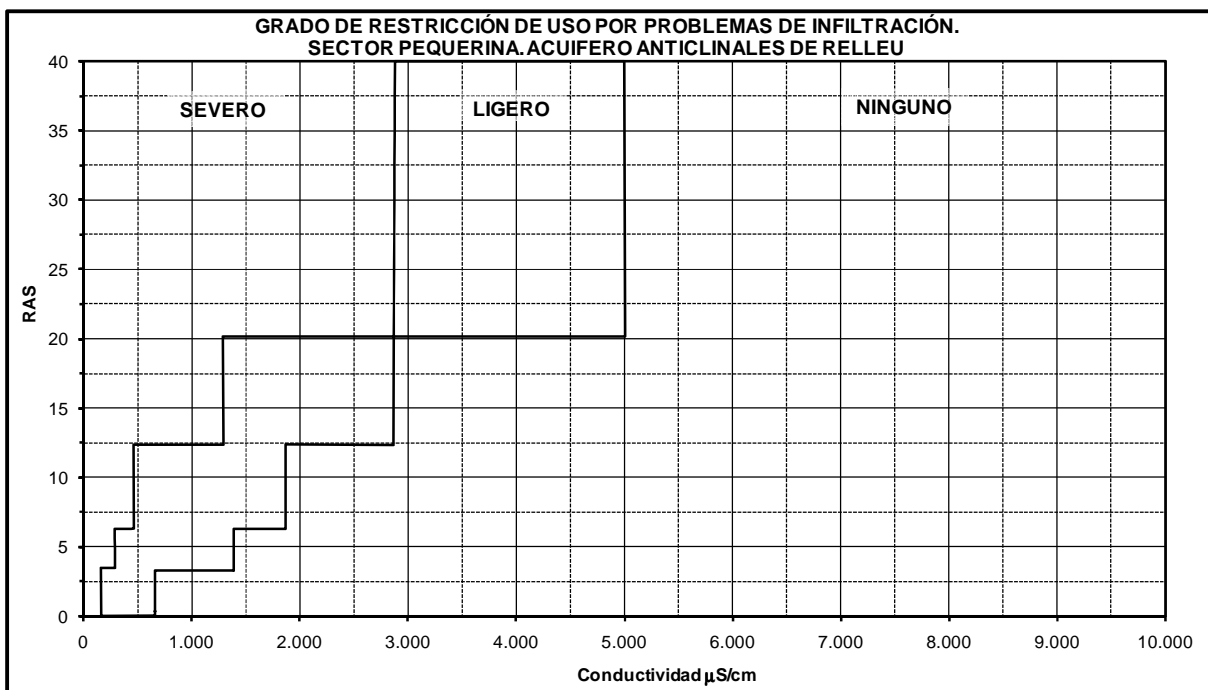


Figura nº 127.- Clasificación de la calidad del agua de riego según la FAO (Ayers y Westcot, 1985)

También es recomendable la utilización del llamado RAS ajustado, que pretende tener en cuenta la variación de la concentración de calcio en el agua del suelo debido a la disolución o precipitación de minerales carbonatados. Para el cálculo del SAR ajustado es necesario conocer la relación  $\text{HCO}_3^-/\text{Ca}^{2+}$  y la CE del agua de riego.

En la Tabla nº 61 se muestran algunas restricciones en el agua de riego de otros parámetros.

Tabla nº 61.- Principales restricciones del agua de riego

Problema potencial	Unidades	Grado de restricción de uso		
		Ninguno	Ligero a moderado	Severo
<b>Salinidad</b>				
CEa	dS/m	< 0,7	0,7-3,0	> 3,0
TSS	mg/l	< 450	450-2000	> 2000
<b>Infiltración</b>				
RAS = 0-3 y CEa =		> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
= 3-6 =		>1,2	1,2 - 0,3	< 0,3
= 6-12 =		> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
= 12-20 =		> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
= 20-40 =		> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
<b>Toxicidad de iones específicos</b>				
<b>Sodio</b>				
Riego por superficie	RAS (meq/l)	< 3	3 - 9	> 9
Riego por aspersión		< 3	> 3	
<b>Cloro</b>				
Riego por superficie	meq/l	< 4	4,0-10	> 10
Riego por aspersión		< 3	> 3	
Boro (mg/l)		< 0,7	0,7-3,0	> 3,0
<b>Varios</b>				
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	< 5	5,0-30	> 30
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	meq/l	< 1,5	1,5-8,5	> 8,5

## 11.4 INVESTIGACIÓN ISOTÓPICA

El objetivo principal de esta investigación ha sido mejorar el conocimiento del funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos definidos en la zona de estudio. Los isótopos estables utilizados han sido los de la molécula del agua (<sup>18</sup>O y <sup>2</sup>H) y el <sup>13</sup>C. Los primeros ayudan a conocer las fuentes de recarga al acuífero y las áreas de infiltración (origen del agua subterránea), o los procesos (reacciones) que han modificado su composición desde que ésta se recargó. El <sup>13</sup>C contribuye también a caracterizar su origen y, en ciertos casos, orienta hacia el mayor o menor tiempo de residencia.

### 11.4.1 ISÓTOPOS ESTABLES DE LA MOLÉCULA DEL AGUA

Los isótopos mayoritarios de los elementos del agua (H y O) son el <sup>1</sup>H y el <sup>16</sup>O, de manera que la especie molecular más abundante del agua es la que corresponde a la fórmula <sup>1</sup>H<sub>2</sub><sup>16</sup>O. Sin embargo, además de esta especie molecular (ligera) existen otras más pesadas que pueden incorporar átomos de <sup>2</sup>H, <sup>17</sup>O y <sup>18</sup>O. Las moléculas con un átomo de <sup>17</sup>O o las que incorporan dos componentes minoritarios (por ejemplo, <sup>2</sup>H<sub>2</sub><sup>16</sup>O, <sup>1</sup>H<sup>2</sup>H<sup>18</sup>O, etc.) no tienen interés a la hora de realizar análisis isotópicos debido a que se encuentran en una proporción despreciable en comparación con las moléculas <sup>2</sup>H<sup>1</sup>H<sup>16</sup>O y <sup>1</sup>H<sub>2</sub><sup>18</sup>O.

Las proporciones medias en el agua del mar de las tres especies moleculares más importantes son:  $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$ : 997.680 ppm;  $^2\text{H}^1\text{H}^{16}\text{O}$ : 320 ppm y  $^1\text{H}_2^{18}\text{O}$ : 2.000 ppm.

Los valores relativos de la relación isotópica de los diferentes tipos de aguas se expresan en forma de desviaciones isotópicas ( $\delta$ ). El patrón de referencia original, el SMOW (Standard Mean Ocean Water), inicialmente fue preparado sólo para el hidrógeno. Pasado un tiempo este patrón se agotó sustituyéndose por el V-SMOW (Vienna-Standard Mean Ocean Water) reproducido por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), que también ha definido otros dos patrones conocidos con las siglas GISP y SLAP, que corresponden a aguas de contenido muy bajo en isótopos pesados provenientes de nieves seculares de Groenlandia y de la Antártida, respectivamente.

Para una muestra de agua cualquiera su desviación isotópica ( $\delta$ ) con respecto al V-SMOW viene dada por la expresión:

$$\delta = \frac{R_{(muestra)} - R_{(V-SMOW)}}{R_{(V-SMOW)}} \times 1000$$

Un valor mayor que el patrón SMOW ( $\delta$  positivo) implica que en la muestra hay mayor concentración del isótopo pesado correspondiente ( $^2\text{H}$  ó  $^{18}\text{O}$ ) que en el SMOW, mientras que un valor negativo indica una menor concentración del isótopo pesado con respecto el patrón.

La causa más importante del fraccionamiento es la diferencia de presión de vapor entre las moléculas de agua con  $^{18}\text{O}$  y  $^2\text{H}$  y las moléculas de  $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$ . Dichas presiones de vapor son inversamente proporcionales a sus masas por tanto las moléculas ligeras,  $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$ , tendrán una presión de vapor algo mayor que las pesadas,  $^2\text{H}^1\text{H}^{16}\text{O}$  y  $^1\text{H}_2^{18}\text{O}$ .

El vapor de agua formado por evaporación del agua líquida está enriquecido en  $^{16}\text{O}$  e  $^1\text{H}$  mientras que el agua restante lo hace en  $^{18}\text{O}$  y  $^2\text{H}$ . Cuando se produce el fenómeno inverso preferentemente se condensan las moléculas de agua más pesadas.

El fraccionamiento isotópico depende estrechamente de la temperatura, la velocidad de evaporación y la humedad atmosférica. Si la evaporación se produce lentamente se puede considerar que existe equilibrio, pero si se produce rápidamente sucede lo contrario. En la naturaleza la evaporación se produce con mucha frecuencia en condiciones de no equilibrio, mientras que durante el proceso de condensación lo hace en general lentamente y en condiciones de equilibrio.

El contenido isotópico de las precipitaciones depende de la historia del agua desde que se evapora en el océano y en especial de la acción combinada de cuatro factores: distancia al océano; temperatura; intercambio isotópico con el vapor atmosférico durante la precipitación y evaporación.

Sobre la base de un gran número de muestras de precipitaciones se llegó a establecer en 1961 una relación lineal entre  $\delta^2\text{H}$  y  $\delta^{18}\text{O}$ , conocida como recta de las precipitaciones mundiales (ver Figura nº 128).

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

Una expresión más actualizada (1993-1997) sería la siguiente:

$$\delta^2\text{H} = 8,17 (+/-0,07) \delta^{18}\text{O} + 11,27 (+/-0,65) \text{ (VSMOW)}$$

El exceso de deuterio ( $d = \delta^2\text{H} - 8\delta^{18}\text{O}$ ) tiene un valor medio a nivel mundial de +10% mientras que en el mar Mediterráneo es del +22%.

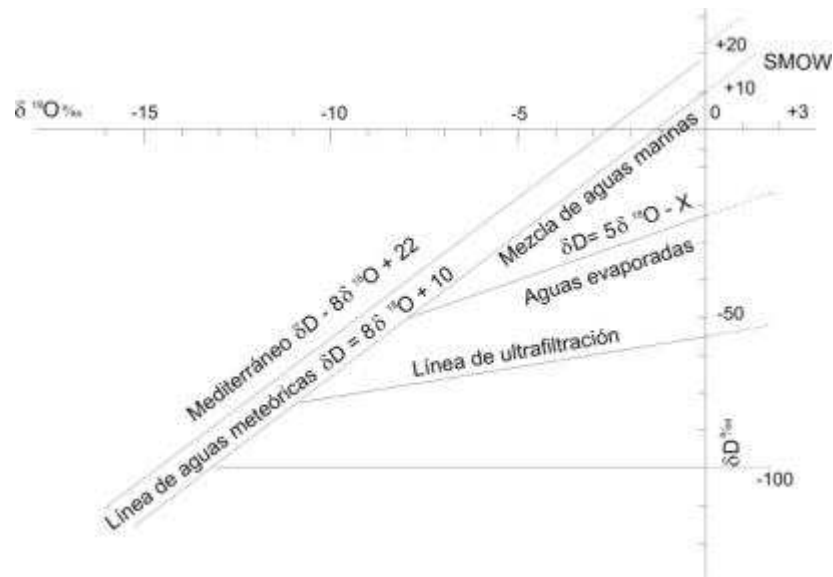


Figura nº 128.- Relación  $\delta^{18}\text{O}$ -  $\delta^2\text{H}$

Los sucesivos fraccionamientos isotópicos que experimentan el vapor y el agua condensada en la atmósfera están influidos por la temperatura, la distancia del océano, el efecto de cantidad (intercambio isotópico con el vapor atmosférico durante la precipitación) y la evaporación.

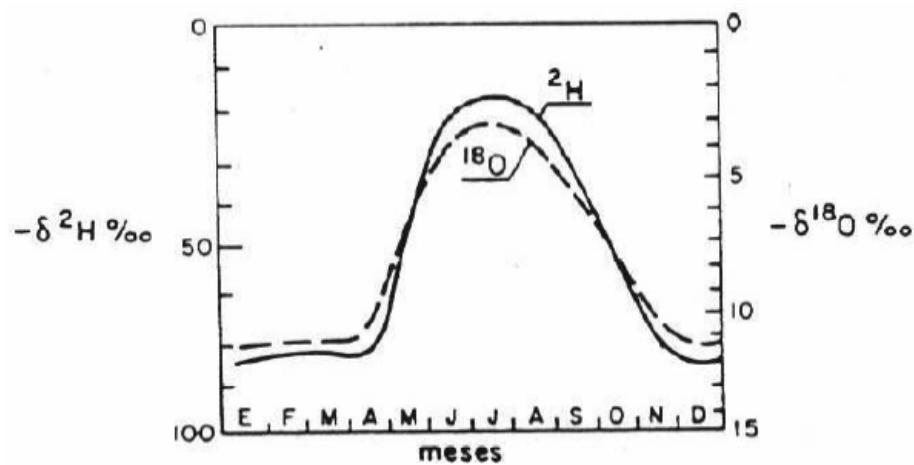


Figura nº 129.- Variación estacional de  $\delta^{18}\text{O}$  y de  $\delta^2\text{H}$  en la precipitación

**Temperatura:** El fraccionamiento isotópico y la composición inicial de las precipitaciones dependen de la temperatura. En general el vapor producido a bajas temperaturas es isotópicamente más ligero (valores  $\delta$  más negativos) que a altas, está muy relacionado con las variaciones espaciales (altitud y latitud) y climatológicas (estacionales y temporales). El aumento de la altitud produce empobrecimiento en isótopos pesados. Dependiendo del clima local y la topografía los gradientes de  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$  varían, respectivamente, entre -0,15 y -0,5 ‰/100 m de elevación, aunque puede llegar a -0,6‰/100 m en las zonas polares, y entre -1.5 y -4‰/100 m. Además las precipitaciones de invierno se encuentran empobrecidas en isótopos pesados respecto a las precipitaciones de verano (ver Figura nº 129).

**Distancia al océano:** El vapor generado en el océano presenta desviaciones ( $\delta$ ) ligeramente negativas ( $\delta^2\text{H} = -10\text{‰}$ ) dependiendo de la composición en la superficie de éste y se hace más negativo a medida que penetra en el continente, debido a la evaporación preferencial de las moléculas más ligeras y a la condensación de las más pesadas. Los hielos polares representan la etapa final de estos procesos de destilación fraccionada y por ello están formados por el agua isotópicamente más ligera que se conoce.

**Efecto de cantidad:** Durante la caída de la lluvia la acción del vapor existente en las capas atmosféricas producen variaciones de  $^{18}\text{O}$  y  $^2\text{H}$  hasta alcanzar una concentración de equilibrio que depende del tamaño de las gotas, la intensidad y duración de las lluvias y la temperatura. Las lluvias más intensas y duraderas proporcionan un agua más ligera que las de corta duración. Este efecto es permanente en los trópicos y aparece en verano en latitudes medias, pero no en latitudes altas. Existen pues variaciones no sólo debidas a la temperatura sino también a la pluviometría (“efecto de cantidad”) y al origen del aire húmedo.

**Evaporación:** Las aguas que sufren evaporación están enriquecidas en isótopos pesados. Su contenido tiende a aumentar en función de la velocidad de evaporación, la temperatura y la humedad atmosférica. Este efecto es más importante en las regiones tropicales debido a la elevada temperatura y en las regiones áridas a causa de la baja saturación de la atmósfera. El incremento de concentración es despreciable en climas templados y húmedos y, sobre todo, en las regiones polares.

La composición isotópica de las aguas subterráneas se debe, principalmente a la infiltración de las precipitaciones que alcanzan el nivel saturado. Una vez el agua llega al acuífero ya no se producen fenómenos de fraccionamiento isotópico (salvo si la temperatura del acuífero es mayor de 80° C) y por tanto la composición isotópica permanece más o menos constante. Pero no todas las aguas subterráneas proceden directamente de las precipitaciones. Atendiendo al origen de las aguas subterráneas se pueden agrupar en: aguas de origen meteórico o poco profundas, paleoaguas, aguas geotermales, aguas salinas y aguas de formación (ver Figura nº 130).

- Aguas de origen meteórico: Son las aguas subterráneas derivadas directamente de las precipitaciones o de la infiltración de aguas superficiales. La composición isotópica es en general, al menos en zonas de clima húmedo, semejante a la de las precipitaciones locales correspondiente al periodo de infiltración o recarga. En regiones áridas, se produce un enriquecimiento isotópico de las aguas subterráneas, debido a la evaporación antes de la infiltración (inferior al 3‰ e incluso al 1‰ para  $\delta^{18}\text{O}$ ). La composición isotópica de la recarga preferencial es semejante a la media ponderada de los meses fríos y lluviosos “periodo de lluvia eficaz”, siendo su variación de unas zonas a otras reflejo de las diferentes de altitudes. Una vez en el acuífero se pueden producir diferentes composiciones isotópicas:

Agua de recarga semejante a la composición media de las precipitaciones del “periodo eficaz”.

Si existe una mezcla con aguas marinas o con una zona de evaporitas se produce un enriquecimiento en  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$  (que se desvía de la recta de las precipitaciones).

Si existe una mezcla con paleoaguas se observa que los valores isotópicos se desplazan hacia valores más negativos.

Si el acuífero está en una zona geotérmica se producirá un cambio con la roca y la composición isotópica sufrirá solamente una variación en  $^{18}\text{O}$ .

- Paleoaguas: Son aguas subterráneas originadas bajo condiciones ambientales diferentes a las actuales. Comparadas con las aguas actuales pueden presentar otra composición isotópica. Las salmueras primarias (con altos contenidos en isótopos pesados) siguen rectas de evaporación en el diagrama  $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$  (ver Figura nº 130) y las salmueras secundarias, obtenidas por el lavado de sales por las precipitaciones, tienen un menor contenido en isótopos pesados y están ligadas a la recta de las precipitaciones.

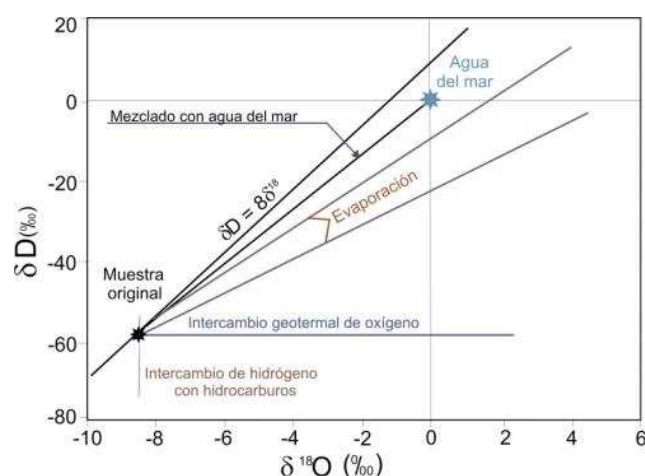


Figura nº 130.- Cambios de la composición isotópica del agua por diferentes procesos

- Aguas geotermales: Son aquellas en que la temperatura del acuífero alcanza valores superiores a los 80° C, lo que produce un cambio rápido en su composición. El contenido de  $^{18}\text{O}$  aumenta pero no el de  $^2\text{H}$ . Los silicatos y carbonatos de estas zonas geotérmicas, más enriquecidos en  $^{18}\text{O}$ , tienden a elevar los contenidos de éste en las aguas subterráneas y no originan un aumento en el contenido en  $^2\text{H}$ , por tanto tienen un campo de variación paralelo al eje  $\delta^{18}\text{O}$  (ver Figura nº 130).
- Aguas salinas: La salinidad del agua subterránea puede deberse a precipitaciones con elevado contenido salino, disolución de minerales evaporíticos en el suelo o en el acuífero, intrusión marina, mezcla con salmueras existentes o actividades antropogénicas por el uso de fertilizantes o productos industriales. En la Figura nº 131 se representan los cambios isotópicos debidos a los diferentes procesos de salinización.

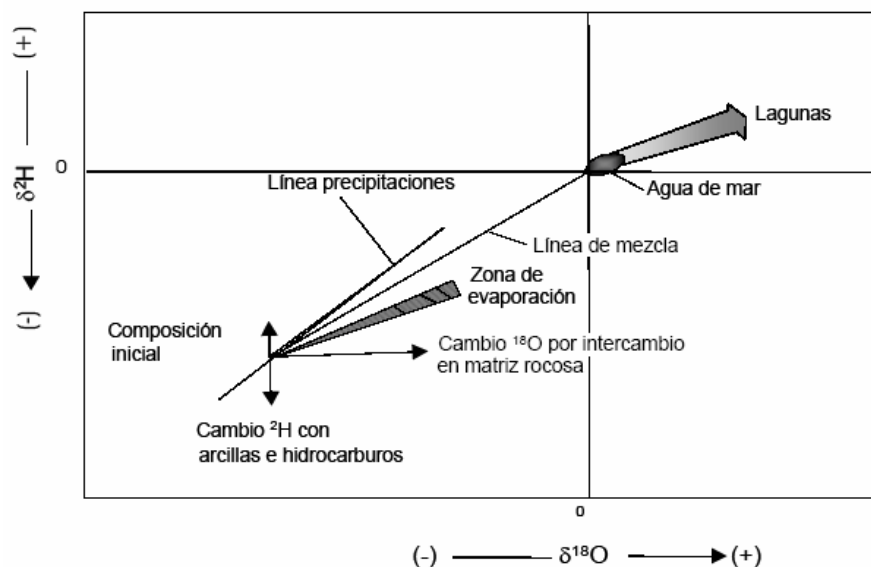


Figura nº 131.- Variaciones isotópicas relacionadas con procesos de adquisición de sales

La disolución de sales evaporíticas no produce ningún cambio en la composición isotópica.

Un intercambio con la matriz rocosa da lugar a un cambio en el contenido en  $^{18}\text{O}$  y no en  $^2\text{H}$  (sólo se produce un cambio en  $^2\text{H}$  debido a presencia de arcillas o hidrocarburos).

Una mezcla con agua del mar origina una variación entre el valor inicial de las precipitaciones y el del agua del mar (ligeramente enriquecida en superficie,  $\delta^{18}\text{O}=+1\text{‰}$  y  $\delta^2\text{H}=+6\text{‰}$ ).

El aumento de salinidad por evaporación en lagunas costeras o en cuencas cerradas produce una variación en la relación  $\delta^{18}\text{O}$ -  $\delta^2\text{H}$  según rectas de

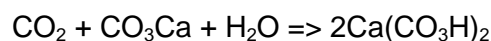
evaporación a partir del agua del mar (en el caso de lagoon o albuferas) o a partir de las precipitaciones (en cuencas continentales) existiendo todas las variantes entre ambas.

- Aguas de formación: Son aguas salinas que se encuentran a grandes profundidades, como remanentes de aguas intersticiales (marinas o no) o por reemplazamiento de estas por movimientos postdeposicionales. Su movimiento es lento o están estancadas, siendo la interacción con las rocas intensa debido al largo tiempo de contacto y/o a las elevadas temperaturas. Por esto resulta modificada la composición isotópica y la salinidad, aproximándose al equilibrio con la fase mineral. Su rango de salinidad oscila entre las concentraciones del agua del mar y las salmueras saturadas en NaCl. En algunos casos se ha observado una ligera disminución en el contenido de  $^2\text{H}$  en presencia de arcillas o por interacción con materia orgánica,  $\text{H}_2\text{S}$  o hidrocarburos. En estas aguas debe considerarse el efecto de ultrafiltración sobre la composición isotópica del agua, lo que produce un ligero enriquecimiento de  $^{18}\text{O}$  y  $^2\text{H}$  en la salmuera residual resultante.

#### 11.4.2 CARBONO-13

La mayor parte del carbono de las aguas subterráneas de zonas cubiertas de vegetación procede del  $\text{CO}_2$  de la capa superior del suelo, el cual se disuelve durante el proceso de infiltración. La presión parcial del  $\text{CO}_2$  de la atmósfera es mucho menor que en la zona de aireación del suelo y, por ello, su contribución es muy baja. Obviamente, en zonas desprovistas de vegetación el  $\text{CO}_2$  procede sólo de la atmósfera.

La mayor parte del  $\text{CO}_2$  del suelo procede de la descomposición de restos vegetales y del propio proceso respiratorio de las plantas. El  $\text{CO}_2$  del agua se consume al disolver las rocas carbonatadas según el siguiente proceso:



El carbono contiene dos isótopos estables,  $^{12}\text{C}$  y  $^{13}\text{C}$ . Este último se encuentra en una proporción minoritaria, concretamente, del 1,107%. Ocurre que las plantas, en su proceso de biosíntesis, asimilan preferentemente el isótopo más ligero, es decir, el  $^{12}\text{C}$ . Debido a ello, la relación  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  del carbono procedente de las plantas, denominado carbono biogénico, es menor que la existente en el  $\text{CO}_2$  atmosférico.

Expresando las concentraciones en valores  $\delta$ , la desviación isotópica de los carbonatos del suelo ( $\delta^{13}\text{C}$ ) es muy próxima a 0‰. El patrón de  $^{13}\text{C}$  que se usa internacionalmente está formado por una caliza del fósil marino Belemnitella, que se encuentra en la formación Peedee de Carolina del Sur (Estados Unidos). En cambio, los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  para el  $\text{CO}_2$  contenido en los suelos, oscilan entre -21 y -26‰ en la mayoría de las zonas de clima cálido y/o húmedo. En zonas áridas, los valores son más altos ( $\delta^{13}\text{C} \approx -7\%$ ) debido al tipo de vegetación y a la mayor importancia del  $\text{CO}_2$  atmosférico. En el  $\text{CO}_2$  atmosférico el valor de  $\delta^{13}\text{C}$  suele variar entre -7‰ y -8‰. Sobre los continentes, se tienen valores algo más



negativos que sobre los océanos por el efecto del CO<sub>2</sub> liberado en procesos de combustión de diferentes tipos de combustibles.

Las variaciones de <sup>13</sup>C en las sustancias carbonatadas disueltas que ocurren después de la infiltración, se deben a múltiples procesos diferentes. De entre ellos, los más importantes son las reacciones de disolución y precipitación de minerales carbonatados y los procesos biológicos.

Básicamente los valores característicos de δ<sup>13</sup>C para diferentes fuentes de carbono son los siguientes:

Carbonatos marinos: de 0 a +2‰ δ<sup>13</sup>C

CO<sub>2</sub> atmosférico: de -5 a -8‰ δ<sup>13</sup>C

Fotosíntesis de plantas de crecimiento rápido (grupo C<sub>4</sub>): de -10 a -20‰ δ<sup>13</sup>C

Fotosíntesis de plantas de crecimiento lento (grupo C<sub>3</sub>): de -20 a -30‰ δ<sup>13</sup>C

Materia orgánica: > 25-30‰ δ<sup>13</sup>C

Las formaciones carbonatadas marinas tienen valores de δ<sup>13</sup>C próximas a 0‰, estando normalmente enriquecidas en <sup>13</sup>C respecto a fuentes biogénicas tales como el CO<sub>2</sub> de los suelos. Igualmente muchas secuencias carbonatadas metamórficas tienen valores de δ<sup>13</sup>C próximos al 0‰, a menos que el CO<sub>2</sub> haya influido en su formación. En estos casos, los valores δ<sup>13</sup>C habituales varían entre -5 y -2‰, que son muy superiores a los del CO<sub>2</sub> de los suelos. En general, la disolución de carbonatos da lugar a un enriquecimiento de <sup>13</sup>C de las especies disueltas y, dado que la disolución de minerales no produce efectos isotópicos, la concentración de <sup>13</sup>C en las especies carbonatadas en disolución se aproxima a la del mineral disuelto.

Cuando se produce la disolución de carbonatos, el bicarbonato resultante tiene un valor teóricamente intermedio de δ<sup>13</sup>C (-10,5 a 13,0‰). En la práctica, debido al intercambio isotópico entre el CO<sub>2</sub> del suelo, que se encuentra en exceso, y los bicarbonatos disueltos en el agua dentro de la zona no saturada, se obtienen valores de δ<sup>13</sup>C más negativos que -12,5‰.

Por otra parte, las especies carbonatadas disueltas en el agua se equilibran en un tiempo relativamente corto con el CO<sub>2</sub> de la atmósfera debido al proceso de intercambio. Lógicamente, debido a la turbulencia y al reducido espesor de la lámina de agua, este proceso de intercambio ocurre de forma muy rápida a lo largo de un río que desemboca en un embalse, mientras que es mucho más lento una vez que el agua se ha almacenado en éste. En definitiva, puede decirse que los valores de δ<sup>13</sup>C en las especies carbonatadas disueltas en las aguas de la mayoría de los lagos y embalses varían, aunque generalmente toman valores próximos a -7,5‰. Por tanto, si esta agua se infiltra y aflora en surgencias o a través de sondeos, conservará este valor de δ<sup>13</sup>C. En cambio, los afloramientos de aguas ajenas al embalse tendrán valores de esta desviación isotópica, en principio, más negativos de -12,5‰.

Lo expuesto anteriormente no siempre es cierto. Cuando las aguas circulan a través de rocas carbonatadas y tienen además un tiempo de permanencia largo en el acuífero, se produce intercambio isotópico entre el carbono disuelto y el carbono de la roca. Debido a este intercambio, el valor de  $\delta^{13}\text{C}$  se desplaza hacia valores menos negativos puesto que en la roca su valor es 0‰. Esto último hace que, aunque el agua de una surgencia tenga un valor de  $\delta^{13}\text{C}$  próximo a -7,5‰, no siempre puede asegurarse que el agua procede del embalse porque el intercambio isotópico anterior puede producir un valor parecido a éste. En cambio, lo contrario sí es seguro, es decir, un agua con valor de  $\delta^{13}\text{C}$  mayor, por ejemplo a -12‰, no puede proceder del embalse, siempre que éste tenga el valor antes indicado. Puede darse el caso de que el agua del embalse tenga un valor de  $\delta^{13}\text{C}$  más negativo de -7,5‰, si ésta procede, en su mayor parte, de manantiales situados a corta distancia del mismo, de forma que el intercambio con la atmósfera sea incompleto.

Los procesos biológicos ocurridos en ambientes reductores pueden provocar un aumento del  $^{13}\text{C}$ . La acción de las bacterias productoras de  $\text{CH}_4$  puede consumir carbono de origen, tanto orgánico como inorgánico, para generar  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ . El  $\text{CO}_2$  resultante está enriquecido en  $^{13}\text{C}$  con respecto la fuente de nutrición, siendo normales valores de  $\delta^{13}\text{C}$  comprendidos entre +10 y +20‰. Si el  $\text{CO}_2$  así generado entra en contacto con el agua subterránea se produce un aumento de  $^{13}\text{C}$  en las sustancias carbonatadas en disolución.

#### 11.4.3 ESTUDIOS PREVIOS CONSULTADOS

Los trabajos consultados relacionados con la zona o su entorno que incluyen estudios isotópicos son la Tesis Doctoral de J.M. Andreu Rodes (Contribución de la Sobreexplotación al Conocimiento de los Acuíferos Kársticos de Crevillente, Cid y Cabeço d'Or, 1997) y el proyecto realizado por el IGME y la DPA en 2005, "Mejora del Conocimiento de la Unidad Hidrogeológica 08.45 Sierra de Aitana".

En el primero se realizó un pequeño muestreo de  $^{18}\text{O}$  del agua de lluvia en la Sierra de Cabezón del Oro (se instalan varios pluviómetros a 400, 600, 800, 1.000 y 1.150 m s.n.m.), con el objetivo de poder establecer el gradiente altitudinal, aunque no fue afortunado en número de precipitaciones al recogerse tres episodios lluviosos (ver Tabla nº 62). Según el autor de este trabajo (J.M. Andreu Rodes), las variaciones entre episodios pudieron deberse a procesos de evaporación durante su recolección y/o a que las lluvias tenían procedencias diferentes, por lo que no se pudo establecer un gradiente altitudinal.

Tabla nº 62.- Valores de  $\delta^{18}\text{O}$  en ‰ de la precipitación muestreada a distintas alturas en la Sierra del Cabeço d'Or

Altitud (m s.n.m.)	400	600	800	1.000	1.150
26-2-93	-	-5,85	-4,29	-9,02	-5,99
16-4-93	-7,81	-5,10	-4,31	-7,47	-7,13

Altitud (m s.n.m.)	400	600	800	1.000	1.150
10-5-93	-5,35	-4,01	-2,39	-3,90	-3,64

Fuente: Contribución de la Sobreexplotación al Conocimiento de los Acuíferos Kársticos de Crevillente, Cid y Cabeço d'Or, 1997

También en la Tesis de J.M. Andreu Rodes se tomaron muestras de los puntos 2933-6-27 y 2934-2-18 para hacer determinaciones de  $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$  (deuterio),  $^3\text{H}$  (tritio),  $^{14}\text{C}$  (radiocarbono) y  $^{13}\text{C}$ ,  $^{34}\text{S}$  y  $^{226}\text{Ra}$ . Las conclusiones a las que este autor son las siguientes:

Con respecto los isótopos estables de la molécula del agua:

Los valores de  $^{18}\text{O}$  determinados en 2933-6-27 y 2934-2-18 son muy similares (entre  $-7,11\text{‰}$  y  $-7,65\text{‰}$ , y  $-7,10\text{‰}$ , respectivamente), hecho que apoya la conexión entre los bloques de Aigües y de Salmitre (zona de Busot) de la Sierra de Cabezón del Oro.

Mayor ligereza de las aguas (empobrecimiento de  $^{18}\text{O}$ ) debido a su origen termal (las aguas termales que se encuentran en contacto con  $\text{CO}_2$  tienden a empobrecerse el  $^{18}\text{O}$ ) y/o altitud de la recarga.

En el intervalo muestreado el  $\delta^{18}\text{O}$  presenta una ligera tendencia ascendente (ver Figura nº 132) y ausencia de variaciones estacionales que se interpreta como que el sistema es bastante dispersivo y que las precipitaciones de entrada son pequeñas respecto al volumen de reservas del sistema.

Los contenidos en  $^2\text{H}$  en los dos pozos muestreados fueron muy parecidos ( $-43,1\text{‰}$  en 2933-6-27 y  $-43,3\text{‰}$  en 2934-2-18), lo que quiere decir que ambos sectores presentan valores muy homogéneos. Los excesos de deuterio en ambos pozos ( $16,1\text{‰}$  y  $13,6\text{‰}$ ) justifican una recarga que, mayoritariamente, procede de precipitaciones de origen Mediterráneo.

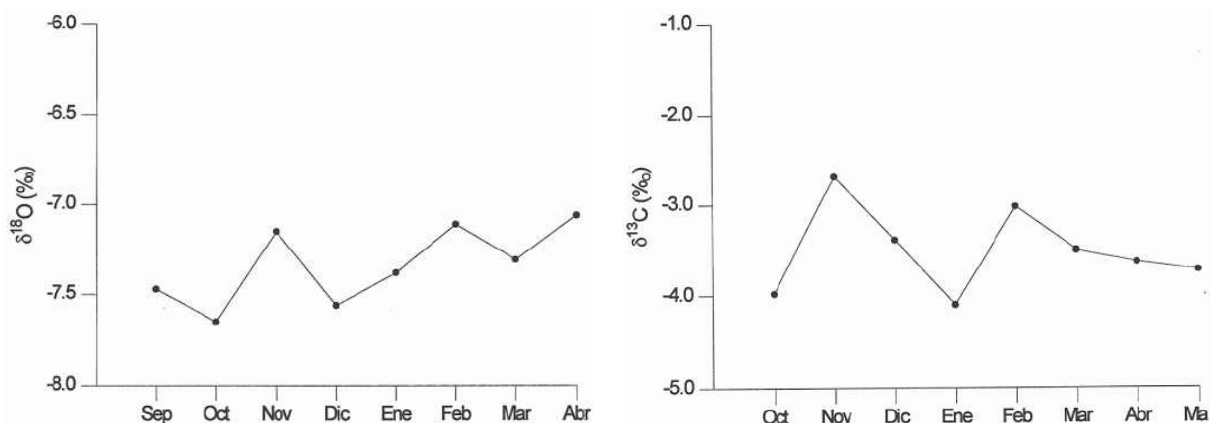


Figura nº 132.- Izquierda: Evolución de  $\delta^{18}\text{O}$  en el punto 2933-6-27 (09/93 a 04/94). Derecha: Evolución de  $\delta^{13}\text{C}$  en el punto 2933-6-27 (10/93 a 05/94)

El valor de  $^3\text{H}$  obtenido (por debajo del límite de detección) apunta, junto con otras determinaciones isotópicas, que el agua bombeada es anterior a 1952.

Con respecto al radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ) y  $^{13}\text{C}$ :

El marcado carácter positivo de la relación isotópica  $\delta^{13}\text{C}$  de los bicarbonatos (ver Tabla nº 63) puede deberse al aporte de  $\text{CO}_2$  de origen profundo, probablemente relacionado con fracturas de gran envergadura que se desarrollan hasta alcanzan profundidades elevadas.

Tabla nº 63.- Contenido de  $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ , carbono muerto,  $^3\text{H}$ , carbono mineral total e índice de saturación de la calcita del punto 2933-6-27 en junio de 1993

$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{14}\text{C}$ pmc (%)	D $\delta^{14}\text{C}$ (‰)	$^3\text{H}$ (UT)	CMT (moles/l)	ISC (%)
-2,53	2,90	-9,71	<1	3,82	21

No se observan variaciones estacionales de  $\delta^{13}\text{C}$  (ver Figura nº 132).

La edad estimada del agua es superior a los 10.000 años y concuerda con las determinaciones de  $^3\text{H}$  (el posible aporte endógeno de  $\text{CO}_2$ , carente de  $^{14}\text{C}$ , suele proporcionar resultados mayores a los reales).

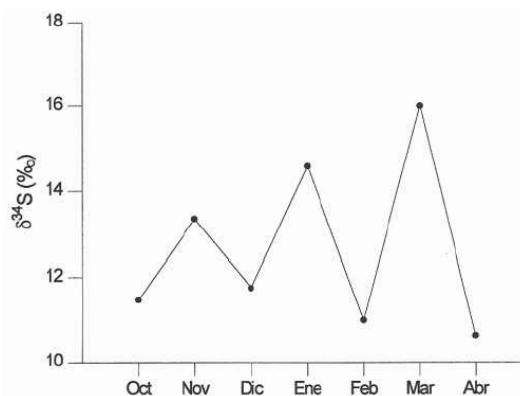


Figura nº 133.- Evolución de  $\delta^{34}\text{S}$  en el punto 2933-6-27 (10/93 a 04/94)

Los contenidos de  $\delta^{34}\text{S}$  (ver Figura nº 133) del punto 2933-6-27 (entre 10,63‰ y 16,00‰) son típicos de sulfatos procedentes de la disolución de yesos del Keuper, por lo que, a pesar de que no se conocen afloramientos de yesos triásicos en la Sierra de Cabezón del Oro ni en sus alrededores, se puede suponer que el agua se pone en contacto con ellos a cierta profundidad.

Tanto los niveles de radón como los contenidos de  $^{226}\text{Ra}$  son elevadas debido al carácter termal del agua ( $96\pm 15\%$  Bq/l y  $0,0399\pm 20\%$  Bq/l, respectivamente). Su presencia se debe a que las evaporitas suelen contener elevadas cantidades de  $^{226}\text{Ra}$ , que precipita simultáneamente con el  $\text{CaSO}_4$ , y a que las fallas y fracturas pueden actuar como vías y conductos por donde ascienden aguas profundas ricas en radón.

El estudio realizado por el IGME y la DPA en 2005, "Mejora del Conocimiento de la Unidad Hidrogeológica 08.45 Sierra de Aitana", aunque se localiza fuera del área del proyecto, su proximidad permite establecer comparaciones o correlaciones de los contenidos isotópicos de la molécula del agua dependientes, por ejemplo, de la altitud. Los resultados más significativos de las 36 muestras que se tomaron en este trabajo fueron los siguientes:

La recta que caracteriza a la mayor parte de las muestras de la zona que se estudió tiene la expresión:  $\delta^2\text{H} = 8\delta^{18}\text{O} + 13$  (ver Figura nº 134).

Los datos de  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$  se agrupan en torno a valores comprendidos entre  $-6,1$  y  $8,2\text{‰}$  SMOW y  $-37$  y  $-52\text{‰}$  SMOW, respectivamente y el exceso de deuterio entre  $+8$  y  $+17\text{‰}$  (ver Figura nº 134).

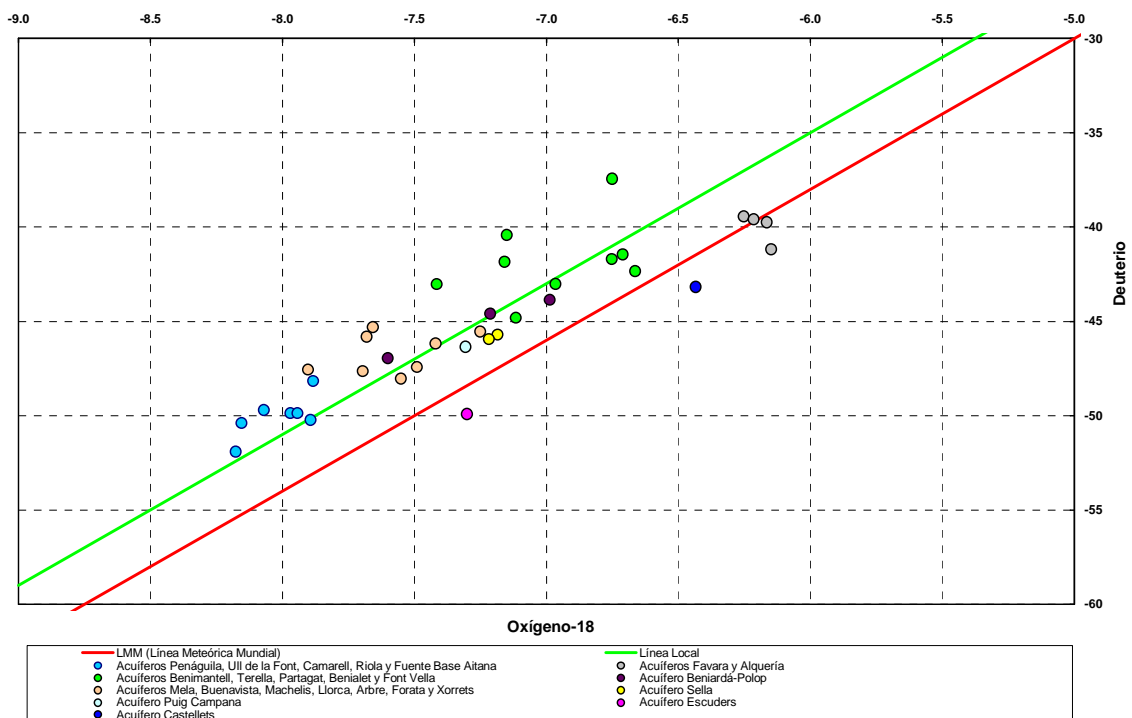


Figura nº 134.- Relación entre  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$  en muestras U.H. 08.45 Sierra de Aitana (11/2004)

A grandes rasgos se observa un gradiente E-W del  $^{18}\text{O}$ , siendo más negativos hacia el oeste, debido a factores tales como la altitud, la lejanía de la costa (continentalidad) y

la intensidad de precipitación, aunque no se descartan posibles variaciones debido al origen de las precipitaciones (Mediterráneo al este y Atlántico al oeste).

A los trabajos anteriores hay que añadir las publicaciones: “El Exceso de Deuterio en la Lluvia y en la Recarga a los Acuíferos en el Área Circum-Mediterránea y en la Costa Mediterránea Española” (J. Jiménez-Martínez y E. Custodio, 2008) y “La Red Española de Vigilancia de Isótopos en la Precipitación (REVIP): Distribución Isotópica Espacial y Aportación al Conocimiento del Ciclo Hidrológico” (M<sup>a</sup> Fe Díaz-Teijeiro, Javier Rodríguez-Arévalo y Silvino Castaño, 2009).

En el primero se indica que el exceso de deuterio (corte de la línea meteórica con el eje de ordenada) en la parte oeste del Mediterráneo es del orden de 14 ‰, mientras que en el este es del 22‰, debido al gradiente existente de este a oeste por una menor influencia de las precipitaciones de origen Atlántico (con excesos de deuterio del orden de 10‰).

En la segunda publicación se utilizan las medias ponderadas de los isotópicos estables de la molécula del agua de las 16 estaciones de la REVIP (ver Figura nº 135). Las conclusiones a las que se llegan a datos más significativos serían los siguientes:

Los gradientes altitudinales de  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$  son, respectivamente: -0,35 y -2,9‰/100 m hasta los 1.000 m de altitud en el ámbito peninsular.

La Línea Meteórica de España peninsular y Baleares es:  $\delta^2\text{H} = 8,49\delta^{18}\text{O} + 12,40$

Los valores medios de  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^2\text{H}$  y exceso de deuterio de las estaciones situadas en la vertiente Mediterránea son:

**Tabla nº 64.- Datos meteorológicos y medias ponderadas de  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$  y d (exceso de  $^2\text{H}$ ) para el periodo 2000-2006 en estaciones españolas**

Estación	Cota (m s.n.m.)	P. Media (mm)	T Media (°C)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	d (‰)
Insulares						
Palma de Mallorca (Centro Meteorológico)	3	418,6	18,7	-5,69	-35,5	10,0
Costeras						
Almería (Aeropuerto)	20	188,5	19,1	-5,15	-31,8	9,5
Valencia	11	460,6	18,6	-5,03	-30,1	10,2
Tortosa (Observatorio del Ebro)	48	565,4	18,1	-5,08	-30,3	10,4
Continetales						
Murcia	62	270,7	18,9	-5,26	-33,2	8,9
Zaragoza (Aeropuerto)	247	346,0	15,8	-6,04	-41,0	7,3
Gerona (Aeropuerto Costa Brava)	127	603,2	15,1	-5,80	-37,3	9,1

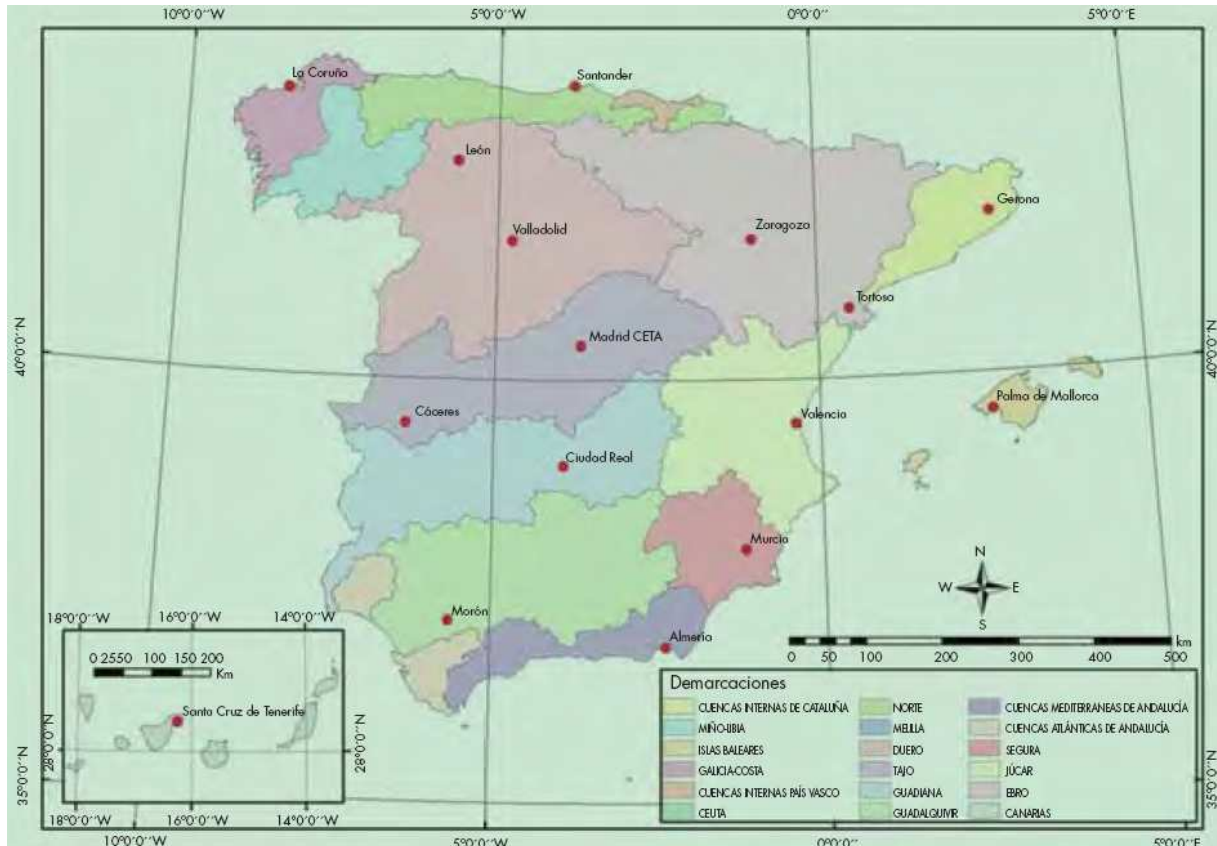


Figura nº 135.- Red Española de Vigilancia de Isótopos de Precipitación y demarcaciones hidrográficas

#### 11.4.4 CAMPAÑA DE MUESTREO. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

Entre octubre y noviembre de 2009, coincidiendo con la segunda campaña hidroquímica, se realizó el muestreo isotópico. Se tomaron 34 muestras, con el protocolo establecido para este tipo de analíticas, cuyos resultados se presentan en la Tabla nº 65. La mayor parte corresponden a pozos o sondeos (28) y un número menor a manantiales (6), uno de ellos fuera de la zona de estudio.

Con el gran número y variedad de muestras recogidas entre la cota cero y los 552 m s.n.m., se ha intentado establecer gradientes altitudinales para los distintos isótopos. En la Figura nº 136 y en la Figura nº 137 se presentan las correlaciones entre la altitud y el contenido isotópico de  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$  y, en cada una, los gradientes típicos altitudinal estimados en la Península (-0,35‰ y -2,9‰ cada 100 m, respectivamente). Para trazar ambos gradientes, se considera que los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$  en la cota cero se aproximan a los registrados en la costa de la vertiente Mediterránea (ver Tabla nº 64), concretamente -5,0 y -30,0 ‰ respectivamente.

PUNTO	TOPONIMIA	ACUÍFERO	SECTOR	TIPO	Prof. (m)	XUTM	YUTM	Cota (m s.n.m.)	Fecha Toma	Prof. Agua (m)	Cota Muestreo	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	d (‰)
2933-5-0012	Fuente del Salt	Almaens	Almaens	Manantial	--	718.616	4.268.121	370	19/10/2009	0,00	370	-9,88	-45,81	-5,09	-5,07
2933-8-0038	Nozal ó nº 2	Anticlinales de Relleu	Amadorio	Sondeo	125,0	738.087	4.270.659	130,39	23/11/2009	16,90	113	-10,62	-36,41	-6,23	13,47
2933-8-0039	Román ó nº 1	Anticlinales de Relleu	Amadorio	Sondeo	156,0	738.217	4.270.627	121,74	23/11/2009	8,06	114	-9,85	-35,98	-6,41	15,33
2933-7-0011	Pequerina	Anticlinales de Relleu	Pequerina	Sondeo	300,0	735.916	4.272.160	288,26	20/10/2009	78,83	209	-11,03	-32,09	-5,72	13,67
2933-7-0012	Fuente Barranco Salado	Anticlinales de Relleu	Pequerina	Manantial	--	735.027	4.272.467	310	20/10/2009	0,00	310	-10,31	-34,22	-6,36	16,69
3033-5-0011	Camping Armanello	Cuaternario de Benidorm		Pozo	40,0	751.998	4.270.729	24,91	19/10/2009	23,97	1	-9,83	-24,08	-5,18	17,32
3033-5-0050	Camping Villasol	Cuaternario de Benidorm		Pozo-galería	25,0	752.149	4.270.693	20,91	19/10/2009	16,77	4	-10,29	-24,88	-5,51	19,22
3033-6-0004	La Angelita	Cuaternario de Benidorm		Pozo-galería	16,0	755.042	4.273.834	11,88	23/11/2009	11,83	0	-10,17	-33,70	-5,78	12,50
3033-6-0054	Residencia Sr. Marandí	Cuaternario de Benidorm		Sondeo	10,0	753.537	4.273.522	46,87	20/10/2009	1,12	46	-11,26	-33,89	-6,04	14,39
3033-6-0062	C.C. Albir	Cuaternario de Benidorm		Pozo	20,0	754.885	4.273.650	9,75	20/10/2009	6,87	3	-11,18	-23,42	-7,36	35,46
3033-6-0064	Camping Benidorm	Cuaternario de Benidorm		Pozo	23,0	753.053	4.271.398	26,58	19/10/2009	12,51	14	-9,85	-30,21	-5,06	10,23
3033-6-0066	Camping Villamar	Cuaternario de Benidorm		Sondeo	60,0	753.012	4.271.640	30	19/10/2009	14,16	16	-9,55	-20,43	-5,74	25,51
2934-1-0018	Marseta	Cuaternario de San Juan		Sondeo	40,0	721.429	4.256.035	89,85	20/10/2009	16,27	74	-4,39	-29,91	-8,12	35,09
2934-2-0003	Colegio Salesianos 2	Cuaternario de San Juan		Pozo	20,0	727.078	4.255.572	16,90	19/10/2009	15,48	1	-9,17	-34,99	-5,65	10,23
2934-5-0012	Hospital psiquiátrico	Cuaternario de San Juan		Sondeo	35,0	723.826	4.252.755	31,23	19/10/2009	27,02	4	-11,72	-24,92	-2,72	-3,20
2934-5-0017	Restaurante Las Rejas	Cuaternario de San Juan		Sondeo	21,0	723.782	4.251.246	20,06	19/10/2009	18,02	2	-11,10	-37,65	-5,02	2,55
2934-6-0010	Villa Marco	Cuaternario de San Juan		Pozo	30,0	725.785	4.253.889	23,77	19/10/2009	2,51	21	-9,80	-36,04	-3,49	-8,11
2933-8-0133	Viveros Villa-Garden	Cuaternario de Villajoyosa	Torres	Sondeo	?	743.877	4.267.578	30,23	20/10/2009	16,91	13	-10,20	-29,58	-5,91	17,66
2933-8-0029	Chocolates Valor	Cuaternario de Villajoyosa	Villajoyosa	Pozo	30,0	741.363	4.266.439	33,40	19/10/2009	26,20	7	-10,48	-22,32	-4,62	14,67
2933-8-0114	Casa Jacinto	Cuaternario de Villajoyosa	Villajoyosa	Sondeo	20,0	741.051	4.267.479	55	19/10/2009	7,00	48	-10,17	-27,41	-5,44	16,14
2933-8-0122	Silveria Bustos	Cuaternario de Villajoyosa	Villajoyosa	Sondeo	30,0	740.863	4.267.982	70	20/10/2009	9,06	61	-10,58	-28,95	-5,45	14,61
2933-8-0123	Partida San Antonio	Cuaternario de Villajoyosa	Villajoyosa	Sondeo	50,0	740.647	4.267.752	60	20/10/2009	22,06	38	-10,50	-10,08	-7,14	47,06
2933-8-0124	Peaje Aumar	Cuaternario de Villajoyosa	Villajoyosa	Sondeo	38,0	740.739	4.268.151	75,46	19/10/2009	3,47	72	-11,58	-22,60	-4,94	16,96
2933-8-0136	El Brasco	Cuaternario de Villajoyosa	Villajoyosa	Pozo	20,0	740.875	4.267.518	60	19/10/2009	7,01	53	-9,53	-21,63	-4,26	12,42
2933-3-0009	La Tosca	Fuera zona de estudio	La Tosca	Manantial	--	735.500	4.275.755	552	20/10/2009	0,00	552	-8,66	-38,87	-7,48	20,95
2933-6-0002	Racó Amplé	Jurásico Cabezón del Oro		Sondeo	350,0	729.348	4.266.234	427,70	20/10/2009	269,00	159	-3,31	-39,47	-7,18	17,98
2934-2-0012	Salmitre Ayuntamiento	Jurásico Cabezón del Oro		Sondeo	445,0	726.780	4.264.595	430,86	20/10/2009	296,00	135	-4,99	-40,18	-7,17	17,16
2933-8-0112	Farella	Sierra Cortina	Benienzo	Sondeo	235,0	743.736	4.270.760	142,73	23/11/2009	21,91	121	-10,16	-32,96	-6,02	15,23
3033-5-0052	Fuente del Murtal 2	Sierra Cortina	Murtal	Manantial	--	747.508	4.271.164	140,00	20/10/2009	0,00	140	-10,10	-25,25	-5,21	16,42
2933-7-0007	Fuente Figuerets	Sin definir	Dep. Relleu	Manantial	--	732.519	4.273.641	463,74	20/10/2009	0,00	464	-10,80	-33,26	-4,48	2,60
2933-7-0008	Fuente de la Senia	Sin definir	Dep. Relleu	Manantial	--	731.902	4.272.767	483,70	20/10/2009	0,00	484	-9,47	-35,69	-6,77	18,45
2933-8-0119	Club Tenis Villajoyosa	Sin definir	Ter.Villajoyosa	Sondeo	32,0	743.093	4.266.639	27,90	19/10/2009	11,91	16	-9,05	-13,71	-5,60	31,07
2934-4-0001	Residencia BBV	Sin definir	Ter.Villajoyosa	Pozo	5,0	739.327	4.264.744	2,65	20/10/2009	2,04	1	-10,22	-21,42	-3,53	6,83
2934-4-0002	Residencia BBV	Sin definir	Ter.Villajoyosa	Pozo	6,0	739.582	4.264.891	10,82	20/10/2009	2,16	9	-10,11	-10,98	-5,14	30,11

Tabla nº 65.- Determinaciones de isótopos



Una primera revisión de la relación entre las cotas de muestreo y  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$  deja entrever que puede existir, al menos para este último, un gradiente altitudinal diferente en la zona de estudio. Con objeto de profundizar en el análisis de estas posibles relaciones en la Tabla nº 66 se indican las cotas de recarga de los afloramientos permeables que se obtienen de la cartografía hidrogeológica realizada. En la Figura nº 138 y en la Figura nº 139 se representan para cada punto muestreado las cotas máximas y mínimas de las zonas recarga (en la Figura nº 139 se incluye el gradiente altitudinal del  $\delta^2\text{H}$  que se estima en la zona de estudio).

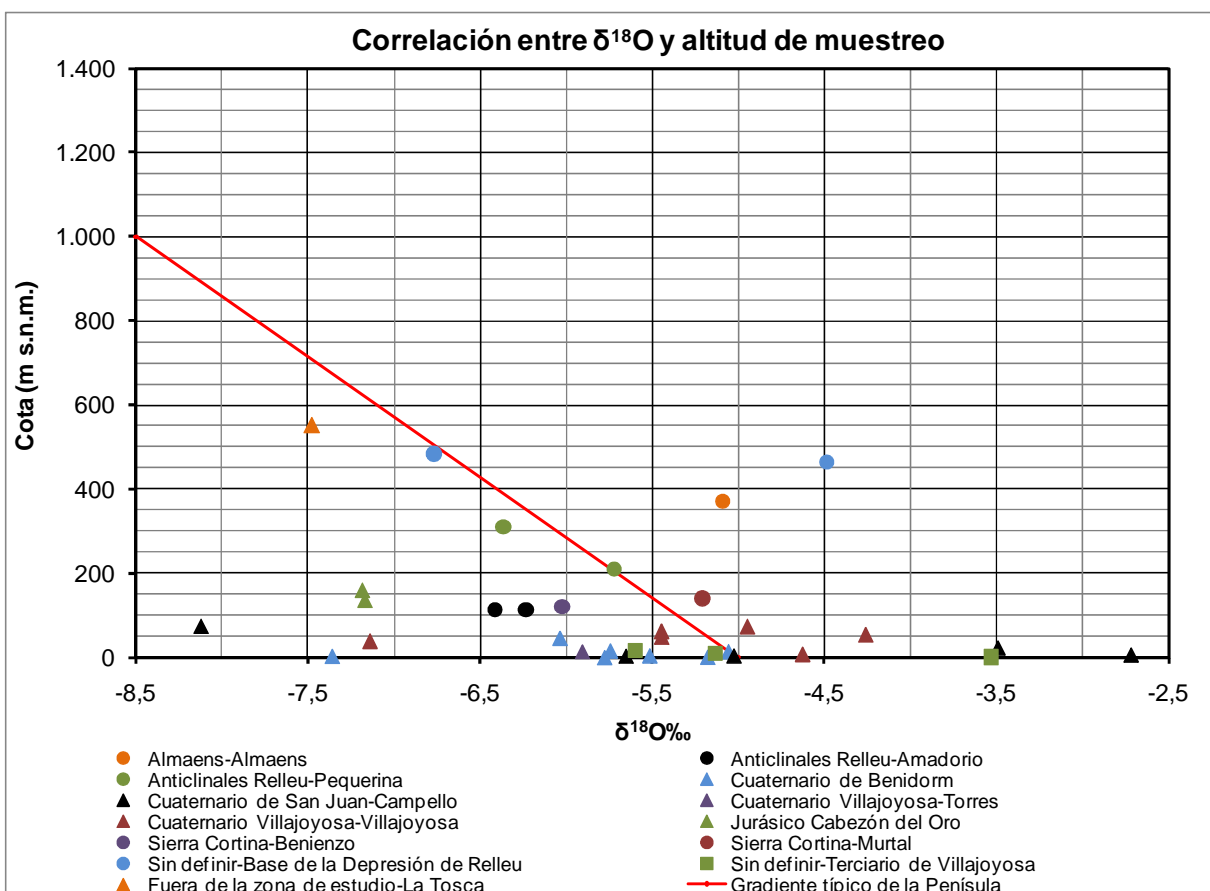
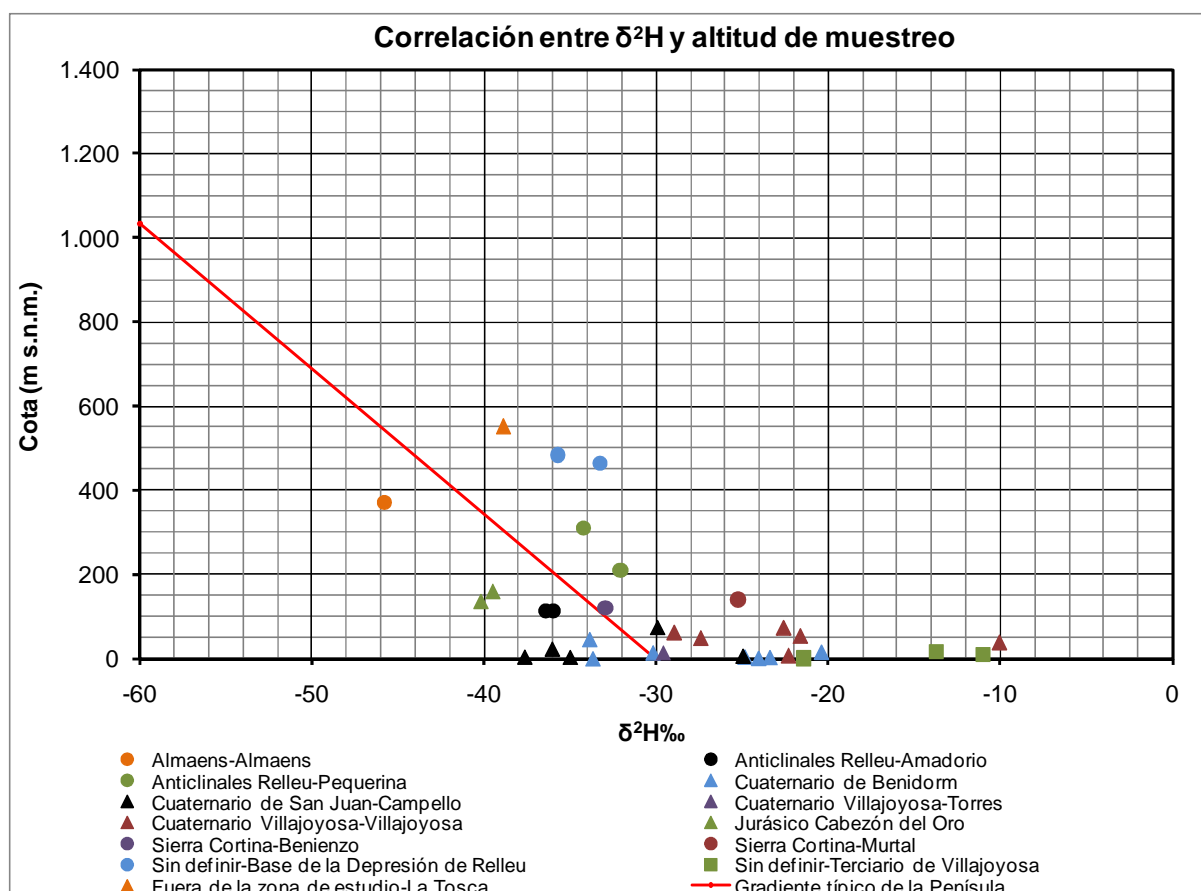


Figura nº 136.- Correlación entre  $\delta^{18}\text{O}$  y altitud de muestreo

Tabla nº 66.- Cotas máximas, medias y mínimas de afloramientos de acuíferos

Acuífero-Sector	Cota afloramientos permeables (m s.n.m.)		
	Máxima	Media ponderada	Mínima
Pliegues Cretácicos de Jijona	830	460	250
Almaens-Almaens	700	530	320
Almaens-Romero	530	370	240

Acuífero-Sector	Cota afloramientos permeables (m s.n.m.)		
	Máxima	Media ponderada	Mínima
Jurásico de Cabezón del Oro	1.200	750	275
Anticlinales de Relleu-Carcondo	490	410	320
Anticlinales de Relleu-Pequerina	585	385	200
Anticlinales de Relleu-Amadorio	585	310	120
Orcheta	675	375	110
Sierra Cortina-Benienzo	525	240	110
Sierra Cortina-Murtal	525	260	130
Peñacosta	520	435	300
Sierra Helada	435	170	0
Cuaternario de Benidorm	275	60	0
Cuaternario de Villajoyosa-Villajoyosa	135	50	0
Cuaternario de Villajoyosa-Torres	160	50	0
Cuaternario San Juan-Campello	330	65	0



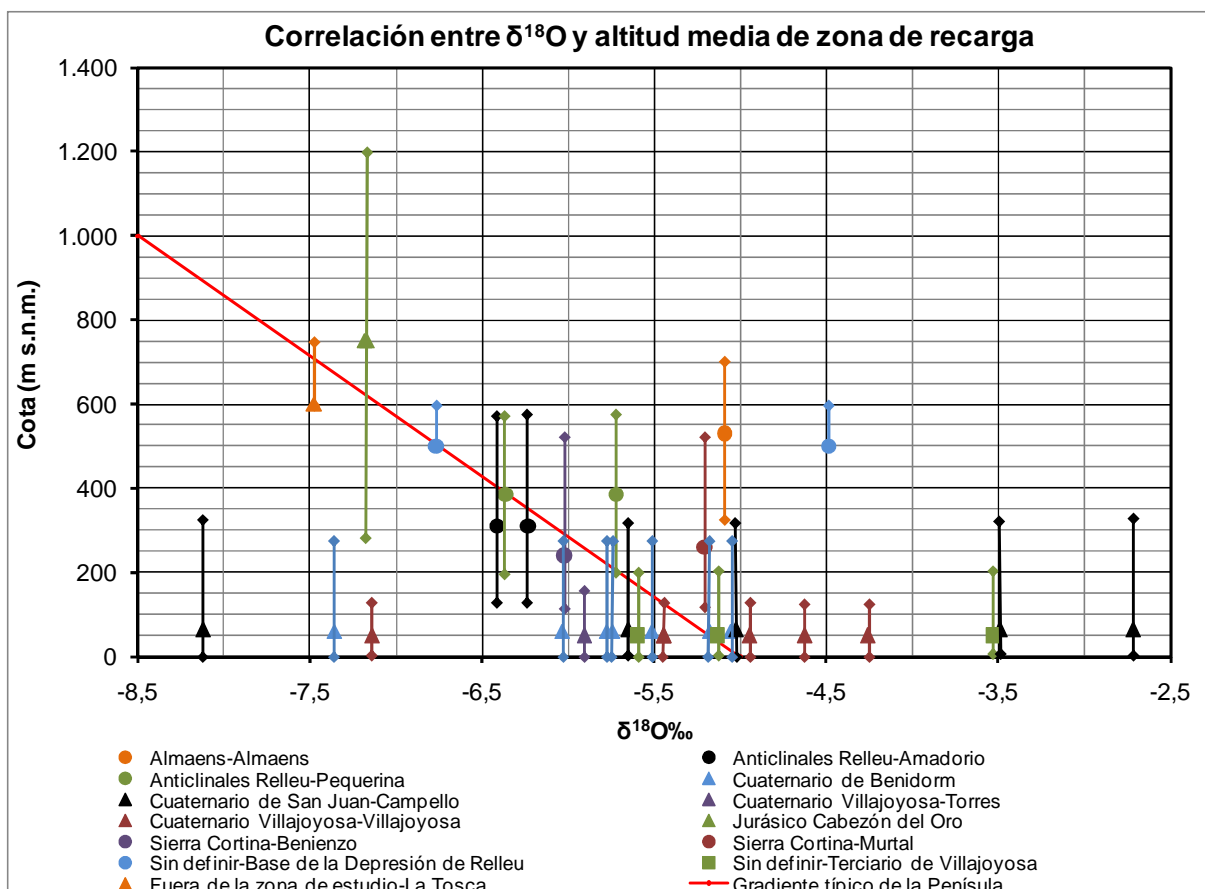


Figura nº 138.- Correlación entre  $\delta^{18}\text{O}$  y altitud de zona de recarga

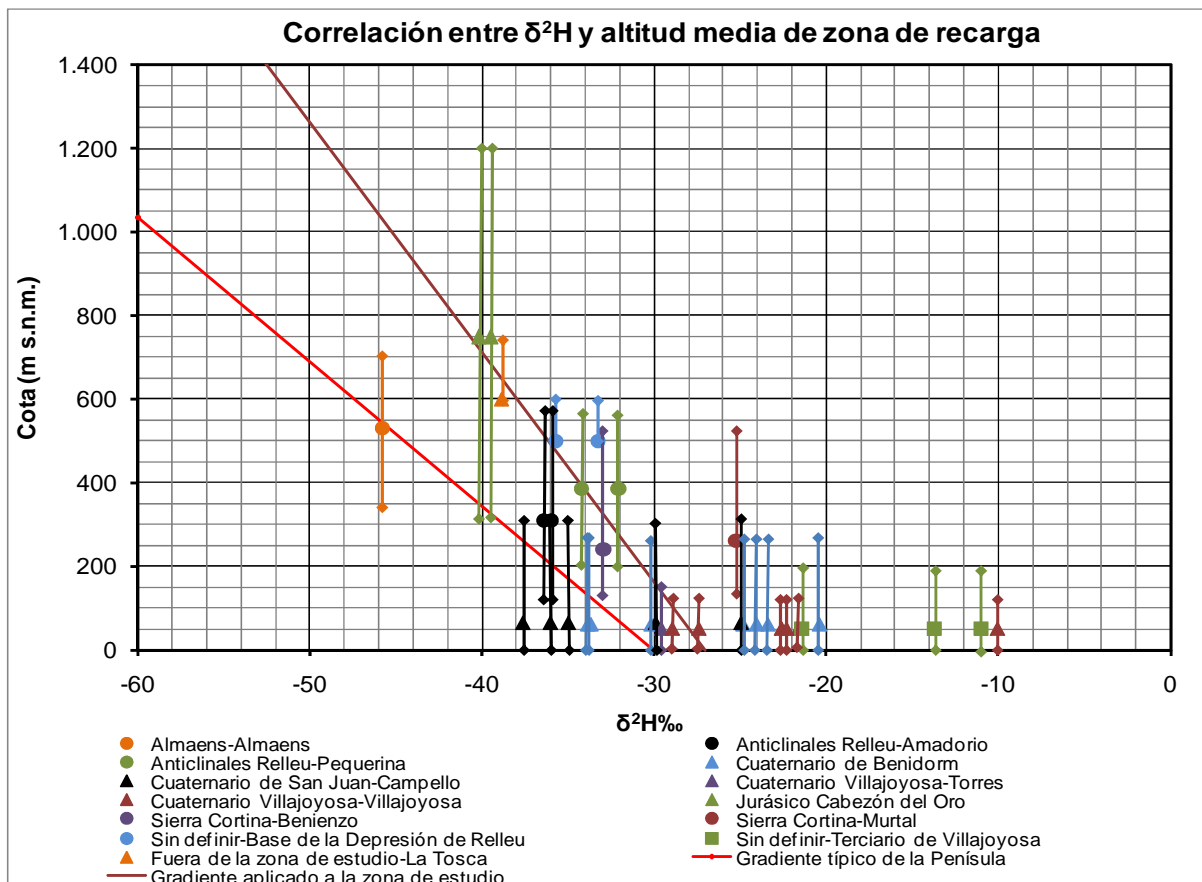
En todos los puntos de los acuíferos calizo-dolomíticos se obtienen altitudes coherentes con las zonas de recarga, salvo en 2933-5-12, 3033-5-52 y 3033-7-7 debido a la infiltración de aguas más pesadas cuyo origen debe ser superficial. Los puntos de los acuíferos Cuaternarios no se pueden correlacionar con los gradientes altitudinales debido a la infiltración de agua de diferentes procedencias (lluvia, retornos de riego, pérdidas en redes de abastecimiento, etc.), o porque han sufrido procesos de evaporación.

En la Tabla nº 67 se muestran las cotas de recarga estimadas a partir de  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$ , considerando en este último el gradiente estimado en la zona (-1,8‰/100 m y -27,5‰ de  $\delta^2\text{H}$  de agua de lluvia a cota cero).

Tabla nº 67.- Estimación de cotas de recarga a partir de resultados isotópicos

Punto	Acuífero	Sector	Cotas de recarga (m s.n.m.)	
			$\delta^2\text{H}$	$\delta^{18}\text{O}$
2933-5-0012	Almaens	Almaens	1.000	50
2933-8-0038	Anticlinales de Rellou	Amadorio	450	350

Punto	Acuífero	Sector	Cotas de recarga (m s.n.m.)	
			$\delta^2\text{H}$	$\delta^{18}\text{O}$
2933-8-0039	Anticlinales de Relleu	Amadorio	450	400
2933-7-0011	Anticlinales de Relleu	Pequerina	225	225
2933-7-0012	Anticlinales de Relleu	Pequerina	350	375
3033-5-0011	Cuaternario de Benidorm		--	25
3033-5-0050	Cuaternario de Benidorm		--	50
3033-6-0004	Cuaternario de Benidorm		400	225
3033-6-0054	Cuaternario de Benidorm		400	300
3033-6-0062	Cuaternario de Benidorm		--	675
3033-6-0064	Cuaternario de Benidorm		150	25
3033-6-0066	Cuaternario de Benidorm		--	200
2934-1-0018	Cuaternario de San Juan		175	900
2934-2-0003	Cuaternario de San Juan		450	175
2934-5-0012	Cuaternario de San Juan		--	--
2934-5-0017	Cuaternario de San Juan		275	0
2934-6-0010	Cuaternario de San Juan		200	--
2933-8-0133	Cuaternario de Villajoyosa	Torres	150	275
2933-8-0029	Cuaternario de Villajoyosa	Villajoyosa	--	--
2933-8-0114	Cuaternario de Villajoyosa	Villajoyosa	25	175
2933-8-0122	Cuaternario de Villajoyosa	Villajoyosa	125	175
2933-8-0123	Cuaternario de Villajoyosa	Villajoyosa	--	650
2933-8-0124	Cuaternario de Villajoyosa	Villajoyosa	--	0
2933-8-0136	Cuaternario de Villajoyosa	Villajoyosa	--	--
2933-3-0009	Fuera zona de estudio	La Tosca	625	725
2933-6-0002	Jurásico Cabezón del Oro		625	625
2934-2-0012	Jurásico Cabezón del Oro		675	625
2933-8-0112	Sierra Cortina	Benienzo	275	300
3033-5-0052	Sierra Cortina	Murtal	--	75
2933-7-0007	Sin definir	Dep. Relleu	300	--
2933-7-0008	Sin definir	Dep. Relleu	450	500
2933-8-0119	Sin definir	Ter.Villajoyosa	--	150
2934-4-0001	Sin definir	Ter.Villajoyosa	--	--
2934-4-0002	Sin definir	Ter.Villajoyosa	--	25



**Figura nº 139.- Correlación entre  $\delta^2\text{H}$  y altitud de zona de recarga**

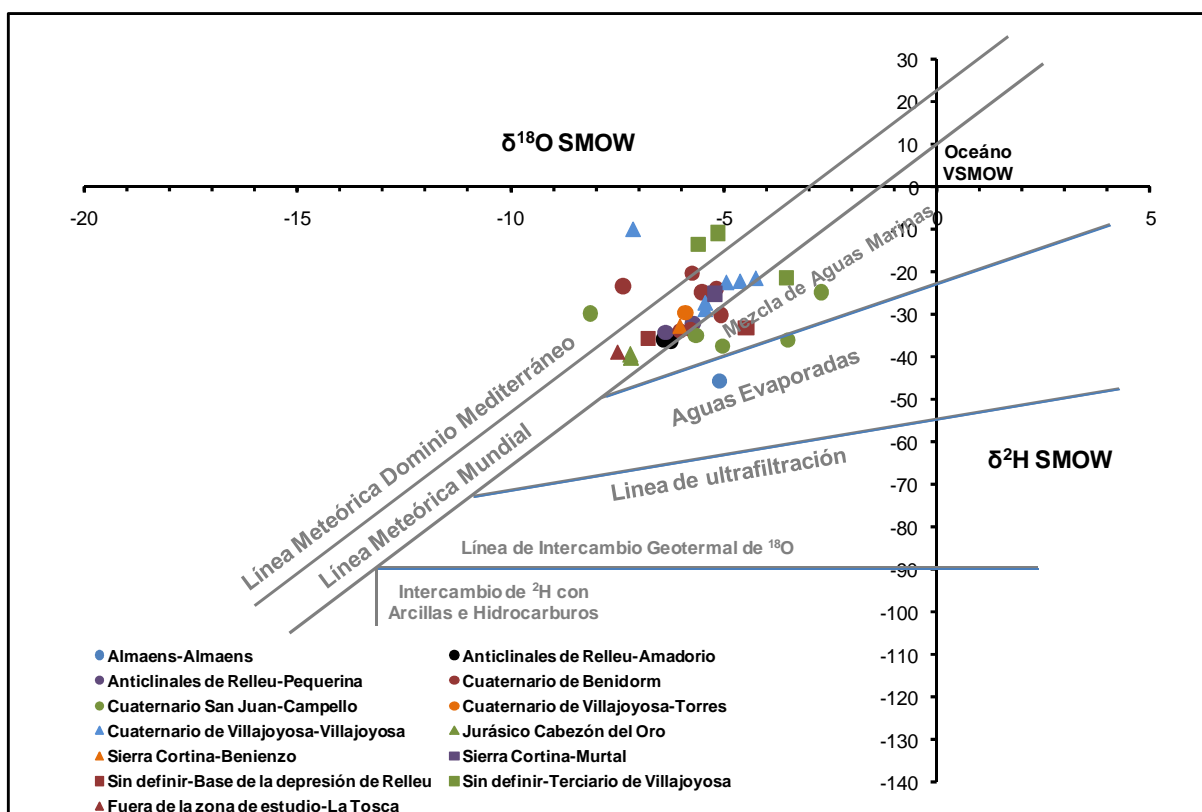
Los resultados anteriores muestran que la cota media del área de recarga de los pozos del abastecimiento de Villajoyosa (2933-8-38 y 39), que captan el sector Amadorio del acuífero Anticlinales de Relleu, está entre 350 y 450 m s.n.m.

Por su parte, la cota media de la recarga del acuífero Jurásico de Cabezón el Oro es de 625 a 725 m s.n.m.; la del sector de Bienenzo del acuífero de Sierra Cortina, entre 275 y 300 m s.n.m.; la del sector Pequerina del acuífero Anticlinales de Relleu entre 200 y 250 m s.n.m. (aunque puede haber surgencias que drenan la zona epidérmica del acuífero, caso del punto 2933-7-12, cuya área de recarga está entre los 350 y 375 m s.n.m.). Por su parte, la zona de alimentación-Base del manantial de la Tosca, que dreña un acuífero localizado fuera de la zona de estudio, se sitúa entre los 625 y 725 m s.n.m.

En los puntos que captan o drenan acuíferos de escaso interés hidrogeológico no se ha podido estimar la cota media de la zona de recarga, salvo en el 2933-7-8 (salida natural de un pequeño afloramiento de calizas y/o dolomías del Cretácico) al que se le calcula una cota de 450-500 m s.n.m. Tampoco en el punto 3033-5-52 (sector Murtal del acuífero de Sierra Cortina), donde se aprecia enriquecimiento de isótopos pesados, se ha podido estimar la cota media del área de recarga (este enriquecimiento se asocia a la mezcla con aguas con otra procedencia).

Una situación parecida a la anterior se aprecia en el punto 2933-5-12 (sector Almaens del acuífero de Almaens), aunque en este caso se produce enriquecimiento de  $^{18}\text{O}$  y empobrecimiento de  $^2\text{H}$ .

Para estudiar el origen de las aguas subterráneas (meteórico, congénito, etc.) se han representado de forma conjunta los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$  (Figura nº 140). Como se observa en esa figura, el agua de recarga es mayoritariamente meteórica, aunque se aprecian mezclas de agua marina y aguas evaporadas.



En la Figura nº 141 se ajusta para la zona de estudio la línea meteórica y la que separa la mezcla de aguas marinas y aguas evaporadas, cuyas expresiones son las siguientes:

$$\text{Línea meteórica: } \delta^2\text{H} = 8,43\delta^{18}\text{O} + 15,6$$

$$\text{Línea mezcla aguas marinas: } \delta^2\text{H} = 3,45\delta^{18}\text{O} - 15,6$$

Del gráfico de la Figura nº 141 se desprende que en el sector acuífero Almaens el agua del manantial del Salt (2933-5-12) ha sufrido evaporación previa a su infiltración. Este hecho también se observa en la mayoría de los puntos muestreados del acuífero Cuaternario de San Juan-Campello (2934-2-3, 2934-5-12, 2934-5-17 y 2934-6-10) y en uno de los que

captan acuíferos de escaso interés hidrogeológico de la Depresión de Relleu (2933-7-7). La evaporación previa se puede relacionar con recarga de aguas superficiales o a retornos de riego.

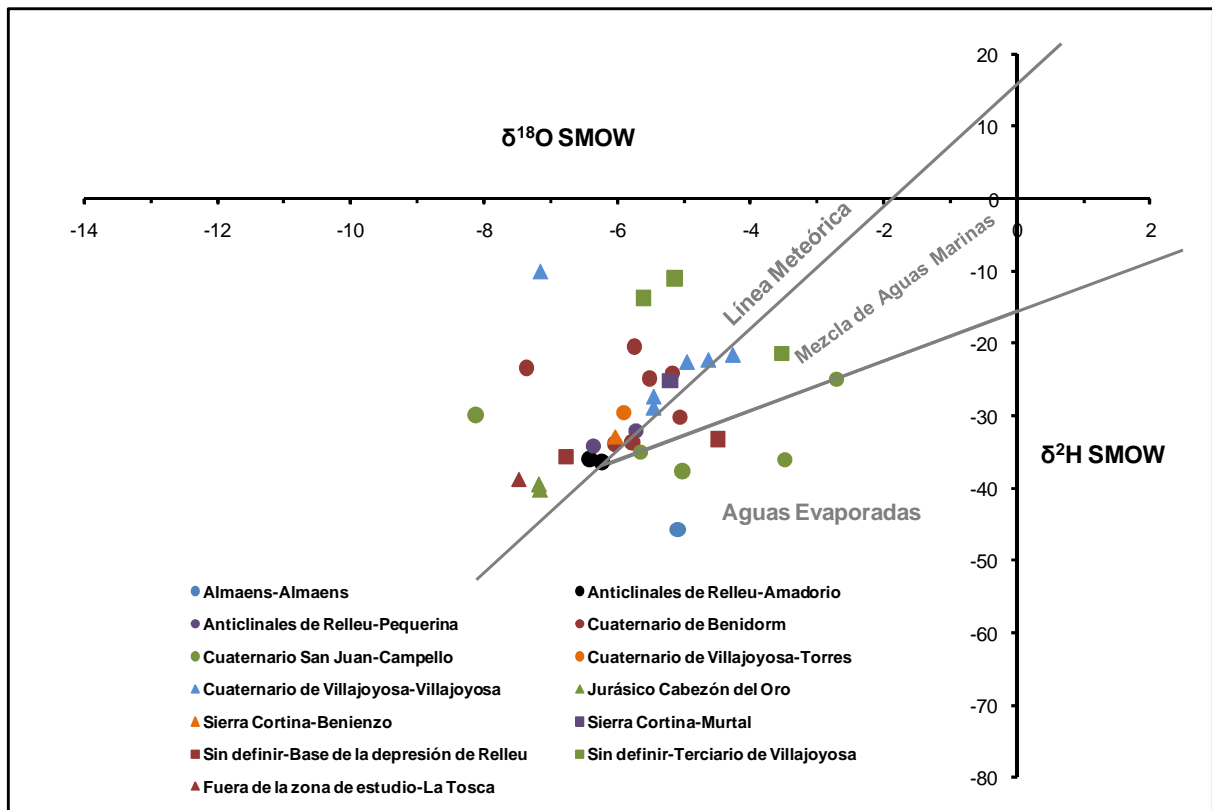


Figura nº 141.- Gráfico  $\delta^2\text{H}$  versus  $\delta^{18}\text{O}$  modificado para la zona de estudio

En dos puntos del acuífero Cuaternario de Benidorm (3033-6-64 y 3033-6-4), en uno del Terciario de Villajoyosa (2934-4-1) y en otro del acuífero Cuaternario de Villajoyosa (2933-8-136) se interpreta como mezcla de agua de mar.

También en la Figura nº 141 hay puntos que se alejan de la línea meteórica, situándose por encima de ella debido a efectos cinéticos de la precipitación. Para identificar estos efectos se han utilizado los valores de exceso de deuterio (ver Tabla nº 65). Como ya se ha comentado, el exceso de deuterio en la vertiente Atlántica suele rondar el 10‰ mientras que en la zona occidental del Mediterráneo alcanzan valores del 14‰ y en la zona oriental llegan a superar el 22‰.

Las muestras que se alejan de la línea meteórica toman valores en exceso de deuterio comprendidos entre el 25 y el 47‰ y se encuentran muy próximos a la línea de costa (puntos 3033-6-62 y 3033-6-66 del acuífero Cuaternario de Benidorm, 2934-1-18 del acuífero Cuaternario San Juan-Campello, 2933-8-123 del acuífero Cuaternario de Villajoyosa y puntos 2933-8-119 y 2933-4-2 del Terciario de Villajoyosa). Estos valores se

pueden correlacionar con la infiltración de agua de lluvia procedente mayoritariamente del Mediterráneo y/o precipitaciones intensas y de corta duración, escasa humedad atmosférica y evaporación rápida.

Por su parte, las muestras que se acercan a la línea meteórica toman valores de exceso de deuterio comprendidos entre 13,5 y 22,0‰, es decir, el agua de lluvia que se infiltra en los acuíferos tiene origen mediterráneo y, en menor proporción, atlántico.

Los valores de exceso de deuterio de las muestras situadas por debajo de la línea meteórica de la Figura nº 141 corresponden a aguas evaporadas (valores comprendidos entre -8,0 y +10,5‰) y a mezclas de aguas marinas (valores comprendidos entre 10,0 y 12,5‰).

En cuanto a los resultados de  $\delta^{13}\text{C}$  hay que decir que se han obtenido valores superiores a -5‰ en los puntos 2934-2-12 y 2933-6-2, que captan el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro, donde se supone un prolongado tiempo de contacto agua-formación acuífera, y en el 2934-1-18 del Cuaternario de San Juan-Campello, que se pueden correlacionar con procesos de disolución de carbonatos, al menos en los primeros. El resto de muestras tienen valores comprendidos entre -11,72 y -8,86‰.

## 11.5 ESTUDIO DE LA INTRUSIÓN MARINA Y DE ORIGEN DE LA SALINIDAD

La presencia de posibles procesos de intrusión marina en el área de estudio se restringe a la zona costera, en concreto a los acuíferos Cuaternarios de Benidorm, Villajoyosa (en sus dos sectores: Torres y Villajoyosa), San Juan-Campello y al acuífero de Sierra Helada.

El estudio de este proceso se ha realizado utilizando los criterios químicos e isotópicos expuestos y desarrollados en el apartado anterior (cuyos resultados se muestran en la descripción de los acuíferos), ya que la consecuencia más evidente es la modificación de las características físico-químicas del agua, debida no sólo por los aportes iónicos de la procedencia marina, sino también a la interacción entre las fases acuosa y sólida del acuífero.

Además de analizar las especies mayoritarias para definir las facies hidroquímicas típicas de la intrusión marina (clorurado sódicas) y conocer su evolución espacial y temporal, se ha hecho especial hincapié en las relaciones iónicas del ión cloruro (representativo de la mezcla agua dulce-agua de mar). Se han estudiado también las relaciones iónicas de algunos iones minoritarios, tales como el estroncio, el litio, el boro y el bromuro.

El principal efecto que conlleva el proceso de intrusión marina es el incremento de la concentración de sólidos disueltos, de la CE y del contenido de cloruros, sulfatos, sodio y magnesio (Tabla nº 68). De estos últimos, el ión cloruro es el utilizado como indicador del proceso de mezcla puesto que, a diferencia del resto, es un ión conservativo y no se ve afectado por procesos modificadores causados por la interacción entre la fase acuosa y la fase sólida del acuífero.

Las relaciones iónicas de elementos mayoritarios utilizados para el estudio de la intrusión marina (Tabla nº 68) han sido:



- $rCl^-/rHCO_3^-$ , que en el agua de mar toma valores que llegan a superar 200, mientras que en las aguas dulces lo hace entre 0,1 y 5,0 en ausencia de procesos de precipitación de carbonatos.
- $rSO_4^{2-}/rCl^-$ , que en el agua de mar tiene un valor característico próximo a 0,1. Un acercamiento a este valor puede ser indicio de contaminación por agua de mar, siempre y cuando no se produzcan fenómenos de reducción de sulfatos.
- $rMg^{++}/rCa^{++}$ , que en el agua de mar alcanza valores en torno a 5, mientras que en aguas dulces varía entre 0,3 y 1,5. Puede considerarse un indicativo de contaminación marina cuando su incremento va acompañado de un aumento del ión cloruro y de la relación  $rCl^-/rHCO_3^-$ , y no se den procesos de intercambio iónico agua-roca.

**Tabla nº 68.- Concentración de elementos mayoritarios y de algunos minoritarios y relaciones iónicas del agua de mar**

Concentraciones de elementos mayoritarios (mg/l)							
Ión	Stumm y Morgan (1981)	Lloyd y Heathcote (1985)	Giménez (1994)	Boluda et al. (1997)	Drever (1982)	Fagundo et al. (1999)	
Cl <sup>-</sup>	19.354	19.000	19.000	19.620	19.172	19.525	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	142	142	140	145	142	186	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	2.712	2.700	2.710	2.830	2.710	2.880	
Na <sup>+</sup>	10.770	12.800	11.009	10.555	10.760	10.788	
K <sup>+</sup>	400	381	381	364	400	547	
Ca <sup>++</sup>	412	400	400	445	411	400	
Mg <sup>++</sup>	1.301	1.361	1.311	1.515	1.301	1.331	
Concentraciones de algunos elementos minoritarios en mg/l (Drever, 1982)							
Bromuro	67	Boro	4,5	Estroncio	8,8	Litio	0,18
Relaciones iónicas de elementos mayoritarios (meq/l)							
$rCl^-/rHCO_3^-$	180-235		$rSO_4^{2-}/rCl^-$	0,1-0,11		$rMg^{++}/rCa^{++}$	5,2-5,6
Relaciones iónicas de elementos minoritarios (meq/l)							
$rB-/rCl$	$7,6 \cdot 10^{-4}$ - $7,9 \cdot 10^{-4}$	$rCl/rBr$	635-660	$rSr/rCl$	$3,6 \cdot 10^{-4}$ - $3,7 \cdot 10^{-4}$	$rLi/rCl$	$5,4 \cdot 10^{-5}$ - $5,6 \cdot 10^{-5}$

Algunos iones minoritarios como el estroncio, el litio, el boro y el bromuro están presentes en el agua de mar (Tabla nº 68) en concentraciones mucho más elevadas que en las aguas dulces subterráneas, por lo que pueden ser tratados como indicadores de intrusión marina. Además, estos iones se pueden utilizar como trazadores de otros procesos de salinización y como indicadores del tiempo de residencia del agua en el acuífero, por lo que su estudio puede ayudar a determinar si la intrusión de agua de mar es reciente o si las condiciones locales del terreno han determinado un prolongado tiempo de contacto agua-sedimento.

El boro, siempre que no existan otras fuentes, es un elemento que presenta buena correlación con el ión cloruro. También, cuando se producen variaciones significativas de la relación  $rB/rCl$  respecto los valores típicos del agua de mar, es posible detectar, en unos casos, procesos no relacionados directamente con la intrusión de agua de mar actual, como la salinización que se origina por circulación profunda y, en otros, un elevado tiempo de residencia del agua de mar en el acuífero. En ambos casos se tendrían que descartar procesos de contaminación antrópica asociados, en la mayoría de las ocasiones, a la industria de la cerámica y a los fertilizantes.

El ión bromuro además de ser un buen indicador de intrusión marina se ha utilizado para diferenciar otros orígenes de la salinidad del agua subterránea mediante la relación  $rCl/rBr$ . Alcalá, F.J. y Custodio E. estudiaron en 2003 las analíticas de 22 acuíferos españoles y uno de Portugal, donde se suponía bien conocida el origen de la salinidad, diferenciando tipos de aguas con distinto origen de la salinidad (ver Figura nº 142).

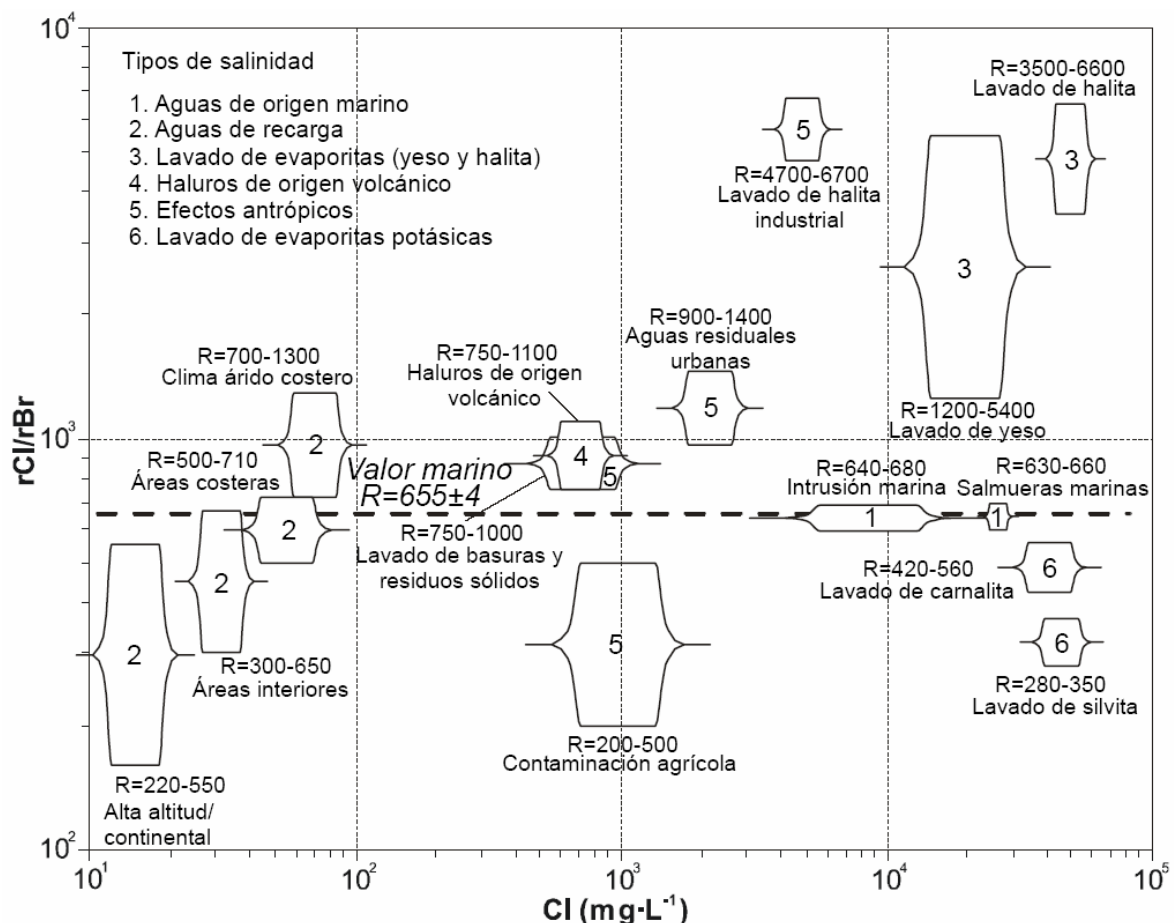


Figura nº 142.- Gráficos de  $rCl/rBr$  vs.  $Cl$  para diferentes tipos de aguas con distinto origen de la salinidad

El valor de la relación  $rSr/rCl$  en el agua de mar es aproximadamente de  $5,5 \cdot 10^{-5}$ . Valores superiores al anterior indican un aporte del ión estroncio diferente al agua marina,

probablemente relacionado con el agua dulce que interviene en la mezcla, ya que las diferencias respecto a los del agua de mar son más notables en las aguas poco salinizadas. Esto permite establecer diferencias geoquímicas entre las aguas de alimentación. El estroncio está muy ligado a los procesos de disolución y formación de rocas carbonadas. Una de las reacciones con la que consigue el enriquecimiento de estroncio, además de modificar las concentraciones de  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$  y  $HCO_3^-$  de los fluidos marinos intruyentes, es la formación de dolomita en zonas costeras. Esto es debido a que cuando se libera el estroncio del carbonato cálcico primario difícilmente puede entrar en la red de la dolomita diagenética, donde la concentración de Sr suele ser la mitad de la que se registra en la calcita marina (algo parecido sucede en la recristalización de aragonito en calcita o en procesos que involucren únicamente a la calcita, debido a que la calcita primaria contiene mayor proporción de Sr que la diagenética). Como consecuencia el Sr también puede considerarse como un trazador de proceso e indicador de tiempos de residencia relativos del agua en el acuífero.

El litio se encuentra en concentraciones relativamente altas en el agua de mar respecto a las aguas subterráneas dulces y, en acuíferos costeros sometidos a intrusión marina, presenta una buena relación lineal con el cloruro, siempre y cuando no existan otros aportes de litio diferentes al agua de mar. También el litio es un indicador del tiempo de residencia, puesto que cuando interacciona el agua de mar con la roca (casi exclusivamente a mayor temperatura que la ambiental) se produce un enriquecimiento en litio que puede relacionarse con el tiempo de contacto agua-roca (o periodo de residencia del agua de mar en el acuífero) y no puede atribuirse a los procesos de disolución de la matriz carbonatada (caso del calcio o el estroncio) sino, más probablemente, al paso a solución de impurezas contenidas en la matriz. Por ello, también es un buen trazador en exploraciones geoquímicas de sistemas hidrotermales, donde puede encontrarse en concentraciones de 100 a 10.000 veces superiores a las de las aguas superficiales. Por otra parte, cuando este elemento entra en las aguas, no hay ningún proceso importante capaz de separarlo de ellas.

## 11.6 CÁLCULOS GEOTERMOMÉTRICOS

### 11.6.1 CONCEPTOS BÁSICOS

Un geotermómetro es un algoritmo que relaciona la temperatura de las aguas subterráneas con alguna combinación de las concentraciones de ciertos solutos presentes en el fluido. Existen diversos tipos de geotermómetros dependiendo de la naturaleza de los componentes seleccionados, entre los que se encuentran los geotermómetros químicos y minerales, de gases e isotópicos. En este proyecto sólo se han considerado los primeros.

Entre los geotermómetros químicos se incluyen los empíricos que, sin responder a ningún tipo de interacción mineral-fluido definida, presentan una alta correlación con respecto a la temperatura del fluido, los geotermómetros que utilizan especies minerales que aparecen frecuentemente en la naturaleza (sílice-cuarzo, sílice-calcedonia, sílice-cristobalita y sílice-

sílice amorfa) o los específicos para sistemas geotermales en reservorios carbonáticos-evaporíticos basados en los sistemas calcita-dolomita-agua y fluorita-anhidrita-agua.

Los condicionantes para la utilización de geotermómetros químicos son:

Las reacciones químicas que controlan las proporciones de los constituyentes químicos disueltos en el agua deben tener una dependencia directa con la temperatura y no estar relacionadas con otros procesos.

Todos los constituyentes que intervienen en la reacción que depende de la temperatura deben estar representados en proporciones abundantes. Los geotermómetros Na-K están controlados por el equilibrio entre feldespatos y micas y los de la sílice por los del cuarzo, la calcedonia, la cristobalita y la sílice amorfa.

Las reacciones entre el agua y la roca deben alcanzar el equilibrio, lo que supone una permanencia en contacto suficientemente larga.

Los reequilibrios o cambios en la composición deben ser mínimos durante el ascenso del agua hacia la superficie.

El agua del acuífero no debe estar sometida a mezclas con otras más superficiales con temperaturas de base más bajas.

El incumplimiento de alguno de los requisitos anteriores puede inducir a conclusiones erróneas y bastante distantes de la realidad, por lo que se hace imprescindible conocer lo mejor posible el funcionamiento de los geotermómetros.

En la Tabla nº 69 se muestran algunos de los algoritmos de los geotermómetros empíricos de la sílice y de las relaciones Na-K, K-Mg, Na-K-Ca, Na-K-Ca con corrección de Mg, Na-Li y Mg-Li, muchos de ellos desarrollados por varios autores.

**Tabla nº 69.- Ecuaciones dependientes de la temperatura para varios geotermómetros**

Referencia	Ecuación para cálculo de T (°C)	Rango
<b>Geotermómetros SiO<sub>2</sub></b>		
Sierver, 1962	{1.132/(4,829logSiO <sub>2</sub> )}-273,15	0-200° C
Fournier y Truesdell, 1970	{1.315/(5,205logSiO <sub>2</sub> )}-273,15	0-250° C
Fournier, 1977 (sin pérdida de vapor)	{1.309/(5,19logSiO <sub>2</sub> )}-273,15	0-250° C
Fournier, 1977 (con máx. pérdida de vapor)	{1.522/(5,75logSiO <sub>2</sub> )}-273,15	0-250° C
Michard, 1979	{1.322/(4,829log(SiO <sub>2</sub> /60.090))}-273,15	0-250° C
Arnórsson et al., 1983	{1.164/(4,9logSiO <sub>2</sub> )}-273,15	180-300° C
Fournier y Potter, 1982	-42,198+0,28831(SiO <sub>2</sub> )-3,6668E-4(SiO <sub>2</sub> ) <sup>2</sup> +3,1665E-7(SiO <sub>2</sub> ) <sup>3</sup> +77,034log(SiO <sub>2</sub> )	0-330° C
Calcedonia	{1.032/(4,59logSiO <sub>2</sub> )}-273,15	30-70° C
Cristobalita α	{1.000/(4,78logSiO <sub>2</sub> )}-273,15	0-250° C
Cristobalita β	{781/(4,51logSiO <sub>2</sub> )}-273,15	0-250° C

Referencia	Ecuación para cálculo de T (°C)	Rango
Amorfa	$\{731/(4,52\log\text{SiO}_2)\}-273,15$	0-250° C
<b>Geotermómetros Na/K</b>		
Fournier/Truesdell, 1973	$\{777/(\log(\text{Na}/\text{K}))+0,700\}-273,15$	100-275° C
Truesdell, 1976	$\{855,6/(\log(\text{Na}/\text{K}))+0,8573\}-273,15$	100-275° C
Fournier, 1979	$\{1.217/(\log(\text{Na}/\text{K}))+1,483\}-273,15$	> 150° C
Tonani, 1980	$\{833/(\log(\text{Na}/\text{K}))+0,780\}-273,15$	
Arnórsson, 1983	$\{933/(\log(\text{Na}/\text{K}))+0,993\}-273,15$	
Arnórsson, 1983	$\{1.319 /(\log(\text{Na}/\text{K}))+1,699\}-273,15$	
Nieva y Nieva, 1987	$\{1.178 /(\log([\text{Na}]/[\text{K}])+1,239\}-273,15$	
Giggenbach, 1988	$\{1.390/(\log(\text{Na}/\text{K}))+1,75\}-273,15$	
Verma y Santoyo, 1997	$\{1.289/(\log(\text{Na}/\text{K}))+1,615\}-273,15$	> 160° C
Arnórsson, 2000	$733,6-770,551(\log[\text{Na}]/[\text{K}])+378,189(\log[\text{Na}]/[\text{K}])^2-95,753(\log[\text{Na}]/[\text{K}])+9,544(\log[\text{Na}]/[\text{K}])^3$	
Bayram, 2001	$\{2,0446/(x+126,01)\}-273,15$	
Can, 2002	$\{1.052 / (1+e^{(1,714(\log(\text{Na}/\text{K}))+0,252)})\}+76$	
Díaz González et al, 2008	$\{883/(\log(\text{Na}/\text{K}))+0,908\}-273,15$	160-350° C
<b>Geotermómetros Na-K-Ca</b>		
Fournier y Truesdell, 1973	$\{1.647/(\log(\text{Na}/\text{K})+\beta(\log(\text{Ca}^{1/2}/\text{Na}))+2,06)+2,47\}-273,15$ Si T calculada < 100°C y $[\log(\text{Ca}^{1/2}/\text{Na}))+2,06>0]$ se utiliza $\beta=4/3$ . Si T calculada > 100°C (utilizando $\beta=4/3$ ) o la función anterior es negativa, se utiliza $\beta=1/3$	100-300° C
<b>Geotermómetros Na-K-Ca-Mg</b>		
Corrección de temperatura por Mg de Na-K-Ca.		
$t = t_{\text{Na-K-Ca}} - \Delta t_{\text{Mg}}$		
$R = 100\text{Mg}/(\text{Mg}+0,61\text{Ca}+0,31\text{K})$		
Para $0,5 < R < 5$		
Fournier y Potter, 1979	$\Delta t_{\text{Mg}} = 1,03 + 59,971 \log R + 145,05 \log R - 36,711 (\log R)^2 / T - 1,67 \times 10^7 / \log(R/T^2)$	0-350° C
Para $5 < R < 50$		
$\Delta t_{\text{Mg}} = 10,66 - 47,415R + 325,87(\log R)^2 - 1,032 \times 10^5 (\log R)^2 / T - 1,968 \times 10^7 (\log R)^2 / T^2 + 1,605 \times 10^7 (\log R)^3 / T^2$		
No se aplica si $R > 50$		
<b>Geotermómetros K-Mg</b>		
Giggenbach et al, 1983	$\{4.410/(13,95-\log(\text{K}^2/\text{Mg}))\}-273,15$	
<b>Geotermómetros Na-Li</b>		
Fouillac y Michard, 1981	$\{1.000/(\log(\text{Na}/\text{Li}))+0,38\}-273,15$	Cl < 0,3 mol/Kg
Fouillac y Michard, 1981	$\{1.195/(\log(\text{Na}/\text{Li}))+0,13\}-273,15$	Cl > 0,3 mol/Kg
<b>Geotermómetros Mg-Li</b>		
Kharaka y Mariner, 1999	$\{2.200/(\log(\text{Mg}^{1/2}/\text{Li}))+5,47\}-273,15$	0-350° C

En el Anexo 8.- Análisis Físico-Químicos se encuentran los cálculos realizados aplicando los algoritmos que aparecen en Tabla nº 69 a todos los puntos acuíferos de la zona de estudio que cuentan con la información necesaria.

En todos los casos la interpretación de las temperaturas que se calculan con los geotermómetros que se citan se debe realizar en función del tipo de agua. Si el fluido muestreado se asemeja al agua marina y los contenidos en  $Mg^{++}$  y  $SO_4^-$  se aproximan también, se debe utilizar el geotermómetro K/Mg o los de la sílice, en concreto el del polimorfo calcedonia, cuando las temperaturas medidas están por debajo de los  $100^\circ C$ , o el del cuarzo, cuando las temperaturas sean superiores a los  $100/150^\circ C$  (si las temperaturas indicadas son inferiores a  $50^\circ C$  el geotermómetro de la sílice puede dar resultados erróneos). En el caso de que el agua muestreada presente bajos contenidos en  $Mg^{++}$  y  $SO_4^-$  se deben aplicar los geotermómetros de Na-K-Ca-Mg, cuarzo y Na/K.

Para salmueras (TSD > 40.000 ppm) los geotermómetros más útiles son el K/Mg y Li/Mg, aunque se pueden utilizar los de la sílice en sentido cualitativo.

Si el agua muestreada contiene ClNa y no parece corresponder a agua natural, oceánica o a una salmuera, se debería usar el polimorfo de la calcedonia, cuando la temperatura medida es inferior a  $100^\circ C$ , aunque se debe tener en cuenta en estos casos que si las muestras presentan contenidos molares de Mg superiores a 45/50 meq/l se tratarán como si nunca hubieran tenido temperaturas superiores a las medidas en el momento de tomar las muestras. Si las temperaturas de los geotermómetros son inconsistentes y la temperatura medida está por debajo de los  $100^\circ C$ , el mejor indicador es generalmente el geotermómetro Na-K-Ca-Mg. Por contra, si las temperaturas de los geotermómetros son inconsistentes y las temperaturas medidas son superiores a los  $100^\circ C$ , se debe sospechar que han tenido lugar procesos de enfriamiento conductivo, ebullición o mezcla y deben utilizarse otras técnicas.

En aguas que contienen  $CO_3HNa$ , (aguas subterráneas calentadas por vapor asociado a terrenos volcánicos o en las que se produce intercambio iónico con arcillas en cuencas sedimentarias) los cálculos deben realizarse con los geotermómetros de la sílice, Na/K, Na-K-Ca, Na-K-Ca-Mg y Na-Li, aunque se debe tener en cuenta la temperatura medida antes de la selección de alguno de los anteriores. En este tipo de aguas es posible que se obtengan datos erróneos cuando se aplican a aguas calentadas por vapor, puesto que a menudo representan en superficie a una salmuera de alta temperatura en profundidad y a que estas aguas puede que no estén en equilibrio con las roca por el continuo influjo de los gases activos.

Los fluidos de "tipo mezcla" deben ser evaluados de forma similar a los fluidos que contienen ClNa. El origen más probable de los mismos será o bien una mezcla de cloruro sódico geotérmico y aguas meteóricas, o aguas meteóricas calentadas conductivamente cerca de la superficie. A este tipo de aguas se le deben aplicar los geotermómetros de la calcedonia, Na-K-Ca-Mg y Na/Li.

Las aguas bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas, son por lo general frías, por lo que no se deben aplicar los geotermómetros catiónicos a menos que las temperaturas medidas sean superiores a los  $30^\circ C$ .

## 11.6.2 APLICACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO

En la zona de estudio sólo se ha estimado la temperatura a partir de los geotermómetros empíricos descritos en el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro, ya que es el único que presenta una clara anomalía térmica positiva (aguas con 30-40° C en el punto 2933-6-27 y 25-30°C en los puntos 2934-2-18 y 2934-2-12, como se observa en la Figura nº 143).

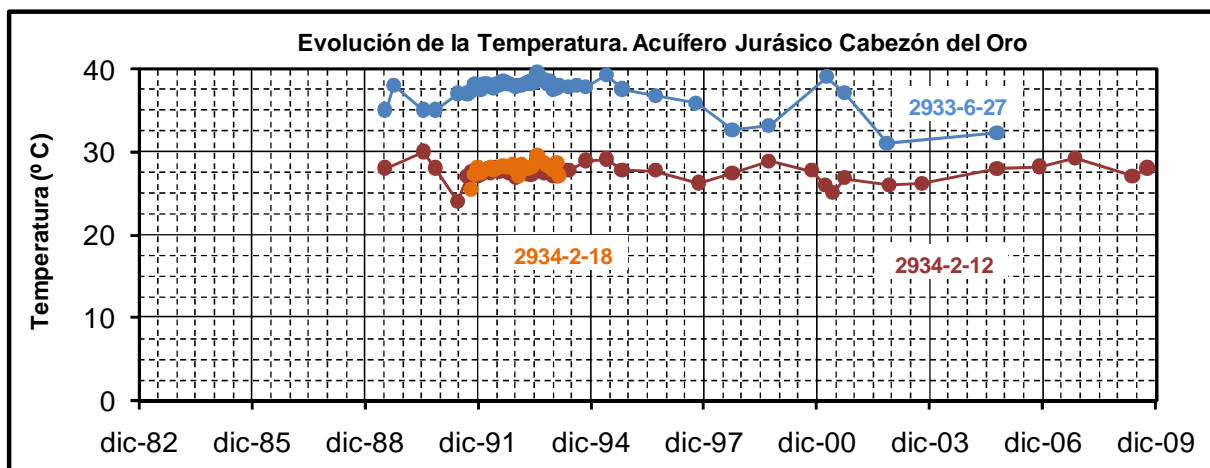


Figura nº 143.- Evolución de temperatura del agua media in situ en muestras de pozos que captan el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro

J.M. Andreu Rodes aplica en su Tesis Doctoral (Contribución de la Sobreexplotación al Conocimiento de los Acuíferos Kársticos de Crevillente, Cid y Cabeço d'Or, 1997) los algoritmos de varios geotermómetros empíricos a tres puntos muestreados en marzo de 1994 que captan el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro, obteniendo los resultados que aparecen en la Tabla nº 67, concluyendo que:

Los geotermómetros sílice-cristobalita y Mg-Li dan resultados anómalos, con temperaturas de base por debajo de las de surgencia.

Los geotermómetros de sílice-calcedonia, Na-K, Na-K-Ca, Na-Li muestran resultados diversos que apuntan al incumplimiento de las condiciones fundamentales.

El geotermómetro sílice-cuarzo parece señalar que la temperatura de base más probable estaría entre 50-75° C, valores próximos al geotermómetro específico calcita-dolomita para sistemas geotermales en reservorios evaporíticos-carbonáticos (entre los 34 y 72°C).

Siguiendo los mismos criterios que aplica J.M. Andreu Rodes se han utilizado algunos de los geotermómetros de la sílice para estimar la temperatura de la roca por donde circula el agua captada por los pozos del acuífero Jurásico de Cabezón del Oro. Aunque en el Anexo 8.-

Análisis Físico-Químicos se incluyen los cálculos de todos los geotermómetros de la sílice que aparecen en la Tabla nº 69, a continuación (ver

Tabla nº 71) sólo se muestran los promedios obtenidos en cada punto de algunos de ellos, puesto que con el resto (calcedonia, cristobalita  $\alpha$ , cristobalita  $\beta$  y sílice amorfa) se calculan temperaturas anómalas, inferiores a las medidas “in situ” al estar controlado el equilibrio de la sílice por el cuarzo y no por otros polimorfos.

**Tabla nº 70.- Valores de temperatura de base (°C) calculados para las aguas termales del Cabecó d'Or (J.M. Andreu Rodes, 1997)**

Geotermómetro	Método	nº 1	nº 5	nº 2
Sílice-Cuarzo	Kharaka (1989)	76	69	69
	Siever (1962)	54	46	46
	Fournier (1977)	69	62	62
	Anorsson (1983)	56	48	48
Sílice-Calcedonia	Kharaka (1989)	45	37	37
	Fournier (1973)	37	29	30
	Anorsson <i>et al.</i> (1983)	41	33	33
Sílice-Cristobalita	Kharaka (1989)	27	18	20
Na-K	Kharaka (1989)	105	113	111
	Fournier (1979)	142	167	163
	Ellis (1981)	150	185	179
	White (1969)	139	174	168
	Fournier y Truesdell (1973)	89	119	114
	Anorsson <i>et al.</i> (1983)	109	137	132
Na-K-Ca	Fournier y Truesdell (1973)	104	113	111
	para $\beta = 1/3$ y $\beta = 4/3$	16	11	10
Mg-Li	Kharaka (1989)	5	4	-
Na-Li	Kharaka (1989)	100	118	-
	Fouillac y Michard (1981)	26	45	-
Calcita-Dolomita	Marini <i>et al.</i> (1986)	72	42	34

El punto nº 1 corresponde a 2933-6-27, el nº 2 al 2934-2-12 y el nº 5 al 2934-2-18

**Tabla nº 71.- Cálculo de temperaturas a partir de geotermómetros de SiO<sub>2</sub>**

T (°C)	Sierver, 1962	Fournier y Truesdell, 1970	Sin pérdida de vapor (Fournier, 1977)	Michard, 1979	Anorsson et al, 1983	Fournier y Potter, 1982	Con máxima pérdida de vapor	Valores medios
<b>Punto: 2933-6-27. Periodo de datos: 12-11-90 a 11-10-05. Número de Analíticas: 27</b>								
Máximo	39,5	83,8	97,5	97,4	98,6	85,8	97,8	98,7
Mínimo	32,2	39,9	56,2	55,9	57,2	42,5	55,8	62,3
Promedio	37,2	54,5	70,1	69,8	71,1	56,9	70,2	74,6
<b>Punto: 2934-2-12. Periodo de datos: 10-10-89 a 6-10-09. Número de Analíticas: 32</b>								
Máximo	29,1	81,7	95,6	95,4	96,6	83,7	95,9	97,0
Mínimo	26,0	31,8	48,5	48,3	49,6	34,6	47,6	55,4
Promedio	27,5	48,4	64,3	64,1	65,4	51,0	64,2	69,5
<b>Punto: 2934-2-18. Periodo de datos: 1-1-93 a 1-3-94. Número de Analíticas: 14</b>								
Máximo	29,5	45,7	61,8	61,5	62,8	48,3	61,7	67,2



	T (°C)	Sierver, 1962	Fournier y Truesdell, 1970	Sin pérdida de vapor (Fournier, 1977)	Michard, 1979	Arnorsson et al, 1983	Fournier y Potter, 1982	Con máxima pérdida de vapor	Valores medios
Mínimo	27,0	41,4	57,7	57,4	58,7	44,1	57,4	63,6	<b>54,3</b>
Promedio	28,2	44,0	60,2	59,9	61,2	46,6	60,0	65,8	<b>56,8</b>
<b>Otros Puntos: 2933-6-2, 7, 8 y 15 y 2934-2-10. Periodo de datos: 21-3-89 a 6-10-09. Número de Analíticas: 6</b>									
Máximo	37,0	55,8	71,3	71,1	72,3	58,2	71,5	75,7	<b>68,0</b>
Mínimo	25,0	36,7	53,2	53,0	54,3	39,4	52,6	59,6	<b>49,8</b>
Promedio	31,4	49,0	64,9	64,6	65,9	51,5	64,8	70,0	<b>61,5</b>
<b>Promedio de todos los puntos</b>									
Máximo	39,5	83,8	97,5	97,4	98,6	85,8	97,8	98,7	<b>94,2</b>
Mínimo	25,0	31,8	48,5	48,3	49,6	34,6	47,6	55,4	<b>45,1</b>
Promedio	<b>30,8</b>	<b>51,1</b>	<b>66,8</b>	<b>66,5</b>	<b>67,8</b>	<b>53,6</b>	<b>66,6</b>	<b>71,6</b>	<b>63,4</b>

Los geotermómetros sílice-cuarzo señalan temperaturas promedio máximas de 92-94° C en el los puntos 2633-6-27 y 2934-2-12 y entre 58 y 68 ° C en el resto, temperaturas promedio medias entre 57 y 67° C y mínimas entre 45 y 54° C.

En la Tabla nº 72 se incluyen los valores medios de temperatura de base máximas, mínimas y promedio calculadas a partir de los geotermómetros Na-K que aparecen en la Tabla nº 66. Con este geotermómetro las temperaturas obtenidas (unos 153° C como valor promedio), son superiores a las de los geotermómetros sílice-cuarzo, bien porque con estas últimas se suelen obtener temperaturas más bajas que con los que da el Na-K y/o porque la presencia de sulfatos puede sobrevalorar las temperaturas del geotermómetro Na-K o porque el sodio está controlado por sales cloruradas y no por los feldespatos, como requiere la base teórica de estos geotermómetros.

**Tabla nº 72.- Cálculos de temperatura a partir de geotermómetros Na/K**

	T (°C)	Truesdell, 1976	Fournier, 1979	Fournier y Truesdell, 1973	Tonani, 1980	Arnorsson, 1983	Arnorsson, 1983	Nieva y Nieva, 1987	Díaz González et al, 2008	Giggenbach, 1988	Verma y Santoyo, 1997	Medias
<b>Punto: 2933-6-27. Periodo de datos: 30-6-83 a 11-10-05. Número de Analíticas: 56</b>												
Máximo	39,5	141,9	179,8	134,9	146,7	151,5	181,2	209,0	144,9	197,4	184,1	<b>167,1</b>
Mínimo	31,0	84,6	130,2	74,6	86,7	96,0	134,8	151,6	88,4	150,0	136,1	<b>113,3</b>
Promedio	37,4	104,4	147,6	95,4	107,5	115,3	151,2	171,7	108,0	166,8	153,0	<b>132,1</b>
<b>Punto: 2934-2-12. Periodo de datos: 30-6-83 a 6-10-09. Número de Analíticas: 58</b>												
Máximo	30,0	187,5	217,0	183,9	194,8	195,0	215,5	253,0	189,6	232,3	219,8	<b>208,8</b>
Mínimo	25,0	93,4	138,0	83,7	95,9	104,6	142,1	160,6	97,1	157,6	143,7	<b>121,7</b>
Promedio	27,6	133,0	172,0	125,5	137,3	142,8	174,0	200,1	136,1	190,0	176,6	<b>158,7</b>
<b>Punto: 2934-2-18. Periodo de datos: 1-11-91 a 1-3-94. Número de Analíticas: 27</b>												
Máximo	29,5	164,7	198,6	159,3	170,7	173,3	198,6	231,2	167,3	215,1	202,2	<b>188,1</b>
Mínimo	25,4	95,7	140,0	86,2	98,3	106,8	144,1	162,9	99,4	159,5	145,7	<b>123,9</b>
Promedio	28,0	121,2	162,1	113,0	125,0	131,5	164,7	188,5	124,5	180,6	167,1	<b>147,8</b>
<b>Otros Puntos: 2933-6-2, 3, 8 y 15. Periodo de datos: 28-2-74 a 6-10-09. Número de Analíticas: 6</b>												
Máximo	37,0	158,1	193,2	152,2	163,7	167,0	193,6	224,8	160,8	210,0	197,0	<b>182,0</b>
Mínimo	25,0	78,5	124,7	68,2	80,4	90,0	129,6	145,3	82,3	144,8	130,8	<b>107,5</b>
Promedio	31,4	108,3	150,8	99,5	111,5	119,0	154,1	175,4	111,8	169,8	156,1	<b>135,6</b>
<b>Promedios de todos los puntos</b>												
Máximo	<b>37,0</b>	<b>187,5</b>	<b>217,0</b>	<b>183,9</b>	<b>194,8</b>	<b>195,0</b>	<b>215,5</b>	<b>253,0</b>	<b>189,6</b>	<b>232,3</b>	<b>219,8</b>	<b>208,8</b>
Mínimo	<b>25,0</b>	<b>78,5</b>	<b>124,7</b>	<b>68,2</b>	<b>80,4</b>	<b>90,0</b>	<b>129,6</b>	<b>145,3</b>	<b>82,3</b>	<b>144,8</b>	<b>130,8</b>	<b>107,5</b>
Promedio	<b>28,8</b>	<b>126,7</b>	<b>166,3</b>	<b>119,1</b>	<b>130,9</b>	<b>136,7</b>	<b>168,5</b>	<b>193,5</b>	<b>129,9</b>	<b>184,4</b>	<b>171,0</b>	<b>152,7</b>

## 11.7 DETERMINACIÓN DE INFILTRACIÓN. BALANCE DE CLORUROS

### 11.7.1 PRINCIPIOS BÁSICOS Y METODOLOGÍA

Los resultados de recarga por infiltración de agua de lluvia que se han obtenido en el balance hídrico del suelo que aparece en el epígrafe 7.6.3.- Escorrentía Superficial y Subterránea, se pretenden contrastar con los que se obtengan mediante el método de balance de cloruros, que se fundamenta en el comportamiento altamente conservativo de este ión al no intercambiarse ni absorberse en el medio. Sin embargo, cuando existe un aporte adicional de cloruros de origen edáfico, antrópico, de la zona no saturada, etc., el método no es aplicable.

Para la realización del balance de cloruros se requiere conocer la concentración media de cloruro en el agua de lluvia, la recarga y la escorrentía. Así, en un periodo de tiempo lo suficientemente amplio, donde no tengan influencia los efectos de los periodos vecinos, se puede establecer la siguiente ecuación de balance:

$$P \times C_p = E \times C_e + R \times C_r$$

donde: P, R y E son la precipitación, la recarga y la escorrentía directa en mm/año y  $C_p$ ,  $C_r$  y  $C_e$  las concentraciones medias de ión cloruro en la precipitación, en el agua de recarga y en la escorrentía directa en mg/l.

En los casos en los que la escorrentía se considere poco significativa, como puede ser el de la zona de estudio, la infiltración se puede determinar a partir de la expresión:

$$R = P \times C_p / C_r$$

En la expresión anterior, el cociente entre  $C_p$  y  $C_r$  determina la tasa de infiltración y suele ser expresada como porcentaje.

### 11.7.2 MUESTRAS DE AGUA DE LLUVIA

Durante el mes de octubre de 2009, coincidiendo con el episodio lluvioso registrado en esas fechas, se instalaron 9 colectores de precipitación en la zona de estudio y su entorno (ver Figura nº 144).

En la Tabla nº 73 se muestran las coordenadas UTM (HUSO30, Datum ED50), su cota y el periodo de recolección.

**Tabla nº 73.- Ubicación de colectores de agua de lluvia y periodo de recolección**

Localidad	XUTM	YUTM	Cota (m s.n.m.)	Fecha	
				Colocación	Recogida
Sant Joan d'Alacant	724.073	4.251.600	20	13-oct-09	27-oct-09
Mutxamel	720.402	4.261.681	198	13-oct-09	27-oct-09
Busot	726.528	4.263.631	311	13-oct-09	27-oct-09
Aigües	729.412	4.265.825	420	13-oct-09	27-oct-09

Localidad	XUTM	YUTM	Cota (m s.n.m.)	Fecha	
				Colocación	Recogida
Torremanzanas	725.540	4.275.750	804	13-oct-09	27-oct-09
Finestrat	743.736	4.270.760	143	13-oct-09	27-oct-09
Amadorio	738.217	4.270.627	122	13-oct-09	27-oct-09
Rodacucos-Villajoyosa	741.725	4.268.410	95	23-sep-09	27-oct-09
ETAP Benidorm	753.429	4.272.353	38	22-sep-09	27-oct-09



Figura nº 144.- Situación de colectores de agua de lluvia

Los colectores se construyeron con un embudo, que en la parte más ancha tenía 30 cm de diámetro, y un envase de vidrio de un litro de capacidad con boca ancha. Se situaron estratégicamente, en lugares de difícil acceso o en el interior de recintos vallados, para prevenir su sustracción, y se aseguró la estabilidad de los mismos para evitar su caída accidental (ver Fotografía nº 24, Fotografía nº 25 y Fotografía nº 26).



Fotografía nº 24.- De izquierda a derecha, detalle de colectores de Aigües, Busot y Finestrat. Éste último en el interior del recinto del pozo Farella (2933-8-112) del abastecimiento de Finestrat



Fotografía nº 25.- De izquierda a derecha, detalle de colectores de Mutxamel, Sant Joan d'Alacant y Torremanzanas

Antes de la colocación de los colectores se limpiaron sus elementos con agua destilada con contenido de sales inferior a 5 ppm. Una vez realizada esta operación se rellenó cada envase con parafina líquida fluida hasta alcanzar unos 3 cm de espesor, con el fin de evitar la evaporación del agua recogida y/o su contaminación por elementos extraños (insectos, partículas, etc.).

En todos los colectores se recogió suficiente volumen de agua de lluvia (entre 0,25 y 1 litro) para realizar las analíticas, salvo en el colector de Torremanzanas.

Las determinaciones analíticas de las muestras de precipitación se realizaron en el laboratorio del IGME de Tres Cantos (Madrid) mediante cromatografía iónica de alto rendimiento (paso lento, HPLC).

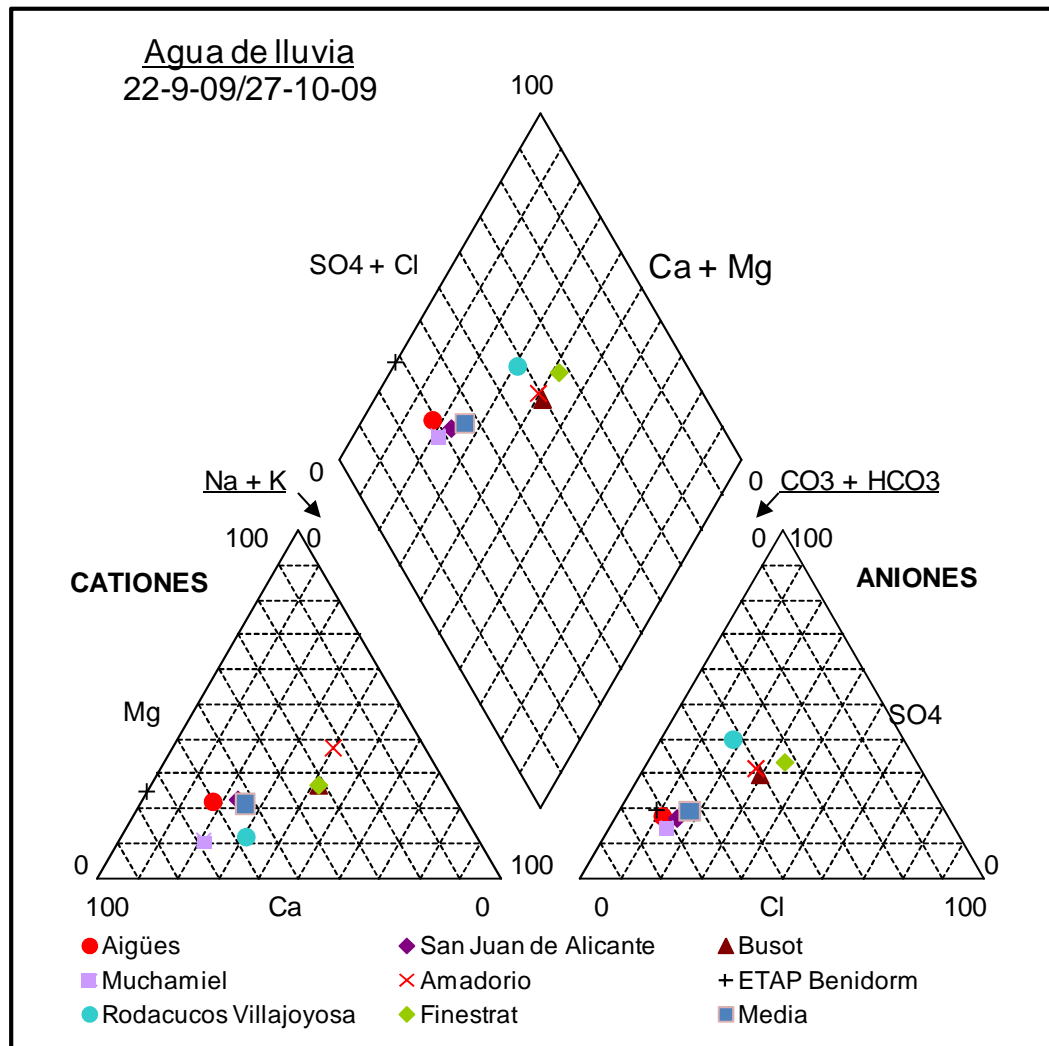


Figura nº 145.- Diagrama de Piper de muestras de agua de lluvia (22/09/09-27/10/09)

Los trabajos consultados que incluyen analíticas de agua de lluvia relacionados con la zona o su entorno son las tesis doctorales de J.M. Andreu Rodes (Contribución de la Sobreexplotación al Conocimiento de los Acuíferos Kársticos de Crevillente, Cid y Cabeço d'Or, 1997) y de F.J. Alcalá García (Recarga a los Acuíferos Españoles Mediante Balance Hidrogeoquímico, 2005).



Fotografía nº 26.- Detalle de colector ubicado en el Amadorio, situado en el interior del recinto del pozo Nozal (2933-8-38) del abastecimiento de Villajoyosa

Tabla nº 74.- Resultados analíticos de muestras de agua de lluvia recolectadas en octubre de 2009

Punto	Benidorm	Rodacucos	Aigües	Sant Joan	Busot	Mutxamel	Amadorio	Finestrat	Media
Fecha	22-9-09/27-10-09		13-10-09/27-10-09						
C ( $\mu\text{S/cm}$ )	38,0	70,0	69,0	75,0	33,0	122,0	26,0	30,0	<b>59,2</b>
pH	6,7	6,6	6,6	6,5	7,4	6,5	7,2	7,4	<b>6,9</b>
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	14,0	16,0	31,0	30,0	7,0	52,0	5,0	5,0	<b>21,7</b>
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (mg/l)	3,0	12,0	6,0	6,0	4,0	8,0	3,0	4,0	<b>5,2</b>
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	1,0	4,0	3,0	4,0	3,0	6,0	2,0	3,0	<b>3,5</b>
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	1,0	3,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	3,0	<b>0,8</b>
Na <sup>+</sup> (mg/l)	0,0	5,0	3,0	4,0	3,0	4,0	2,0	3,0	<b>3,2</b>
K <sup>+</sup> (mg/l)	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	4,0	0,0	0,0	<b>0,8</b>
Ca <sup>++</sup> (mg/l)	5,0	8,0	9,0	8,0	2,0	11,0	1,0	2,0	<b>5,5</b>
Mg <sup>++</sup> (mg/l)	1,0	1,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	<b>1,3</b>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0	<b>1,0</b>
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> (mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
PO <sub>4</sub> (mg/l)	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	<b>0,0</b>
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,8	0,3	0,3	<b>0,4</b>
DQO (mg/l)	0,5	0,5	3,2	9,1	1,8	6,2	2,4	1,1	<b>4,0</b>

El primero, para estudiar el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro, cuenta con datos de calidad química del agua de lluvia de Alcoy y de un muestreo del episodio lluvioso registrado en febrero de 1992 en la Sierra de Cabezón del Oro (los valores medios se recogen en la Figura nº 146).

F.J. Alcalá García para alcanzar los objetivos que pretende en su Tesis Doctoral recopila datos sobre contenido medio en cloruros de la deposición total atmosférica en el territorio

español (red de pluviómetros-tomamuestras del IGME, red de estaciones del INM, otros pluviómetros y datos bibliográficos). Con la información obtenida elabora el plano de la Figura nº 147, en el que se observa que el contenido de cloruros del agua de lluvia de la zona de estudio se sitúa entre 2,3 y 4,8 mg/l.

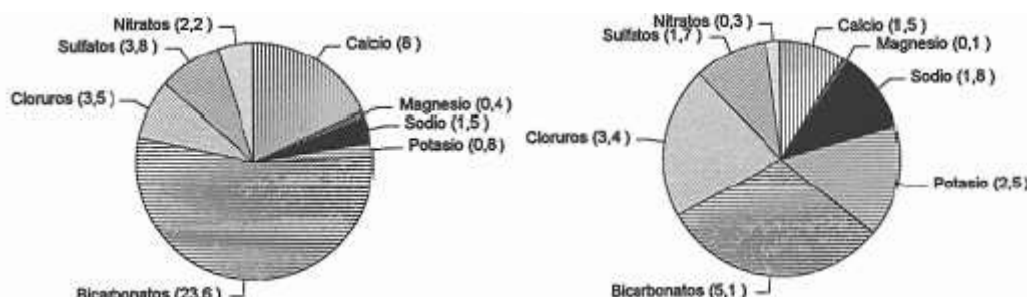


Figura nº 146.- Valores medios de la calidad química del agua de lluvia recogidos en la tesis de J.M. Andreu Rodes (1997)

### 11.7.3 RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

El método se ha aplicado exclusivamente a los acuíferos calizo-dolomíticos de la zona de estudio y su entorno próximo, donde también ha sido posible tomar muestras de agua de surgencias naturales. Se ha considerado una lluvia media sobre estas formaciones de 339,7 mm/año (correspondiente a la estación 8029 de Jijona), que ésta es la única fuente de entrada de agua de estos acuíferos y una concentración de cloruros en el agua de lluvia, teniendo en cuenta las analíticas realizadas y los datos consultados, de 3,6 mg/l.

La concentración en cloruro en el agua de recarga ( $C_r$ ) se ha obtenido a partir de los análisis químicos realizados en manantiales, por lo que supone que no hay aporte de cloruro del terreno y que toda la aportación es drenada por las surgencias.

En la Tabla nº 75 se presentan los resultados obtenidos y su comparación con los estimados a partir del balance hídrico del suelo. Como se puede observar el método no resulta aplicable debido a la elevada salinidad encontrada en las surgencias. En los acuíferos de Almaens y los sectores Pequerina y Murtal (únicos donde se han podido tomar muestras de agua de manantiales) también se pone de manifiesto que pueden existir otras fuentes de aporte de cloruros, como puede ser la infiltración de agua superficial que circula por los cauces que los atraviesan (que reciben aportaciones situadas fuera de la zona de estudio), procesos de contaminación antrópica (caso del sector Murtal, cuando el agua drenada del acuífero circula a través de terrenos cuaternarios donde están implantadas actividades humanas), o la presencia de depósitos salinos entre las formaciones que definen los acuíferos.

Para que se obtuvieran tasas de recarga coherentes, la concentración de cloruros en el agua de lluvia debería alcanzar valores comprendidos entre 5,2 y 13,5 mg/l que, a priori, teniendo en cuenta la información disponible pueden considerarse altos, aunque no improbables debido a los elevados gradientes de deposición de cloruros que cabría esperar por la proximidad de la costa y a la variabilidad pluviométrica de unos años a otros. En cualquier caso, la elevada salinidad del agua drenada por las surgencias y la que circula por la zona no saturada no sólo está condicionada por factores geológicos y climáticos, sino que además depende de la presencia de sales en los suelos (por ejemplo sales que quedan dispersas en los suelos por evaporación del agua que las transportaba, asociadas a lixiviados de las formaciones evaporíticas del Keuper que arrastrados lejos de sus puntos de origen no alcanzan cauces con régimen continuo).

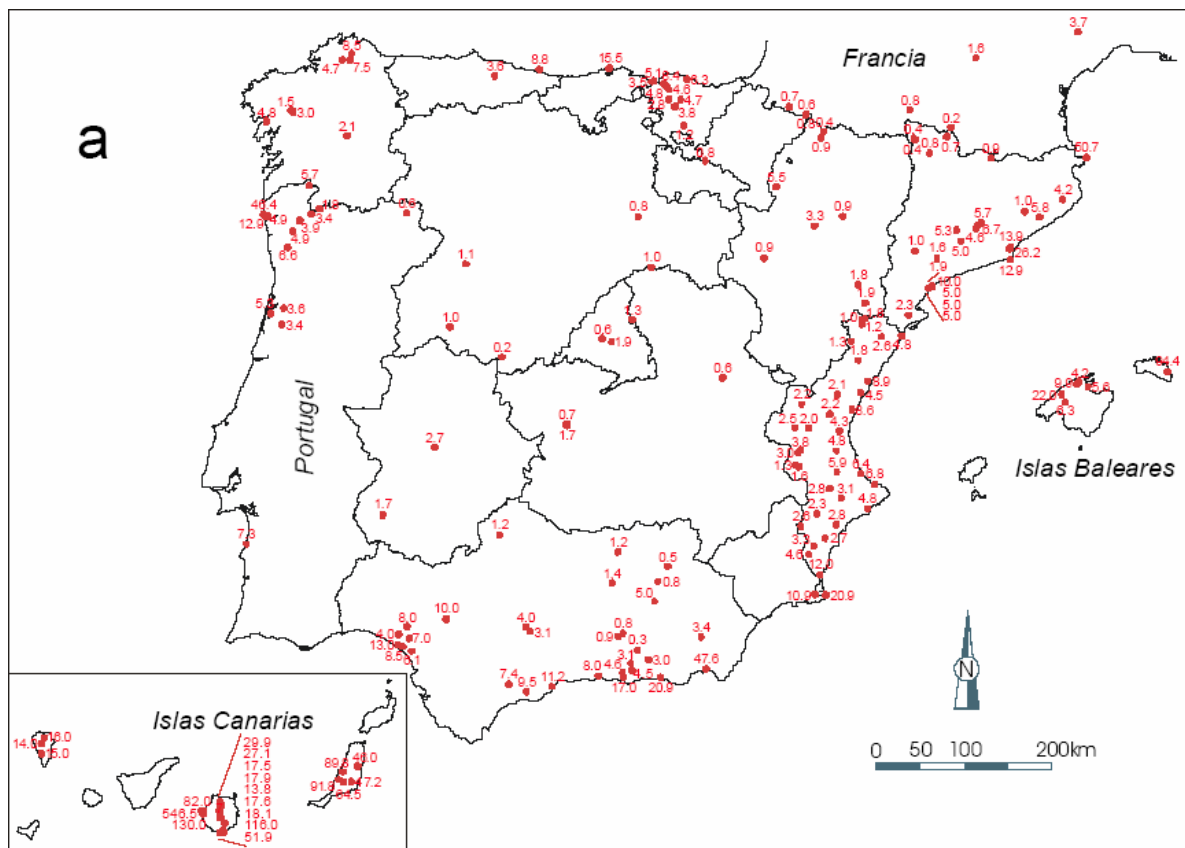


Figura nº 147.- Contenido medio en cloruros (mg/l) de la deposición total atmosférica en el territorio español (F.J. Alcalá García, 2005)

Con los datos analíticos que se incluyen en la publicación realizada por J. Cuevas González, et al. (2007) “Química de las Aguas de Goteo de la Cueva de Canelobre (Alicante)”, cavidad kárstica situada en el extremo suroeste de la Sierra de Cabezón del Oro (ver Figura nº 148), se ha realizado el balance hidroquímico para el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro.



Tabla nº 75.- Tasas de infiltración obtenidas mediante balance de cloruros

Acuífero	Sector	Punto	Fecha muestra	Cl (mg/l)	Recarga Balance Hidroquímico		Tasa de recarga balance del suelo (%)
					mm/año	%	
Almaens	Almaens	293350012	13-05-09	148	8,3	2,4	19,9
			20-05-09	149	8,2	2,4	
			07-10-09	129	9,5	2,8	
	Romero	293350029	09-07-09	230	5,3	1,6	
Anticlinales de Relleu	Pequerina	293370012	12-05-09	724	1,7	0,5	
			20-10-09	550	2,2	0,7	
Fuera zona de estudio	Arrendadores	293360053	12-05-09	46	26,6	7,8	
	La Tosca	293330009	20-10-09	44	27,8	8,2	
Sierra Cortina	Murtal	303350002	14-03-74	65	18,7	5,5	33,4
			12-03-09	488	2,5	0,7	
			08-10-09	1.010	1,2	0,4	
Sin definir	Depresión Relleu	293370007	31-03-74	35	34,9	10,3	
			25-03-09	26	47,0	13,8	
			20-10-09	27	45,3	13,3	
			25-03-09	36	34,0	10,0	
			20-10-09	38	32,2	9,5	

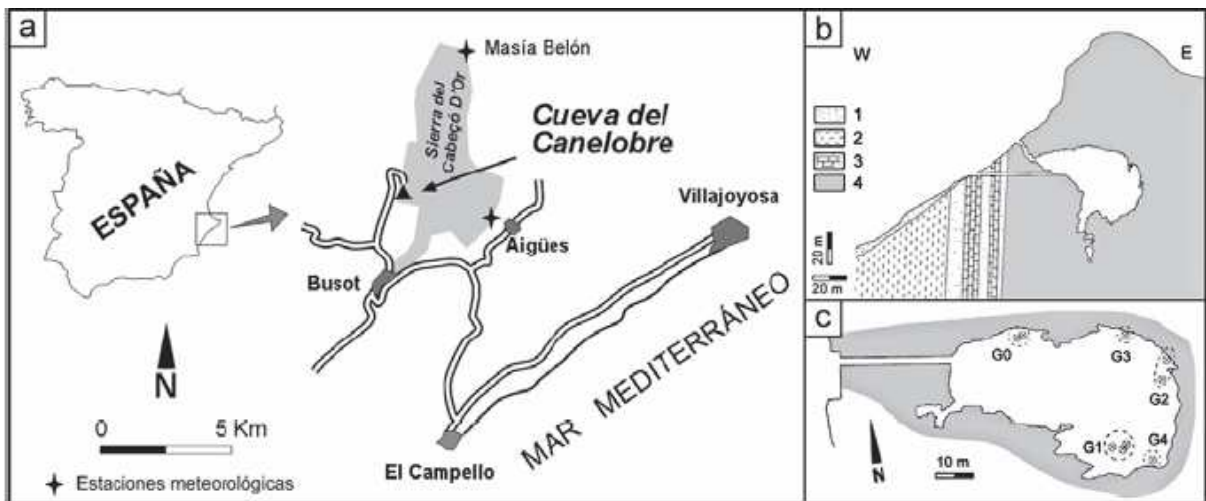


Figura nº 148.- Esquemas descriptivos de la Cueva de Canelobre

Mapa de situación de la Cueva de Canelobre (a), corte esquemático de la localización de la cueva (b) y situación de los puntos de muestreo en el interior de la cavidad (c)

Las analíticas que se incluyen en esa publicación (ver Tabla nº 76) corresponden al agua de goteo que se produce en la cavidad y, en principio, representa al agua que circula por la

zona no saturada. Partiendo de la concentración de cloruros en el agua de lluvia que se considera para la zona de estudio (3,6 mg/l) y la concentración media de los cloruros del agua de goteo de 18,9 mg/l (frente a los 104 mg/l en el punto 2933-6-27 o los 50-60 mg/l de 2934-2-18 y 2934-2-12), se estima una tasa de recarga próxima al 20%.

**Tabla nº 76.- Sumario estadístico de las características hidrogeoquímicas de las aguas de goteo de la Cueva de Canelobre**

		C.E.	Tª	pH	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
		µS/cm	°C		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
A	Med	343	17,4	8,1	19,3	20,3	14,6	141	58,8	2	8,7	0,8
	CV	15,1	4,6	1,5	26,2	17,1	50,6	22,8	18	17,1	32,8	104
B	Med	391		8,1	21	27	12	149	68	2	11	0,9
	CV	25,5		2,9	27,5	79,1	57,7	27	23	65,4	33,5	68,6
G-0	Med	398	17,3	8	20,9	20,3	19,2	174	70	2,1	10,5	1,4
	CV	11,5	6,6	1,7	32	7,9	24,5	13,5	10,6	7,8	36	80
G-1	Med	303	17,4	8,2	16,9	19,3	7,3	118	49,8	1,8	7	0,4
	CV	7,6	3,8	1,2	11,2	16,7	47,1	17,2	11	24	10,6	46,4
G-2	Med	310	17,6	8,1	14,4	20	11,7	126	53,1	2	7,4	0,4
	CV	7,8	3,7	0,9	14,4	33,8	34,7	10,7	5,1	14,5	15,4	19,4
G-3	Med	350	17,3	8,1	24	22,4	24,6	113	54	2,4	9,7	0,6
	CV	5,4	3,2	1,5	9,5	8,3	19,8	8	10,2	9,6	6,2	17,2
G-4	Med	324	17,7	8,1	16	20,9	10	139	56	2,1	7	0,4
	CV	8,8	2,8	0,8	4,9	22	17,5	10	6,1	7,6	8,1	7,9

Como consideración final respecto a la aplicabilidad del método de balance químico para evaluar la recarga de los acuíferos de esta región, se apunta que puede resultar incierto como consecuencia de los elevados gradientes de deposición de cloruros debido a la cercanía de la costa, la existencia de variaciones importantes de unos años a otros y la salinidad de los suelos.

## 11.8 DESCRIPCIÓN DE ACUÍFEROS

En el área de estudio se han diferenciado 11 acuíferos, cuya denominación es la siguiente:

- Sierra Cortina
- Orcheta
- Peñacosta
- Anticlinales de Rellou
- Jurásico de Cabezón del Oro
- Almaens
- Pliegues Cretácicos de Jijona

- Cuaternario de San Juan-Campello
- Cuaternario de Villajoyosa
- Cuaternario de Benidorm
- Sierra Helada

Se han identificado, además, algunas otras estructuras permeables de menor relevancia e interés hidrogeológico, que se han agrupado bajo las siguientes denominaciones:

- Detríticos de Orcheta
- Base de la Depresión de Relleu
- Pliegues del Barranco de las Umbrías
- Otros Cretácicos de Almaens
- Terciario de Villajoyosa

## 11.9 ACUÍFERO PLIEGUES CRETÁICOS DE JIJONA

### 11.9.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS GENERALES

Se extiende sobre los relieves que se encuentran al suroeste del núcleo urbano de Jijona (Cabeço de Corb con 627 m s.n.m., Sin Nieta con 575 m s.n.m., La Moleta con 647 m s.n.m., Peña Alta con 626 m s.n.m., Cabeço Negre con 414 m s.n.m. y Mascuna con 473 m s.n.m.) y entre el barranco de la Rabosa y el Río La Torre.

Tiene una forma triangular, con unos 4,5 km de ancho (dirección E-W) y 6 km de largo (dirección N-S), con una superficie de 14,75 km<sup>2</sup> del municipio de Jijona, de los que 5,63 km<sup>2</sup> corresponden a afloramientos permeables, en su mayoría cubiertos por matorral (ver Tabla nº 77).

**Tabla nº 77.- Usos del suelo sobre afloramientos permeables. Acuífero Pliegues Cretácicos de Jijona**

Usos de suelo permeable	S (km <sup>2</sup> )
Bosque	0,28
Cultivos herbáceos de secano	0,01
Frutales de secano	0,09
Improductivo	0,11
Matorral	5,08
Pastizales	0,01
Urbano	0,04

Usos de suelo permeable	S (km <sup>2</sup> )
Otros	0,01
<b>TOTAL</b>	<b>5,63</b>

## 11.9.2 LITOLOGÍA Y GEOMETRÍA

El acuífero ocupa una zona de intensa deformación, entre la localidad de Jijona y los altos del Puntal de la Mascuna, donde el Cretácico aparece en una sucesión de pliegues en relevo de dirección general N20E, de flanco occidental invertido y/o afectado por fallas inversas, cuyo trazado confluye en un único plano de fractura en las inmediaciones de Jijona, a modo de abanico de escamas. Los pliegues son de flancos apretados y con apenas unos centenares de metros entre charnelas, con morfologías propias de plegamientos dúctiles.

Está formado por 70 m de calizas, dolomías y brechas del Cenomaniense-Turonense (afloran 5,41 km<sup>2</sup>) y por unos 50 m de calizas tableadas blancas del Cenomaniense-Senoniense (afloran 0,22 km<sup>2</sup>).

Tabla nº 78.- Extensión de formaciones aflorantes. Acuífero Pliegues Cretácicos de Jijona

Formación	Edad	S (km <sup>2</sup> )
Margas, margocalizas arenosas con erizos	Albiense	1,98
Calizas, dolomías y brechas	Cenomaniense-Senoniense	5,41
Calizas tableadas blancas		0,22
Margocalizas y margas blancas rosadas	Senoniense	4,34
Margas con niveles de calcarenitas	Mioceno-Paleógeno	0,19
Arenas, gravas y limos rojos localmente encostrados. Glacis	Plioceno-Pliocuaternario	2,57
Aluvial. Depósitos de fondo de valle	Cuaternario	0,05
<b>TOTAL</b>		<b>14,75</b>

La base impermeable del acuífero está definida por las margas y margas arenosas con erizos del Albiense superior, mientras que el techo del mismo lo constituyen las margocalizas y margas blancas y rosadas del Senoniense.

El límite meridional es mecánico y pone en contacto a los afloramientos cretácicos que definen el acuífero con las arcillas versicolores con yesos y dolomías del Triásico, por lo que se considera cerrado.

El límite occidental lo establecen los afloramientos de margas con niveles de calcarenitas del Terciario, considerados como impermeables, que al norte están cabalgados por el

cretácico. En el tercio sur de este borde el cabalgamiento continúa sobre el Cretácico y se hunde hacia el oeste junto con el Terciario.

El límite oriental está definido al norte por la continuación de la traza de la fractura del río Torremanzanas, y pone en contacto el techo del acuífero con los cretácicos del anticlinorio de Jijona.

El límite septentrional es cerrado y corresponde con una de las fracturas que definen el accidente de Finestrat. Se ponen en contacto las formaciones permeables del acuífero con las margas con calcarenitas del Terciario.

### 11.9.3 PIEZOMETRÍA Y PARÁMETROS HIDRÁULICOS

No existen puntos de control en el acuífero ni sondeos, pero se ha podido contar con información de algunos de los manantiales que lo drenan, cuyas cotas se localizan entre los 380 y 480 m s.n.m. Esta diferencia de cotas se debe a la compartimentación hidráulica de las formaciones permeables asociada a la sucesión de pliegues que define la estructura general del sistema.

### 11.9.4 FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA

La alimentación se produce por la infiltración de agua de lluvia sobre los afloramientos permeables y su descarga tiene lugar exclusivamente por medio de manantiales.

La circulación del flujo subterráneo es, en general, hacia el río Jijona, donde se produce la descarga de la mayoría de los manantiales que drenan el acuífero que, actualmente, se encuentra en régimen no influenciado al no existir pozos y/o sondeos.

### 11.9.5 BALANCE HÍDRICO

#### 11.9.5.1 DETERMINACIÓN DE INFILTRACIÓN NATURAL

La infiltración natural se debe exclusivamente a la percolación del agua de lluvia caída sobre los afloramientos de las formaciones permeables del acuífero (calizas, dolomías y brechas del Cenomaniense-Turonense y calizas tableadas blancas del Cenomaniense-Senoniense).

Su estimación se ha realizado aplicando sobre los afloramientos permeables no urbanizados (5,59 km<sup>2</sup> de 5,63 km<sup>2</sup>) el balance hídrico de la estación 8029 (ver Tabla nº 79).

Tabla nº 79.- Estimación de la infiltración del agua de lluvia. Acuífero Pliegues Cretácicos de Jijona

P (mm/año)	ETR (mm/año)	RAU (mm)	P <sub>o</sub> (mm)	Lluvia Útil (mm/año)			% Infil./P	S (km <sup>2</sup> )	Entradas (hm <sup>3</sup> /año)
				Infil.	Escorr.	Total			
339,7	197,5	15	25	113,3	28,1	141,4	33,4	5,59	0,63

Como se desprende de la tabla anterior, la alimentación del acuífero por la infiltración de agua se estima en unos 0,63 hm<sup>3</sup>/año.

#### 11.9.5.2 ANÁLISIS DE USOS DE AGUA

En la Tabla nº 80 se muestran los puntos inventariados en el acuífero. Todos corresponden a surgencias que drenan a la red fluvial del entorno y no están asociados a aprovechamientos de la zona.

**Tabla nº 80.- Puntos de agua inventariados. Acuífero Pliegues Cretácicos de Jijona**

Código	Toponimia	X UTM	Y UTM	Cota (m s.n.m.)	Q (l/s)	Fecha dato	Uso	V (m <sup>3</sup> )
283380043	Barranco Rabosa	715.015	4.265.592	471	0,1	Histórico	Se desconoce	3.154
293350034	Barranc de la Font	717.213	4.268.554	476	0,2	Histórico	Se desconoce	6.307
293350035	Parque La Ereta	717.563	4.268.705	419	5,0	2004	Se desconoce	157.680
293350036	Río Castillo	717.824	4.268.228	399	2,0	2004	Se desconoce	63.072
293350037	San Sebastián	717.651	4.268.297	420	1,0	Histórico	Se desconoce	31.536
293350038	Armas de Galiana	717.958	4.270.024	424	2,0	2004	Se desconoce	63.072
293350041	Moratell	717.184	4.267.406	449	0,5	Histórico	Se desconoce	15.768
293350042	Barranc Blanc	717.170	4.266.757	418	0,2	Histórico	Se desconoce	6.307
293350043	Coll de Bernat	716.835	4.264.811	387	1,0	Histórico	Se desconoce	31.536
<b>TOTAL</b>								<b>378.732</b>

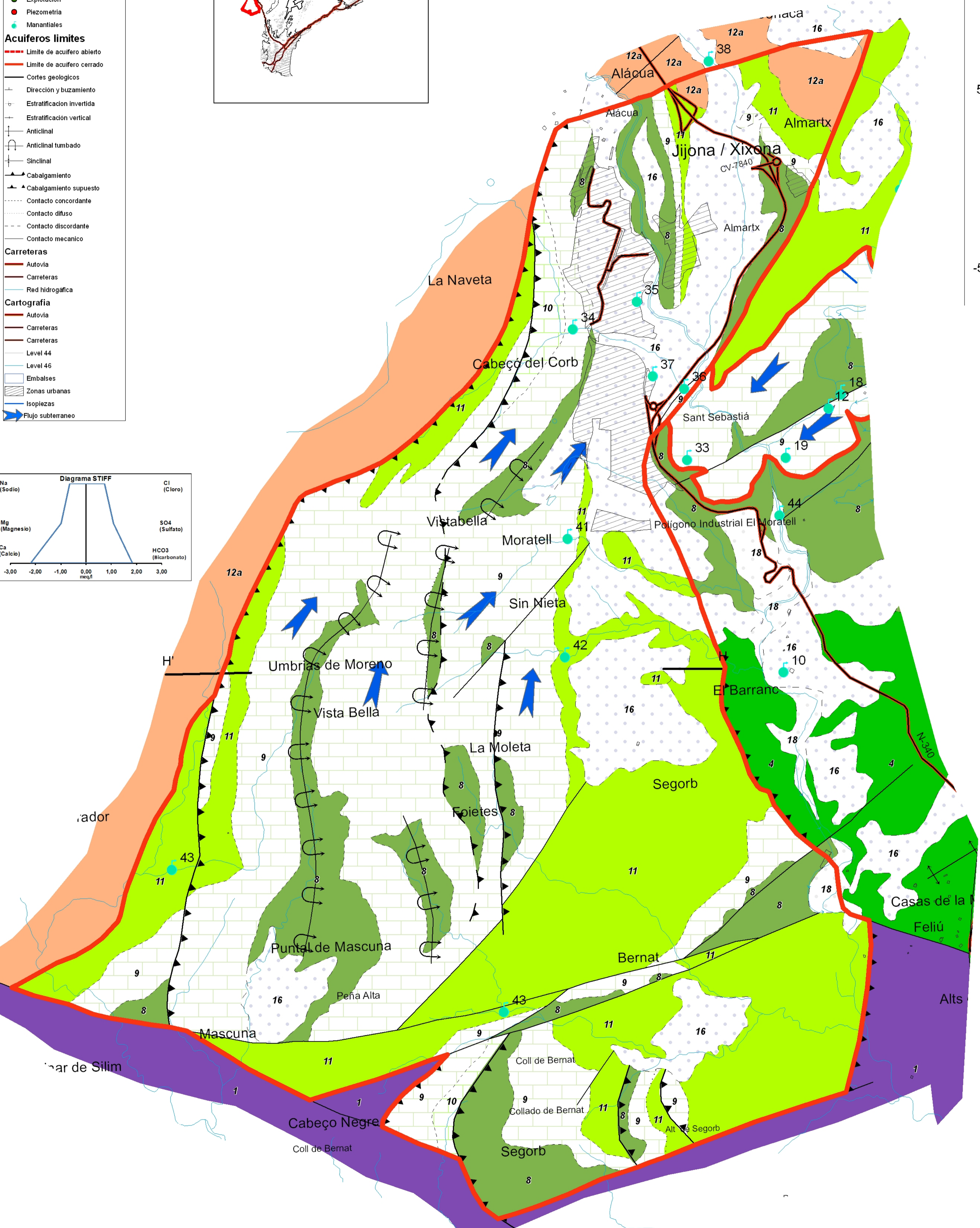
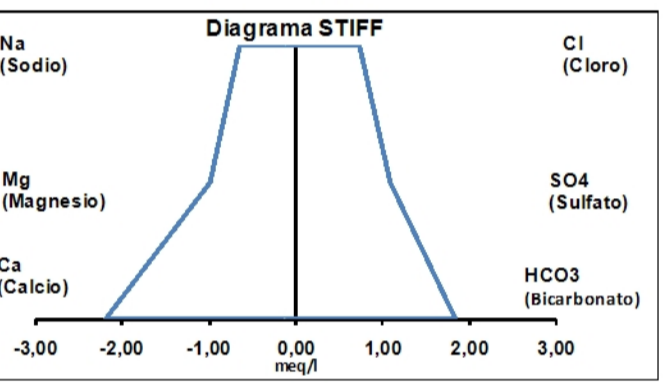
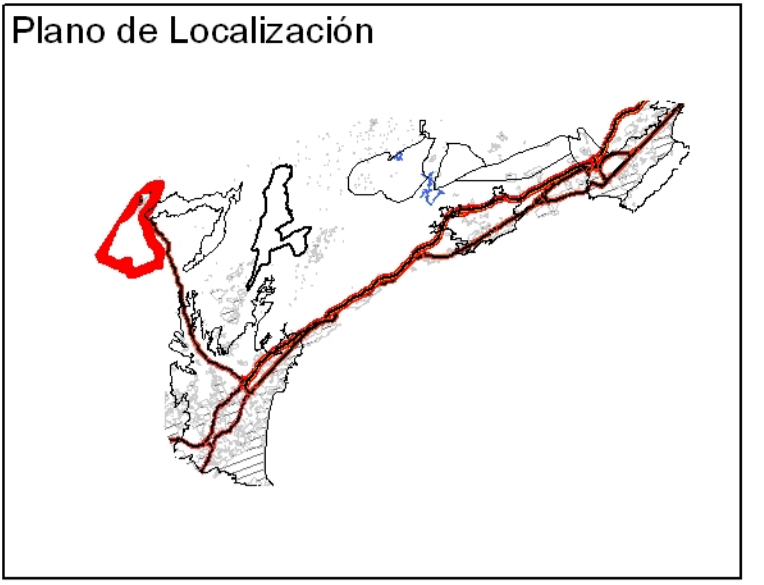
Los caudales y volúmenes indicados en la tabla anterior se han obtenido del estudio realizado entre la CHS y el IGME en 2009 "Identificación y Caracterización de la Interrelación que se Presenta entre Aguas Subterráneas, Cursos Fluviales, Descarga por Manantiales, Zonas Húmedas y Otros Ecosistemas Naturales de Especial Interés Hídrico. 09 Vinalopó-Alacantí".

#### 11.9.5.3 BALANCE HÍDRICO

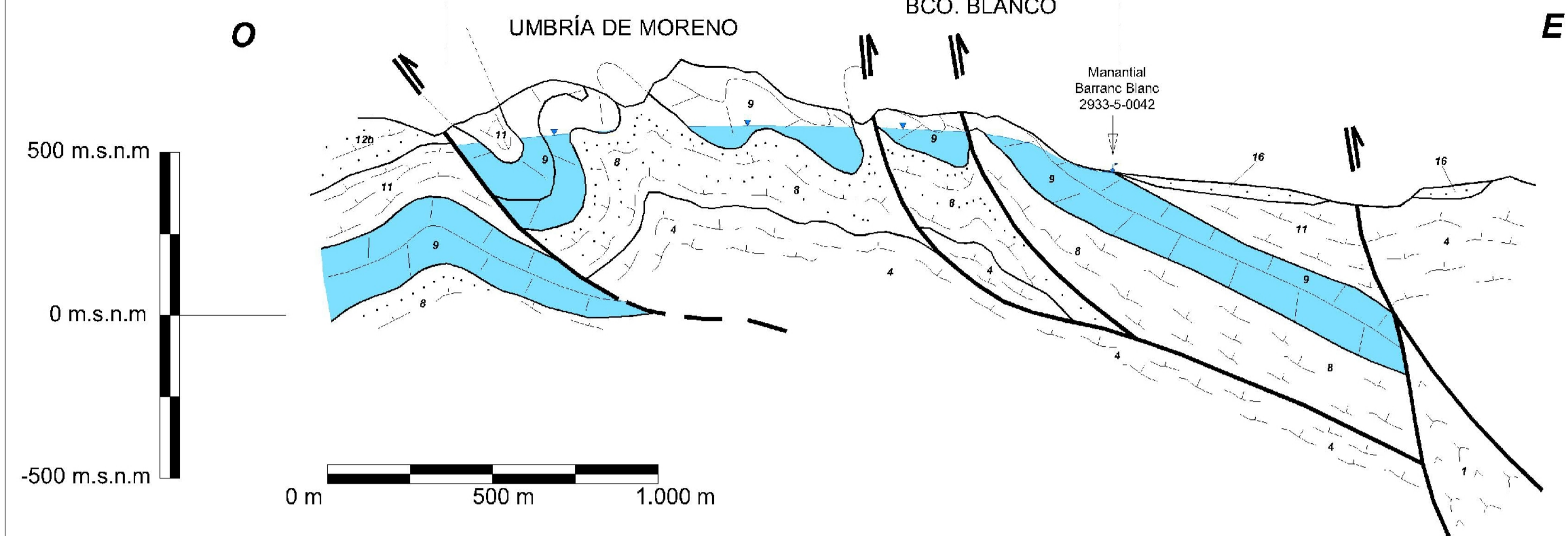
La recarga, estimada en 0,63 hm<sup>3</sup>/año, se debe exclusivamente a la infiltración de agua de lluvia y las salidas, como ya se ha comentado con anterioridad, se producen a través de surgencias naturales que descargan de forma puntual a la red fluvial de la margen derecha del río Jijona. De estas descargas es posible que sólo una pequeña parte se utilicen antes de alcanzar los cauces en los aprovechamientos agrícolas de la zona.

**Simbología**

- Inventario de puntos de agua**
  - Calidad
  - Explotación
  - Piezometría
  - Manantiales
- Acuíferos límites**
  - Límite de acuífero abierto
  - Límite de acuífero cerrado
- Cortes geológicos**
  - Dirección y buzamiento
  - Estratificación invertida
  - Estratificación vertical
  - Anticinal
  - Anticinal tumbado
  - Sinclinal
  - Cabalgamiento
  - Cabalgamiento supuesto
  - Contacto concordante
  - Contacto difuso
  - Contacto discordante
  - Contacto mecánico
- Carreteras**
  - Autovía
  - Carreteras
  - Red hidrogáfica
- Cartografía**
  - Autovía
  - Carreteras
  - Carreteras
  - Level 44
  - Level 46
  - Embalses
  - Zonas urbanas
  - Isopiezas
  - Flujo subterráneo



**Corte geológico CORTE H'-H**  
ACUÍFERO PLIEGUES CRETÁICOS DE JIJONA



**Balance Hídrico**

Entradas					Salidas					Recursos (hm <sup>3</sup> /año)		
Llu	Rr	Pa	Sub	Total	Man	Bo	Sub	Río	Mar	Total	Total	Utilizados
0,63	--	--	--	0,63	0,63	--	--	--	--	0,63	0,63	--

**LEYENDA LITOLÓGICA**

EPOCAS	SUB-EPOCAS	LITOLÓGICA		DESCRIPCIÓN
		Permeable	Permeable	
CUATERNARIO		19	18	19. Arenas y gravas litorales
		17		18. Aluvial. Depósitos fondo de valle
TERCIARIO	NEOGENO	15	14	17. Terrazas aluviales
		12a	12b	16. Arenas, gravas y limos rojos localmente encostrados. Glacia
	PALEOGENO	13	11	15. Limos rojos, conglomerados y costras calcáreas
		10	11	14. Areniscas y calcarenitas
		9		13. Margas y brechas
		8		12b. Calcarenitas
CRETACICO	SUPERIOR	12a		12a. Margas con niveles de calcarenitas
		11		11. Margocalizas y margas blancas y rosadas
		9		10. Calizas tableadas blancas
	INFERIOR	6	7	9. Calizas, dolomias y brechas
		5		8. Margas y margocalizas arenosas con erizos
		4		7. Margas, calizas y calcarenitas
JURASICO	MALM	3		6. Calizas arrecifales con rudistas
		2		5. Calcarenitas y areniscas
		1		4. Margas margocalizas grises con Ammonites
TRIÁSICO			3. Calcarenitas	
			2. Calizas grises	
			1	1. Arcillas versicolores con yesos y dolomias

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN | Instituto Geológico y Minero de España | DIRECCIÓN DE ALICANTE DEL MARINO

TÍTULO DEL PROYECTO: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLOGICA DE LA UNIDAD DE ORCHETA, MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA 080.072 ORCHETA Y 080.073 SAN JUAN-BENIDORM EXPEDIENTE: 1540/08

ESCALA: TÍTULO DEL PLANO: ACUIFERO PLIEGUES CRETÁICOS DE JIJONA

DIRECCIÓN DEL PROYECTO: BRUNO J. BALLESTEROS NAVARRO LUIS RODRIGUEZ HERNANDEZ FECHA: DICIEMBRE 2009 ACUIF. 1

HOJA 1 DE 1

#### 11.9.5.4 RECURSOS DISPONIBLES

Según el inventario realizado por la Guadería Fluvial de la CHJ, recogido en el estudio que llevaron a cabo la CHJ y el IGME en 2009, no hay constancia de que se estén aprovechando las surgencias de este acuífero por lo que, *a priori*, existe la posibilidad de disponer de algunos de sus recursos para su aplicación en usos de la zona (al menos agrícolas o no restringidos del abastecimiento de Jijona), utilizando el agua drenada por los manantiales o mediante sondeos para regular los caudales de acuerdo con la estacionalidad de la demanda.

#### 11.9.6 HIDROQUÍMICA

La facies hidroquímica se supone bicarbonatada cálcica y la CE debe situarse entre los 500 y 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (no se dispone de datos hidroquímicos), aunque es posible que en algunos sectores aparezcan aguas sulfatadas y/o cloruradas debido a posibles efectos puntuales de lixiviación de las formaciones triásicas localizadas en el borde meridional y/o asociadas a los accidentes tectónicos.

La vulnerabilidad del acuífero se puede considerar alta debido al carácter calizo-dolomítico de las formaciones permeables que lo definen.

#### 11.10 ACUÍFERO DE ALMAENS

##### 11.10.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS GENERALES

Se describe en el Manual del Ciclo Integral del Agua del municipio de Jijona realizado por el IGME y la DPA (2001) y, posteriormente, se incluye en otros trabajos, también realizados por esos Organismos (“Realización de Estudios de Definición Geométrica de Acuíferos en la Unidad de Barrancones-Carrasqueta”, 2004 y “Determinación del Funcionamiento Hidrogeológico y Balance, Caracterización Hidroquímica y Evaluación de Recursos de los Acuíferos de La Unidad de Barrancones-Carrasqueta”, 2006) y en el Mapa del Agua de la Provincia de Alicante (DPA, 2007).

Se sitúa al sureste de Jijona, entre el río Torremanzanas y la rambla de Busot, y ocupa unos 9,95 km<sup>2</sup> de este municipio. Tiene forma de “V” con vértice orientado hacia el noreste, con una longitud total de unos 13 km y una anchura media de unos 800 m. Incluye los relieves de la Sierra de Almaens (695 m s.n.m.), Serra Sivila (441 m s.n.m.) y Savall (527 m s.n.m.).

**Tabla nº 81.- Usos del suelo sobre afloramientos permeables. Acuífero de Almaens**

Usos de suelo permeable	S (km <sup>2</sup> )		
	Almaens	Romero	Total
Bosque	0,70	0,00	0,70



Usos de suelo permeable	S (km <sup>2</sup> )		
	Almaens	Romero	Total
Matorral	4,77	2,47	<b>7,24</b>
Cultivos Secano	0,27	0,00	<b>0,27</b>
Otros	0,07	0,05	<b>0,12</b>
<b>TOTAL</b>	<b>5,81</b>	<b>2,52</b>	<b>8,33</b>

Se divide en dos sectores, Almaens y Romero, cuyos afloramientos permeables tienen una superficie total de 8,33 km<sup>2</sup>, en su mayoría cubiertos por matorral (ver Tabla nº 81).

### 11.10.2 LITOLOGÍA Y GEOMETRÍA

Está formado por 70 m de calizas, dolomías y brechas del Cenomaniense-Turoniense (afloran 5,81 km<sup>2</sup>). La base impermeable del acuífero está determinada por las margas y margas arenosas con erizos del Albiense superior, mientras que el techo del mismo lo constituyen las margocalizas y margas blancas y rosadas del Senoniense.

Tabla nº 82.- Extensión de formaciones geológicas aflorantes. Acuífero de Almaens

Formación	Edad	S (km <sup>2</sup> )		
		Almaens	Romero	Total
Margas, margocalizas arenosas con erizos	Albiense	0,23		<b>0,23</b>
Calizas, dolomías y brechas	Cenomaniense-Turoniense	5,81	2,52	<b>8,33</b>
Margocalizas y margas blancas rosadas	Senoniense	0,31	1,07	<b>1,38</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>6,35</b>	<b>3,59</b>	<b>9,94</b>

Su estructura corresponde a un suave anticlinorio (anticlinorio de Jijona) con eje de dirección N45E, cuyos flancos se encuentran en Sierra Almaens y Sierra Sivila, y su núcleo se extiende por el paraje de L'Espartal.

Todos sus límites se consideran cerrados y están determinados por los contactos estratigráficos con las formaciones impermeables de techo y muro ya citadas, salvo los bordes nororiental y noroccidental que coinciden con contactos mecánicos definidos por fallas inversas.

El límite entre ambos sectores coincide con la traza del eje del anticlinal que define la estructura general de todo el acuífero.

### **11.10.3 PIEZOMETRÍA Y PARÁMETROS HIDRÁULICOS**

No hay puntos de control ni sondeos en el sistema, pero se conocen algunos de los puntos de descarga de los dos sectores en los que se divide el acuífero (Almaens y Romero).

Las cotas de descarga del sector Almaens se localizan entre los 345 y 370 m s.n.m., mientras que los de Romero entre los 345 y 400 m s.n.m. Estas diferencias de cotas se deben a que algunas surgencias están situadas sobre zonas de fracturación conectadas hidráulicamente con los afloramientos permeables (puntos 2933-5-44 y 2933-6-23).

La piezometría debe alcanzar alturas superiores a los 400 m s.n.m. en el extremo oriental, donde es de esperar un umbral piezométrico que divide el acuífero en los dos sectores mencionados.

Según este esquema, en el sector septentrional el nivel desciende hasta los 345 m s.n.m., donde se sitúa el manantial de la Fuente del Salt, mientras que en el meridional los niveles deben hacerlo hasta los 200 m s.n.m., coincidiendo con el cauce del río Torremanzanas. El sentido del flujo subterráneo es, por tanto, de componente E-W en el sector nororiental y NE-SW en el meridional.

### **11.10.4 FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA**

La alimentación se produce por la infiltración de agua de lluvia y la descarga a través de surgencias, algunas asociadas a aprovechamientos agrícolas de la zona, cuyos excedentes pueden alcanzar el cauce del río de La Torre en ciclos húmedos.

El sentido de circulación del agua en los dos sectores tiene una componente occidental, concretamente casi E-W en el sector Almaens y NE-SW en el de Romero, y el drenaje natural de ambos es hacia la red fluvial de la margen derecha del río Monnegre (río Jijona en el primero y barranco del Vergerel en el segundo).

No se descartan aportaciones superficiales sulfatadas en el sector Almaens??, aguas arriba de la surgencia de la Fuente del Salt (2933-5-12), que justifiquen las facies de hidroquímicas que presentan y las anomalías isotópicas que aparecen en las muestras de agua que apuntan a la infiltración de aguas evaporadas (aguas superficiales que circulan por el cauce).

### **11.10.5 BALANCE HÍDRICO**

#### **11.10.5.1 DETERMINACIÓN DE INFILTRACIÓN NATURAL**

La recarga por infiltración de agua de lluvia se evalúa en unos 0,39 hm<sup>3</sup>/año en el sector Almaens y en 0,17 hm<sup>3</sup>/año en el sector Romero.

La estimación se ha realizado aplicando sobre los afloramientos permeables no urbanizados (5,81 km<sup>2</sup> en el sector Almaens y 2,52 km<sup>2</sup> en el sector Romero) el balance hídrico de la estación 8029 (ver Tabla nº 83).

**Tabla nº 83.- Estimación de la infiltración del agua de lluvia. Acuífero Almaens**

Sector	P (mm/año)	ETR (mm/año)	RAU (mm)	P <sub>o</sub> (mm)	Lluvia Útil (mm/año)			% Infil./P	S (km <sup>2</sup> )	Entradas (hm <sup>3</sup> /año)
					Infil.	Escorr.	Total			
<b>Almaens</b>										
	339,7	247,6	35	25	67,6	22,6	90,2	19,9	5,81	0,39
<b>Romero</b>									2,52	0,17
<b>TOTAL</b>									<b>8,33</b>	<b>0,56</b>

#### 11.10.5.2 ANÁLISIS DE USOS DE AGUA

Los puntos inventariados en este acuífero son los que se muestran en la Tabla nº 84. La mayoría se utilizan para cubrir las necesidades de algunos cultivos de la zona (2933-5-12, 18,19 y 2933-6-23), aunque también hay surgencias que alcanzan los cauces y no se aprovechan (el resto).

**Tabla nº 84.- Puntos de agua inventariados. Acuífero de Almaens**

Código	Toponimia	X UTM	Y UTM	Cota (m s.n.m.)	Q (l/s)	Fecha dato	V (m <sup>3</sup> )
<b>Sector Almaens</b>							
293350012	Fuente del Salt	718.616	4.268.121	370	4,0	2009	126.144
293350018	Fuente de Chocando	718.683	4.268.198	360	2,0	1974	63.072
293350019	Fuente de Santa Bárbara	718.380	4.267.851	370	1,5	1974	47.304
293350033	Purgatori	717.839	4.267.839	358	3,0	2004	94.608
293350039	Riu de La Torre	719.092	4.269.456	416	1,0	2004	31.536
293350044	Mas Xalé	718.346	4.267.534	344	3,0	2004	94.608
<b>Subtotal Sector Almaens</b>							<b>457.272</b>
<b>Sector Romero</b>							
293360023	Cases La Tosca	723.916	4.268.454	400	0,5	1974	15.768
293350029	Fuente Cortijo Romero	722.495	4.266.279	345	0,5	2009	15.768
293350031	Pozo Casa Romero	722579	4.265.928	310	--	--	--
<b>Subtotal Sector Romero</b>							<b>31.536</b>
<b>Total Acuífero</b>							<b>488.808</b>

### 11.10.5.3 BALANCE HÍDRICO

Los recursos del acuífero de Almaens ascienden a  $0,56 \text{ hm}^3/\text{año}$  y se descargan a través de pequeños manantiales, e incluso, según los trabajos realizados por el IGME y la DPA en 2004 y 2006, al río Torre de modo difuso.

En los estudios citados anteriormente se estima una recarga en el sector Almaens de  $0,73 \text{ hm}^3/\text{año}$  extrapolando el coeficiente de infiltración determinado en el acuífero Carrasqueta (20%). Este volumen resultaba excesivo considerando el inventario realizado en el año 1976 por la DPA y el caudal histórico total de 14 l/s para los manantiales Fuente del Salt (2933-5-18), Fuente Chocando (2933-5-19) y Fuente La Tosca (2933-6-23). Por ello, en esos trabajos se reduce la tasa de infiltración del agua de lluvia sobre los afloramientos permeables al 12%.

Sin embargo, partiendo de la superficie permeable aflorante cartografiada en la ejecución del presente trabajo y aplicando una tasa de infiltración parecida a la utilizada inicialmente en los trabajos anteriores (19,9%), se estima en este sector una alimentación del  $0,39 \text{ hm}^3/\text{año}$ , volumen que se aproxima notablemente a las salidas consideradas en 1976 ( $0,44 \text{ hm}^3/\text{año}$ ).

En el sector Romero no es posible determinar con exactitud sus recursos al desconocerse los caudales medios de la Fuente del Romero, aunque aplicando la misma tasa de infiltración del 19,9% se estima un valor medio de recarga de  $0,17 \text{ hm}^3/\text{año}$ .

### 11.10.5.4 RECURSOS DISPONIBLES

Según la información recogida en los inventarios de la zona sólo se aprovecha parte de los recursos del acuífero, en concreto los asociados a los puntos 2933-5-12, 18,19 y 2933-6-23, que representan el 45-55% de la alimentación media anual. El resto alcanza el río La Torre o la red fluvial de la margen izquierda del río Seco.

Para aprovechar estos recursos en usos próximos, sería necesario derivar los volúmenes no utilizados antes de que alcancen los cauces de la zona y/o perforar nuevos sondeos para regular los caudales de acuerdo con la estacionalidad de la demanda. Hay que considerar que la puesta en marcha de pozos puede provocar una merma de los caudales disponibles por los aprovechamientos existentes debido a las posibles afecciones que se puedan provocar sobre sus surgencias.

De acuerdo con las características hidroquímicas de las aguas de este acuífero, que se describen en el epígrafe siguiente, los recursos no utilizados se pueden aplicar en usos agrícolas o no restringidos del abastecimiento de Jijona (riego de zonas verdes, baldeo de calles, recreativos, etc.) si no se tratan previamente al superar el límite máximo que establece el RD140/2003 en lo referente a sulfatos ( $> 320 \text{ mg/l}$  frente a los  $250 \text{ mg/l}$  del RD).

## 11.10.6 HIDROQUÍMICA E ISÓTOPOS ESTABLES

### 11.10.6.1 HIDROQUÍMICA

Los datos hidroquímicos disponibles indican que las aguas tienen facies sulfatadas, sulfatado-cloruradas o sulfatado-bicarbonatadas mixtas o sódico-cálcicas (ver Figura nº 149) y CE entre 1.200 y 1.600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ver Tabla nº 85). Estas facies y salinidades podrían justificarse por aportes de aguas superficiales al acuífero, ya que en la estación JUN603, situada aguas abajo en la confluencia de los ríos La Torre y Monnegre, tienen facies sulfatadas y/o sulfatado-cloruradas sódico-cálcicas, o por el contacto de los materiales acuíferos con el Trías, que confiere al agua una mayor salinidad.

Tabla nº 85.- Determinaciones analíticas realizadas en 2009. Acuífero de Almaens

Punto	Fecha	B (mg/l)	Br (mg/l)	Ca (mg/l)	Cl (mg/l)	CO <sub>3</sub> H (mg/l)	C ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	DQO	F	K (mg/l)	Li (mg/l)
293350012	13-05-09	0,423	0,470	81	148	132	1.243	1,7	0,920	4,0	0,110
293350012	20-05-09	0,474	0,480	81	149	142	1.297	1,8	1,020	5,0	0,120
293350012	07-10-09	0,395	0,397	97	129	239	1.272	2,0	0,975	6,0	0,110
293350012	19-10-09						1.500				
293350029	09-07-09	0,795	0,484	142	230	281	1.591	1,3	0,811	6,0	0,170

Punto	Fecha	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/l)	pH	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	Sr (mg/l)	T (°C)
293350012	13-05-09	53	105	5	0,000	7,4	19,8	310	10,1	
293350012	20-05-09	56	118	4	0,000	7,6	20,7	320	10,8	
293350012	07-10-09	54	130	9	0,000	8,0	23,3	320	9,1	19,1
293350012	19-10-09									23,1
293350029	09-07-09	79	144	3	0,000	7,6	17,5	380	8,7	

En el punto 2933-5-12 del sector Almaens la facies, entre mayo y julio de 2009, pasa de sulfatada mixta a sulfato-bicarbonatada sódico-cálcica. Las relaciones iónicas (ver Tabla nº 86) muestran disolución de carbonatos al aumentar los ratios  $r\text{Mg}/r\text{Ca}$ ,  $r\text{Cl}/r\text{HCO}_3$ ,  $r\text{Ca}/r\text{Cl}$  y  $r\text{Mg}/r\text{Cl}$  e intercambio iónico de ablandamiento por lavado de sales al disminuir el icb y los ratios  $r\text{Na}/r(\text{Ca}+\text{Mg})$ ,  $r\text{Na}/r\text{Mg}$  y  $r\text{Na}/r\text{Cl}$  (se mantiene el ratio  $r\text{Na}/r\text{Ca}$  por la disolución de carbonatos).

Tabla nº 86.- Relaciones iónicas. Acuífero de Almaens

Punto	Fecha	rK/ rNa	rMg/ rCa	rSO <sub>4</sub> / rCl	rCl/ rHCO <sub>3</sub>	rNa/ rCa	rNa/ (rCa+rMg)	rNa/ rMg	icb	rBr/ rCl	rCa/ rCl	rMg/ rCl	rNa/ rCl	rNO <sub>3</sub> / rCl	kr
293350012	13-05-09	0,022	1,08	1,55	1,93	1,13	0,54	1,04	-0,120	0,0014	0,97	1,05	1,10	0,019	2,67
293350012	20-05-09	0,025	1,14	1,59	1,80	1,27	0,59	1,11	-0,253	0,0014	0,96	1,10	1,22	0,015	2,80
293350012	07-10-09	0,027	0,92	1,83	0,93	1,17	0,61	1,27	-0,598	0,0014	1,33	1,23	1,56	0,040	4,21
293350029	09-07-09	0,025	0,92	1,22	1,41	0,88	0,46	0,96	0,010	0,0009	1,10	1,01	0,97	0,007	5,32

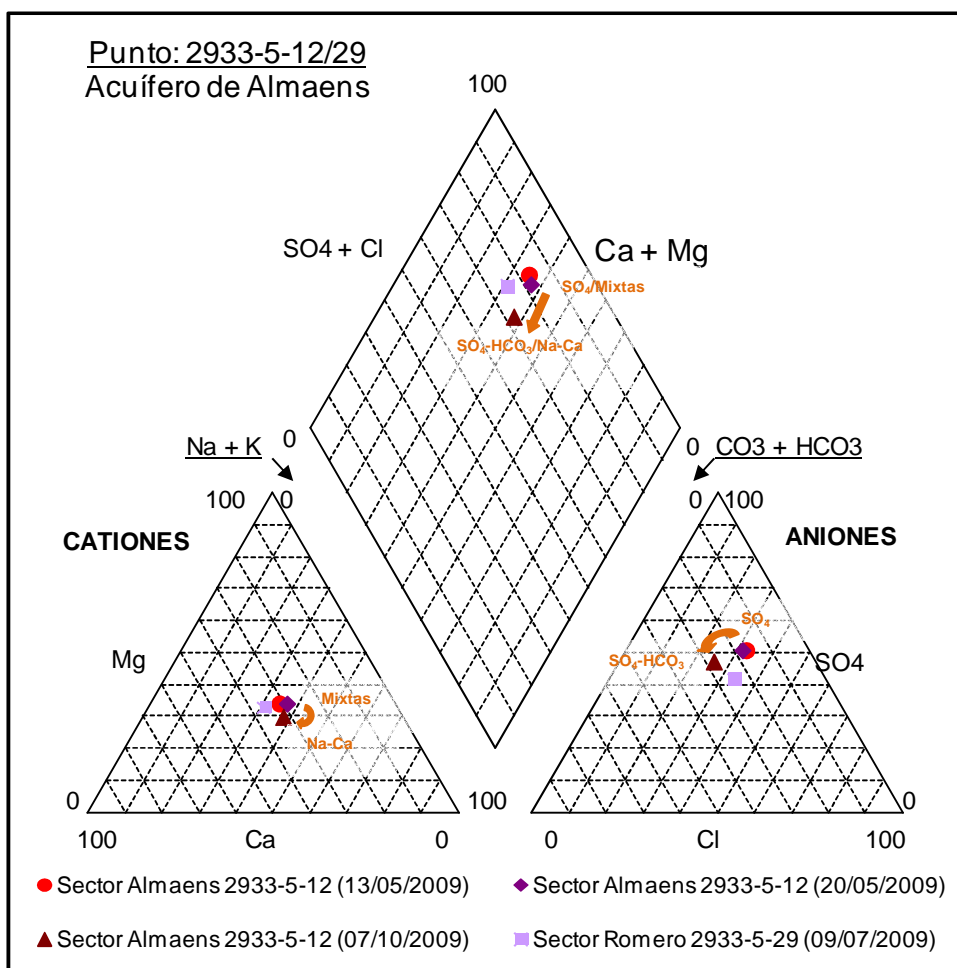


Figura nº 149.- Diagrama de Piper. Acuífero de Almaens

En general, las surgencias de este acuífero no tienen problemas para ser utilizadas en aprovechamientos agrícolas, pero no pueden destinarse a abastecimiento sin tratamiento previo, al superar el límite máximo que establece el RD140/2003 en lo referente a sulfatos (> 320 mg/l frente a los 250 mg/l del RD).

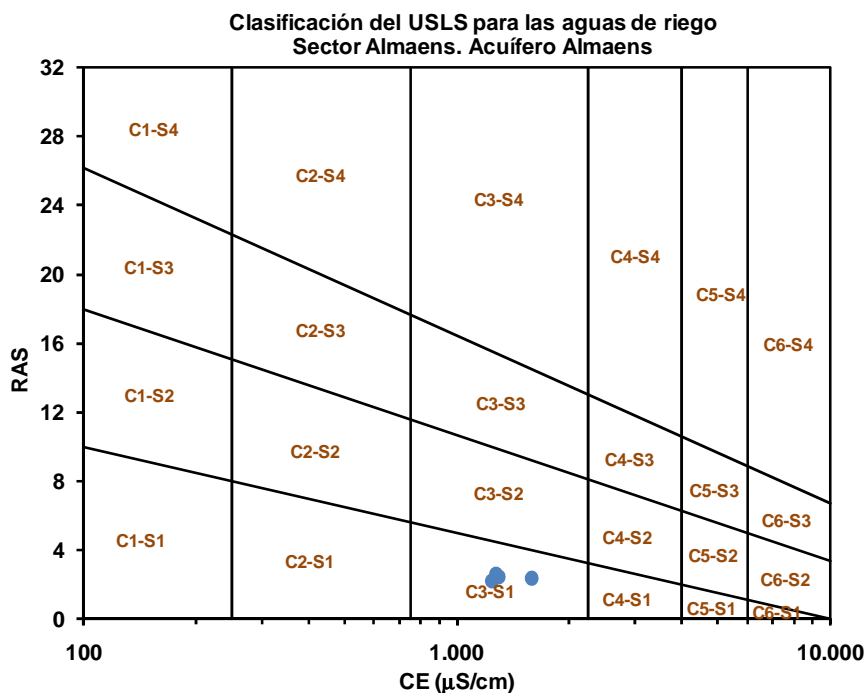


Figura nº 150.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Acuífero de Almaens

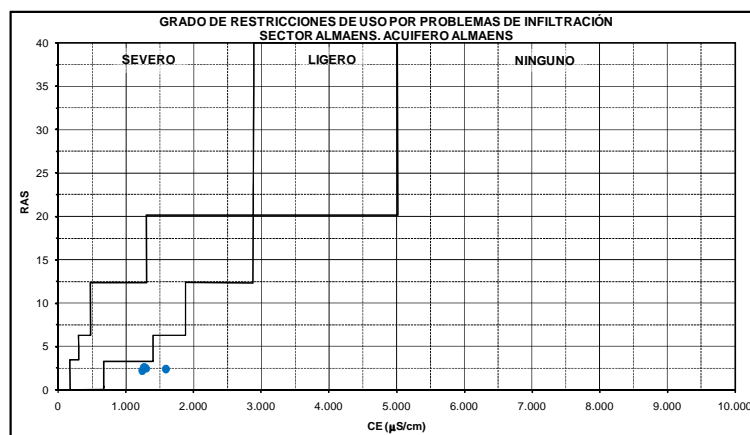


Figura nº 151.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO. Acuífero de Almaens

Atendiendo al uso agrícola, se trata de agua clasificada como C3S1, según el USLS, es decir, con un riesgo de salinización del suelo alto y riesgo de alcalinización bajo (ver Figura nº 150). Por su parte, según la clasificación de la FAO, no hay riesgo de causar problemas de infiltración (ver Figura nº 151). Los contenidos medios de Na y Cl (5,70 y 5,25 meq/l, respectivamente) en el acuífero de Almaens suponen una toxicidad ligera o moderada para su uso en el riego por superficie o por aspersión, mientras que las bajas concentraciones de B, NO<sub>3</sub> y HCO<sub>3</sub> que presentan (0,6 y 4,5 mg/l y 3,70 meq/l, respectivamente) no son tóxicas.

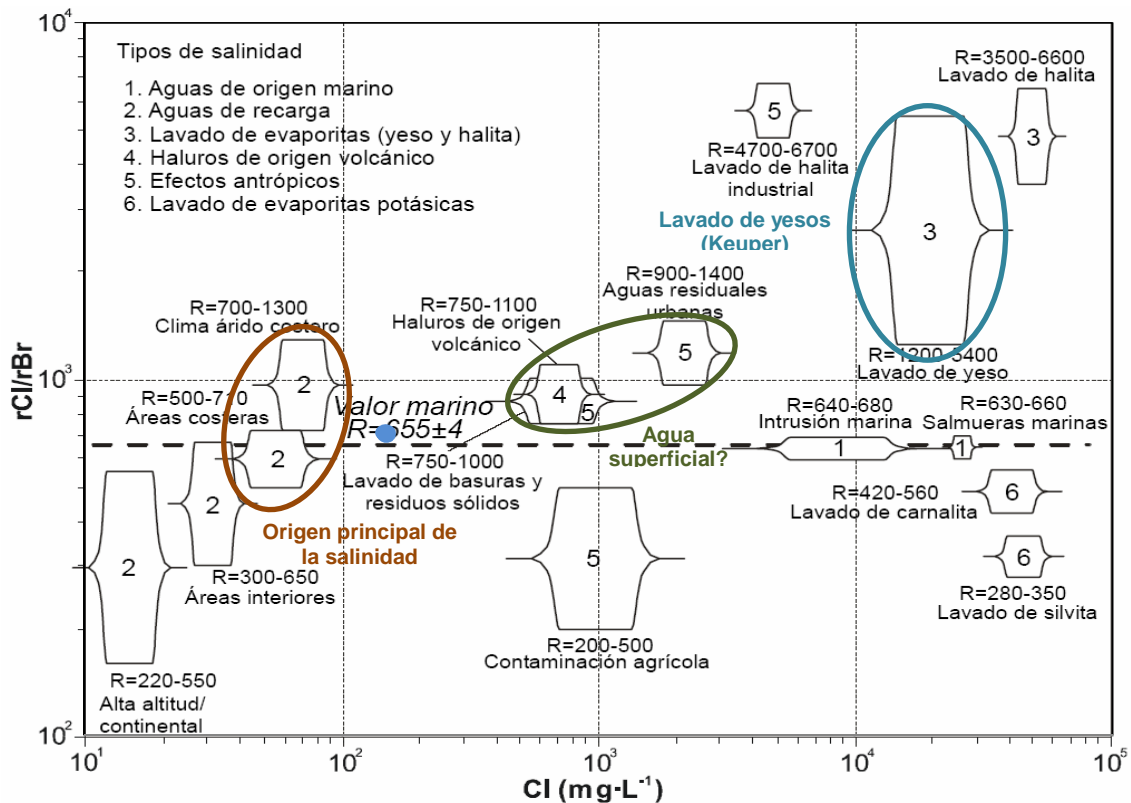


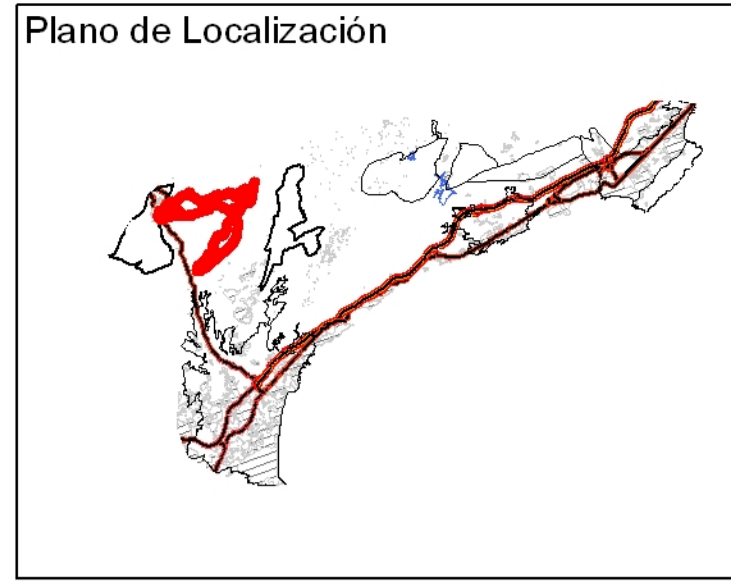
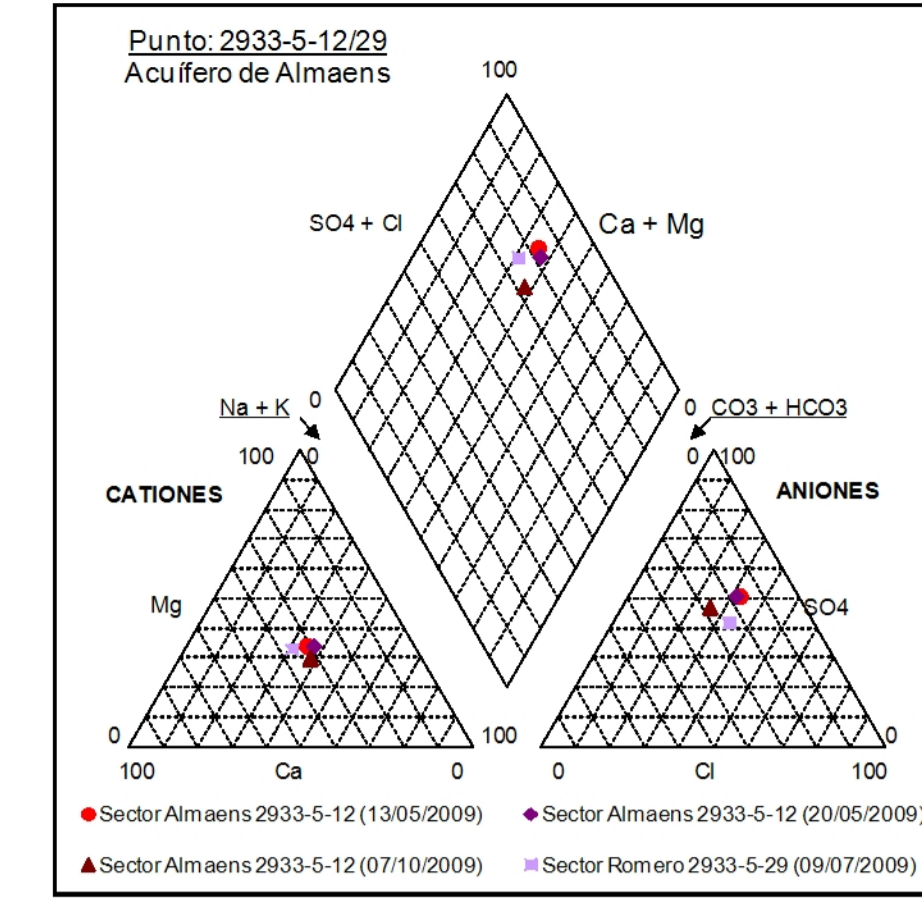
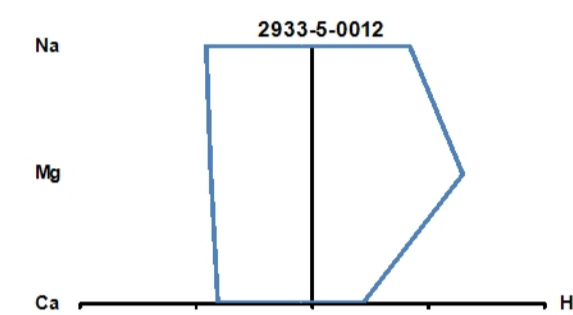
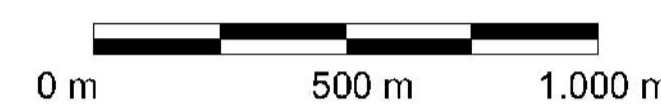
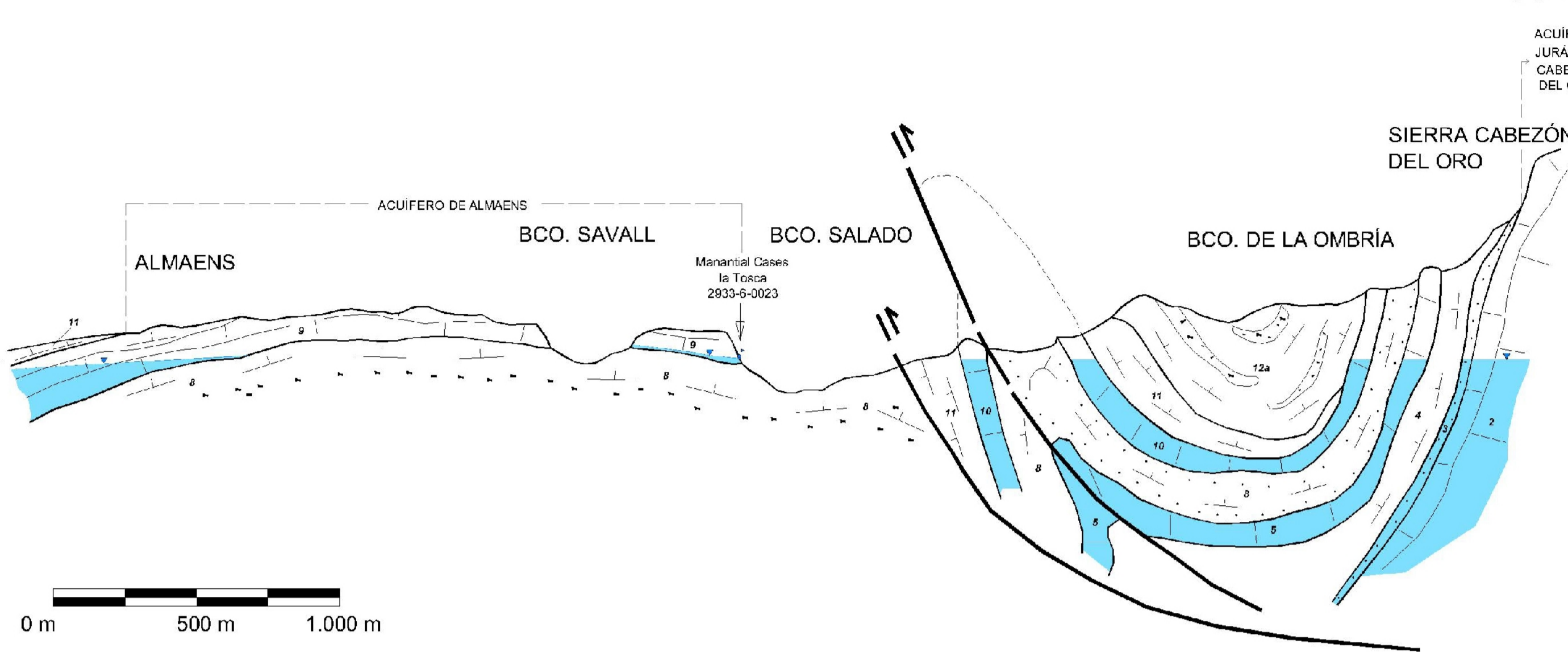
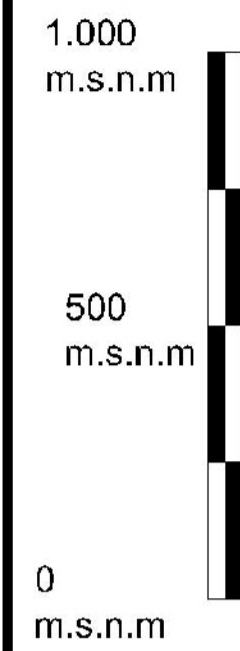
Figura nº 152.- Gráfico rCl/rBr vs. Cl. Acuífero de Almaens

De acuerdo con la relación entre la concentración de Cl y el ratio rCl/rBr (ver Figura nº 152), establecida por Alcalá, F.J. y Custodio, E. (2003) la salinidad de las aguas se debe a aguas de recarga (tipo 2), aunque el contenido de Cl indica que también se dan otros procesos modificadores, que pueden asociarse al lavado de sales (origen de salinidad tipo 3) y/o con infiltración de aguas superficiales como muestran los resultados isotópicos obtenidos.

En el estudio realizado en 2006 por el IGME y la DPA se toma una muestra en junio de 2006 en el pozo Romero (código 2933-5-24 según ese trabajo que, según sus coordenadas, XUTM: 719.862-YUTM: 4.264.032, debe corresponder al 2933-5-22), como representativa del sector Romero. El análisis arrojó una salinidad muy elevada (CE de 8.714  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), asociada al lixiviado de las evaporitas del Trias Keuper que afloran en el entorno del pozo. Sin embargo, este punto no capta el acuífero de Almaens al estar emboquillado en las formaciones de su base impermeable, por lo que los resultados analíticos obtenidos no son representativos.

La vulnerabilidad del acuífero se puede considerar alta debido al carácter calizo-dolomítico de las formaciones permeables que lo definen.



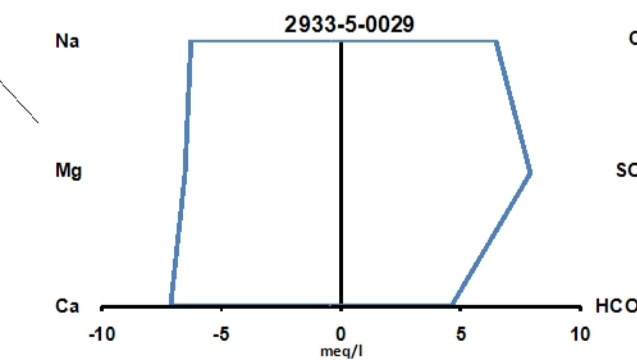
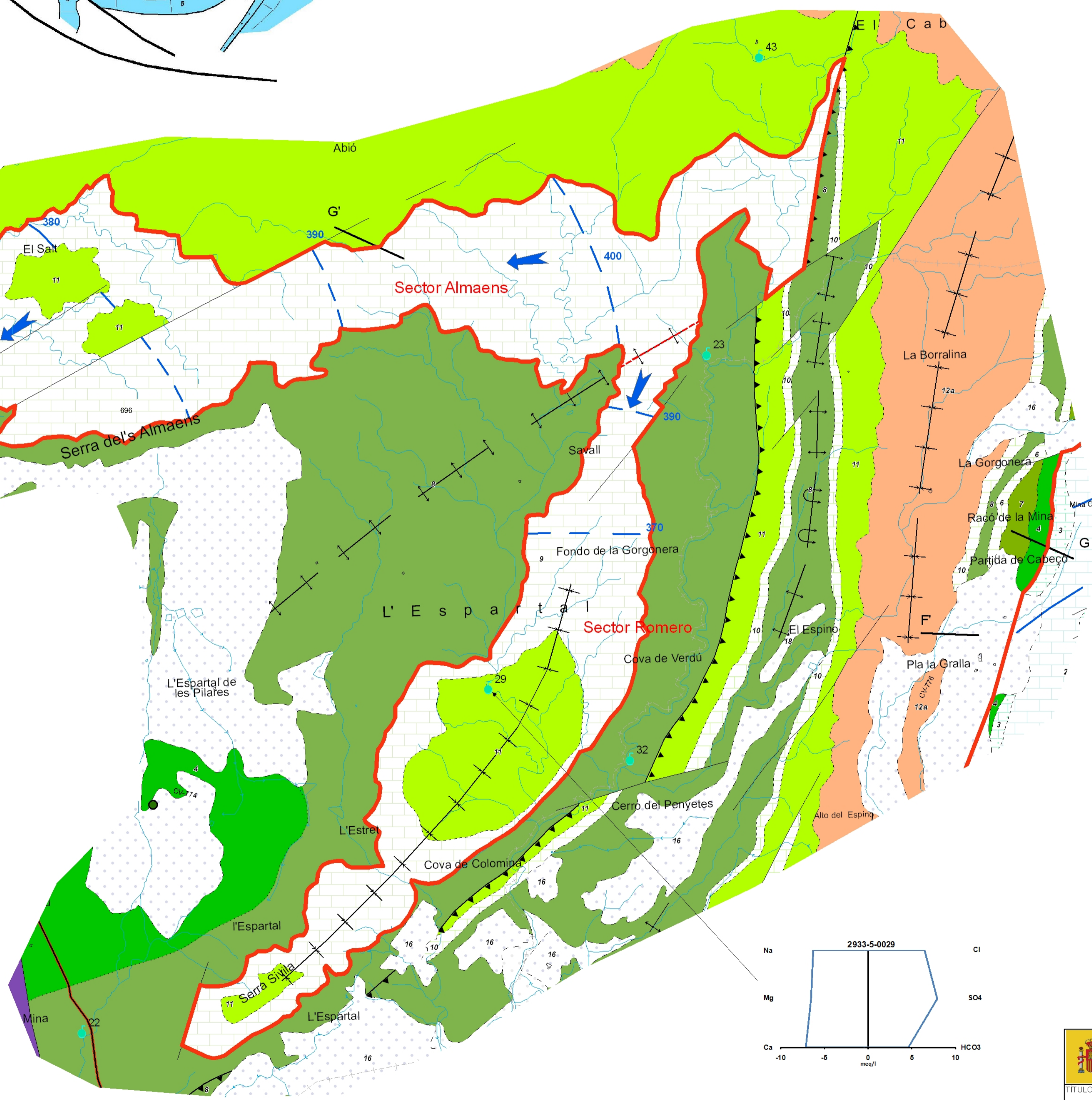


Balance Hídrico

Sector	Entradas					Salidas					Recursos (hm <sup>3</sup> /año)	
	Llu	Rr	Pa	Sub	Total	Man	Bo	Sub	Río	Mar	Total	Utilizados
Almaens	0,39	--	--	--	0,39	0,39	--	--	--	--	0,39	0,56
Romero	0,17	--	--	--	0,17	0,17	--	--	--	--	0,17	0,27
<b>Totales</b>	<b>0,56</b>	--	--	--	<b>0,56</b>	<b>0,56</b>	--	--	--	--	<b>0,56</b>	<b>0,27</b>

**LEYENDA LITOLÓGICA**

ERA	PERIODO	Permeable		DESCRIPCIÓN
		19	18	
CUATERNARIO		Permeable	Permeable	
		Permeable	Permeable	
		Permeable	Permeable	
		Permeable	Permeable	
TERCIARIO	NEÓGENO	FLUOCENO	Permeable	19. Arenas y gravas litorales
		MIOCENO	Permeable	18. Aluvial. Depósitos fondo de valle
	PALEÓGENO	15	Permeable	17. Terrazas aluviales
		12a	Permeable	16. Arenas, gravas y limos rojos localmente encostados. Glacis
		13	Permeable	15. Limos rojos, conglomerados y costras calcáreas
		12b	Permeable	14. Areniscas y calcarenitas
		11	Permeable	13. Margas y brechas
		10	Permeable	12b. Calcarenitas
CRETÁCICO	SUPERIOR	SENOMIENSE	Permeable	12a. Margas con niveles de calcarenitas
		TURONIENSE	Permeable	11. Margocalizas y margas blancas y rosadas
		CENOMANIENSE	Permeable	10. Calizas tableadas blancas
		ALBIENSE	Permeable	9. Calizas, dolomías y brechas
	INFERIOR	APTIENSE	Permeable	8. Margas y margocalizas arenosas con erizos
		NEOCOMIENSE	Permeable	7. Margas, calizas y calcarenitas
		APTIENSE	Permeable	6. Calizas arrecifales con rudistas
		NEOCOMIENSE	Permeable	5. Calcarenitas y areniscas
JURÁSICO	MALM	TITHONICO	Permeable	4. Margas margocalizas grises con Ammonites
		HIMMERIDIENSE	Permeable	3. Calcarenitas
	TRÍASICO		Permeable	2. Calizas grises
		Permeable	1. Arcillas vesicolores con yesos y dolomías	



**Legenda**

**Inventario de puntos de agua**

**Piezometría**

- Calidad
- Explotación
- Piezometría
- Manantiales

**Acuíferos límites**

- Límite de acuífero abierto
- Límite de acuífero cerrado
- Sectores de Acuíferos
- Cortes geológicos

**Contactos**

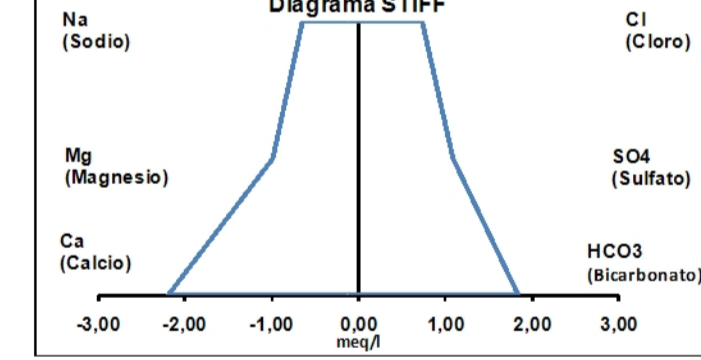
**Layer**

- Dirección y buzamiento
- Estratificación invertida
- Estratificación vertical
- Anticinal
- Anticinal tumbado
- Sinclinal
- Cabalgamiento
- Cabalgamiento supuesto
- Contacto concordante
- Contacto difuso
- Contacto discordante
- Contacto mecánico

**Cartografía**

**Layer**

- Autovía
- Carreteras
- Carreteras
- Level 44
- Level 46
- Embalses
- Zonas urbanas
- Isopiezas (Feb-Mayo)
- Flujo subterráneo



GOBIERNO DE ESPAÑA  
MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN  
Instituto Geológico y Minero de España  
DIPUTACIÓN DE ALICANTE

TÍTULO DEL PROYECTO:  
CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLOGICA DE LA UNIDAD DE ORCHETA, MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA 080.072 ORCHETA Y 080.073 SAN JUAN-BENIDORM EXPEDIENTE: 1540/08

ESCALA: TÍTULO DEL PLANO:  
**ACUÍFERO DE ALMAENS**

DIRECCIÓN DEL PROYECTO: FECHA:  
BRUNO J. BALLESTEROS NAVARRO DICIEMBRE 2009  
LUIS RODRIGUEZ HERNANDEZ

**ACUIF. 2**  
HOJA 1 DE 1

### 11.10.6.2 ISÓTOPOS ESTABLES

Los resultados isotópicos obtenidos en la muestra de la Fuente del Salt (2933-5-12) no permiten estimar una altitud de recarga coherente debido a fenómenos de evaporación previa que originan el enriquecimiento en isótopos pesados (caso típico de las aguas superficiales).

En el estudio realizado por el IGME en 2006 “Determinación del Funcionamiento Hidrogeológico y Balance, Caracterización Hidroquímica y Evaluación de Recursos de los Acuíferos de la Unidad de Barrancones-Carrasqueta (Alicante)” se llevó a cabo el muestreo de la Fuente Santa Bárbara (2933-5-19), situado en el sector Almaens. Los resultados fueron los siguientes:

XUTM	YUTM	Cota (m s.n.m.)	Fecha Toma	<sup>3</sup> H (UT)	δ <sup>2</sup> H (‰)	δ <sup>18</sup> O (‰)	d (‰)
718.271	4.267.805	322	28/6/2008	2,77	-32,6	-6,23	17,3

Estos datos permitieron localizar la zona de recarga entre los 400 y 500 m s.n.m. (la cota de los afloramientos permeables se sitúa entre los 300 y los 700 m s.n.m., siendo la media de unos 500 m s.n.m.) y muestran que el agua no sufre fenómenos previos a la infiltración que modifiquen su contenido isotópico. Se trata de un agua meteórica de origen Mediterráneo. El contenido de <sup>3</sup>H indicaba que las aguas drenadas por esta surgencia se han infiltrado muy recientemente (2 ó 3 años).

## 11.11 ACUÍFERO JURÁSICO DE CABEZÓN DEL ORO

### 11.11.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS GENERALES

El acuífero Jurásico de Cabezón del Oro coincide prácticamente con la Sierra del Cabeço d'Or, pequeño relieve con dirección N-S situado entre el barranco de Aigües, al este, y el de l'Ombría, al oeste. En las inmediaciones de la sierra se sitúan las poblaciones de Busot y Aigües, ubicándose en esta última el antiguo Balneario de Busot.

Las elevaciones topográficas más significativas corresponden a Cabeço d'Or (1.209 m s.n.m.), Peñón de Barbero o del Llam (812 m s.n.m.), Alto del Ginebral (809 m s.n.m.), Cerro Salmitre (801 m s.n.m.) y Alto Salmitre (625 m s.n.m.).

El acuífero tiene forma alargada, con unos 9,2 km de longitud y una anchura media próxima a 1,5 km (máximo de 3,5 km y mínimo de 0,3 km), y ocupa una extensión de 13,57 km<sup>2</sup> de los municipios de Aigües, Alicante, Busot y Jijona (comarca de L'Alicantí) y Relleu (comarca de La Marina Baixa), situados en la parte centro-oriental de la provincia de Alicante (ver Tabla nº 87).

**Tabla nº 87.- Extensión de municipios y comarcas.  
Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro**

Municipio	Comarca	S (km <sup>2</sup> )
Aigües		1,85
Alicante	L'Alacantí	1,28
Busot		6,68
Jijona		0,60
		<b>10,41</b>
Relleu	La Marina Baixa	<b>3,16</b>

Los afloramientos permeables tienen una extensión próxima a los 10,27 km<sup>2</sup>, sobre los que se asientan mayoritariamente matorrales (ver Tabla nº 88).

**Tabla nº 88.- Usos del suelo sobre afloramientos  
permeables. Acuífero Jurásico Cabezón del Oro**

Uso del suelo permeable	S (km <sup>2</sup> )
Bosque	0,59
Cultivos herbáceos de secano	0,07
Improductivo	0,14
Matorral	9,38
Urbano (Busot)	0,08
Otros	0,01
<b>TOTAL</b>	<b>10,27</b>

En 1978 el IGME-IRYDA realizan una síntesis hidrogeológica en la que se define por primera vez este sistema. Además, queda reflejada la fuerte explotación a que se vio sometido, que produjo un notable descenso del nivel y, como consecuencia inmediata, el secado de las surgencias del Balneario de Busot.

Posteriormente, en 1982, el IGME y la DPA amplían y actualizan los trabajos anteriores, y realizan un seguimiento durante el tiempo transcurrido entre ambos trabajos, que los complementa con aspectos hidroquímicos.

Con el objetivo de efectuar captaciones para el abastecimiento de las poblaciones situadas alrededor de la Sierra del Cabeço d'Or, el IGME realizó un nuevo estudio en 1987, en el que además de actualizar la situación en la que se encontraba el acuífero, definió un perímetro de protección y llegó a establecer una cierta compartimentación en varios bloques.

Los estudios realizados entre 1992 y 1995 muestran que el sistema experimentó un cambio de tendencia, pasando de estar sobreexplotado a una fase de equilibrio e incluso, en ciertos periodos, de ligera recuperación.

En 1997, José Miguel Andreu Rodes, en su Tesis doctoral “Contribución de la Sobreexplotación al Conocimiento de los Acuíferos Kársticos de Crevillente, Cid y Cabeço d'Or (Provincia de Alicante)”, considera que la mineralización de las aguas del acuífero está relacionada con procesos de disolución de sales evaporíticas, junto a otros como la disolución/precipitación de carbonatos, y que las temperaturas de base más probables se sitúan entre 40 y 90°C. También constata que el acuífero se encuentra en equilibrio o es ligeramente excedentario.

### 11.11.2 LITOLOGÍA Y GEOMETRÍA

El acuífero está formado por más de 250 m de calizas grises jurásicas del Malm (8,86 km<sup>2</sup>) y por unos 55-80 m de calcarenitas del Neocomiense (1,41 km<sup>2</sup>). La base impermeable del acuífero corresponde a las arcillas y limolitas con bloques de dolomías y yesos del Triásico, mientras que el techo del mismo lo constituyen las margas y margocalizas grises con ammonites del Neocomiense-Aptiense.

La estructura del acuífero es la de un anticlinal vergente al este, de dirección N20E, en cuyo núcleo se encuentran los afloramientos jurásicos.

Los límites son cerrados y están definidos por formaciones impermeables del Cretácico y Terciario. El límite occidental coincide con el flanco verticalizado del pliegue que define la estructura del acuífero. El límite oriental se encuentra afectado por una escama jurásica con la misma vergencia general. Hacia el norte, ambos límites alcanzan una de las fallas del accidente de Finestrat, mientras que hacia el sur el pliegue está afectado por varias fallas transversales de importante salto vertical que ponen en contacto a las formaciones jurásicas con materiales margosos cretácicos.

**Tabla nº 89.- Extensión de formaciones geológicas aflorantes. Acuífero Jurásico Cabezón del Oro**

Formación	Edad	S (km <sup>2</sup> )
Calizas grises	Malm	8,86
Calcarenitas	Neocomiense	1,41
Margas margocalizas grises con Ammonites	Neocomiense-Aptiense	0,55
Calizas arrecifales con rudistas		0,11
Margas, calizas y calcarenitas	Albiense	0,48
Margas, margocalizas arenosas con erizos		0,23
Calizas tableadas blancas	Cenomaniense-Senoniense	0,07
Arenas, gravas y limos rojos localmente encostrados. Glacis	Plioceno-Pliocuaternario	1,83

Formación	Edad	S (km <sup>2</sup> )
Aluvial. Depósitos de fondo de valle	Cuaternario	0,04
<b>TOTAL</b>		<b>13,58</b>

### 11.11.3 PARÁMETROS HIDRÁULICOS

En los afloros realizados entre 1983 y 2007 en los sondeos 2933-6-4, 7 y 27 (enero de 1991, julio de 2007 y junio de 1983, respectivamente), que captan el Jurásico, se estiman transmisividades comprendidas entre 500 y 2.000 m<sup>2</sup>/día (ver Tabla nº 90).

Tabla nº 90.- Resumen de afloros. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro

Punto	Fecha	Tipo ensayo	Q (l/s)	Tiempo bombeo (min)	Nivel inicial (m)	Nivel final (m)	T (m <sup>2</sup> /día)	S	Observaciones
2933-6-4	8-1-91	Q escalonado	15	60	265,36	270,16	480		Arrastres al inicio. Agua clara al final. En minuto 880 se pone en marcha 2933-6-27
			30	120	270,16	284,26	480		
			40	1.320	284,26	299,61	490		
2933-6-7	12-7-07	Q escalonado	30	60	294,40	298,90	1.600		Se toma muestra de agua
			50	220	298,90	302,19	1.600		
			75	980	302,19	311,09	2.000		
		Recuperación	68,5	3.930	311,09	294,38	2.200		
2933-6-27	3-6-83	Q constante	27	300	259,70	273,92	1.200		
2933-6-30	12-9-94	Q constante	5	960	41,20	47,97	14		Efecto barrera impermeable
		Recuperación	5	65	47,97	44,61			
		Q escalonado	10	380	44,61	54,95	9		
			15	3.200	54,95	88,46	6		
		Recuperación	12,3	4.000	88,46	68,10	23		

También, en un pozo situado en el borde del acuífero (2933-6-30), que debe captar únicamente formaciones cretácicas del borde del acuífero Jurásico, se realizó una prueba de bombeo en septiembre de 1994 con la que se estimó una transmisividad inferior a 20 m<sup>2</sup>/día. Durante el desarrollo de esta última se detecta un incremento de la tendencia de descensos debido a la presencia de una barrera impermeable y, en la recuperación, un efecto de vaciado.

En el modelo matemático realizado por el IGME y la DPA en 1996 en el proyecto “Evaluación de las Disponibilidades Hídricas y Generación de Series Históricas en el Acuífero Jurásico de Cabezón de Oro (Alicante)”, se estima a partir de la calibración y validación un coeficiente de almacenamiento del 3,5%.

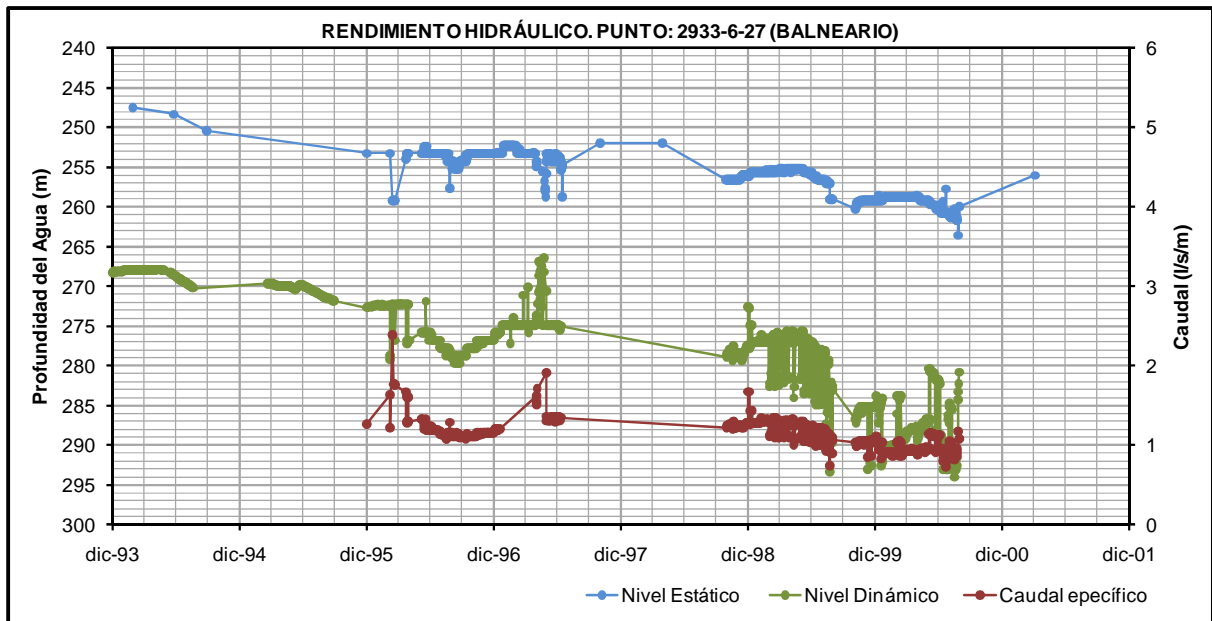


Figura nº 153.- Evolución del caudal específico en el pozo 2933-6-2

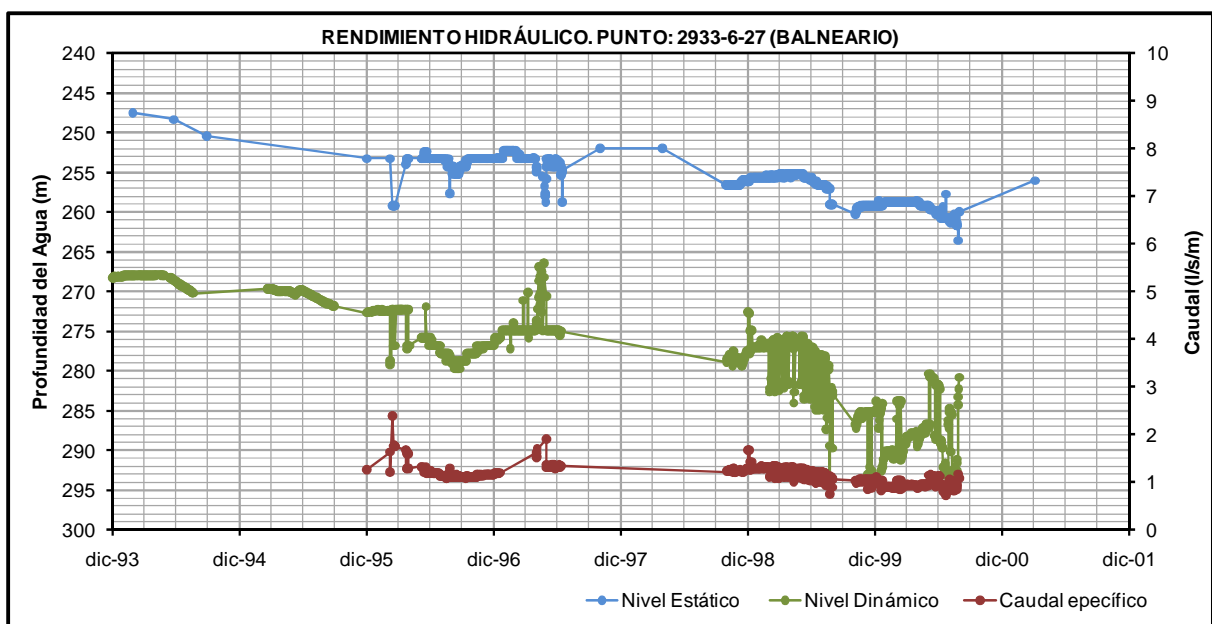


Figura nº 154.- Evolución del caudal específico en el pozo 2933-6-27

De los puntos 2933-6-2 (pozo Racó Amplé o Cabezón) y 2933-6-27 (sondeo Balneario) se dispone de la información necesaria para relacionar la evolución de la profundidad del agua con el caudal específico bombeado. En el primero (ver Figura nº 153) se aprecia que el caudal específico se ha mantenido entre 2003 y 2009 prácticamente constante (próximo a 2 l/s/m de descenso), a pesar de haber descendido los niveles en torno a 20 m, lo que indica que las cotas de aporte al sondeo se localizan a una profundidad mayor.

Por su parte, en el punto 2933-6-27 se aprecia un descenso del caudal específico entre 1996 y 2000 de valores próximos a 1,5 l/s/m a ligeramente inferiores a 1 l/s/m (ver Figura nº 154) con el abatimiento progresivo de los niveles (el sondeo atraviesa prácticamente desde su inicio las calizas del Jurásico).

#### 11.11.4 PIEZOMETRÍA

Hasta 1963 la descarga se producía por manantiales y pozos de pequeña profundidad. A partir de esa fecha se perforaron numerosos sondeos para riego que llegaron a detraer hasta 10 hm<sup>3</sup>/año (1974-1977), provocando fuertes descensos de nivel, estimado en 200-250 m desde el inicio de la explotación.

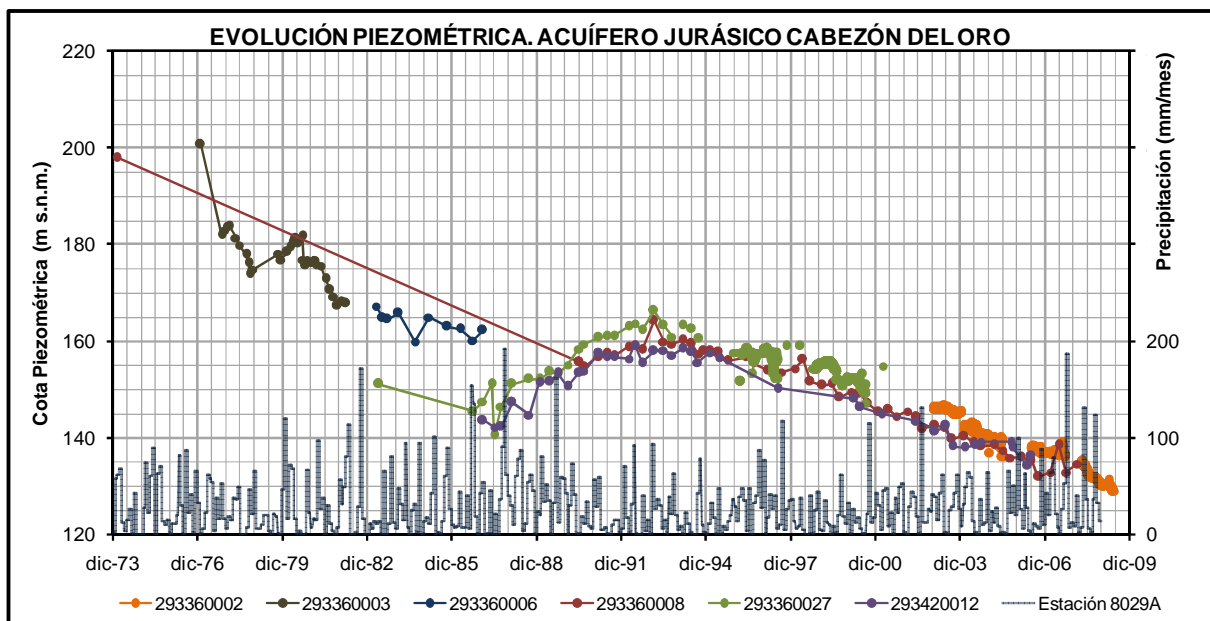


Figura nº 155.- Evolución de niveles. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro

Desde hace unos años, la cota piezométrica es conocida a partir de varios puntos de control localizados en la mitad sur del acuífero, algunos con medidas desde el comienzo de los años setenta. Del análisis de sus series temporales (ver Figura nº 155) se deduce una tendencia descendente a partir de 1974 y hasta 1980 (de 200 a 155 m s.n.m.), debido a la intensa explotación del sistema. Le sigue un periodo de estabilización de niveles entre 1980

y 1985 (según el punto del que se trate la cota piezométrica se localiza entre 140 y 150 m s.n.m.), posiblemente al igualarse las extracciones a los recursos del acuífero. Posteriormente, entre 1985 y 1990, se produce un ascenso de niveles (hasta los 160-165 m s.n.m.) al sumarse al efecto de la reducción de extracciones con el provocado por el aumento de las precipitaciones. Entre 1990 y 1998 los niveles se mantienen prácticamente estabilizados entre los 155 y 165 m s.n.m. Por último, desde 1998 hasta la fecha, se observa una nueva tendencia descendente, situándose la piezometría en 2008 a unos 130 m s.n.m. Este último hecho se asocia a una reducción de las precipitaciones o a un aumento de las extracciones, aunque los datos aportados por los usuarios del acuífero no lo pongan de manifiesto.

En la gráfica anterior, también se observa durante el periodo 1985-1990 un retardo del ascenso de nivel con respecto a la precipitación debido, probablemente, a la inercia del sistema, aunque la información y datos disponibles hasta la fecha no permiten confirmar este hecho. Para ello es necesario llevar a cabo trabajos complementarios de detalle, entre los que se incluye el estudio de la evolución de niveles del pozo Racó Amplé (2933-6-2), donde DPA instaló en 2003 un dispositivo de medición continua.

En los sondeos en explotación situados al norte del Balneario de Busot las cotas piezométricas (en torno a 150-160 m s.n.m. en marzo-mayo de 2009) superan a las de las captaciones ubicadas en la ladera oriental del Alto de Salmitre (en torno a 140 m s.n.m.).

El trazado de isopiezas, a partir de los datos disponibles (de marzo-mayo de 2009), muestra la existencia de un flujo de sentido N-S, hacia el campo de pozos del Alto de Salmitre, y un cono de depresión creado por los situados al norte del Balneario de Busot. Entre la zona de recarga y los pozos del Cerro de Salmitre de Aigües el flujo subterráneo alcanza la máxima profundidad debido a la estructura geológica de la zona. Estos pozos captan las formaciones permeables de la escama jurásica del borde oriental del acuífero, hidráulicamente conectada en profundidad con las formaciones jurásicas de Cabeço d'Or, por lo que las aguas presentan temperaturas elevadas (ver Figura nº 156).

#### **11.11.5 FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA**

Casi la totalidad de la descarga natural de este sistema se producía por su sector meridional. De acuerdo con los antecedentes disponibles, la mayor concentración de manantiales se encontraba en las inmediaciones de Aigües, aunque también existieron surgencias relacionadas con este acuífero algo más al sur, concretamente en las proximidades del Alto de Salmitre y en la localidad de Busot.

A partir de 1963, en los alrededores del Balneario comenzaron a perforarse captaciones para extraer el agua del acuífero. Rápidamente proliferaron, extendiéndose hacia el sur hasta llegar al Barranco de Salmitre. En poco tiempo los bombeos superaron las entradas y los manantiales dejaron de brotar, por lo que las salidas del sistema se deben, única y exclusivamente, a las efectuadas por los bombeos.



En la actualidad existe una situación de estabilidad debido a que durante estos últimos años el destino del agua ha cambiado de un uso original para regadío al abastecimiento a poblaciones y urbanizaciones.

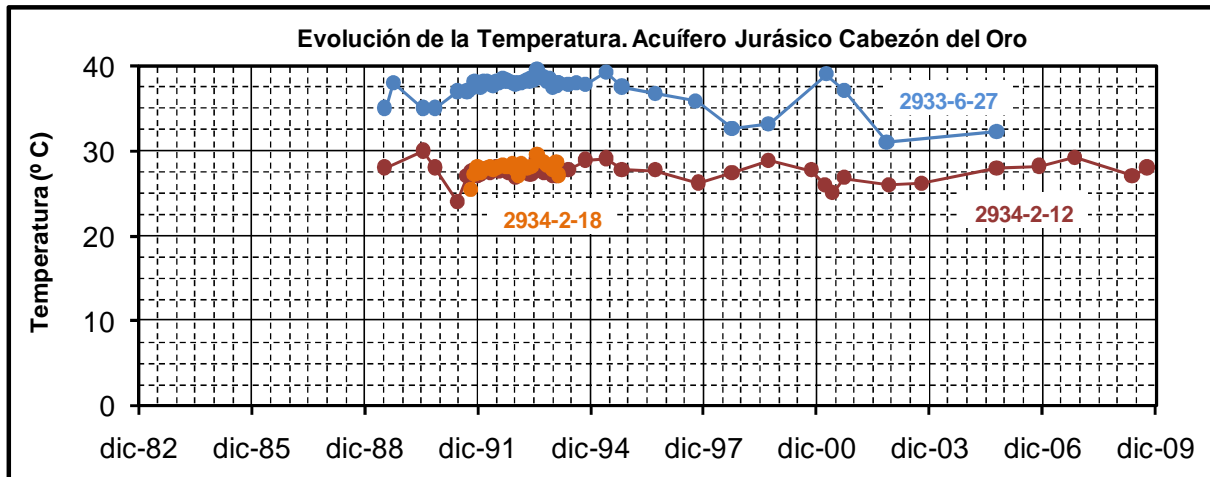


Figura nº 156.- Evolución de la temperatura medida "in situ". Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro

La temperatura del agua (ver Figura nº 156), las determinaciones isotópicas del carbono y las estimaciones del tiempo de residencia, permiten afirmar que el agua circula en profundidad desde las áreas de recarga hasta los puntos de aprovechamiento, lo que, además, da lugar a un cambio de la facies hidroquímica desde bicarbonatadas cálcica (típica de este tipo de acuíferos) a sulfatadas cálcicas por una posible disolución de yesos del Keuper, que conforman la base del acuífero (aunque no afloran en su entorno). También origina una temperatura anormalmente elevada (las estimaciones realizadas mediante geotermómetros empíricos, en concreto con sílice-cuarzo, indican temperaturas de la roca por la que circula el agua de unos 60-70° C).

Las isopiezas de marzo-mayo de 2009 muestran la existencia de una dirección de flujo de sentido N-S, hacia el Alto de Salmitre, donde se encuentran los sondeos de Busot, donde el agua incrementa su temperatura. El agua que circula hacia el área de Busot alcanza menor temperatura.

### 11.11.6 BALANCE HÍDRICO

#### 11.11.6.1 DETERMINACIÓN DE INFILTRACIÓN NATURAL

La infiltración natural se debe exclusivamente a la percolación del agua de lluvia caída sobre los afloramientos de las formaciones permeables que definen el acuífero: las calizas grises del Malm y las calcarenitas del Neocomiense.

Para su estimación, se ha aplicado el balance hídrico de la estación 8029 (ver Tabla nº 91) a los afloramientos permeables no urbanizados (10,19 km<sup>2</sup> de 10,27 km<sup>2</sup>).

**Tabla nº 91.- Estimación de la infiltración del agua de lluvia. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro**

P (mm/año)	ETR (mm/año)	RAU (mm)	P <sub>o</sub> (mm)	Lluvia Útil (mm/año)			% Infil./P	S (km <sup>2</sup> )	Entradas (hm <sup>3</sup> /año)
				Infil.	Escorr.	Total			
339,7	197,5	15	25	113,3	28,1	141,4	33,4	10,19	1,15

Como se desprende de la tabla anterior la alimentación del sistema por la infiltración de agua de lluvia se estima en 1,15 hm<sup>3</sup>/año. Este valor, aunque se aleja de los 0,45-0,70 hm<sup>3</sup>/año calculados por el IGME y la DPA en los trabajos que llevó a cabo entre 1980 y 1993 (en concreto “Estudio sobre las Posibilidades del Abastecimiento con Aguas Subterráneas al Municipio de Aguas de Busot”, 1980; “Estudio Hidrogeológico para la Mejor Gestión del Acuífero de Cabezón del Oro”, 1987 y “Estudio Hidrogeológico del Acuífero Cabezón del Oro y Posibles Alternativas de Gestión”, 1993), se aproxima a las últimas valoraciones que efectúan en 1996 esos Organismos en el estudio “Evaluación de las Disponibilidades Hídricas y Generación de Series Históricas en el Acuífero Jurásico de Cabezón de Oro”, en el que se estiman unos recursos para los años de tipo medio de 1,07 hm<sup>3</sup>/año, o a los 1,1-1,4 hm<sup>3</sup>/año que considera J.M. Andreu Rodes en su Tesis Doctoral “Contribución de la Sobreexplotación al Conocimiento de los Acuíferos Kársticos de Crevillente, Cid y Cabeço d'Or”, 1997.

También, en el estudio realizado por el IGME y la DPA en 1996 (Evaluación de las Disponibilidades Hídricas y Generación de Series Históricas en el Acuífero Jurásico de Cabezón de Oro), según la tipología climática del año hidrológico se establece el siguiente orden en la cuantía de la recarga natural del acuífero de Cabezón de Oro:

Años muy húmedos: 2,24 hm<sup>3</sup>/año

Años húmedos: 1,61 hm<sup>3</sup>/año

Años tipo medio: 1,07 hm<sup>3</sup>/año

Años secos: 0,63 hm<sup>3</sup>/año

Años muy secos: 0,51 hm<sup>3</sup>/año

Por otro lado, utilizando el método de balance de cloruros y los datos analíticos de las aguas de goteo de la Cueva de Canelobre (18,9 mg/l de cloruros), cavidad kárstica situada en el extremo suroeste de la Sierra de Cabeço d'Or, incluidos en la publicación de J. Cuevas González *et al.* (2007), y la concentración de cloruros del agua de lluvia de la zona (3,6 mg/l) se estima una tasa de infiltración del 20%, que aplicada sobre los afloramientos permeables del acuífero supone una alimentación natural de 0,69 hm<sup>3</sup>/año.

### 11.11.6.2 ANÁLISIS DE USOS DE AGUA

Como ya se ha comentado, hasta 1963 las salidas del sistema se producían por manantiales y pozos de pequeña profundidad. A partir de esa fecha se perforaron numerosos sondeos para riego que llegaron a detraer hasta 10 hm<sup>3</sup>/año (1974-1977), lo que provocó descensos de hasta 200-250 m. Esto dio lugar a un incremento del coste de extracción del agua, lo que motivó que los bombeos descendieran entre 1978 y 1983 a unos 2,4 hm<sup>3</sup>/año, a 1,5 hm<sup>3</sup>/año entre 1984 y 1986, a 0,9 hm<sup>3</sup>/año en el periodo 1987-2001 y algo menos de 0,6 hm<sup>3</sup>/año de 2002 a 2008, en su mayoría destinadas para cubrir las demandas de agua potable de la población.

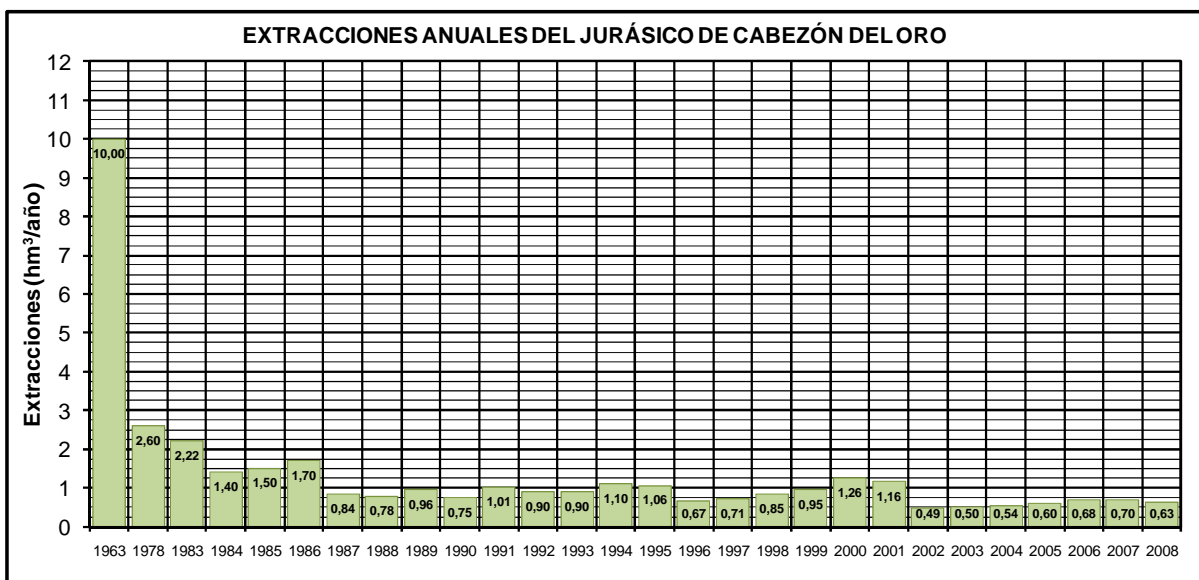


Figura nº 157.- Evolución de extracciones. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro

En la actualidad, la descarga del acuífero se produce por los bombeos realizados para cubrir, en su mayoría, las necesidades de los sistemas de abastecimiento de Busot (sondeos Salmitre: 2934-2-12 y 2934-2-18) y Aigües (sondeos ETASA y Racó Amplé, con códigos IGME 2933-6-8 y 2933-6-2, respectivamente) y, en menor cuantía, de algunos aprovechamientos agrícolas, a partir de estos mismos sondeos. Como las aguas no son aptas para uso directo de la población, en el primero se mezclan con otras procedentes de sondeos situados en Castalla y Tibi (gestionados por la empresa Bonnysa), y en el segundo se lleva a cabo una microfiltración previa en una ETAP gestionada por Aquagest Levante, S.A.

### 11.11.6.3 BALANCE HÍDRICO

Los recursos de este acuífero se estiman entre 0,69 y 1,15 hm<sup>3</sup>/año y se descargan a través del bombeo en pozos, valorados en unos 0,6 hm<sup>3</sup>/año para el periodo 2002/2008, lo que supone que el acuífero se encuentra en equilibrio o, incluso, ligeramente “subexplotado”.

Sin embargo, la evolución de niveles piezométricos del acuífero muestra una tendencia de descensos desde 1998 a pesar de reducirse las extracciones por debajo de 1 hm<sup>3</sup>/año y registrarse un aumento de precipitaciones durante los últimos dos años, equivalente al que se produce en el periodo 1985-1990 y que dio lugar a que los niveles ascendieran. Por ello, es de suponer que la alimentación está muy condicionada por la tipología climática del año hidrológico. También cabe la posibilidad que los recursos se hayan sobreestimado o que las extracciones que realmente se efectúan sean superiores a las indicadas por los usuarios de los aprovechamientos.

### 11.11.6.4 RECURSOS DISPONIBLES

Los recursos de este acuífero se han evaluado entre 0,69 y 1,15 hm<sup>3</sup>/año, aunque el IGME y la DPA en 1996 considera que según la tipología climática puede ser de unos 2,24 hm<sup>3</sup>/año en años muy húmedos y de unos 0,51 hm<sup>3</sup>/año en años muy secos, frente a unas extracciones medias de 0,6 hm<sup>3</sup>/año y unas previsiones que pueden rondar los 2,0 hm<sup>3</sup> en 2020 (ver Tabla nº 40).

Para garantizar el suministro de los abastecimientos de Aigües y Busot estimado en ese horizonte, sería necesario contar con fuentes alternativas e incrementar la disponibilidad de caudales con nuevas perforaciones situadas sobre el acuífero, hasta que se disponga de aportaciones de otros orígenes.

## 11.11.7 HIDROQUÍMICA E ISÓTOPOS ESTABLES

### 11.11.7.1 HIDROQUÍMICA

Las aguas presentan facies sulfatadas cálcicas (ver Figura nº 158), con una composición estable a lo largo del tiempo (ver Figura nº 159). En la Tabla nº 92 se incluyen las determinaciones realizadas en el acuífero en las campañas de mayo y octubre de 2009.

**Tabla nº 92.- Determinaciones analíticas 2009. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro**

Punto	Fecha	B (mg/l)	Br (mg/l)	Ca (mg/l)	Cl (mg/l)	CO <sub>3</sub> H (mg/l)	C (μS/cm)	DQO	F	K (mg/l)
293360002	14-05-09	0,137	0,110	296	91	60	1.746	0,7	1,140	3,0
293360002	06-10-09	0,000	0,605	356	95	99	2.463	0,5	5,675	3,0
293420012	13-05-09	0,090	0,090	260	58	100	1.474	0,7	1,060	3,0

Punto	Fecha	B (mg/l)	Br (mg/l)	Ca (mg/l)	Cl (mg/l)	CO <sub>3</sub> H (mg/l)	C (μS/cm)	DQO	F	K (mg/l)
293420012	06-10-09	0,000	0,095	272	48	127	1.487	0,6	1,060	3,0
293420018	27-03-09						1.900			
293420018	05-10-09						1.850			

Punto	Fecha	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	pH	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	Sr (mg/l)	T (°C)
293360002	14-05-09	82	78	0	7,4	24,3	984	21,3	32,0
293360002	06-10-09	83	113	0	8,0	24,4	1.150	20,8	31,5
293420012	13-05-09	75	42	0	7,7	20,6	810	16,5	27,0
293420012	06-10-09	74	45	0	7,9	19,8	832	18,6	28,0
293420018	27-03-09								
293420018	05-10-09								

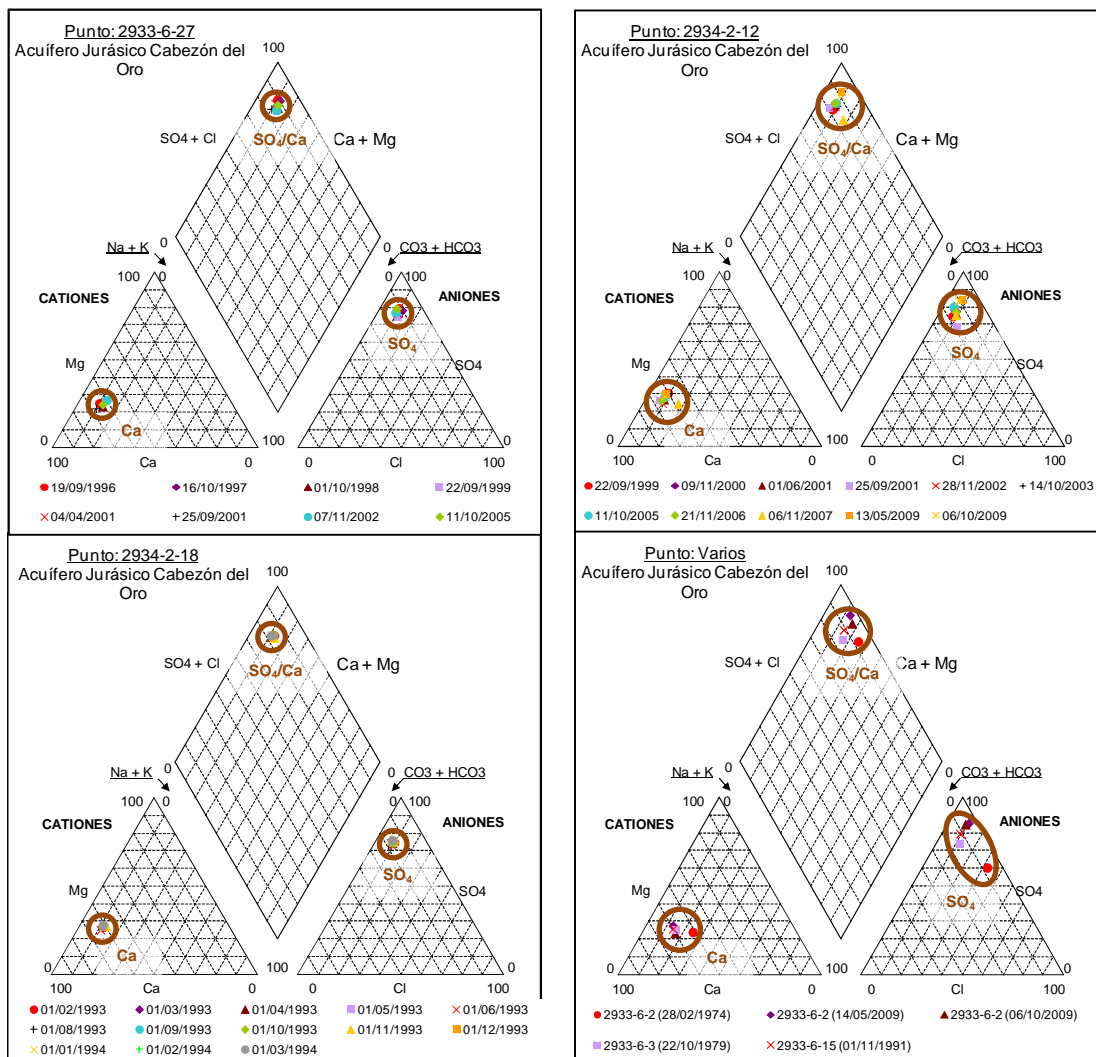


Figura nº 158.- Diagramas de Piper. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro

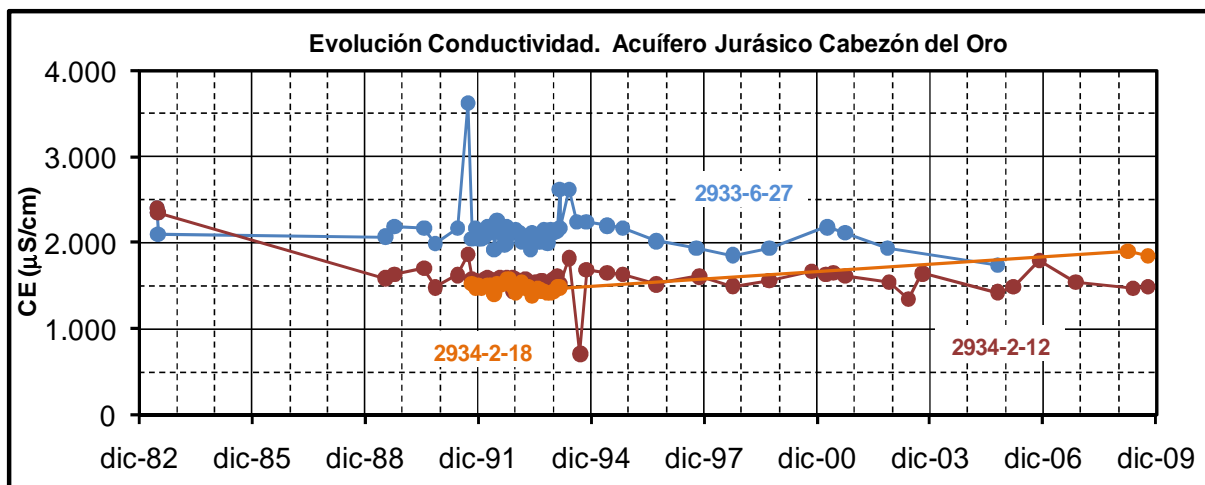


Figura nº 159.- Evolución de la CE. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro

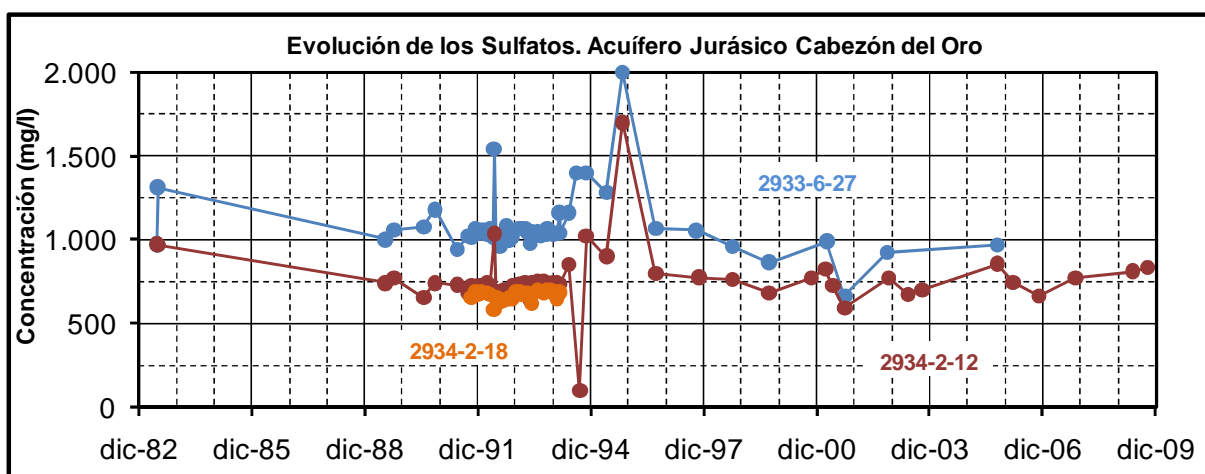


Figura nº 160.- Evolución de sulfatos y cloruros. Acuífero Jurásico Cabezón del Oro

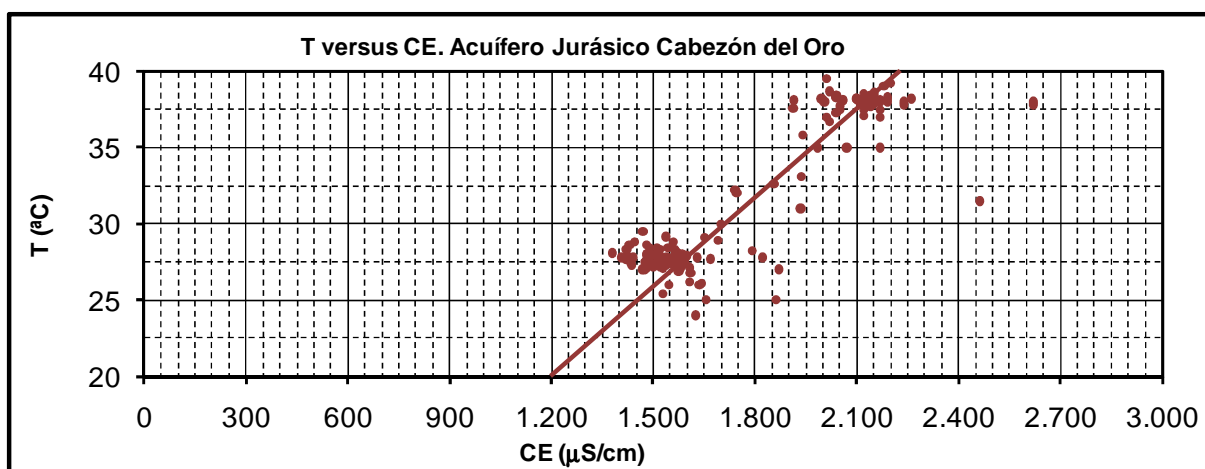


Figura nº 161.- Correlación de temperatura y CE. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro

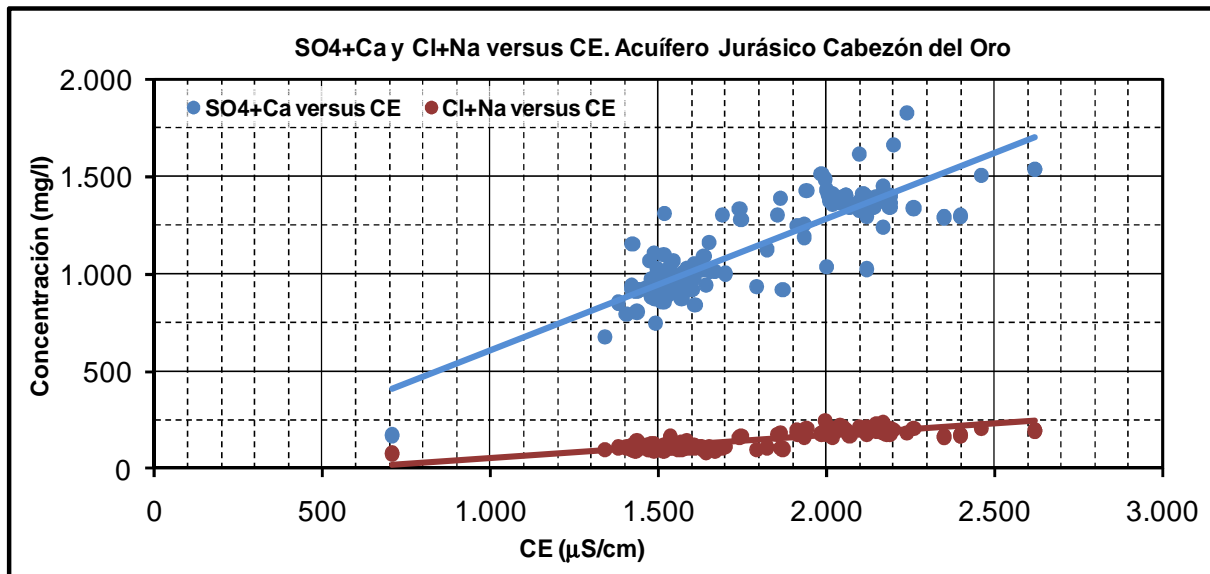


Figura nº 162.- Correlación de CE y concentraciones de  $\text{SO}_4 + \text{Ca}$  y  $\text{Cl} + \text{Na}$ .  
Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro

Las aguas adquieren concentraciones elevadas de sulfatos, entre 500 y 800 mg/l, en los puntos 2934-2-12 y 18 y entre 800 y 1.200 mg/l en el punto 2933-6-27 (ver Figura nº 160), por encima de los 250 mg/l que establece el RD140/2003 como límite máximo para su uso como agua potable, y CE entre los 1.500 y 2.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , por lo que antes de incorporarse a los abastecimientos se mezclan con aguas de otra procedencia o se lleva a cabo un tratamiento de microfiltración previo.

Como ya se pone de manifiesto en las gráficas anteriores, existen diferencias en la composición de las aguas captadas en Aigües y las que se bombean en Busot. En el primer campo de pozos la mineralización es más elevada, al igual que la temperatura, lo que permite correlacionar la temperatura y la CE (ver Figura nº 161).

De la gráfica de la Figura nº 161 se desprende que la CE y el contenido de algunos iones como el Ca, Na,  $\text{SO}_4$  y Cl del agua aumenta con la temperatura (ver Figura nº 162) y lo hace en sentido SW-NE, desde el campo de pozos de Aigües hacia el de Busot, como se observa la isoconductividad y en las gráficas de la Figura nº 163.

Sin embargo, no queda claro que exista continuidad hidráulica entre los dos campos pozos considerando las variaciones de las relaciones iónicas que se observan entre ambos sectores. Aunque aumenta el ratio  $r\text{Mg}/r\text{Ca}$  (ver Figura nº 164) y se reduce la concentración de  $\text{HCO}_3$  (ver Figura nº 165), desde los pozos de Aigües hacia los de Busot, debido a un posible proceso de precipitación de carbonatos en ese sentido, se aprecia una reducción del ratio  $r\text{Cl}/r\text{HCO}_3$  (ver Figura nº 166), que por contra indica fenómenos de disolución de carbonatos. También el aumento del ratio  $r\text{Mg}/r\text{Ca}$  junto con el descenso del contenido de  $\text{SO}_4$  (ver Figura nº 160), puede deberse a un proceso de reducción de sulfatos, si bien esta variación tampoco resulta compatible con el aumento del ratio  $r\text{SO}_4/r\text{Cl}$  que se aprecia (ver

Figura nº 167). Por ello, deben existir dos sentidos de flujo desde la zona de recarga principal, definida por los afloramientos jurásicos del relieve principal de Cabeço d'Or, hacia los dos campos de pozos que, en principio, no deben tener continuidad hidráulica entre ellos, más allá de la que se establece en el área de recarga común. Entre las zona de recarga y cada una de las zonas de captación las aguas evolucionan de diferente forma al estar condicionada su circulación por la estructura geológica.

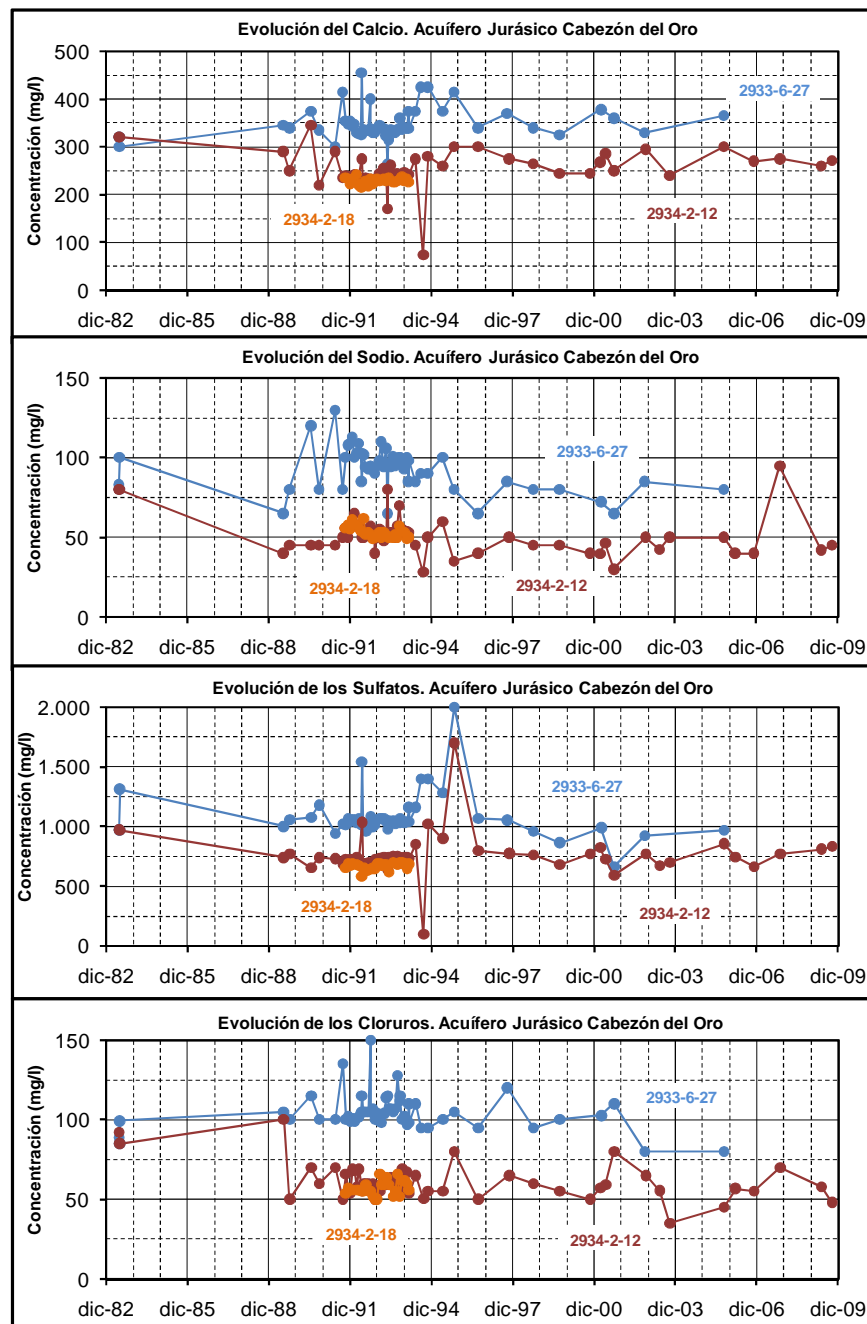


Figura nº 163.- Evolución de algunos iones mayoritarios. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro



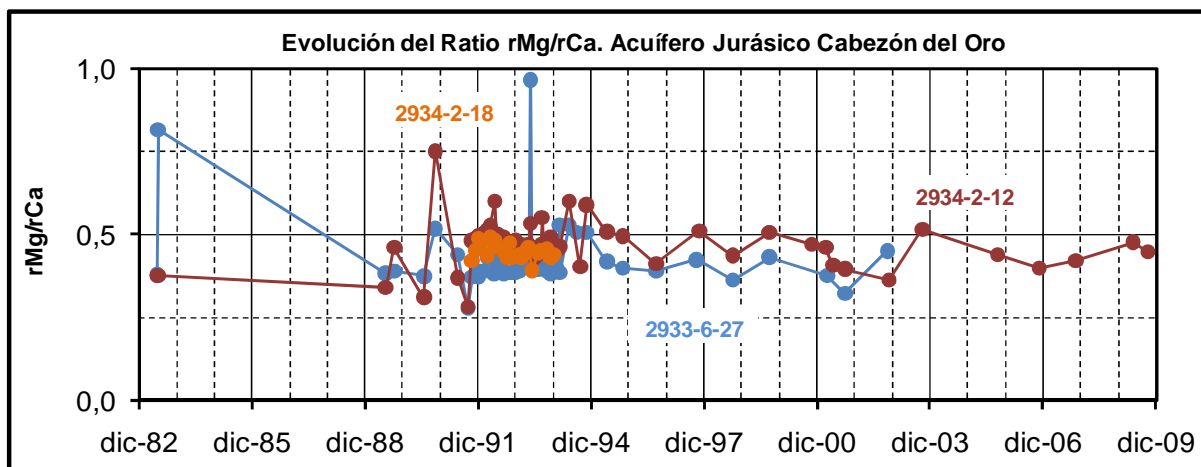


Figura nº 164.- Evolución del ratio rMg/rCa. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro

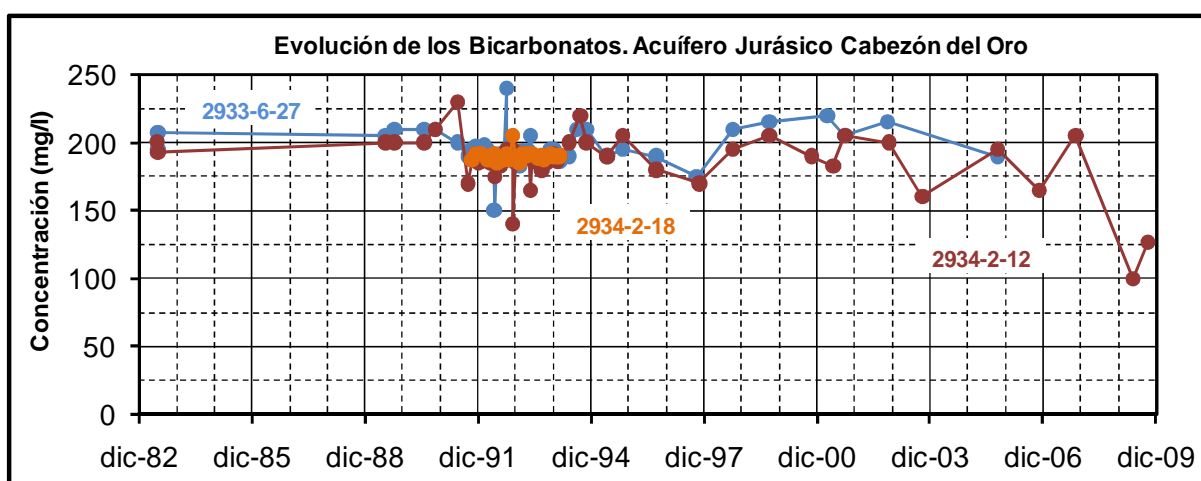


Figura nº 165.- Evolución de  $\text{HCO}_3^-$ . Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro

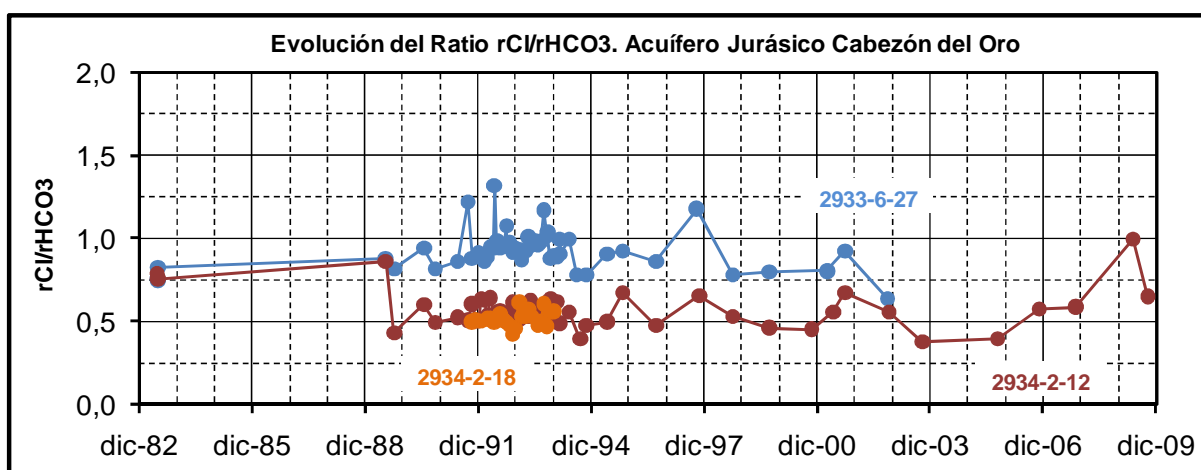


Figura nº 166.- Evolución del ratio  $r\text{Cl}/r\text{HCO}_3^-$ . Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro

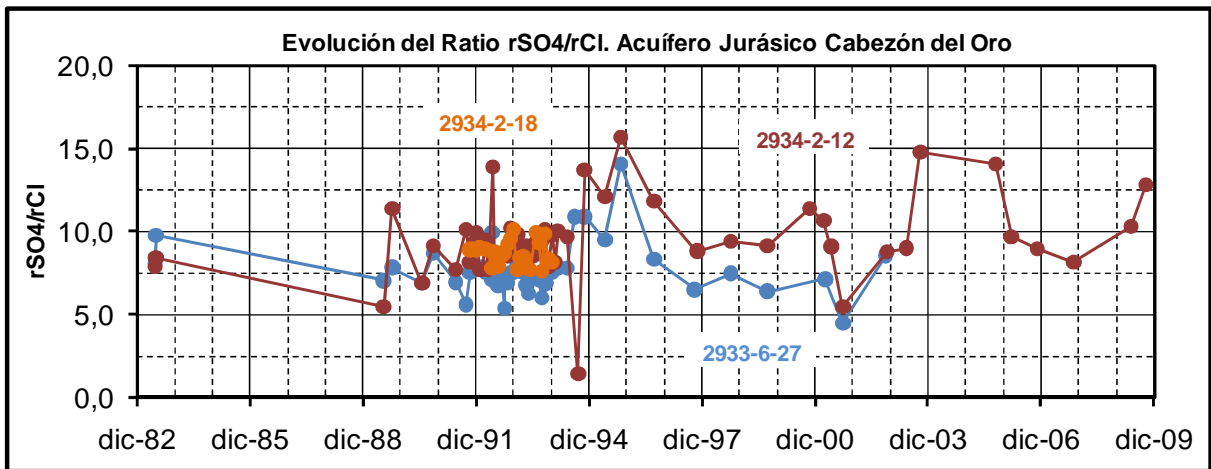


Figura nº 167.- Evolución del ratio  $rSO_4/rCl$ . Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro

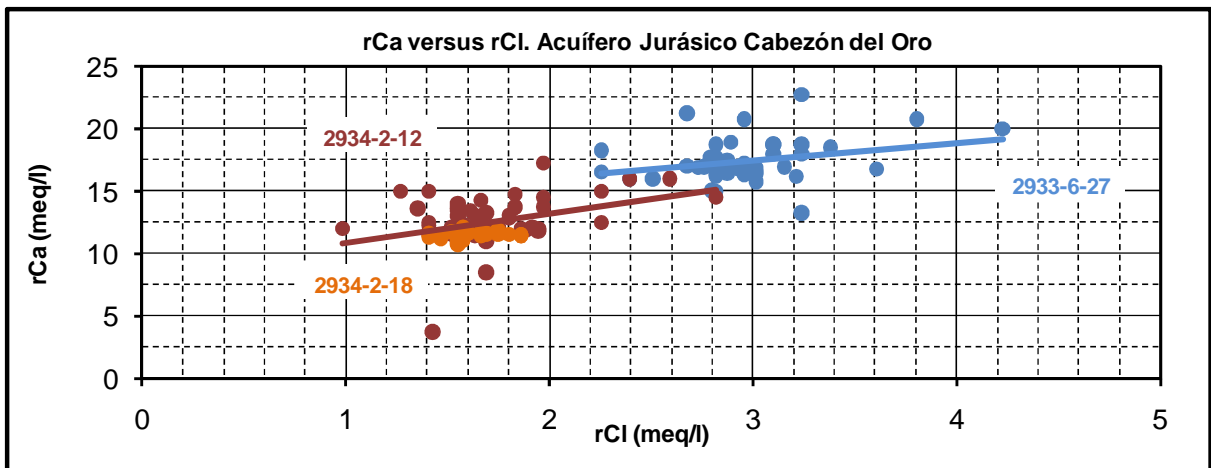


Figura nº 168.- Representación de  $rCa$  versus  $rCl$ . Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro

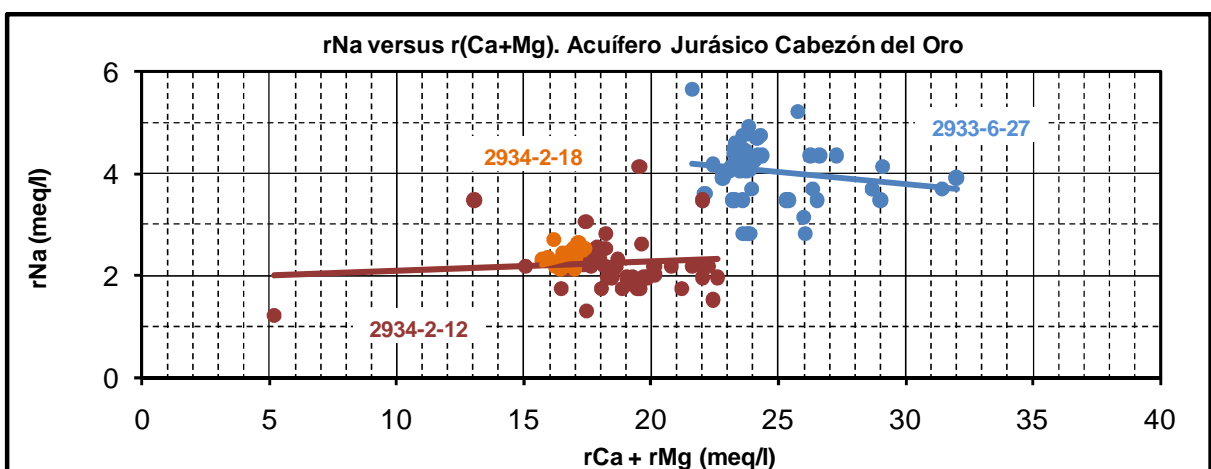


Figura nº 169.- Representación de  $rNa$  versus  $r(Ca+Mg)$ . Acuífero Jurásico Cabezón del Oro

La diferencia de temperatura entre ambos campos de pozos (unos 10° C como se observa Figura nº 156 y unos 6-8° C de acuerdo con las estimaciones realizadas con geotermómetros) se debe, por tanto, a la profundidad de circulación del agua antes de alcanzar la zonas de captación. Considerando 6-10° C de diferencia de temperatura y un gradiente geotérmico medio de 3,3° C/100 m, la diferencia de la profundidad de circulación del agua entre las dos zonas de captación sería de unos 200-300 m.

También en los gráficos que se relacionan las concentraciones equivalentes de los iones mayoritarios (ver Figuras nº 168 a 171) se observan dos tendencias, una para los pozos situados en Busot (2934-2-12 y 18) y otra para los de Aigües (2933-6-27).

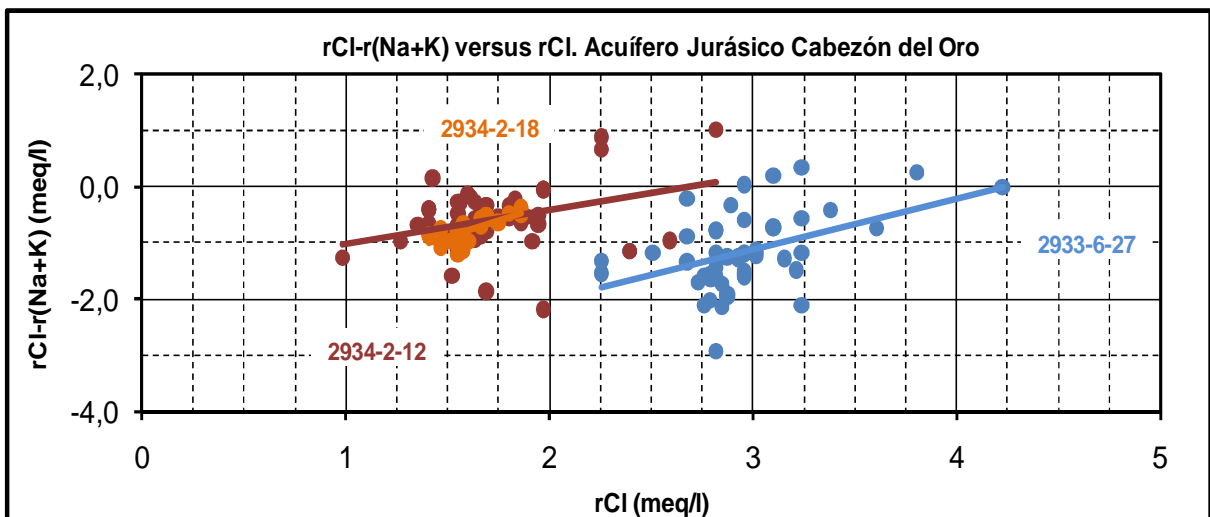


Figura nº 170.- Representación de rCl-r(NA+K) versus rCl. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro

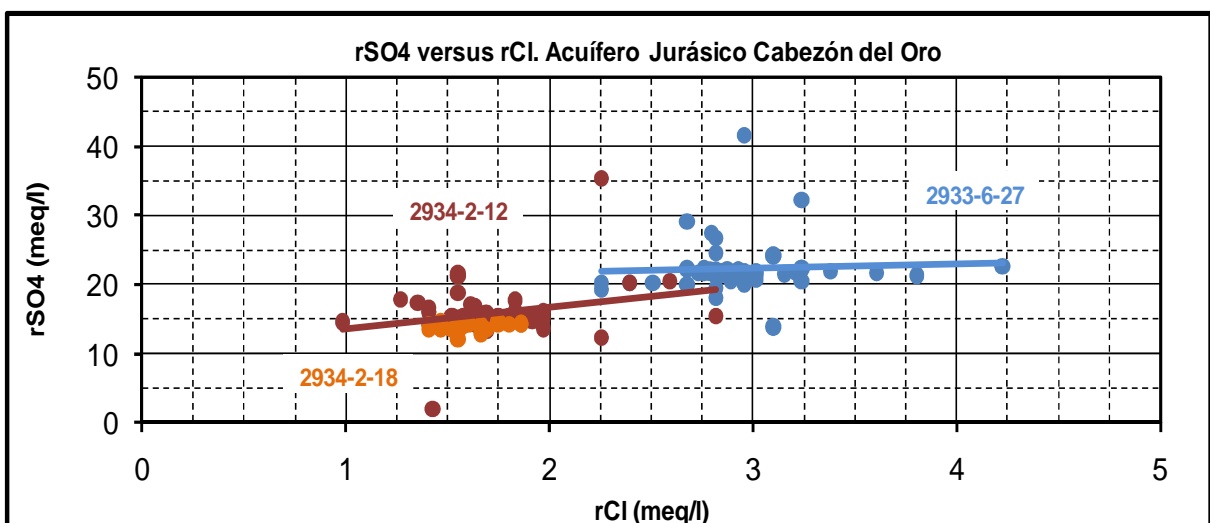
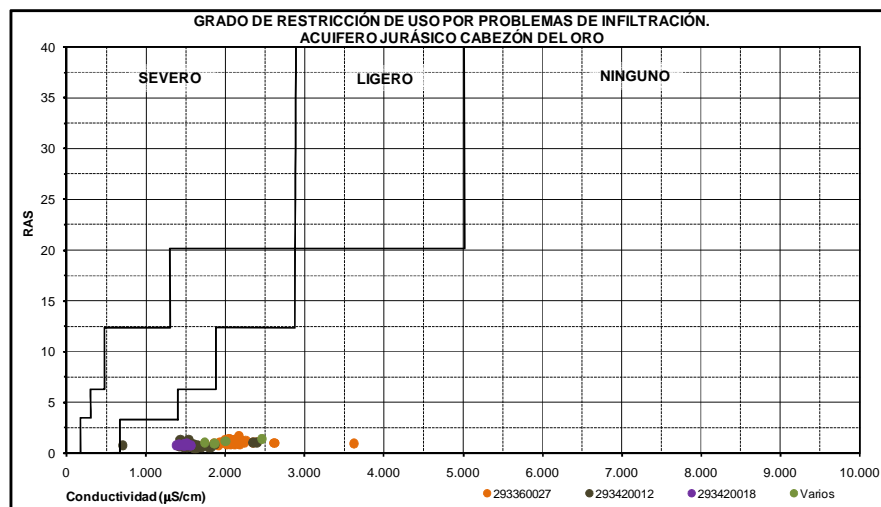
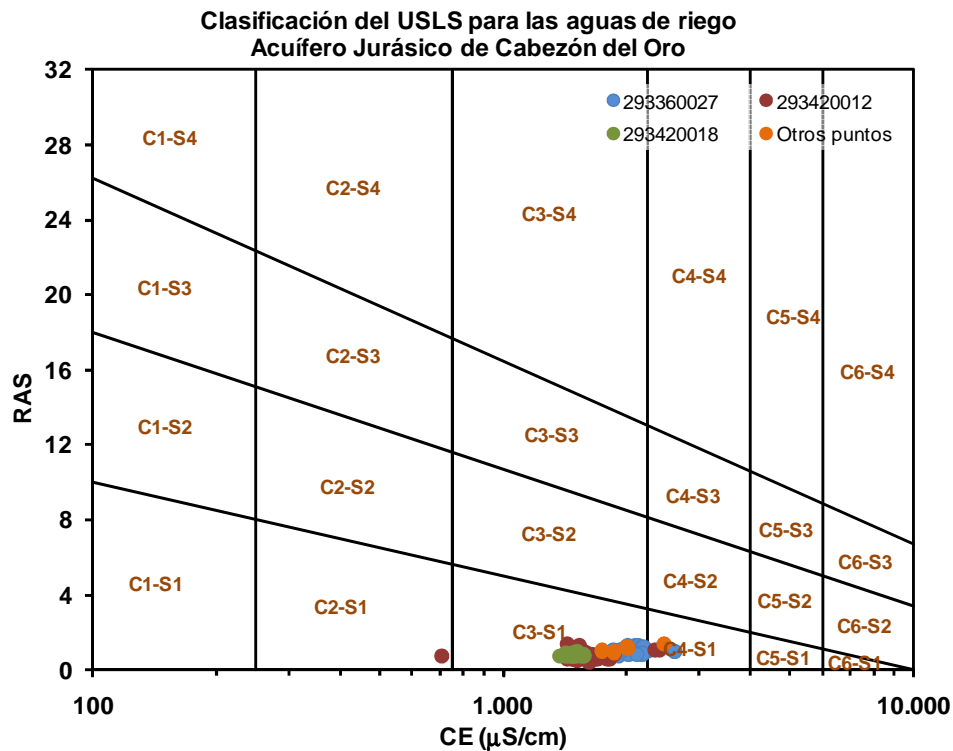


Figura nº 171.- Representación de rSO<sub>4</sub> versus rCl. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro

Atendiendo al uso agrícola las aguas del acuífero, de acuerdo con el USLS, se clasifican como C3S1, es decir, con un riesgo de salinización del suelo alto y riesgo de alcalinización bajo (ver Figura nº 172). Por su parte, según la clasificación de la FAO, no hay riesgo de causar problemas de infiltración (ver Figura nº 173).



La toxicidad del Na, Cl y HCO<sub>3</sub> para su aplicación en usos agrícolas es ligera o moderada para el riego en superficie o aspersión (concentraciones de 3,69, 2,76 y 2,99 meq/l, respectivamente), mientras que la del B y NO<sub>3</sub> es nula al encontrarse ambos en bajas concentraciones (0,28 y 3,25 mg/l, respectivamente).

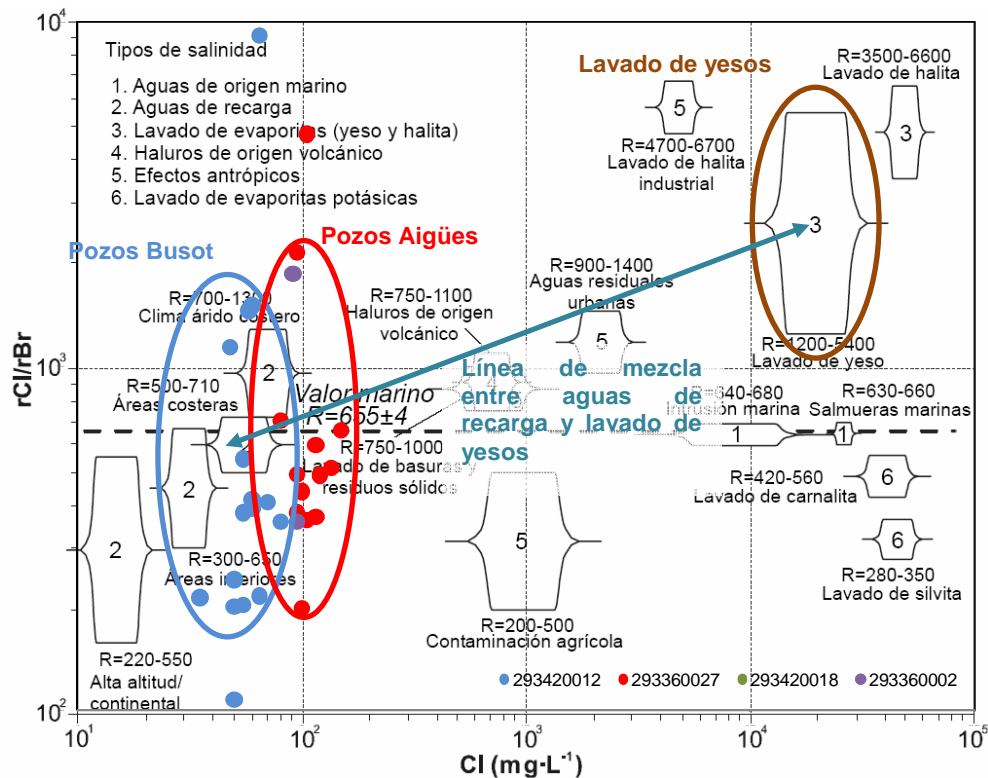
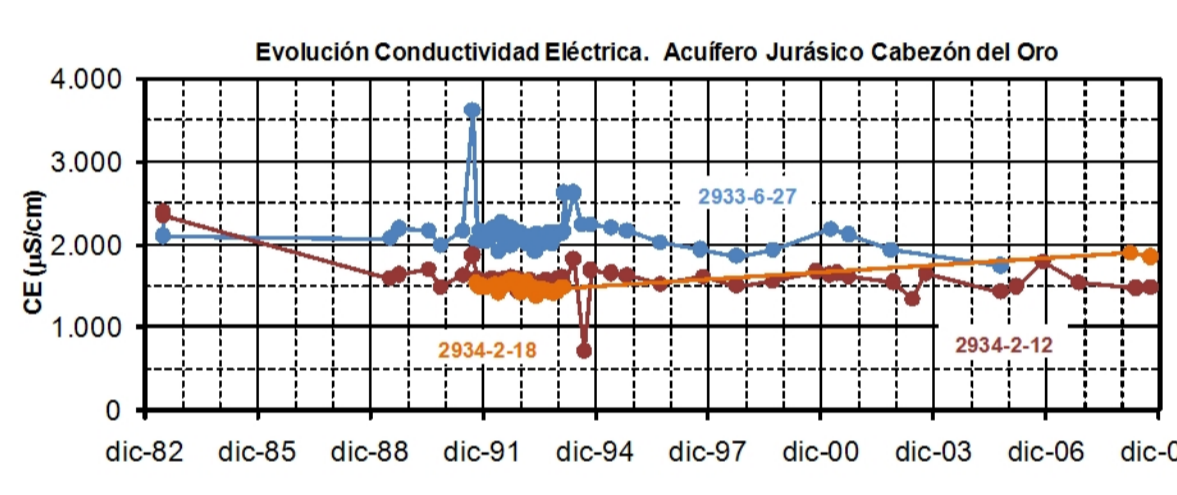
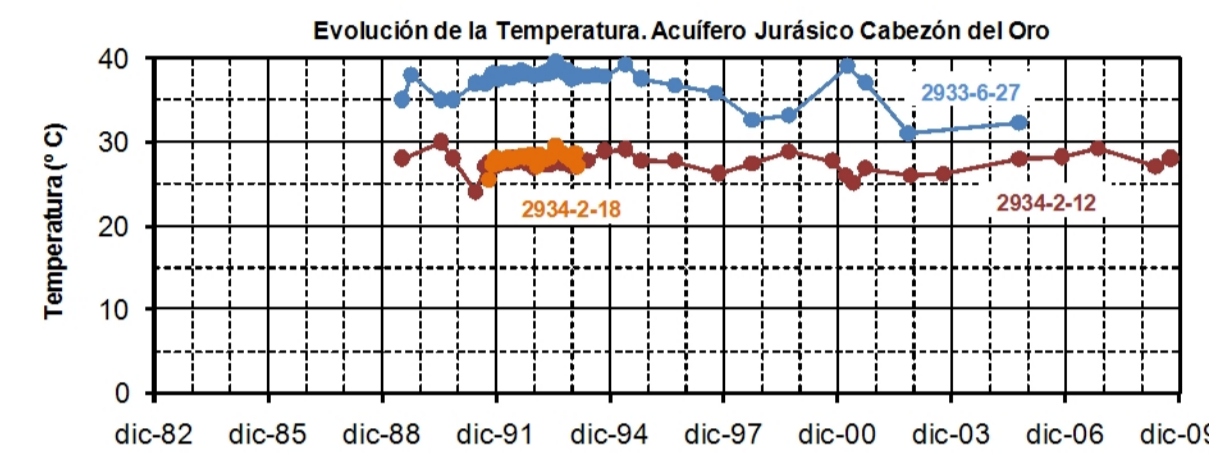
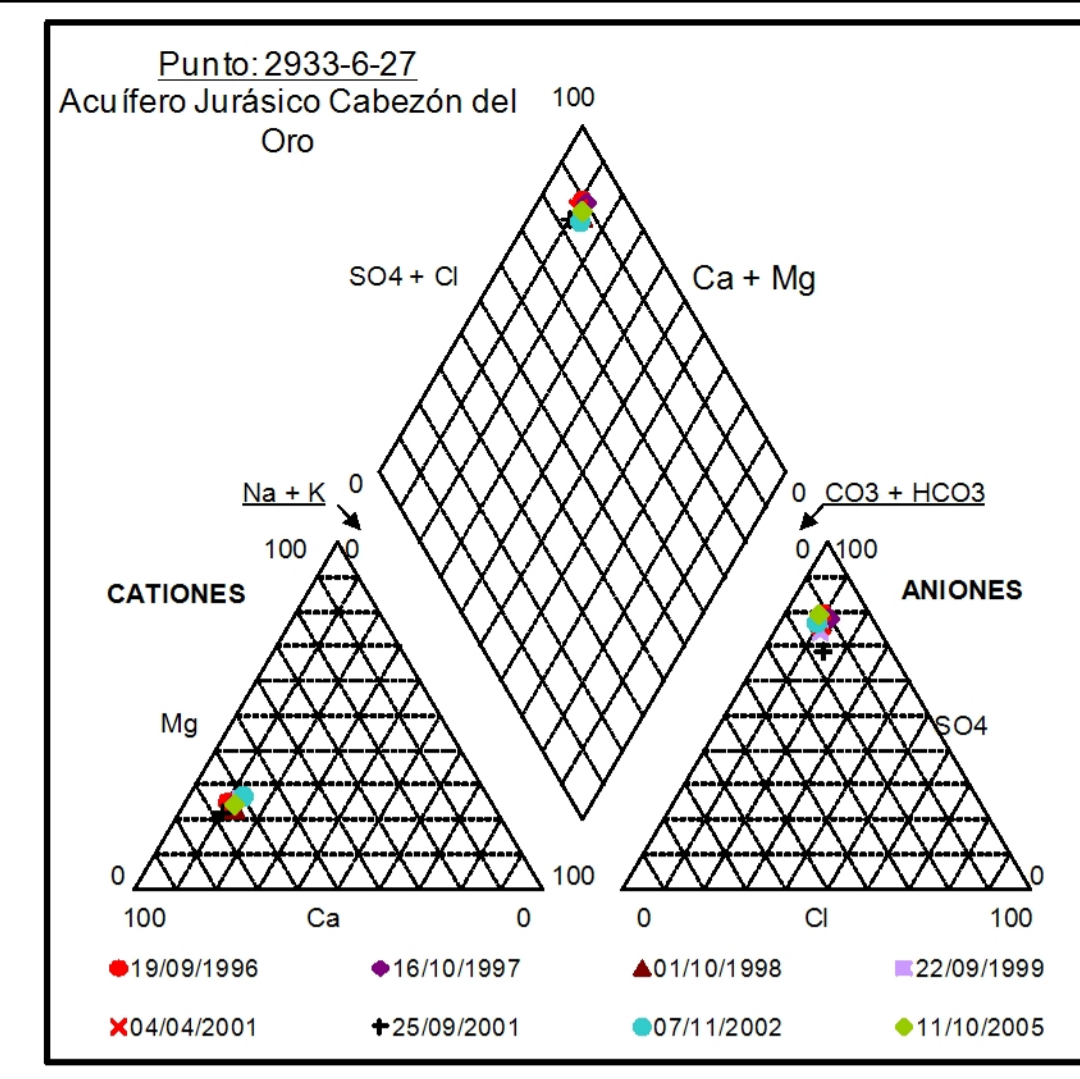
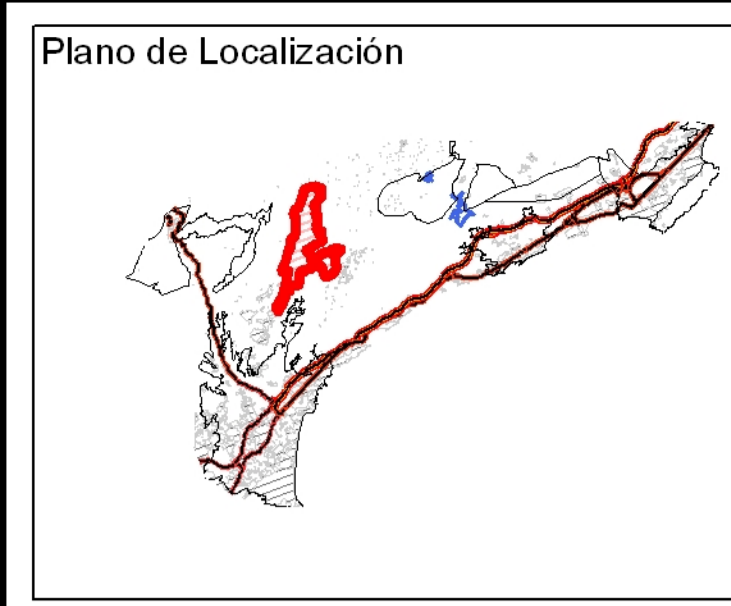


Figura nº 174.- Gráfico rCl/rBr vs. Cl. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro

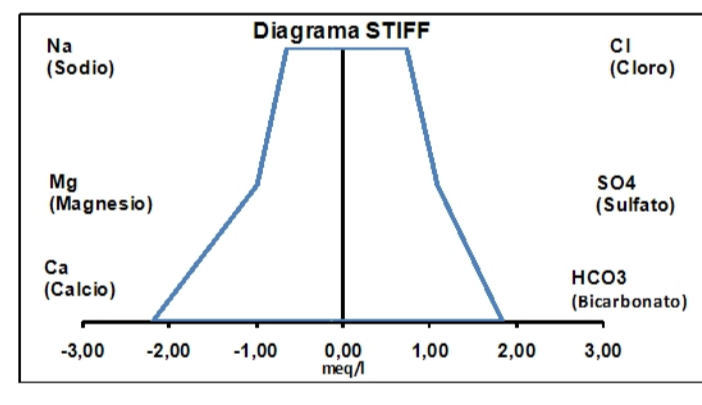
El origen de la salinidad (ver Figura nº 174) determinado a partir de la concentración de Cl y el ratio rCl/rBr (Alcalá, F.J. y Custodio, E., 2003) se debe: a) en los pozos de Busot, a aguas de recarga (tipo 1) de áreas interiores y/o clima árido costero y, en menor proporción, a lixiviado de yesos (relación superior a 10/1); y b) en los pozos de Aigües, a una mayor proporción de aguas de lixiviado de yesos (8/1).

#### 11.11.7.2 ISÓTOPOS ESTABLES

Los resultados isotópicos de <sup>18</sup>O y <sup>2</sup>H de muestras de los puntos 2933-6-2 y 2934-2-12 (ver Tabla nº 93) permiten estimar una altitud media de recarga de 625-725 m s.n.m., que es coherente con la cota media de los afloramientos permeables del acuífero (750 m s.n.m.). El exceso de <sup>2</sup>H indica que las precipitaciones que originan la recarga se producen mayoritariamente de frentes mediterráneos, y las analíticas de <sup>13</sup>C que se produce disolución de carbonatos.

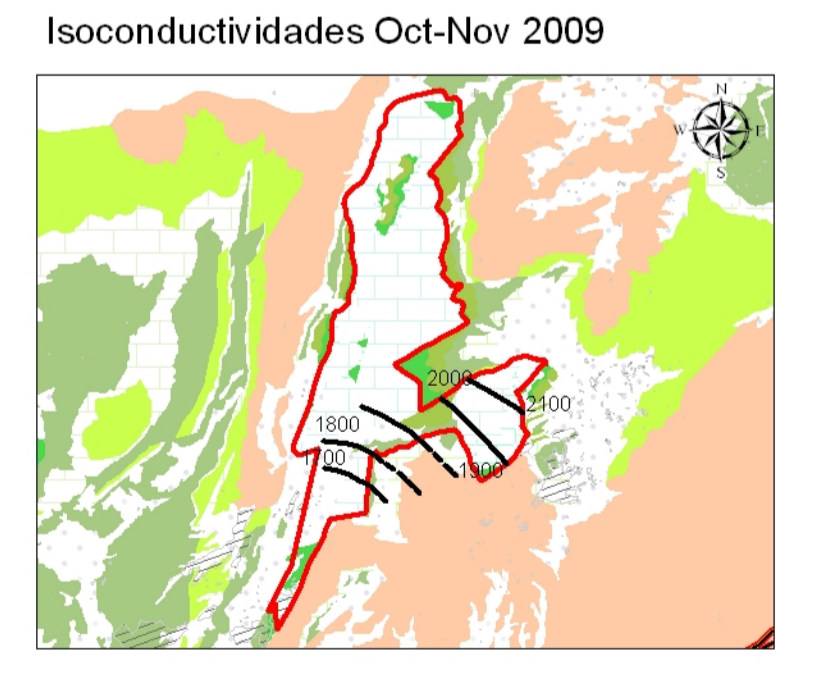
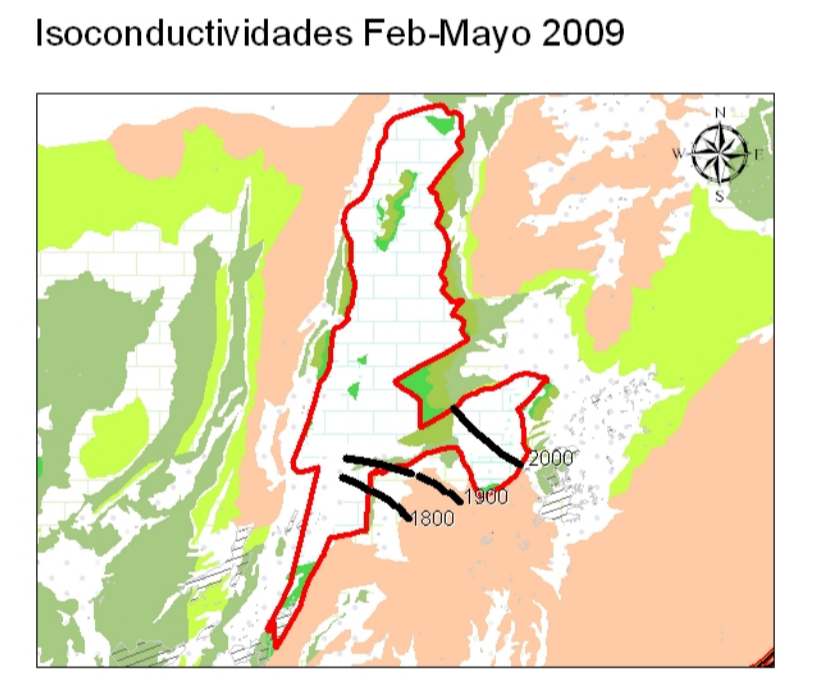
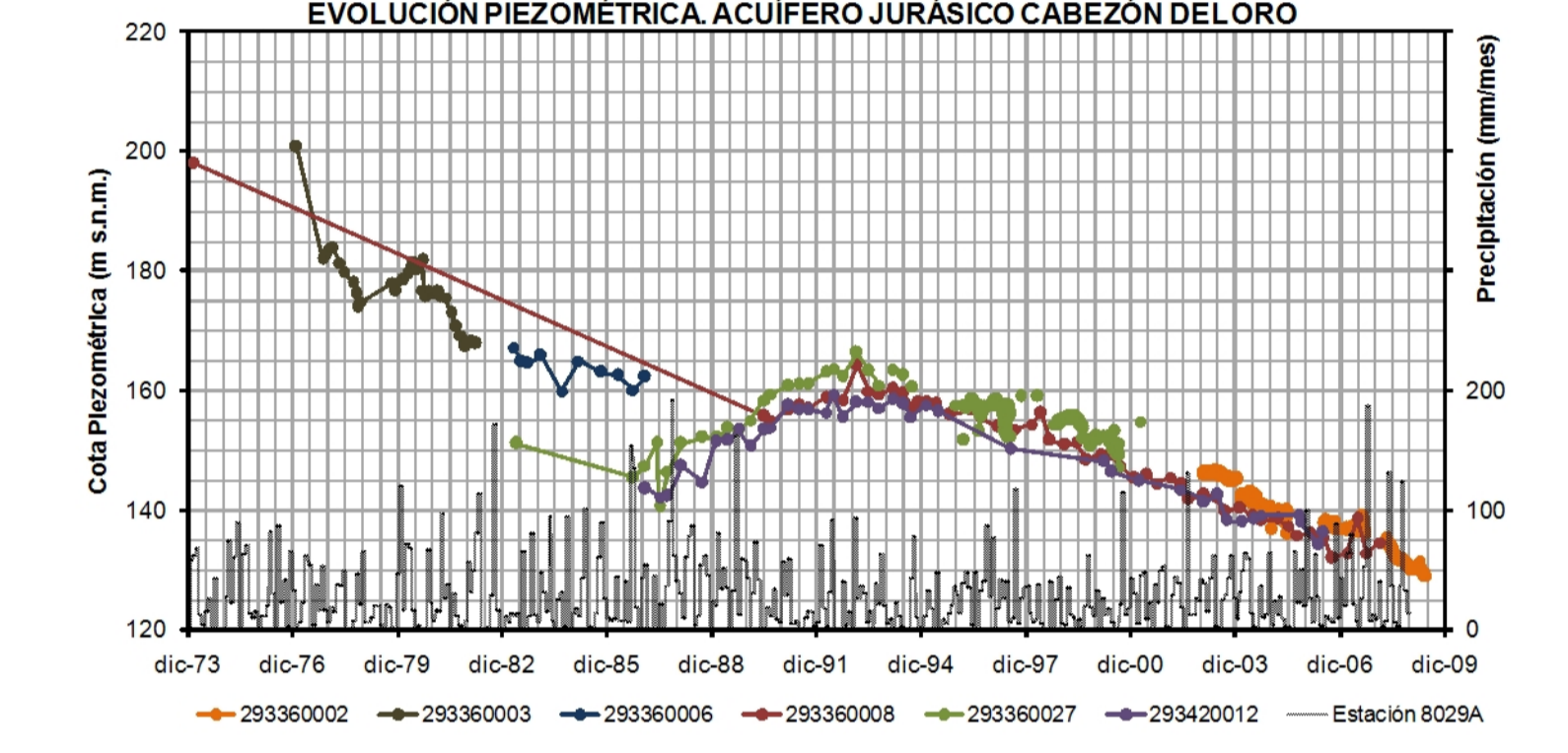
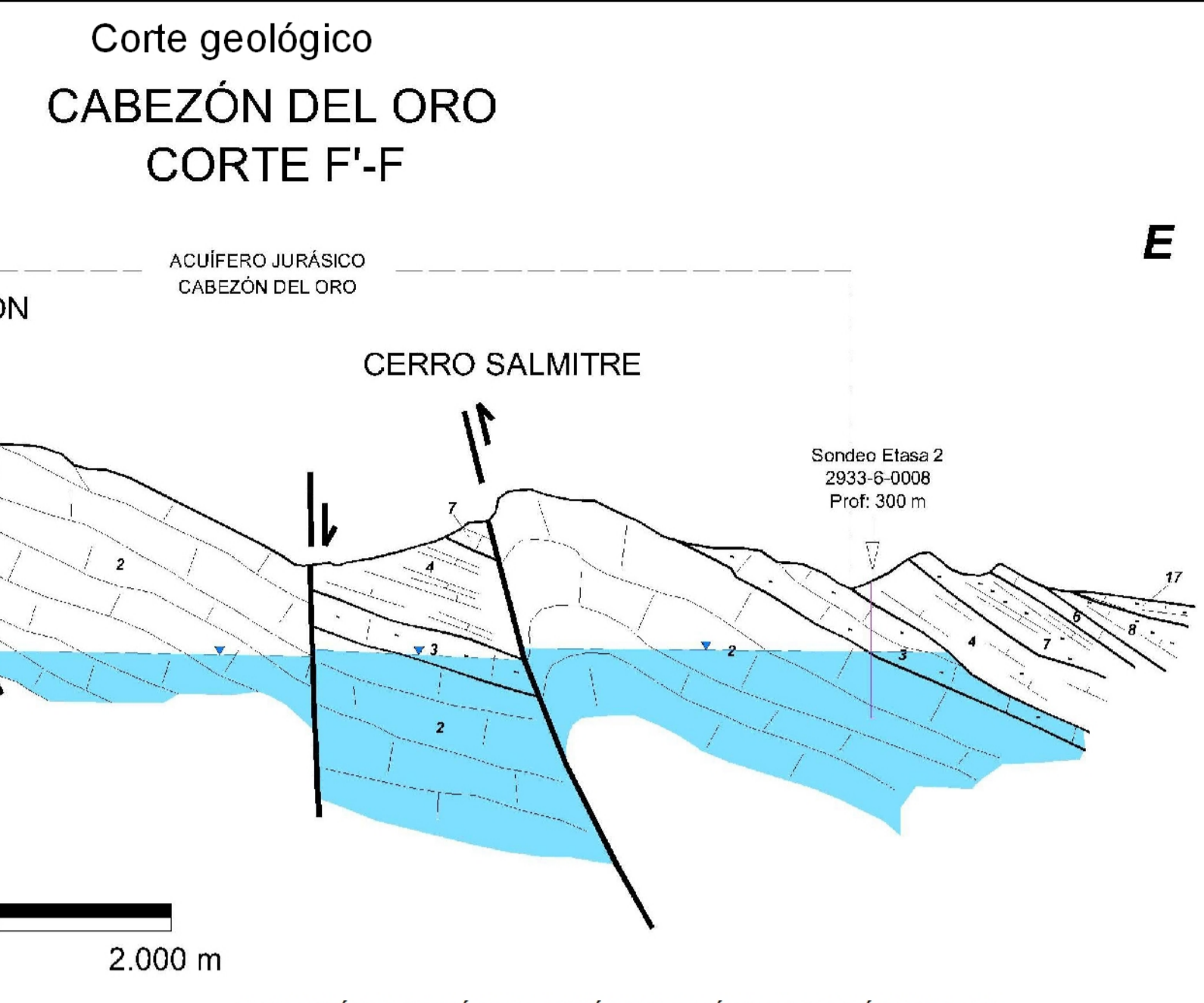
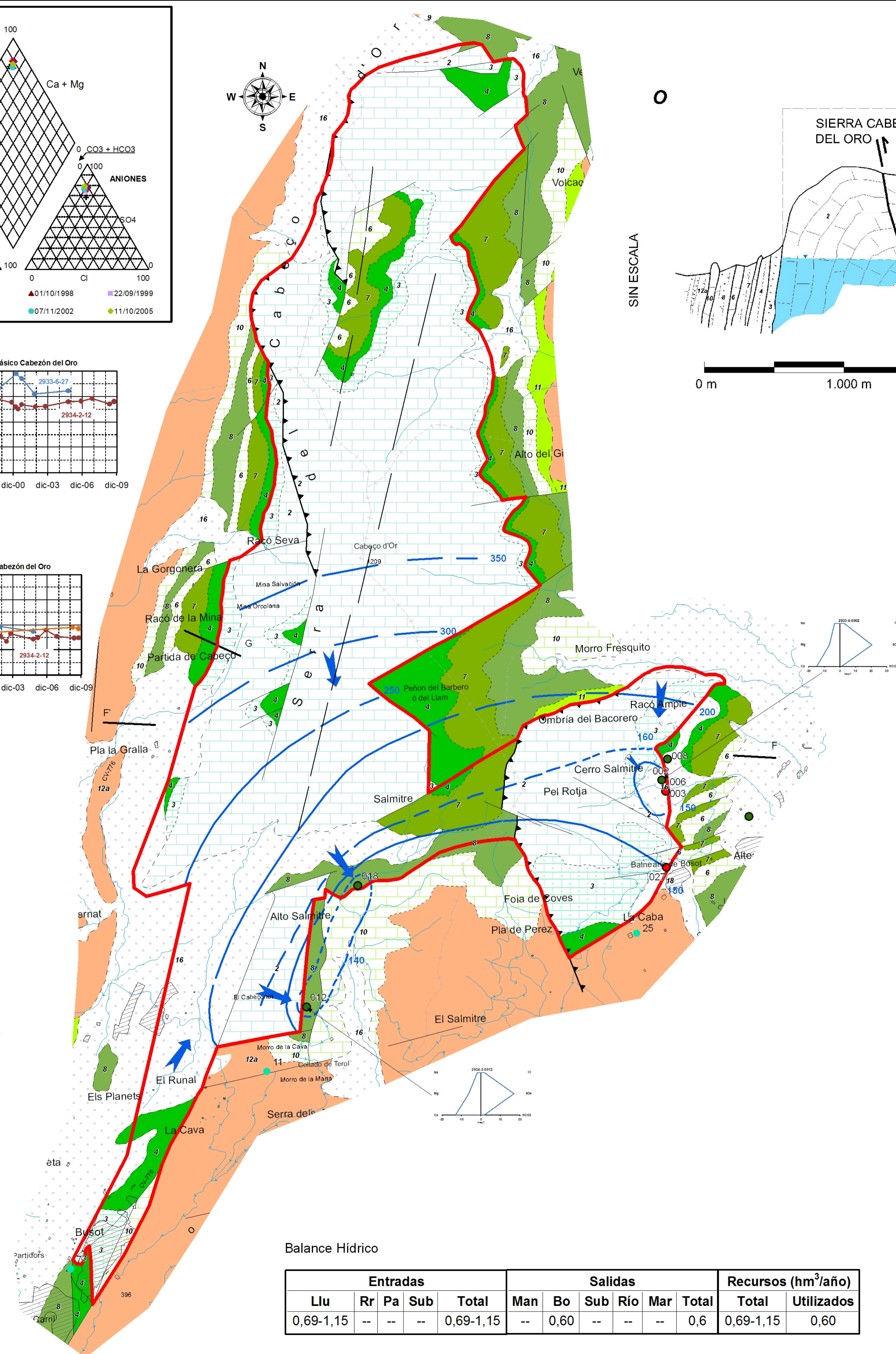


- ### Simbología
- Inventario de puntos de agua**
- Calidad
  - Explotación
  - Piezometría
  - Manantiales
  - Límite de acuífero abierto
  - - - Límite de acuífero cerrado
  - Cortes geológicos
- Contactos**
- Dirección y buzamiento
  - Estratificación invertida
  - Estratificación vertical
  - Anticlinal
  - Anticlinal tumbado
  - Sinclinal
  - Cabalgamiento
  - Cabalgamiento supuesto
  - Contacto concordante
  - Contacto difuso
  - Contacto discordante
  - Contacto mecánico
  - Autovía
  - Carreteras
  - Red hidrogáfica
  - Embalses
  - Zonas urbanas
  - Isopiezas (Feb-Mayo 2009)
  - Flujo subterráneo



### LEYENDA LITOLÓGICA

PERIODO	ETAPA	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
CUATERNARIO		Permeable 19	Permeable 18
		Permeable 17	Permeable 14
TERCIARIO	NEÓGENO	Permeable 16	19. Arenas y gravas litorales
		15	18. Aluvial. Depósitos fondo de valle
	PALEÓGENO	12a	17. Terrazas aluviales
		12b	16. Arenas, gravas y limos rojos localmente encostrados. Glacis
CRETÁCICO	SUPERIOR	13	15. Limos rojos, conglomerados y costras calcáreas
		10	14. Areniscas y calcarenitas
	INFERIOR	11	13. Margas y brechas
		9	12b. Calcarenitas
JURÁSICO	MAM	8	12a. Margas con niveles de calcarenitas
		7	11. Margocalizas y margas blancas y rosadas
	MERMERIDGIENSE	6	10. Calizas tableadas blancas
		5	9. Calizas, dolomías y brechas
TITHONICO	4	8. Margas y margocalizas arenosas con erizos	
	3	7. Margas, calizas y calcarenitas	
TRIÁSICO		2	6. Calizas arrecifales con rudistas
		1	5. Calcarenitas y areniscas



### Balace Hídrico

Entradas					Salidas					Recursos (hm³/año)	
Llu	Rr	Pa	Sub	Total	Man	Bo	Sub	Río	Mar	Total	Utilizados
0,69-1,15	--	--	--	0,69-1,15	--	0,60	--	--	--	0,6	0,60

GOBIERNO DE ESPAÑA  
MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN  
Instituto Geológico y Minero de España

TÍTULO DEL PROYECTO:  
CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLOGICA DE LA UNIDAD DE ORCHETA, MASAS DE AGUA SUBTERRANEA 080.072 ORCHETA Y 080.073 SAN JUAN-BENIDORM

ESCALA:  
0 250 500 1.000 metros

TÍTULO DEL PLANO:  
ACUÍFERO JURÁSICO DE CABEZÓN DEL ORO

DIRECCIÓN DEL PROYECTO:  
BRUNO J. BALLESTEROS NAVARRO  
LUIS RODRIGUEZ HERNANDEZ

FECHA:  
DICIEMBRE 2009

EXPEDIENTE: 1540/08

ACUIF. 3

HOJA 1 DE 1

Tabla nº 93.- Puntos de muestreo isotópico. Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro

PUNTO	TOPONIMIA	Prof. (m)	XUTM	YUTM	Cota (m s.n.m.)	Fecha Toma	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	d (‰)
2933-6-0002	Racó Amplé	350,0	729.348	4.266.234	427,70	20/10/2009	-3,31	-39,47	-7,18	17,98
2934-2-0012	Salmitre Ayunt.	445,0	726.780	4.264.595	430,86	20/10/2009	-4,99	-40,18	-7,17	17,16

J.M. Andreu Rodes en su Tesis Doctoral a partir de las analíticas isotópicas de  $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{34}\text{S}$  y  $^{226}\text{Ra}$  que realiza en los puntos 2933-6-27 y 2934-2-18 (ver epígrafe 11.4.3.- Estudios Previos Consultados) llega a las siguientes conclusiones:

- Posible conexión entre los campos de pozos de Aigües y Busot por tener valores de  $^{18}\text{O}$  y  $^2\text{H}$  muy similares.
- Origen termal de las aguas por empobrecimiento de  $^{18}\text{O}$  y elevados contenidos de  $^{226}\text{Ra}$ .
- Ausencia de variaciones estacionales del  $\delta^{18}\text{O}$  al ser las precipitaciones de entrada pequeñas con respecto el volumen de reservas del sistema.
- Excesos de deuterio que indican una recarga procedente mayoritariamente de precipitaciones de origen Mediterráneo.
- El agua bombeada es anterior a 1952 (su edad estimada supera los 10.000 años) al obtenerse valores de  $^3\text{H}$  por debajo del límite de detección y ser muy bajo el contenido de  $^{14}\text{C}$ .
- Aporte de  $\text{CO}_2$  de origen profundo, probablemente relacionado con fracturas de gran envergadura que se desarrollan hasta alcanzar profundidades elevadas debido al marcado carácter positivo de la relación isotópica  $\delta^{13}\text{C}$  de los bicarbonatos.
- Existencia de contacto del agua con yesos triásicos al hallarse contenidos de  $\delta^{34}\text{S}$  típicos de sulfatos procedentes de la disolución de yesos del Keuper y por la presencia de  $^{226}\text{Ra}$ , que puede ascender con aguas profundas a través de fracturas.

## 11.12 ACUÍFERO ANTICLINALES DE RELLEU

### 11.12.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS GENERALES

El acuífero Anticlinales de Relleu formaría parte del antiguo acuífero Anticlinales de Orxeta, definido por primera vez en el estudio “Las Aguas Subterráneas de la Provincia de Alicante” (IGME-DPA, 1982). Aunque en 1992, en el Mapa del Agua de la Provincia de Alicante, publicado por la DPA, se mantiene la denominación inicial, en 2005 ese Organismo realiza el estudio “Asistencia para la Determinación de los Límites Hidrogeológicos en los Acuíferos de Sierra Mariola, Anticlinales de Orxeta y Barrancones. Definición Geométrica”, donde redefine la zona diferenciando los acuíferos de Carcondo, Penya Costa y Orxeta, al cual

subdivide en los sectores Pequerina, Amadorio, Benienzo y Murtal. Excluye, además, lo que en este estudio se ha denominado como estructuras permeables de menor relevancia e interés hidrogeológico Terciario de Villajoyosa. En 2007 la DPA publica en el Mapa del Agua de la Provincia de Alicante con esa definición de acuíferos.

En el presente trabajo se ha realizado una nueva definición de acuíferos de acuerdo con la cartografía geológica e hidrogeológica efectuada, en la que se diferencian de oeste a este los acuíferos Anticlinales de Relleu, Peñacosta, Orxeta y Sierra Cortina, y se excluyen las estructuras permeables de menor relevancia e interés hidrogeológico de la Base de la Depresión de Relleu, Detríticos de Orcheta y Terciario de Villajoyosa.

En concreto, el acuífero Anticlinales de Relleu, con una superficie de 16,48 km<sup>2</sup>, se sitúa en la zona centro-oriental de la provincia de Alicante, y ocupa parte de los municipios de Orxeta y Relleu en la Marina Baixa. Se extiende sobre los relieves de Sierra Maracoba (564 m s.n.m.), Serra Pantá (495 m s.n.m.) y Serra de Relleu (595 m s.n.m.), localizados entre el Barranco de la Cova, al oeste, y el río Sella y el embalse del Amadorio, al este. Tiene una forma alargada orientada de este a oeste, con unos 6 km de largo y en torno a 3 km de ancho. En su zona oriental está atravesado por el río Amadorio.

**Tabla nº 94.- Superficie de los sectores del acuífero Anticlinales de Relleu**

Municipio	S (km <sup>2</sup> )			Total
	Carcondo	Pequerina	Amadorio	
<b>Orxeta</b>	0	7,53	4,76	<b>12,29</b>
<b>Relleu</b>	2,72	1,45	0,02	<b>4,19</b>
<b>Total</b>	<b>2,72</b>	<b>8,98</b>	<b>4,78</b>	<b>16,48</b>

El sistema se ha dividido en tres sectores: Carcondo, Pequerina (sobre el que se emplaza el embalse de Relleu) y Amadorio (a caballo entre este sector y el anterior se sitúa el cañón de Relleu), que ocupan respectivamente una superficie de 2,72, 8,98 y 4,78 km<sup>2</sup>, de los que 0,88, 5,22 y 4,07 km<sup>2</sup> corresponden a afloramientos permeables, en su mayoría cubiertos por matorral (ver Tabla nº 95).

**Tabla nº 95.- Usos del suelo sobre afloramientos permeables. Acuífero Anticlinales de Relleu**

	Carcondo	Pequerina	Amadorio	TOTAL
<b>Matorral</b>	0,32	4,63	4,00	<b>8,95</b>
<b>Bosque</b>	0,38	0,52		<b>0,9</b>
<b>Cultivos Secano</b>	0,17	0,06		<b>0,23</b>
<b>Otros</b>	0,01	0,01	0,07	<b>0,09</b>
<b>TOTAL</b>	<b>0,88</b>	<b>5,22</b>	<b>4,07</b>	<b>10,17</b>



## 11.12.2 LITOLOGÍA Y GEOMETRÍA

El acuífero está formado por 70 m de calizas, dolomías y brechas del Cenomaniense-Turonense (2,66 km<sup>2</sup> en el sector Amadorio, 0,50 km<sup>2</sup> en el de Carcondo y 3,66 km<sup>2</sup> en el de Pequerina) y por unos 100 m de calizas tableadas blancas del Cenomaniense-Senoniense (1,41 km<sup>2</sup> en el sector Amadorio, 0,38 km<sup>2</sup> en el de Carcondo y 1,56 km<sup>2</sup> en el de Pequerina).

La base impermeable está determinada por las margas y margas arenosas con erizos del Albiense superior, mientras que el techo lo constituyen las margocalizas y margas blancas y rosadas del Senoniense.

**Tabla nº 96.- Extensión de formaciones geológicas aflorantes. Acuífero Anticlinales de Rellu**

Formación	Edad	S (km <sup>2</sup> )			
		Amadorio	Carcondo	Pequerina	TOTAL
Margas, margocalizas arenosas con erizos	Albiense	0,71	1,68	2,16	<b>4,55</b>
Calizas, dolomías y brechas	Cenomaniense-Turonense	2,66	0,50	3,66	<b>6,82</b>
Calizas tableadas blancas	Cenomaniense-Senoniense	1,41	0,38	1,56	<b>3,35</b>
Arenas, gravas y limos rojos localmente encostrados. Glacis	Plioceno-Pliocuaternario	0,00	0,20	1,61	<b>1,81</b>
<b>TOTAL</b>		<b>4,78</b>	<b>2,76</b>	<b>8,99</b>	<b>16,53</b>

La estructura general del acuífero responde a una sucesión de pliegues en relevo, que comienzan en la Sierra de Orcheta, al este, continúan por la Sierra de Rellu y finalizan en el antiforme de Carcondo, al oeste. De estos, forman parte del acuífero el anticlinal Rellu, el antiforme de Carcondo y el sinclinal que hay entre ambos. El flanco oriental del anticlinal de Rellu correspondería al sector Amadorio, el sinclinal al sector Pequerina y el flanco occidental del antiforme de Carcondo al tercer sector. Los límites entre ellos coinciden con las trazas de los ejes de los anticlinales (el de Rellu con el límite entre el sector Amadorio y el sector Pequerina y el de Carcondo con el límite entre el sector Pequerina y el sector Carcondo) y con afloramientos de los impermeables de base que aparecen en sus núcleos.

El límite occidental del conjunto, que se supone cerrado, también coincide con el impermeable de techo y con afloramientos terciarios. El límite meridional es cerrado y está definido por los cierres periclinales de los pliegues de Carcondo y la Sierra de Rellu. En ambos límites las formaciones permeables se hunden hacia el oeste y el sur, respectivamente, con el techo del acuífero.

El límite septentrional, es cerrado como los anteriores, salvo en el entorno del río Sella. Está definido por una de las fracturas del accidente de Finestrat que pone en contacto a formaciones del Terciario o los impermeables del techo del acuífero con las calizas,

dolomías y brechas del Cenomaniense-Turonense o las calizas tableadas blancas del Cenomaniense-Senoniense. En el entorno del río Sella es de esperar una transferencia de los recursos del acuífero Peñascosa, al estar en contacto directo las formaciones permeables que definen ambos acuíferos.

El límite oriental, concretamente el tramo comprendido entre el núcleo urbano de Orxeta y el río Amadorio, coincide con los afloramientos que definen el techo del acuífero. Las formaciones permeables no tienen continuidad hidráulica hasta la Sierra de Orxeta debido a la discontinuidad mecánica que existe entre ambos relieves. Del río Amadorio al suroeste está definido por la prolongación de la discontinuidad anterior. En este límite se considera que hay relación entre las aguas del acuífero y las almacenadas en el embalse del Amadorio.

### 11.12.3 PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Los datos más significativos de las pruebas de bombeo relajadas en este acuífero, en su mayoría de pozos que captan el sector Amadorio, donde se emplazan los pozos del abastecimiento de Villajoyosa, se muestran en la Tabla nº 95.

Tabla nº 97.- Resumen de aforos. Acuífero Anticlinales de Relleu

Punto	Fecha	Tipo ensayo	Q (l/s)	Tiempo bombeo (min)	Nivel inicial (m)	Nivel final (m)	T (m <sup>2</sup> /día)	S	Observaciones
2933-7-10	21-5-96	Q escalonado	15	240	26,39	47,34	10		
			25	1.760	47,34	101,07	8,8		
			30	1.000	101,07	128,04	8,5		
	Recuperación	25,9	2.020	128,04	31,99	13,5			
14-2-08	Q constante	16,5	255	-0,28	10,05	480		Drenaje diferido o efecto de límite de recarga	
	Recuperación	16,5	22	10,05	0,00	70			
2933-7-11	20-1-99	Q escalonado	12	100	53,02	90,15	8		
			15	1.300	90,15	124,60	8		
			18	1.480	124,60	163,05	9,5		
	Recuperación	16,4	1.600	163,05	63,95	8,4			
2933-7-20	14-7-09	Q escalonado	9	49	38,30	38,82	1.700		Drenaje diferido o efecto de límite de recarga. C = 910 μS/cm y T = 21,5° C
			12,3	38	38,82	39,19	1.350		
			15,5	1.359	39,19	39,84	1.200		
		Recuperación	15,2	74	39,84	38,60	1.100		

En los dos aforos realizados en el sondeo 2933-7-10, el primero en mayo de 1996, con el nivel estático situado a 26,39 m de profundidad, y el segundo en febrero de 2008, cuando

era surgente, se obtienen transmisividades diferentes (10-15 m<sup>2</sup>/día y 50-70 m<sup>2</sup>/día, respectivamente) debido a la diferencia de espesor saturado.

A partir de la prueba de bombeo que se efectúa en julio de 2009 en el punto 2933-7-20, también situado sobre el sector Amadorio, se estima una transmisividad de 1.000-1.500 m<sup>2</sup>/día, que puede ser aparente por la proximidad de un borde recarga o a un efecto de drenaje diferido.

En el ensayo de bombeo realizado en 1999 en el pozo Pequerina (2933-7-11) se obtiene una transmisividad de 10 m<sup>2</sup>/día.

En el estudio realizado por la DPA en 2009 “Evaluación de Recursos Hídricos en el Municipio de Relleu”, se considera un coeficiente de almacenamiento de 10<sup>-4</sup> para estimar los recursos del sector Pequerina.

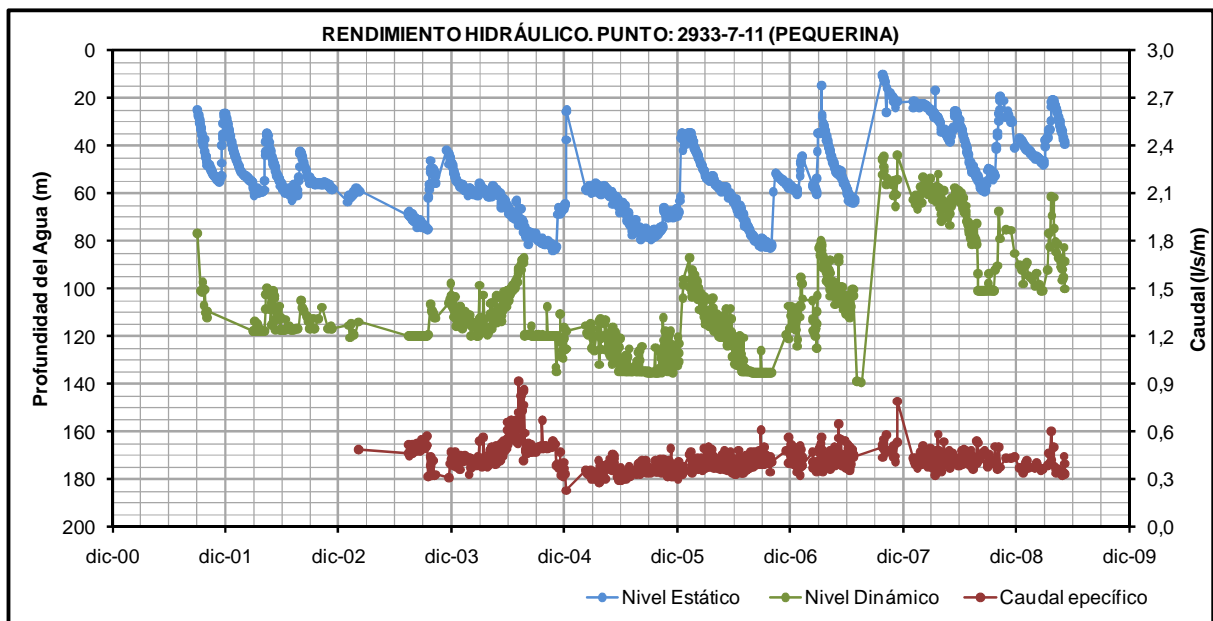


Figura nº 175.- Evolución del caudal específico en el punto 2933-7-11

De los puntos 2933-7-11 (pozo Pequerina), 2933-7-10 (pozo Amadorio 3) y 2933-8-39 (Román), estos últimos del abastecimiento de Villajoyosa, se dispone de la información necesaria para relacionar la evolución de la profundidad del agua con el caudal específico bombeado o la depresión. En el primero (ver Figura nº 175) se aprecia que el caudal específico se mantiene en torno a 0,4 l/s/m, independientemente de la posición del nivel piezométrico del acuífero, a pesar de registrarse fluctuaciones de nivel estático que pueden alcanzar los 60 m, lo que indica que los aportes al sondeo se localizan por debajo de los 140 m de profundidad (cota que alcanza el nivel dinámico). En este pozo la columna litológica atravesada durante su perforación está definida de 0 a 178 m de profundidad por

margocalizas y margas del Senoniense, y de los 178 a 300 m por unas calizas micríticas gris claro que se asignan al Cenomaniense-Turonense.

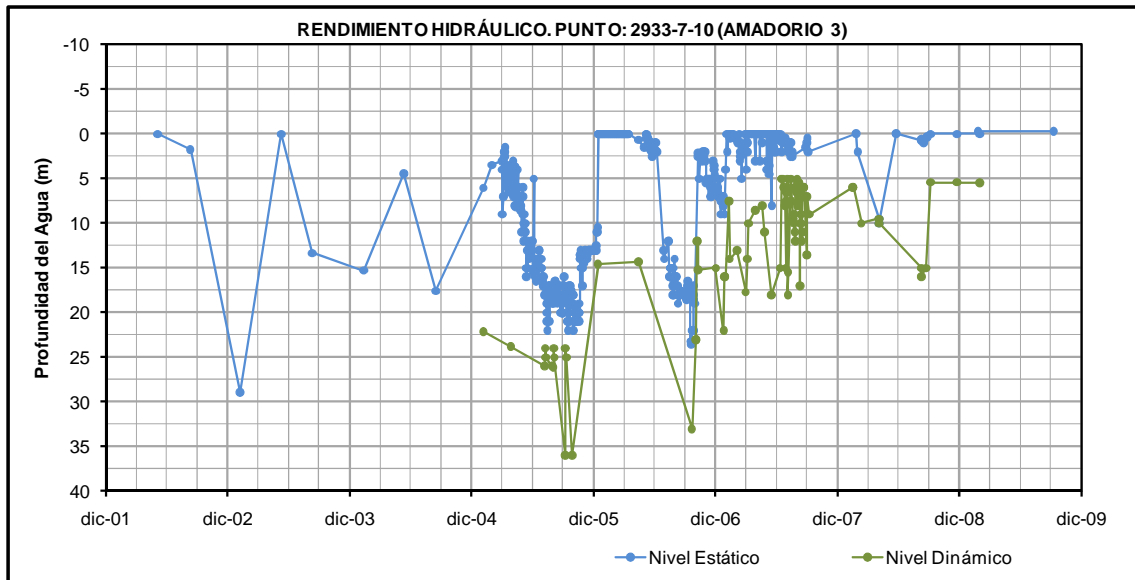


Figura nº 176.- Evolución de la profundidad de niveles en el punto 2933-7-10

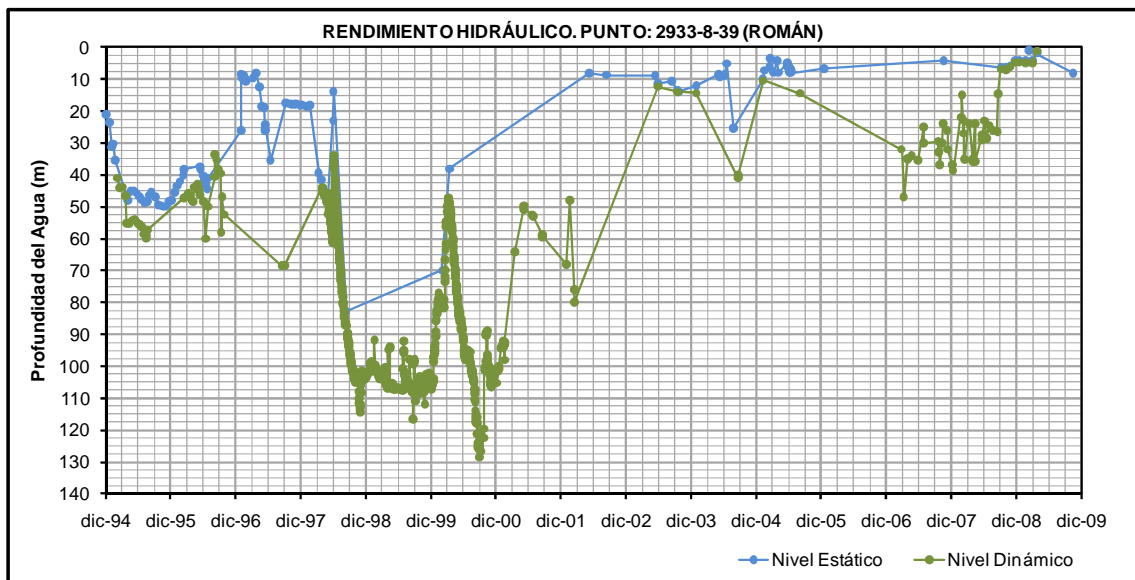


Figura nº 177.- Evolución de la profundidad de niveles en el pozo 2933-8-39

En los dos pozos de Villajoyosa (2933-7-10 y 2933-8-39) sólo es posible relacionar la profundidad del nivel estático con la depresión registrada durante el bombeo. En ambos se observa que la depresión aumenta con la profundidad del nivel estático, aunque de forma más acentuada en el pozo Román (ver Figura nº 177). En este último, cuando el nivel

estático se sitúa a menos de 40-50 m de profundidad, los descensos registrados durante el bombeo son inferiores a los 10 m, mientras que si se rebasa la cota anterior la depresión supera los 30 m y el nivel dinámico llega a alcanzar los 100 m de profundidad.

Las depresiones que se producen en el pozo Román se relacionan con la comunicación que existe entre el acuífero y el embalse del Amadorio, y son coherentes con la columna litológica que se describe en el “Informe del Reconocimiento Geofísico y Videográfico Realizado en el sondeo Román-I del Abastecimiento de Villajoyosa” (Aquagest Levante, S.A., 1998), donde se define una secuencia calizo-margosa, con pequeños niveles margosos, hasta los 87,5 m de profundidad, al que le sigue un tramo calizo hasta los 156 m de profundidad.

#### 11.12.4 PIEZOMETRÍA

Se cuenta con los datos de evolución de niveles de los pozos que se utilizan en los abastecimientos de Relleu (sector Pequerina) y Villajoyosa (sector Amadorio).

La evolución de niveles de los sondeos del sector Amadorio (ver Figura nº 178) pone de manifiesto que existe una clara conexión con el embalse cuando este se encuentra por encima del 30% de su capacidad, al mantenerse la cota piezométrica en los pozos por encima de los 105 m s.n.m. Por el contrario, cuando se reduce el volumen embalsado por debajo del 30% de su capacidad, los niveles descienden al drenarse el acuífero a favor del embalse y/o por las extracciones que se llevan a cabo en las captaciones.

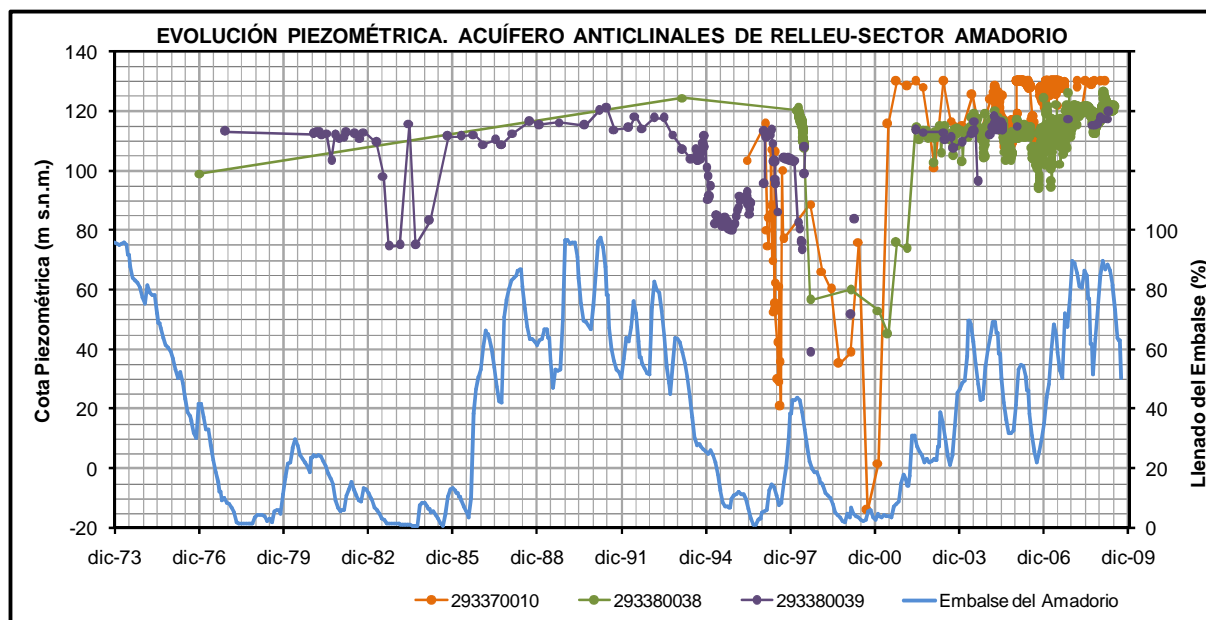


Figura nº 178.- Evolución de niveles. Sector Amadorio del acuífero Anticlinales de Relleu

En el sector Pequerina el comportamiento de los niveles es distinto, al depender de las precipitaciones (Figura nº 179). Con cada nuevo evento lluvioso se registra un ascenso del nivel, al que le sigue un descenso progresivo del mismo hasta la siguiente precipitación, con la que se repite el ciclo. El ascenso registrado depende de la magnitud de la lluvia y de la posición del nivel de partida, mientras que el descenso depende del intervalo temporal entre los episodios lluviosos y, en menor medida, de las extracciones en el acuífero. Esto parece indicar que el sistema tiene poca capacidad de regulación, con un drenaje rápido al río Amadorio en el Cañón de la Sierra de Rellu, o al sector Amadorio, cuando el nivel supera la cota del impermeable de base en la charnela del anticlinal de Rellu (ver Figura nº 180).

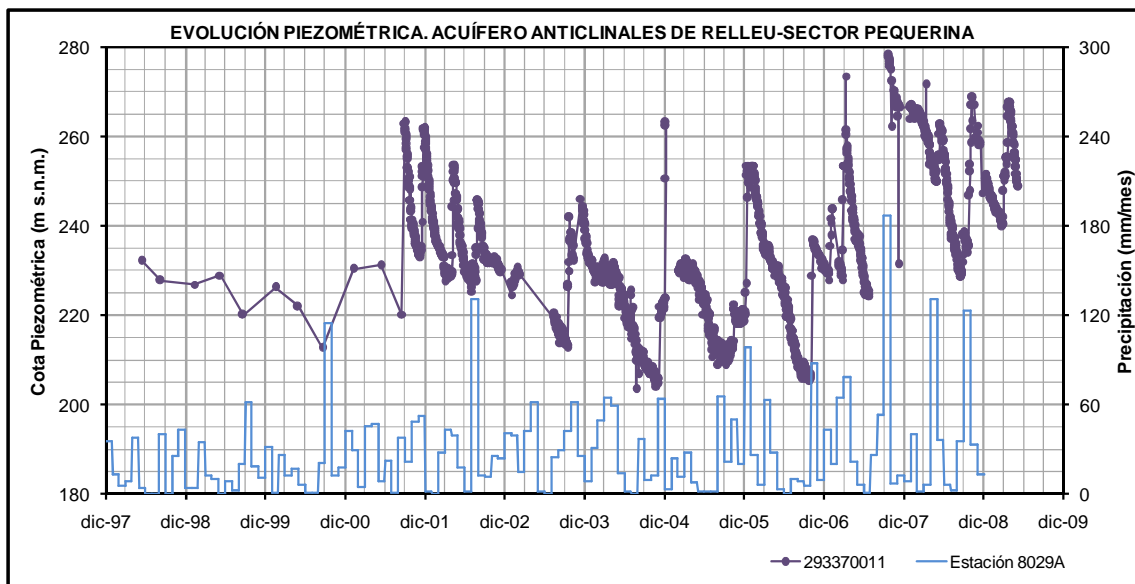


Figura nº 179.- Evolución de niveles. Sector Pequerina del acuífero Anticlinales de Rellu

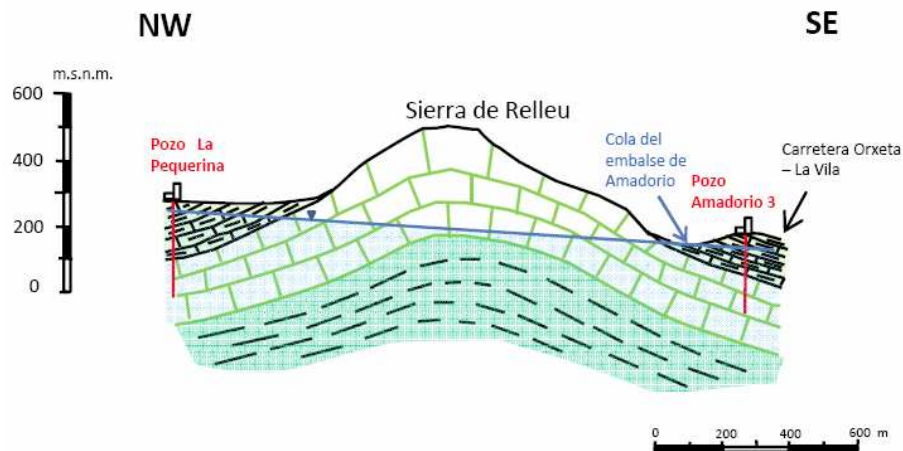


Figura nº 180.- Esquema hidrogeológico del umbral impermeable de base de la charnela del anticlinal de Rellu (Fuente: DPA, 2009)

Las isopiezas de la primera campaña de muestreo (marzo-mayo de 2009) indican la existencia de un flujo de dirección NW-SE, hacia el embalse del Amadorio, donde se emplazan los pozos del abastecimiento de Villajoyosa, con un gradiente medio próximo al 3% (210 m s.n.m. en el entorno del sondeo Pequerina y 120 m s.n.m. cerca de los de Villajoyosa).

### **11.12.5 FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA**

El acuífero se alimenta del agua de lluvia que se infiltra sobre sus afloramientos permeables y la descarga tiene lugar por los bombeos practicados en los pozos de los abastecimientos de Relleu y Villajoyosa y, mediante drenaje oculto al embalse del Amadorio.

En el sector Amadorio, cuando el embalse se encuentra por encima del 30% de su capacidad, el flujo subterráneo discurre desde las zonas de alimentación (afloramientos permeables y sector Pequerina) y desde el propio embalse, hacia la zona los sondeos de abastecimiento a Villajoyosa. En el caso que el embalse se encuentre por debajo del 30%, el flujo se dirigirá hacia las captaciones y/o hacia el embalse. Este último caso se dará si las extracciones no provocan descensos inferiores a cota de la base del embalse en la zona donde se establece la conexión entre las aguas superficiales y las subterráneas.

En el sector Pequerina el flujo subterráneo en régimen natural se dirige hacia el sector Amadorio (por transferencia subterránea) y/o hacia el Cañón de Relleu. En el régimen actual parte de los recursos son detraídos por el bombeo del sondeo de abastecimiento a Relleu.

En el sector Carcondo la circulación se establece desde los afloramientos permeables hacia el barranco de la Cova, situado en el borde septentrional, donde existen surgencias de pequeño caudal.

La CE de la surgencia 2933-7-12 (situada en el borde septentrional del sector Pequerina), que ronda los 5.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , junto con su facies hidroquímica: sulfatada sódico-magnésica, pone de manifiesto que el manantial puede estar afectado por los materiales no aflorantes del Trías Keuper, ligados a la fractura que define el borde septentrional del acuífero. Bajo este contexto, y con las cotas piezométricas del pozo Pequerina (2933-7-11), es factible la lixiviación de estos materiales por las aguas del acuífero y su paso a facies sulfatadas, lo que justificaría la hidroquímica y la CE del sector Pequerina, así como la del sector Amadorio debido a la conexión hidráulica que hay entre ambos.

### **11.12.6 BALANCE HÍDRICO**

#### **11.12.6.1 DETERMINACIÓN DE INFILTRACIÓN NATURAL**

La recarga por infiltración de agua de lluvia se evalúa en unos 0,01  $\text{hm}^3/\text{año}$  en el sector Carcondo, en 0,59  $\text{hm}^3/\text{año}$  en el sector Pequerina y en 0,46  $\text{hm}^3/\text{año}$  en el sector Amadorio.

La estimación se ha realizado aplicando sobre los afloramientos permeables no urbanizados el balance hídrico de la estación 8029 (ver Tabla nº 98).

**Tabla nº 98.- Estimación de la infiltración del agua de lluvia. Acuífero Anticlinales de Relleu**

Sector	P (mm/año)	ETR (mm/año)	RAU (mm)	P <sub>o</sub> (mm)	Lluvia Útil (mm/año)			% Infil./P	S (km <sup>2</sup> )	Entradas (hm <sup>3</sup> /año)
					Infil.	Escorr.	Total			
<b>Carcondo</b>									0,88	0,01
<b>Pequerina</b>	339,7	197,5	15	25	113,3	28,1	141,4	33,4	5,22	0,59
<b>Amadorio</b>									4,07	0,46
<b>TOTAL</b>									<b>10,17</b>	<b>1,06</b>

Los estudios que se llevaron a cabo hasta 2005 consideraban que la alimentación por infiltración de agua de lluvia del acuífero Anticlinales de Orcheta era de 0,3 hm<sup>3</sup>/año. En el Mapa del Agua de la Provincia de Alicante (DPA, 2007) se estiman por este concepto 0,4 hm<sup>3</sup>/año en el acuífero de Orxeta, que engloba los acuíferos definidos aquí como Anticlinales de Relleu, Orcheta y Sierra Cortina.

Recientemente, en 2009, la DPA en el estudio “Evaluación de Recursos Hídricos en el Municipio de Relleu evalúa la alimentación por infiltración natural del sector Pequerina en 0,1 hm<sup>3</sup>/año. Para ello, por una parte compara las precipitaciones con los bombeos y la piezometría del sondeo de Relleu y, por otra, parte del principio de que las salidas menos las entradas, para un periodo de tiempo considerado, equivalen a la variación de almacenamiento de agua en el acuífero, aunque esto sólo es posible en un sistema cerrado.

#### 11.12.6.2 ANÁLISIS DE USOS DE AGUA

En total hay 14 puntos inventariados en el acuífero, de los que únicamente 4 se encuentran en explotación (ver Tabla nº 99).

**Tabla nº 99.- Puntos de agua inventariados. Acuífero Anticlinales de Relleu**

Código	Toponimia	X UTM	Y UTM	Cota (m s.n.m.)	Tipo	Prof. (m)	Q (l/s)	Uso	V (m <sup>3</sup> /año)
<b>Sector Carcondo</b>									
293370013	Les Macarobes	733.745	4.271.021	365	Pozo	20,0	-	Sin instalar	-
293370014	Les Macarobes	733.736	4.271.017	365	Sondeo	70,0	-	Sin instalar	-
<b>Subtotal</b>									<b>--</b>
<b>Sector Pequerina</b>									
293370009	Macarola	734.027	4.271.320	390	Sondeo	250	--	Negativo	--
293370011	Pequerina	735.916	4.272.160	288	Sondeo	300	20,0	Abastecimiento	45.328
293370012	Bac. Salado	735.027	4.272.467	310	Manantial	--	2,0	Sin uso	63.072



Código	Toponimia	X UTM	Y UTM	Cota (m s.n.m.)	Tipo	Prof. (m)	Q (l/s)	Uso	V (m <sup>3</sup> /año)
<b>Subtotal</b>									<b>108.400</b>
<b>Sector Amadorio</b>									
293370001	Racó Rubio	737.722	4.270.187	220	Sondeo	30	--	Inacabado	--
293370003	Ferrer	736.459	4.268.947	201	Sondeo	100	--	Tapado	--
293370010	Amadorio ó nº 3	737.812	4.271.023	130	Sondeo	210	12,0	Abastecimiento	44.941
293370018	Amadorio 4	737.813	4.270.934	130	Sondeo	?	-	Abandonado	-
293370020	Antequeretes	737.712	4.269.882	159	Sondeo	138	15,5	Sin instalar	
293370021	Amadorio 5	737.694	4.271.756	150	Sondeo	?	-	Sin instalar	-
293370022	Amadorio 6	737.697	4.271.771	153	Pozo	?	-	Abandonado	-
293380038	Nozal ó nº 2	738.087	4.270.659	130,39	Sondeo	125	33,0	Abastecimiento	235.532
293380039	Román ó nº 1	738.217	4.270.627	121,74	Sondeo	156	25,0	Abastecimiento	41.534
<b>Subtotal</b>									<b>322.007</b>
<b>Total</b>									<b>430.407</b>

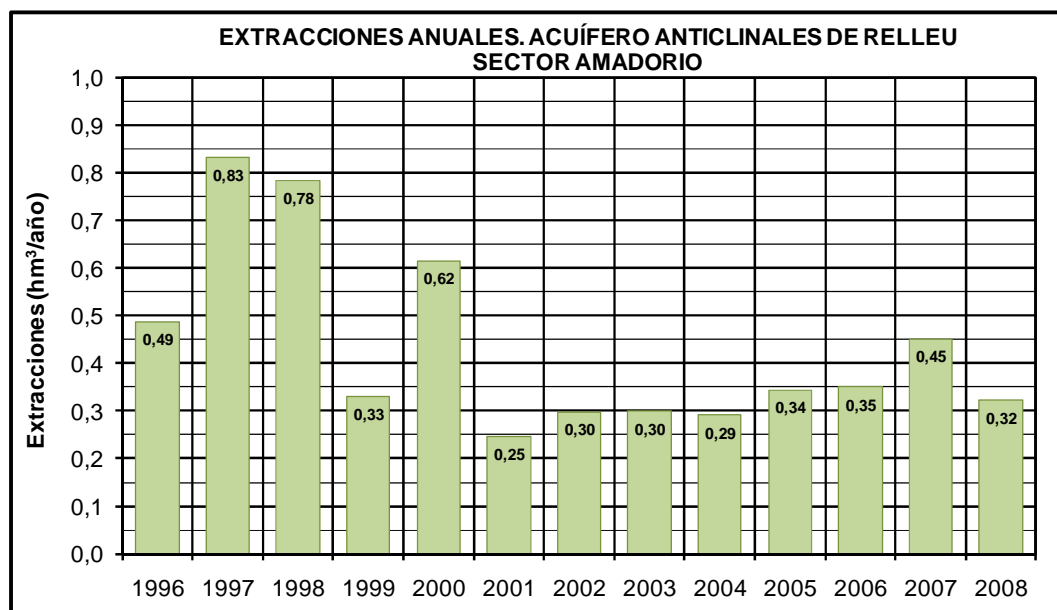


Figura nº 181.- Evolución de extracciones. Sector acuífero Amadorio

Los bombeos, localizados exclusivamente en los sectores Pequerina y Amadorio, cubren una parte de las necesidades de abastecimiento de los municipios de Villajoyosa y Relleu. Las extracciones de esas captaciones, para el periodo 1996/2008, se muestran en las

Figuras nº 180 y 181. En el sector Amadorio el volumen medio extraído en dicho periodo fue de 0,43 hm<sup>3</sup>/año, mientras que en el sector Pequerina fue de 0,11 hm<sup>3</sup>/año.

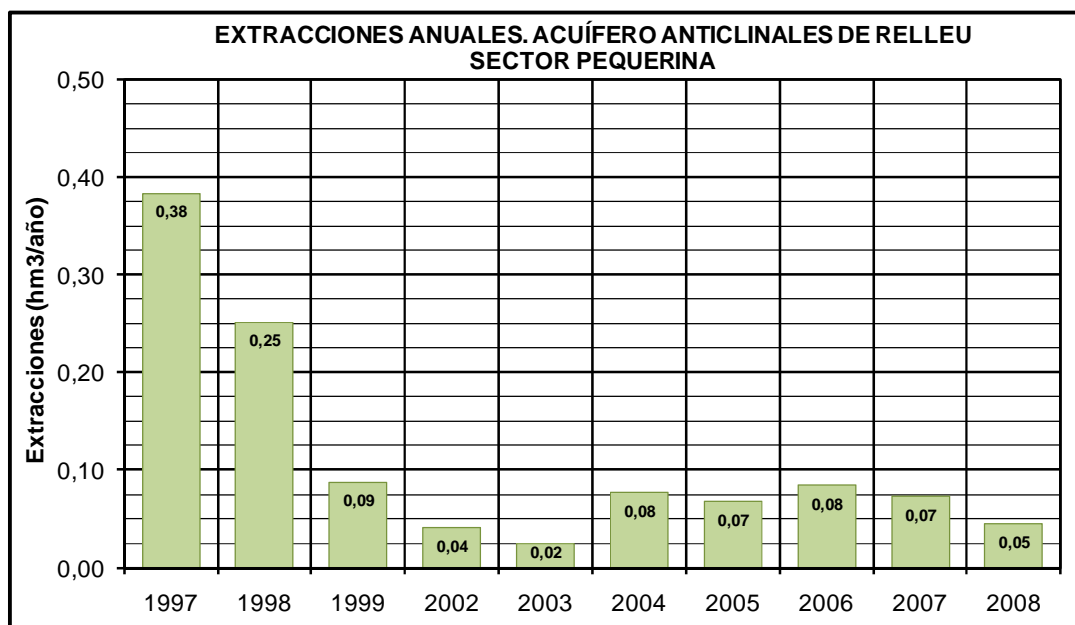


Figura nº 182.- Evolución de extracciones. Sector acuífero Pequerina

### 11.12.6.3 BALANCE HÍDRICO

La alimentación del sector Carcondo se debe a la infiltración de agua de lluvia, y se evalúa en unos 0,01 hm<sup>3</sup>/año. La descarga se produce a través de las surgencias de pequeño caudal o drenaje difuso, localizadas en el barranco de la Cova, situado en el borde septentrional del sistema.

En el sector Pequerina la recarga por infiltración de agua de lluvia se estima en 0,59 hm<sup>3</sup>/año, mientras que las salidas por bombeo son de 0,11 hm<sup>3</sup>/año, para el periodo 1997/2008, y varían entre 0,02 y 0,39 hm<sup>3</sup>/año. Las referidas a descargas naturales se consideran que son 0,06 hm<sup>3</sup>/año. Esto supone que unos 0,42 hm<sup>3</sup>/año se han podido transferir al sector Amadorio y/o han alcanzado cauces superficiales a través de descargas puntuales que deberían situarse en el Cañón de Relleu. En este sector no se contabiliza la posible infiltración de agua superficial que se puede producir entre el embalse de Relleu y el Cañón de Relleu. Al ser las extracciones por bombeo inferiores a la recarga de agua de lluvia, la infiltración superficial en el tramo del río Amadorio situado en el entorno del Cañón de Relleu no modifica el balance neto del acuífero, aunque podría condicionar la calidad del agua del mismo.

En el sector Amadorio la recarga por infiltración de agua de lluvia se evalúa en 0,46 hm<sup>3</sup>/año, y las extracciones por bombeo, para el periodo 1996 y 2008, entre 0,25 y 0,83

hm<sup>3</sup>/año, siendo el promedio de 0,45 hm<sup>3</sup>/año. Por tanto, si no existiera transferencia subterránea desde el sector Pequerina al sector Amadorio, la descarga de este sector al embalse en el periodo indicado sería nula. En consecuencia, el drenaje al río o al embalse en el periodo 1997-2008 equivaldría al volumen transferido desde el sector Pequerina (0,42 hm<sup>3</sup>/año), al que habría que añadir la transferencia subterránea del acuífero Peñacosta (0,03 hm<sup>3</sup>/año).

En este acuífero el agua subterránea utilizada asciende a unos 0,55 hm<sup>3</sup>/año (media de los últimos 10 años), empleada exclusivamente en los abastecimientos de las poblaciones de Relleu y Villajoyosa. El resto, unos 0,45 hm<sup>3</sup>/año, alcanza los cursos de aguas superficiales y el embalse del Amadorio.

#### 11.12.6.4 RECURSOS DISPONIBLES

La alimentación estimada para todo el acuífero es de 1,06 hm<sup>3</sup>/año, y el volumen medio anual aprovechado por los abastecimientos de Relleu y Villajoyosa de 0,54 hm<sup>3</sup>/año.

La diferencia, 0,52 hm<sup>3</sup>/año, alimenta el embalse del Amadorio, cuyos recursos se destinan al riego y, a través del Consorcio de la Marina Baixa y en situaciones extraordinarias, al abastecimiento de las ciudades de Benidorm y Villajoyosa. Dichas situaciones suelen darse durante el verano debido al acusado incremento poblacional, ya que normalmente son abastecidas por el Embalse de Guadalest.

Se puede decir que los excedentes del acuífero ya se aprovechan de forma indirecta en otros usos agrícolas y urbanos de la zona a través del embalse del Amadorio.

Por otro lado, el ayuntamiento de Orxeta tiene previsto incorporar al abastecimiento el sondeo 2933-7-20, situado en el sector Amadorio, para cubrir la demanda potencial estimada para el techo poblacional del PGOU (equivalente a 0,48 hm<sup>3</sup>/año). La previsión es bombear 0,21 hm<sup>3</sup> de este pozo y del resto de las actuales captaciones (horizonte 2020).

También, según el crecimiento poblacional de los últimos años (5,34%) la demanda del municipio de Relleu podría suponer 0,21 hm<sup>3</sup>/año. Para satisfacerla, se tendrían que aumentar las extracciones del sondeo Pequerina (2933-7-11) en unos 0,10 hm<sup>3</sup>/año.

Por último, de acuerdo con las previsiones municipales, el incremento de demanda de Villajoyosa se cubrirá aumentando las extracciones en los sondeos 2933-7-10 y 2933-8-38 y 39, que captan el sector Amadorio (hasta 0,46 hm<sup>3</sup>/año) y con nuevas aportaciones del Consorcio de la Marina Baixa (3,67 hm<sup>3</sup>/año).

Si se cumplen las previsiones anteriores, las extracciones para uso urbano llegarían a 0,88 hm<sup>3</sup>/año, y las aportaciones medias al embalse del Amadorio se reducirían hasta los 0,18 hm<sup>3</sup>/año.

## 11.12.7 HIDROQUÍMICA E ISÓTOPOS ESTABLES

### 11.12.7.1 HIDROQUÍMICA

Los datos hidroquímicos disponibles muestran que la CE varía entre 1.000 y 2.200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el sector Amadorio y entre 1.000 y 4.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el sector Pequerina (ver Figura nº 183), mientras que las facies hidroquímicas lo hacen entre sulfatadas sódico-magnésicas a cloruradas cálcico-sódicas (ver Figura nº 184). El contenido en sulfatos, unos 300 mg/l en el sector Amadorio y entre 300 y 800 mg/l en el de Pequerina (ver Figura nº 185), supera los valores máximas establecidas en el RD140/2003 (250 mg/l), no siendo aptas para consumo humano si no se tratan o mezclan previamente con otras de mejor calidad. En el sector Pequerina también se sobrepasa ocasionalmente la concentración de cloruros (ver Figura nº 186) y la CE (ver Figura nº 183).

La CE, tanto para la primera campaña (marzo-mayo de 2009) como para la segunda (septiembre-noviembre de 2009), disminuye en el sentido del flujo, desde 3.000-4.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el borde septentrional hasta unos 1.250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la zona de los pozos de Villajoyosa. También el contenido de sulfatos disminuye en el sentido del flujo, de 500 a 300 mg/l en la primera campaña, y se mantiene en torno a 300 mg/l en la segunda, tras el periodo lluvioso. Los cloruros permanecen constantes en los pozos de abastecimiento (200-250 mg/l en la primera campaña y 110 mg/l en la segunda).

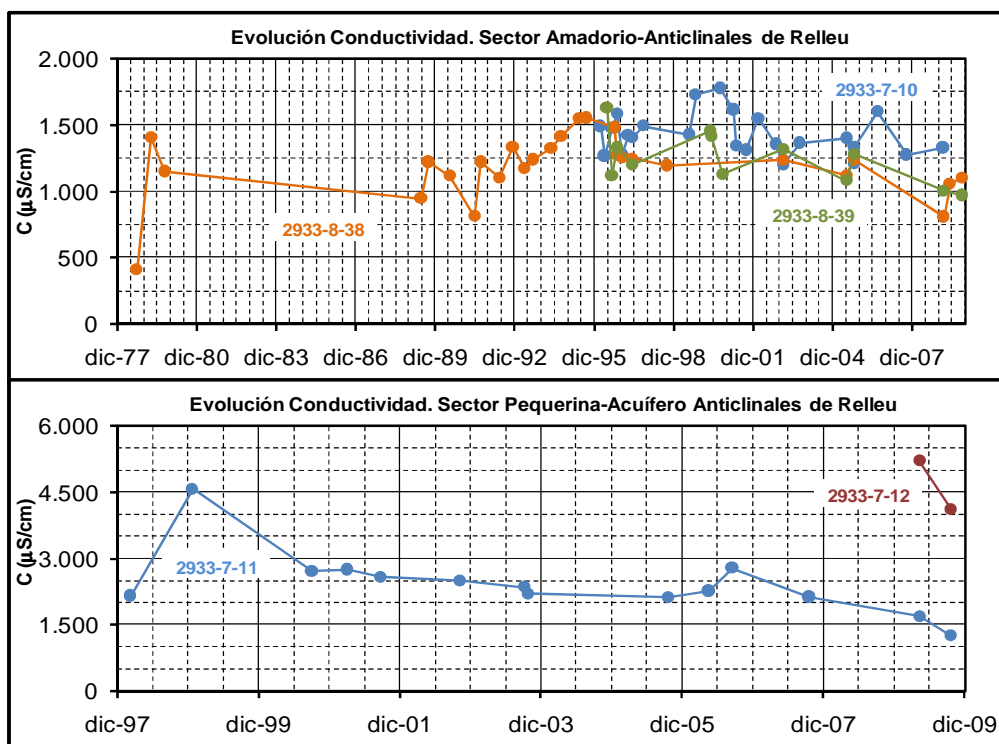


Figura nº 183.- Evolución de la CE. Acuífero Anticlinales de Relleu

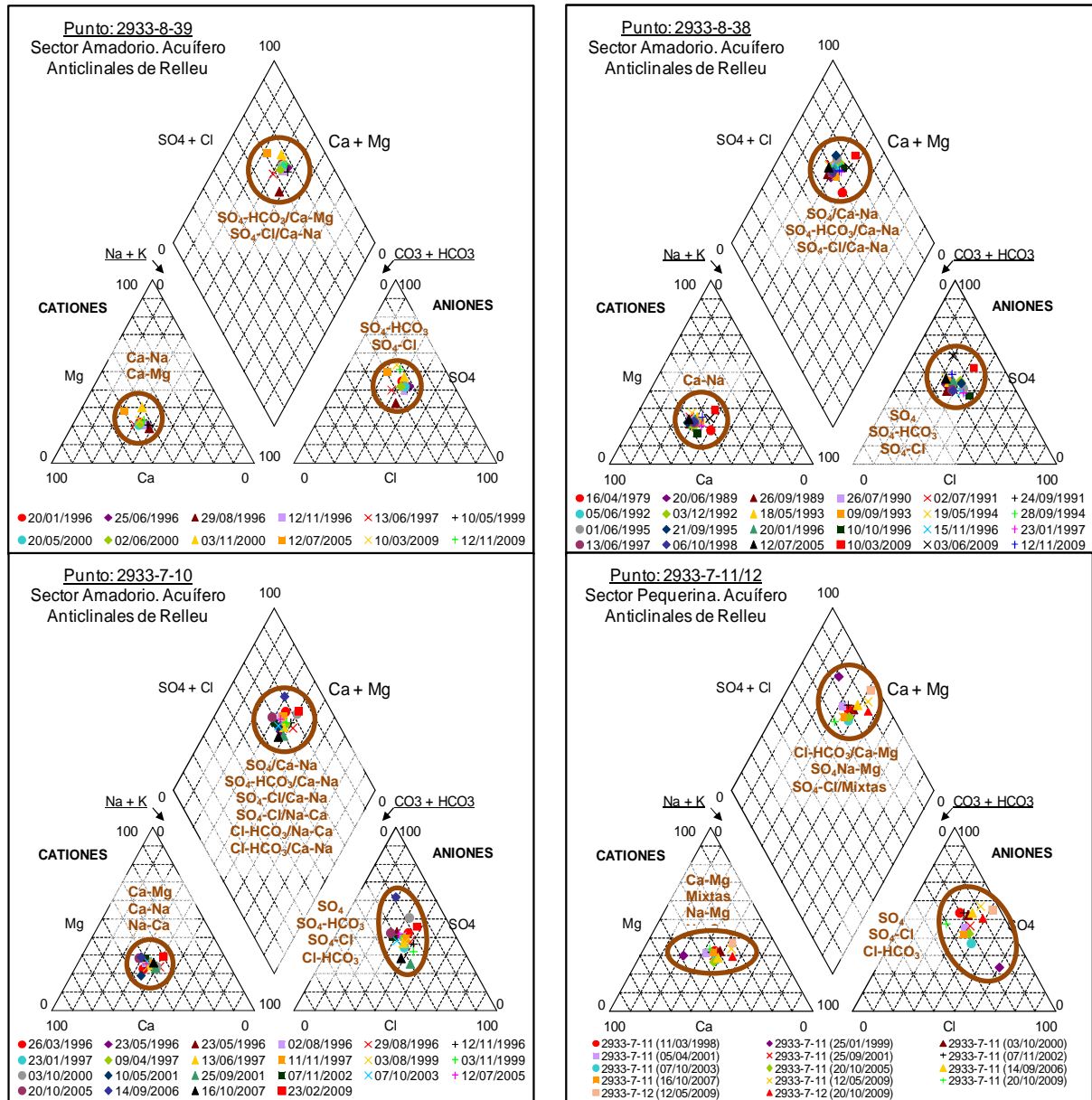


Figura nº 184.- Diagramas de Piper. Acuífero Anticlinales de Rellou

En la Tabla nº 100 se incluyen las determinaciones de las campañas de mayo y octubre de 2009.

Tabla nº 100.- Resultados analíticos de 2009. Acuífero Anticlinales de Rellou

Punto	Fecha	B (mg/l)	Br (mg/l)	Ca (mg/l)	Cl (mg/l)	CO <sub>3</sub> H (mg/l)	C (μS/cm)	DQO	F	K (mg/l)
293370011	12-05-09	0,482	0,530	95	242	99	1.686	1,3	0,760	7,0

Punto	Fecha	B (mg/l)	Br (mg/l)	Ca (mg/l)	Cl (mg/l)	CO <sub>3</sub> H (mg/l)	C (μS/cm)	DQO	F	K (mg/l)
293370011	20-10-09	0,404	0,315	99	112	256	1.249	1,4	0,962	6,0
293370012	12-05-09	1,760	1,570	200	724	106	5.203	4,6	1,240	11,0
293370012	20-10-09	1,300	1,129	204	550	260	4.103	2,4	1,587	16,0
293370010	23-02-09	0,293	0,449	94	202	145	1.330	1,3	0,493	6,0
293370020	14-07-09						1.100			
293380038	10-03-09	0,159	0,080	60	98	74	809	1,0	0,400	3,0
293380038	03-06-09	0,266	0,282	93	80	149	1.056	0,9	0,426	4,0
293380038	12-11-09	0,268	0,324	109	106	206	1.103	0,6	0,508	4,0
293380039	10-03-09	0,220	0,210	108	95	154	1.002	0,9	0,395	4,0
293380039	12-11-09	0,197	0,253	97	101	145	969	0,7	0,404	4,0
Amadorio	11-05-09	0,109	0,120	71	69	65	713	1,2	0,240	3,0

Punto	Fecha	Li (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	pH	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	Sr (mg/l)	T (°C)
293370011	12-05-09		84	204	2	7,9	23,9	540	11,0	22,0
293370011	20-10-09	0,080	60	108	1	7,9	26,5	320	7,7	18,6
293370012	12-05-09		210	454	0	7,7	24,8	1.280	18,7	
293370012	20-10-09		148	437	0	7,7	34,5	960	15,8	18,1
293370010	23-02-09	0,700	55	147	4	7,9	21,1	330	8,2	22,7
293370020	14-07-09									
293380038	10-03-09		31	76	10	8,0	14,4	210	4,8	22,9
293380038	03-06-09		36	103	17	7,8	16,5	320	6,3	
293380038	12-11-09	0,050	40	100	7	8,0	17,6	292	6,7	21,0
293380039	10-03-09		34	89	27	7,6	13,6	286	6,3	27,6
293380039	12-11-09		32	90	16	8,0	14,1	262	5,6	21,1
Amadorio	11-05-09		26	45	3	8,0	4,7	206	3,6	

En la Figura nº 187 se ha representado sobre diagramas de Piper la evolución espacial de la facies hidroquímica. Los datos empleados para su elaboración se muestran en las Tablas nº 100 y 101. Esta última corresponde a valores promedio del periodo 1988-2009.

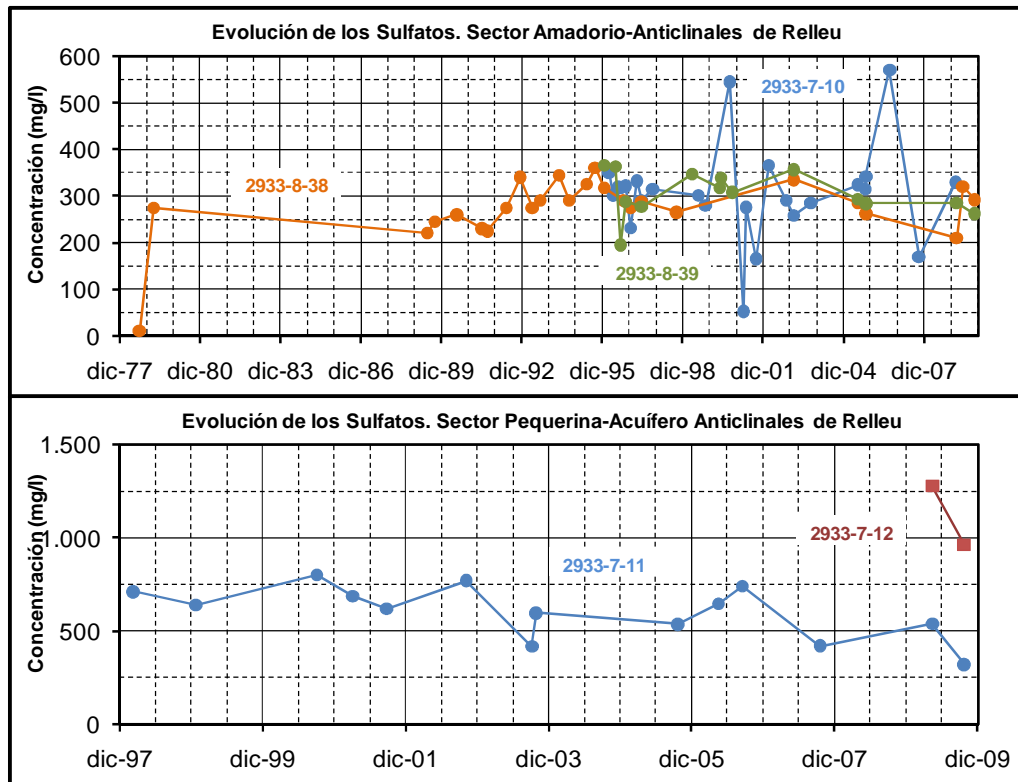


Figura nº 185.- Evolución de sulfatos. Acuífero Anticlinales de Relleu

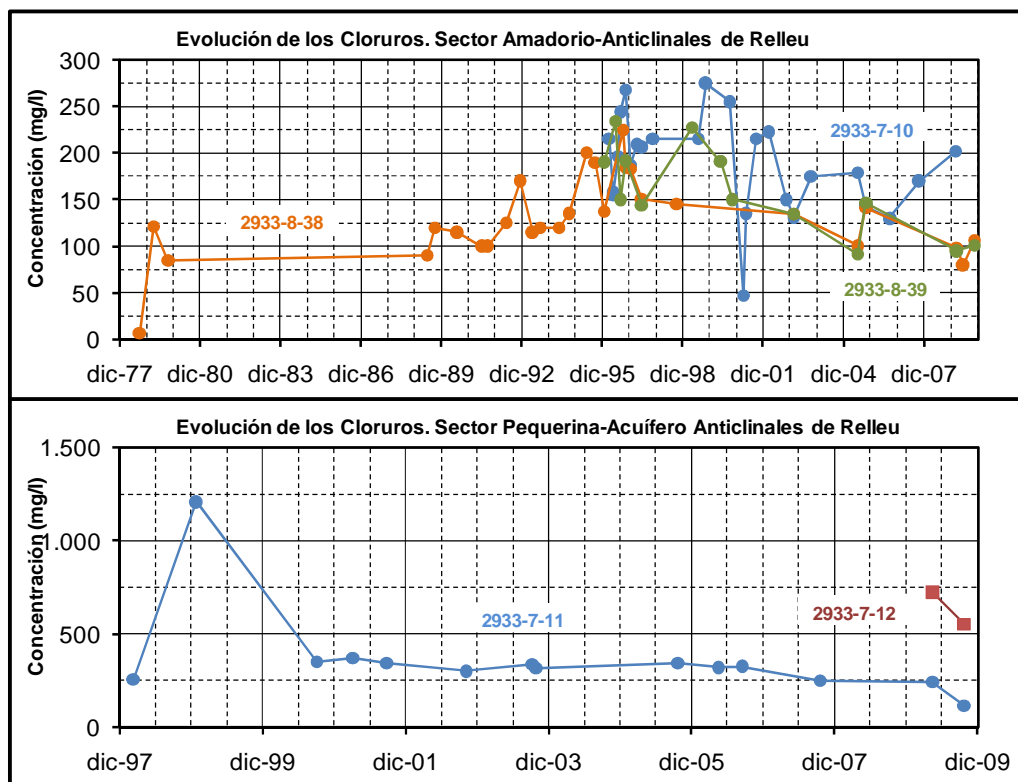


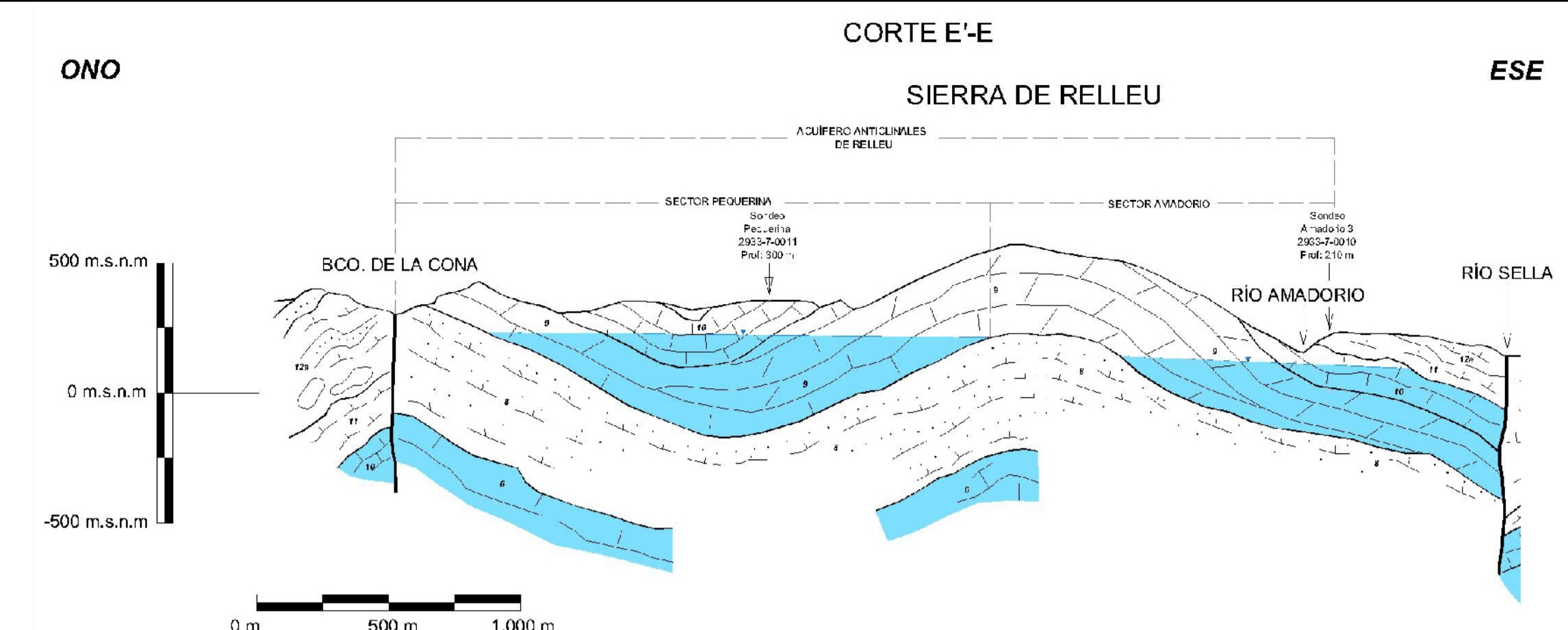
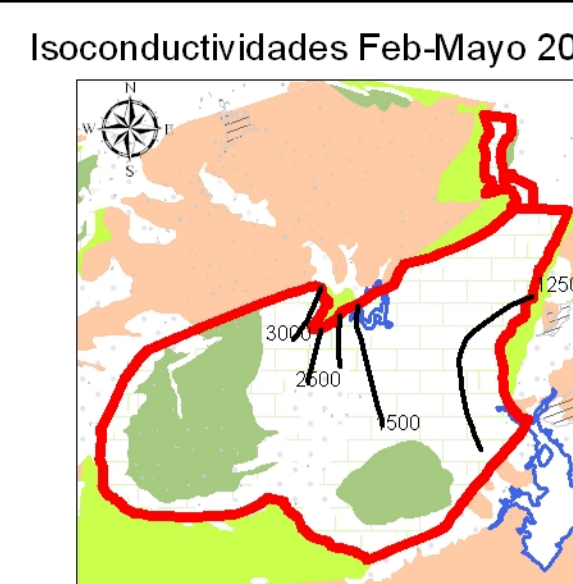
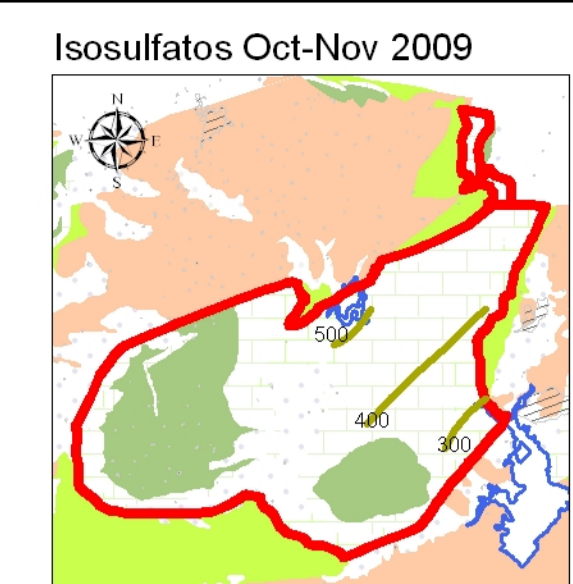
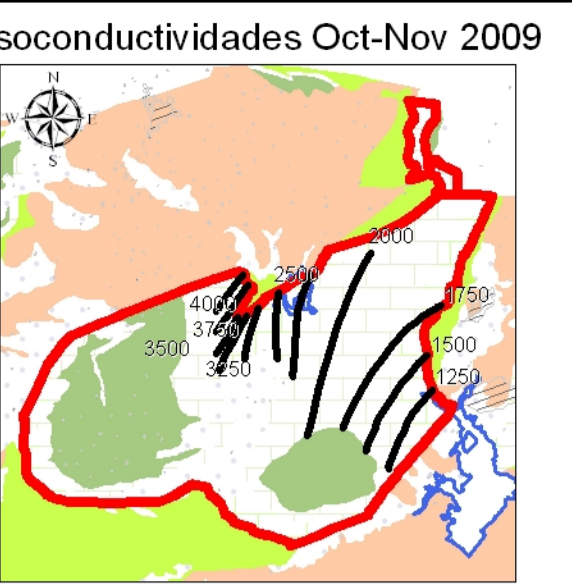
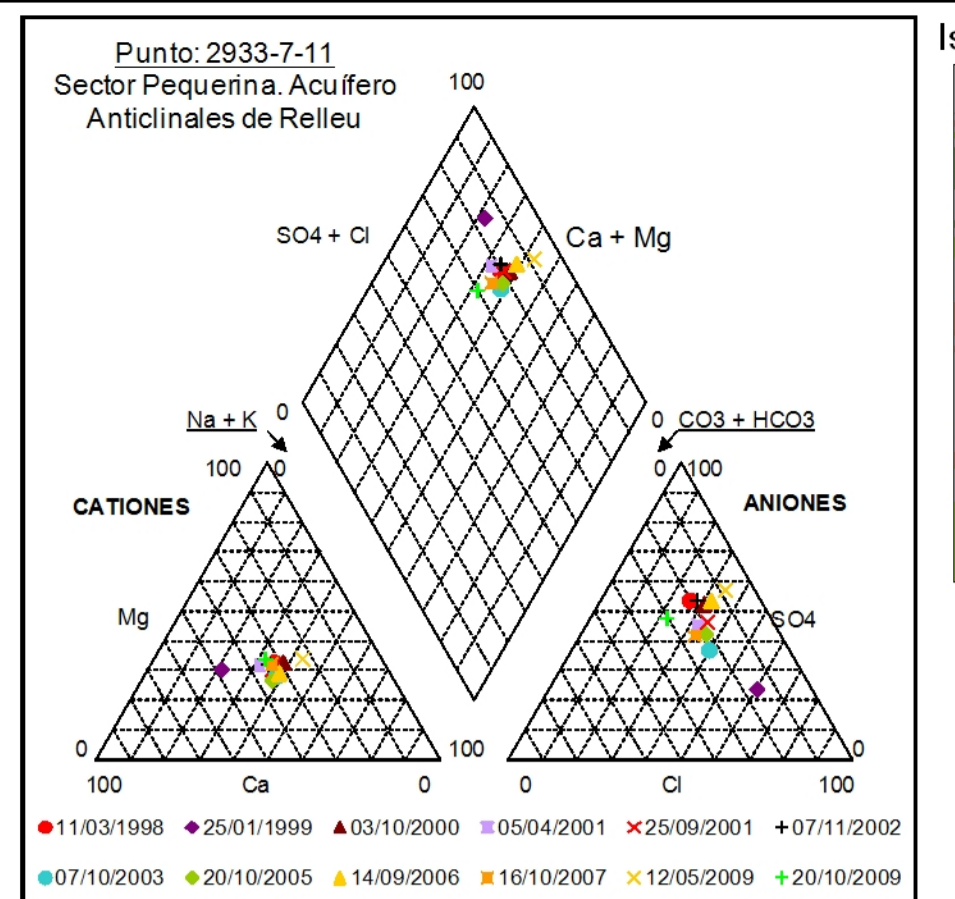
Figura nº 186.- Evolución de cloruros. Acuífero Anticlinales de Relleu

**Tabla nº 101.- Analíticas utilizadas para calcular promedios del periodo 1998/2009.  
Acuífero Anticlinales de Relleu**

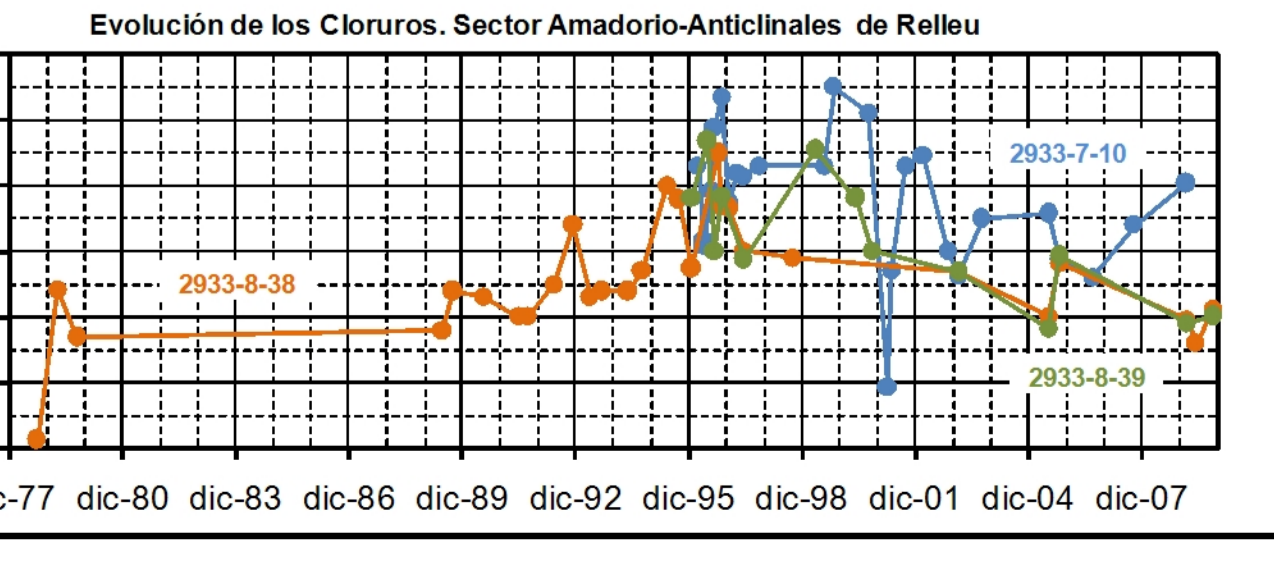
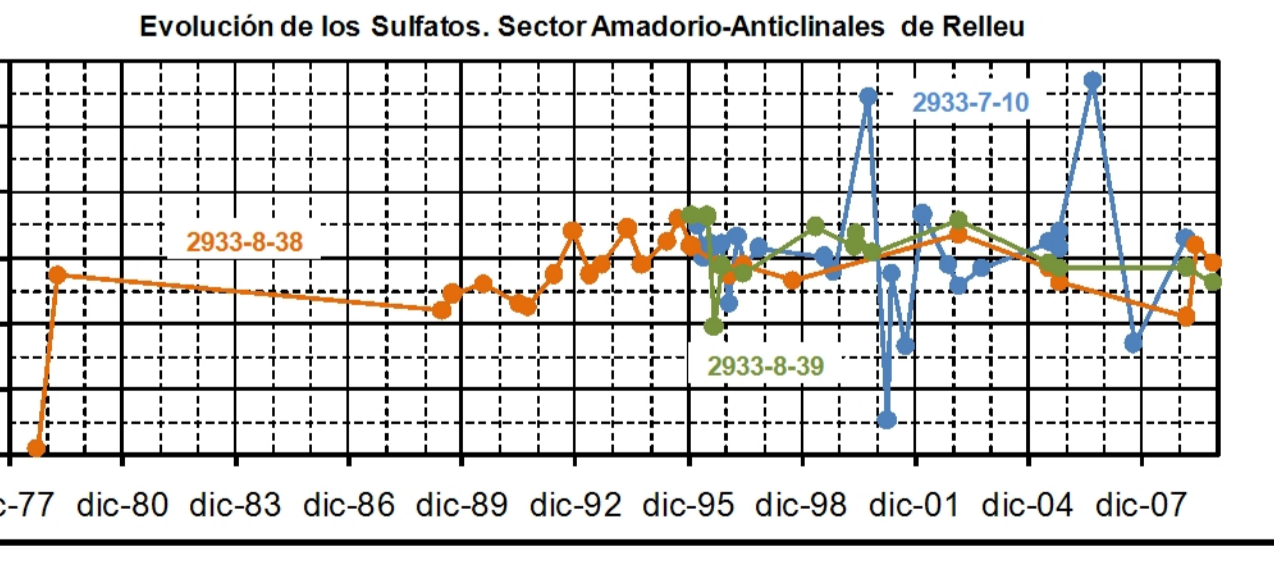
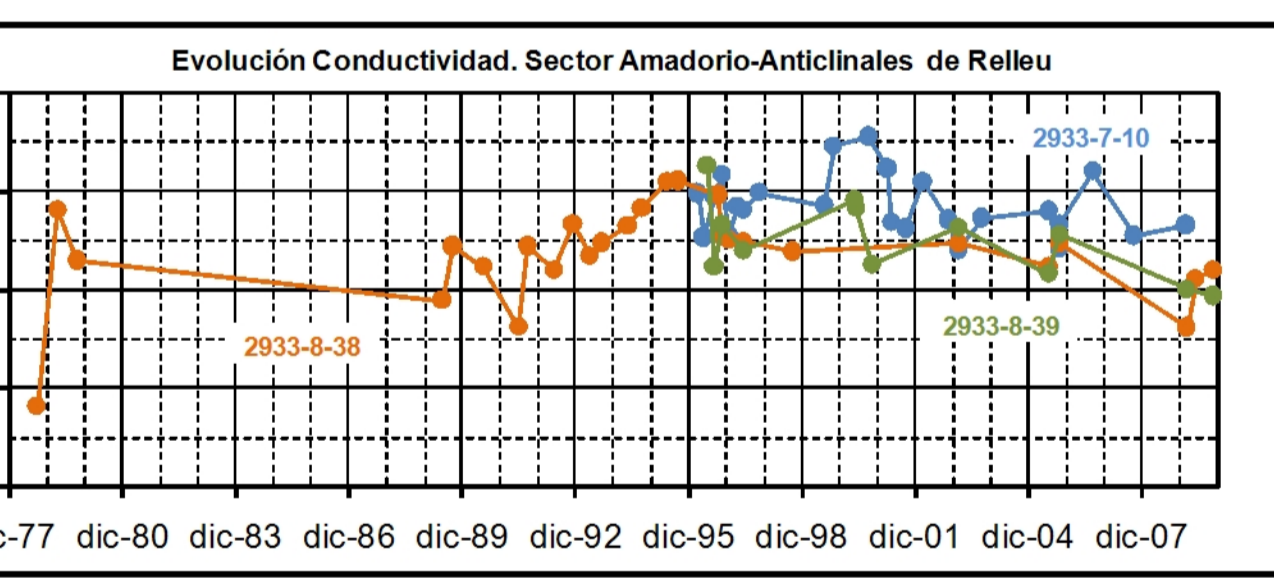
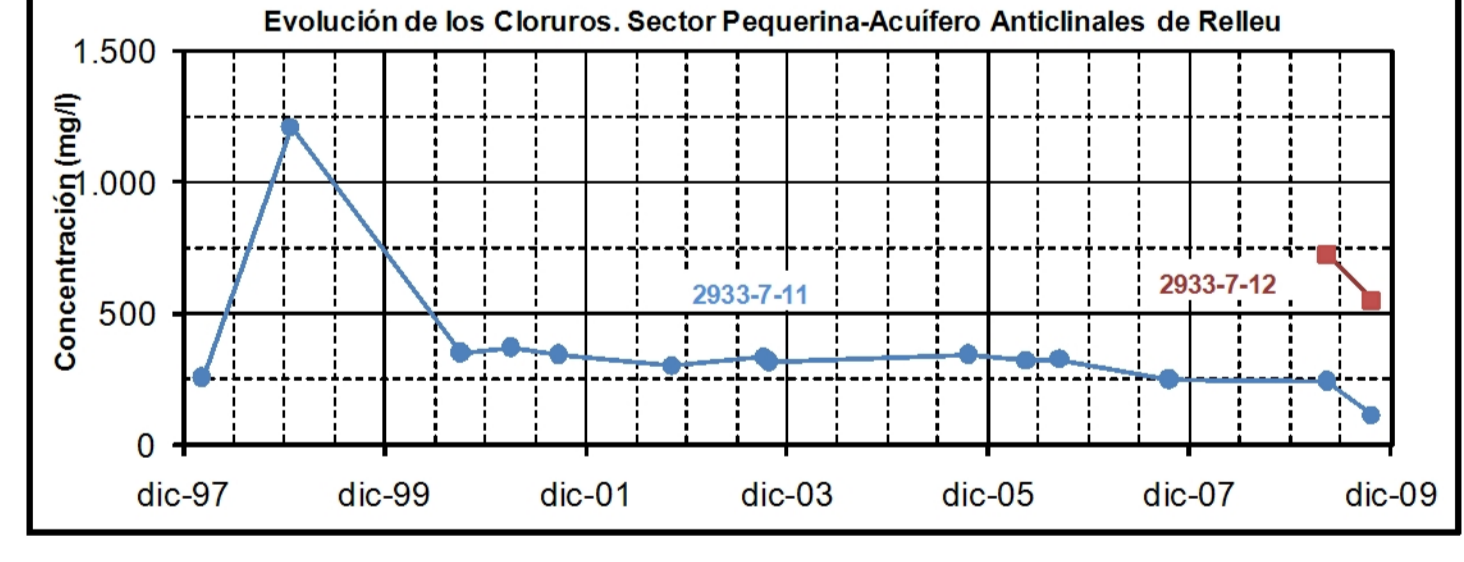
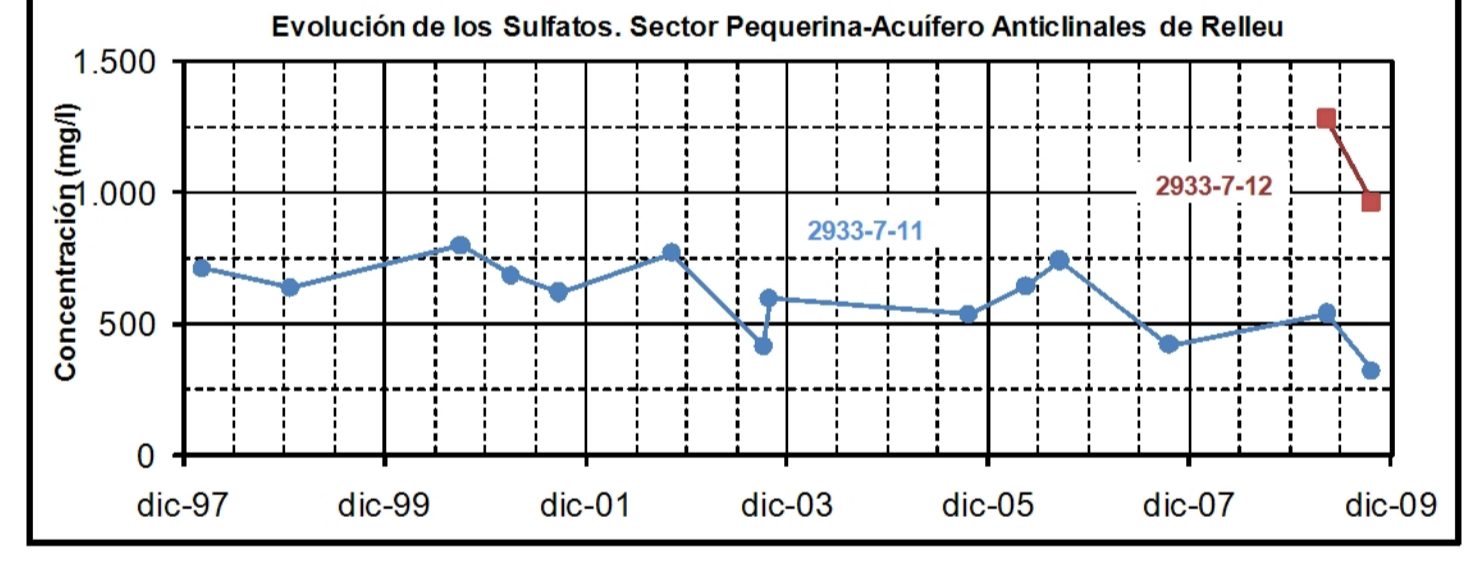
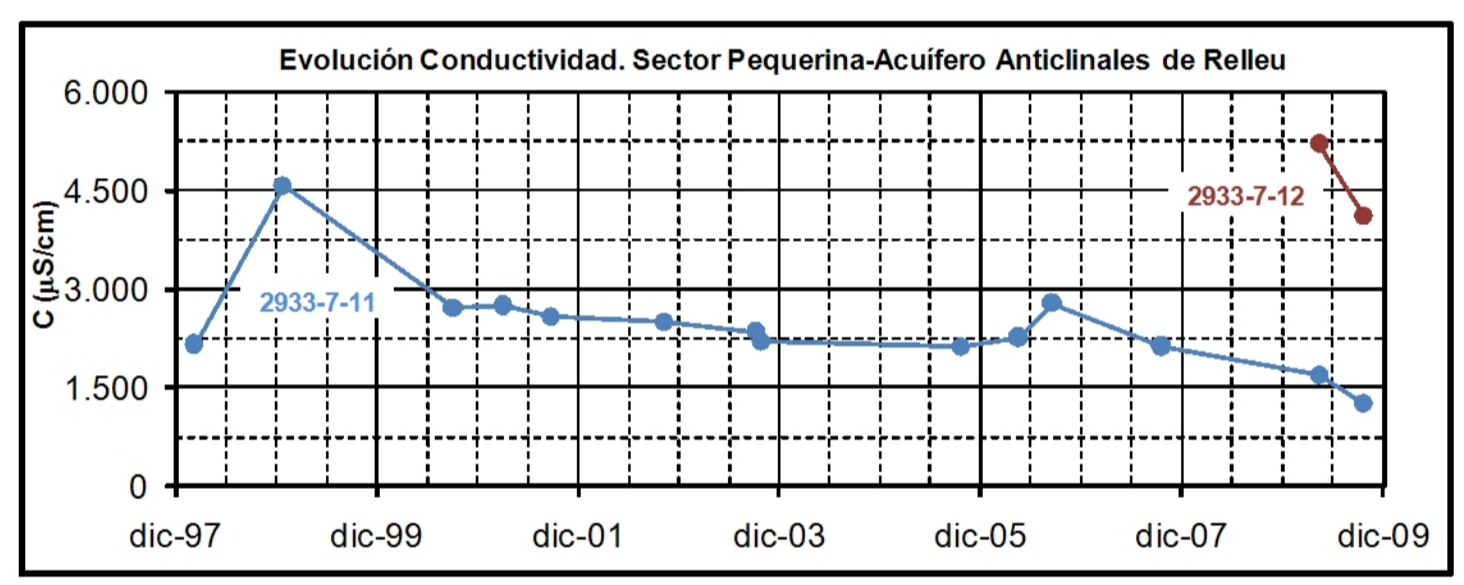
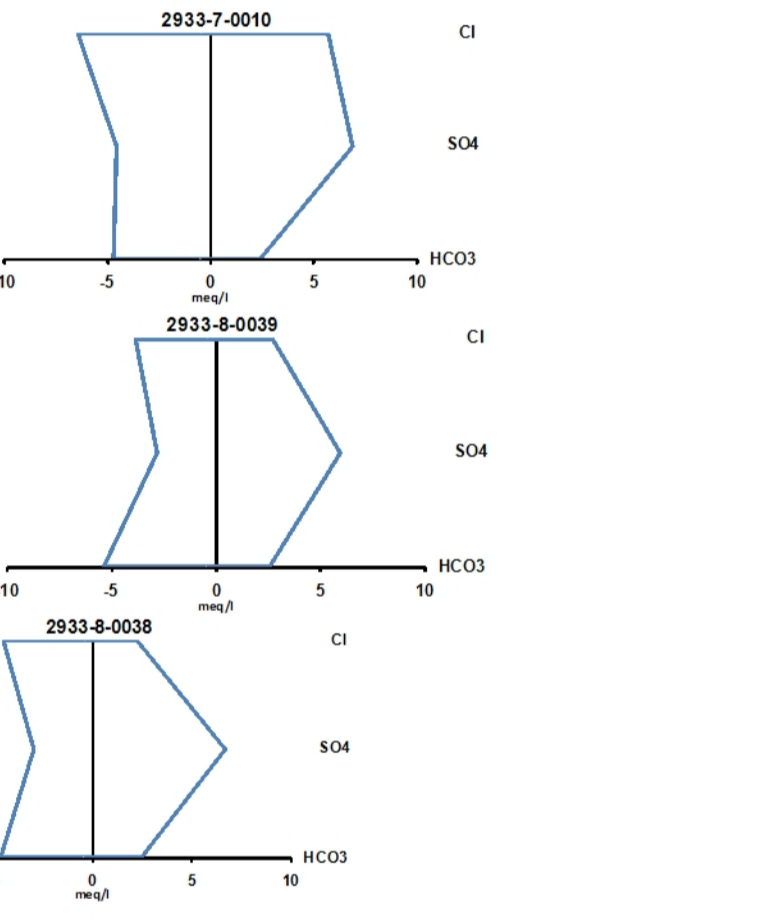
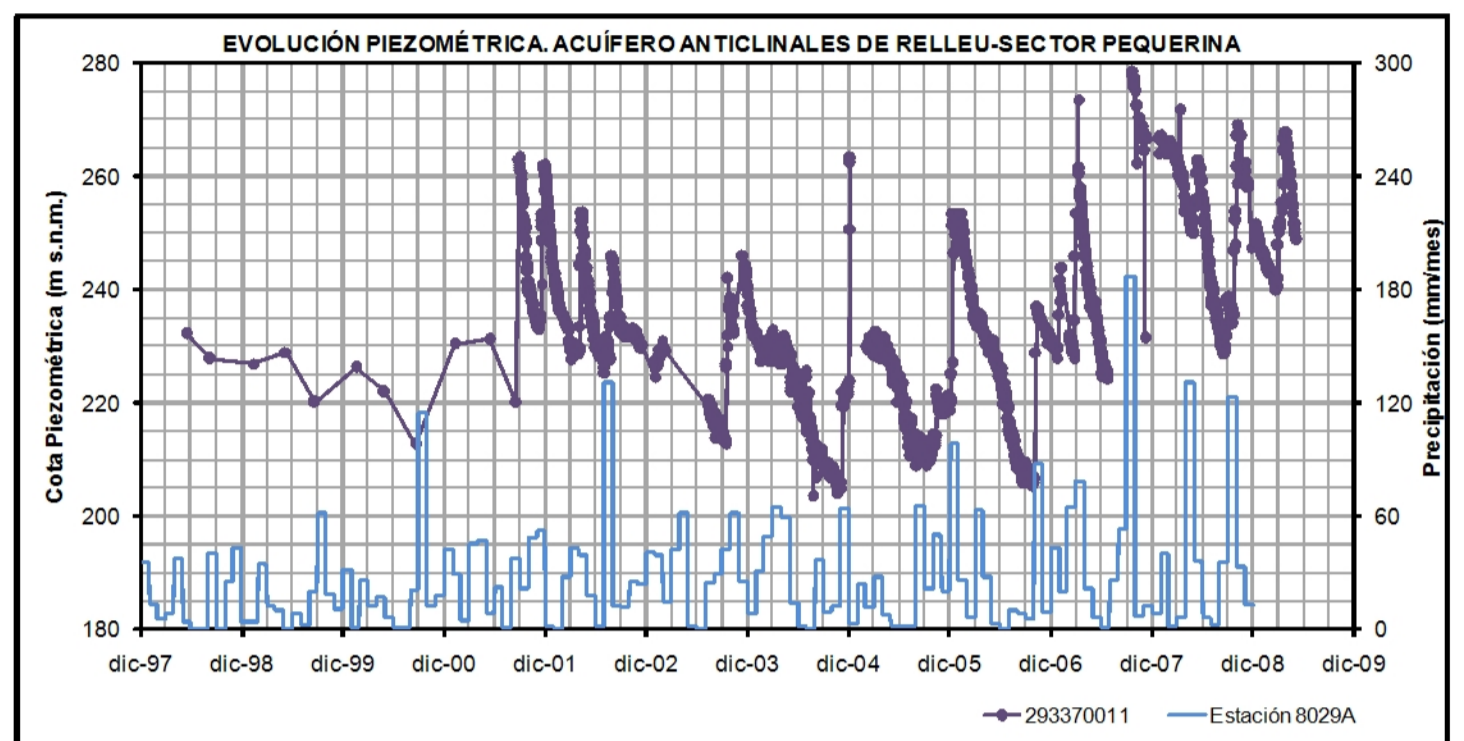
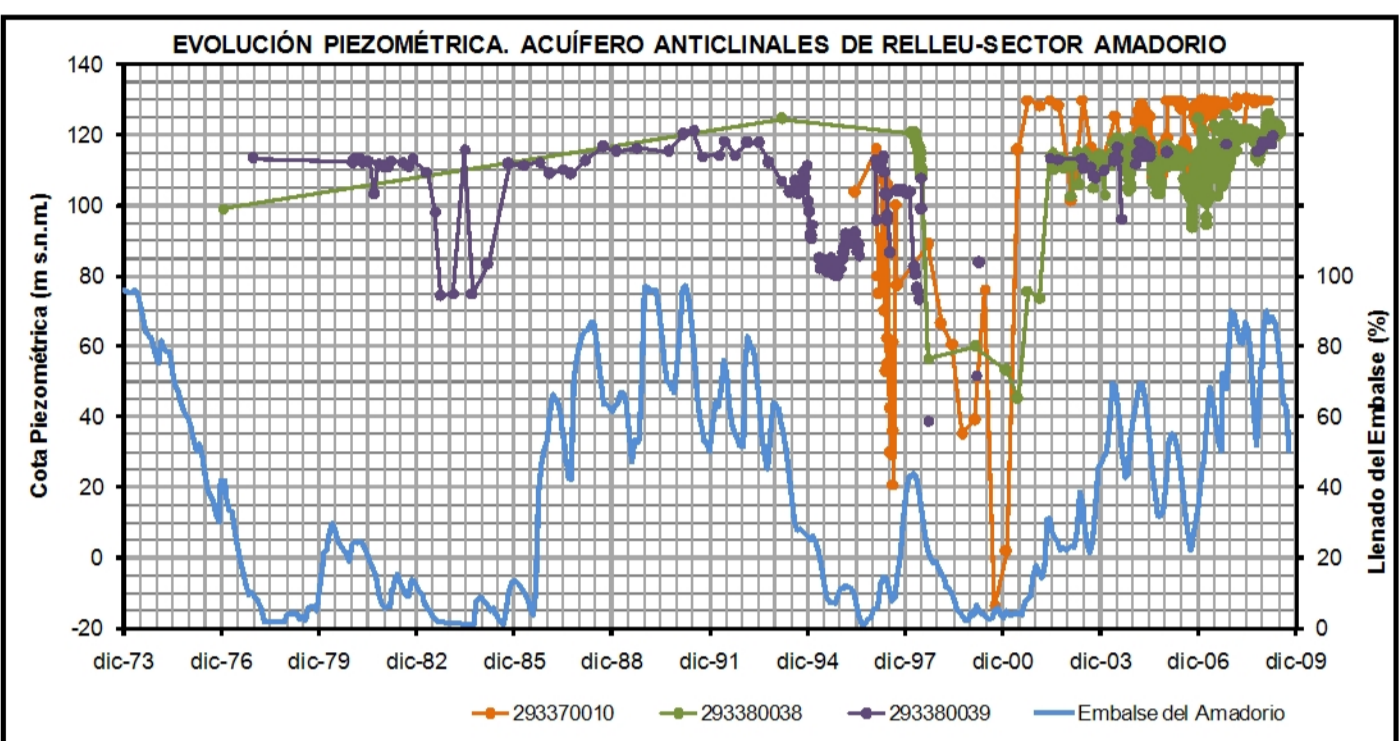
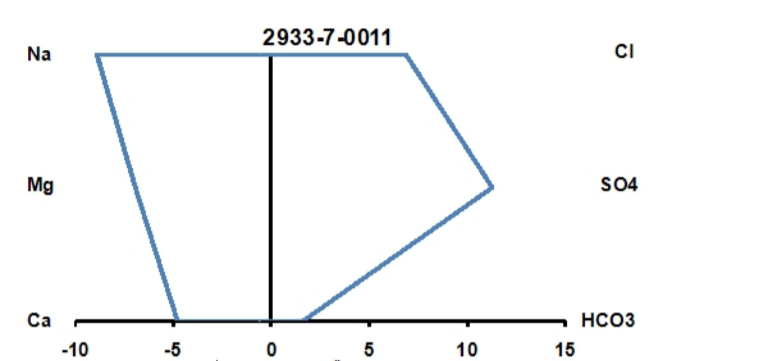
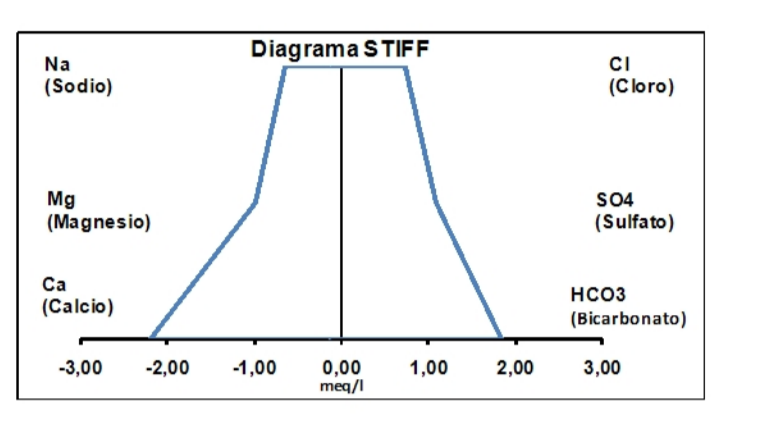
Fecha	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Ca <sup>++</sup> (mg/l)	Mg <sup>++</sup> (mg/l)	C (µS/cm)	pH
<b>Punto 293370012</b>										
12-05-09	106	1.280	724	0	454	11,0	200	210	5.203	7,7
20-10-09	260	960	550	0	437	16,0	204	148	4.103	7,7
<b>Promedio</b>	<b>183</b>	<b>1.120</b>	<b>637</b>	<b>0,0</b>	<b>446</b>	<b>13,5</b>	<b>202</b>	<b>179</b>	<b>4.653</b>	<b>7,7</b>
<b>Punto 293370011</b>										
11-03-98	340	711	256	5	230	7,4	178	111	2.160	7,3
25-01-99	547	638	1.208	6	282	10,9	548	206	4.570	6,6
03-10-00	335	800	350	2	265	10,0	175	120	2.710	7,4
05-04-01	427	685	370	1	230	7,6	231	119	2.750	7,5
25-09-01	325	620	345	5	250	8,0	200	110	2.570	7,3
07-11-02	345	770	300	4	252	8,0	215	125	2.500	7,1
07-10-03	335	415	335	5	250	7,0	190	95	2.350	7,2
20-10-05	350	535	345	6	260	7,0	210	95	2.120	7,6
14-09-06	250	740	325	5	255	7,0	185	100	2.780	7,2
16-10-07	315	420	250	4	190	7,0	155	90	2.130	7,3
12-05-09	99	540	242	2	204	7,0	95	84	1.686	7,9
20-10-09	256	320	112	1	108	6,0	99	60	1.249	7,9
<b>Promedio</b>	<b>327</b>	<b>599</b>	<b>370</b>	<b>3,9</b>	<b>231</b>	<b>7,7</b>	<b>207</b>	<b>110</b>	<b>2.465</b>	<b>7,4</b>
<b>Punto 293370010</b>										
03-08-99	275	302	215	6	146	3,9	148	51	1.428	
03-11-99	280	280	275	5	160	5,0	140	55	1.727	7,6
03-10-00	245	545	255	5	190	4,0	150	60	1.776	7,3
10-05-01	256	276	135	8	111	6,6	129	31	1.343	7,6
25-09-01	250	165	215	7	130	4,0	105	40	1.311	7,0
07-11-02	285	290	150	6	116	4,0	125	55	1.357	7,2
07-10-03	285	285	175	5	135	5,0	135	55	1.365	7,4
12-07-05	270	324	179	5	126	4,0	131	50	1.400	
20-10-05	295	315	145	6	115	5,0	150	60	1.207	7,4
14-09-06	220	570	130	4	115	4,0	140	60	1.600	7,4
16-10-07	250	170	170	5	110	3,0	95	40	1.276	7,4
23-02-09	145	330	202	4	147	6,0	94	55	1.330	7,9
<b>Promedio</b>	<b>255</b>	<b>321</b>	<b>187</b>	<b>5,5</b>	<b>133</b>	<b>4,5</b>	<b>128</b>	<b>51</b>	<b>1.427</b>	<b>7,4</b>
<b>Punto 293380038</b>										
06-10-98	260	265	145	14	100	4,0	135	40	1.193	7,4



Fecha	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Ca <sup>++</sup> (mg/l)	Mg <sup>++</sup> (mg/l)	C (μS/cm)	pH
12-07-05	245	286	100	18	86	5,0	135	40	1.120	
10-03-09	74	210	98	10	76	3,0	60	31	809	8,0
03-06-09	149	320	80	17	103	4,0	93	36	1.056	7,8
12-11-09	206	292	106	7	100	4,0	109	40	1.103	8,0
<b>Promedio</b>	<b>187</b>	<b>275</b>	<b>106</b>	<b>13</b>	<b>93</b>	<b>4,0</b>	<b>106</b>	<b>37</b>	<b>1.056</b>	<b>7,8</b>
<b>Punto 293380039</b>										
10-05-99	260	348	228	17	153	6,0	151	44		
20-05-00	237	318	191	25	122	5,0	152	40	1.454	8,0
02-06-00	275	339	191	24	128	5,4	153	43	1.415	
03-11-00	185	308	150	10	95	4,0	114	51	1.129	8,0
12-07-05	215	293	91	22	66	6,0	132	45	1.080	
10-03-09	154	286	95	27	89	4,0	108	34	1.002	7,6
12-11-09	145	262	101	16	90	4,0	97	32	969	8,0
<b>Promedio</b>	<b>210</b>	<b>308</b>	<b>150</b>	<b>20</b>	<b>106</b>	<b>4,9</b>	<b>130</b>	<b>41</b>	<b>1.175</b>	<b>7,9</b>
<b>Estación: Embalse de Amadorio (JU08470003)</b>										
22-06-98	111	372	101	9	69	5,1	140	37	1.265	7,9
05-10-99	104	520	172	2	123	6,3	208	58	1.567	7,8
15-05-00	160	629	212	6	137	6,4	237	58	1.880	7,8
21-05-01	176	520	174	10	111	5,7	206	50	1.622	7,9
27-05-02	176	352	134	2	89	6,1	143	36	1.220	8,0
26-05-03	157	455	130	5	103	4,8	167	42	1.281	8,0
24-05-04	167	373	119	2	87	6,2	133	37	1.180	8,1
29-03-06	161	321	92	9	62	3,9	153	29	1.041	7,9
21-06-07	150	340	95	1	63	3,4	152	29	1.027	7,7
20-09-07	110	302	84	3	63	3,7	107	28	926	7,7
18-12-07	142	211	65	1	50	4,7	100	23	763	7,9
22-01-08	175	169	55	3	46	3,5	107	24	802	8,1
23-04-08	158	181	61	2	52	3,4	91	26	811	7,8
16-07-08	163	213	73	1	47	3,2	97	24	809	7,5
21-10-08	129	236	77	1	56	3,7	98	29	888	8,1
21-01-09	113	212	66	3	49	3,0	117	26	860	8,3
22-04-09	161	204	66	3	47	3,3	91	22	840	7,8
07-07-09	169	225	69	2	45	3,0	101	24	854	7,5
<b>Promedio</b>	<b>149</b>	<b>324</b>	<b>103</b>	<b>3,5</b>	<b>72</b>	<b>4,4</b>	<b>136</b>	<b>33</b>	<b>1.091</b>	<b>7,9</b>

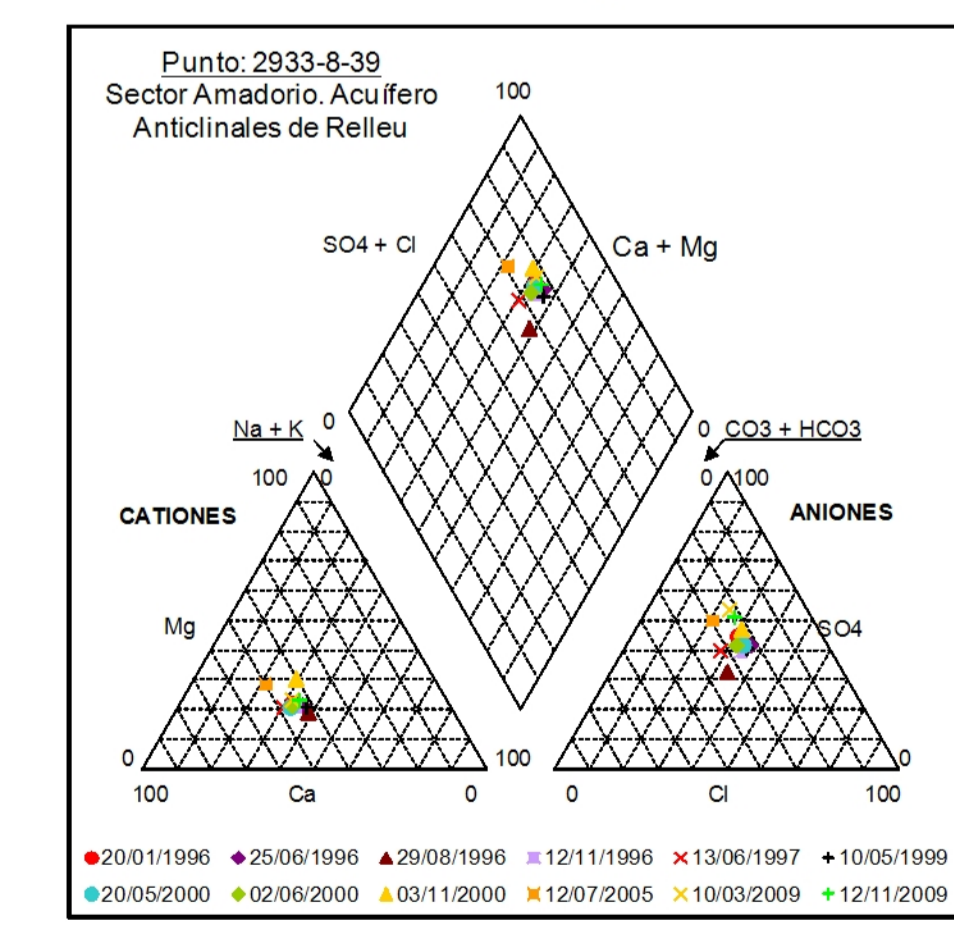


- Simbología**
- Inventario de puntos de agua**
- Calidad
  - Explotación
  - Piezometría
  - Manantiales
- Acuíferos límites**
- Límite de acuífero abierto
  - Límite de acuífero cerrado
  - Sectores de Acuíferos
  - Cortes geológicos
- Contactos**
- Dirección y buzamiento
  - Estratificación invertida
  - Estratificación vertical
  - Anticlinal
  - Anticlinal tumbado
  - Sinclinal
  - Cabalgamiento
  - Cabalgamiento supuesto
  - Contacto concordante
  - Contacto difuso
  - Contacto discordante
  - Contacto mecánico
- Carreteras**
- Autovía
  - Carreteras
  - Red hidrogáfica
- Cartografía**
- Autovía
  - Carreteras
  - Carreteras
  - Level 44
  - Level 46
  - Embalses
  - Zonas urbanas
  - Isopiezas (Oct-Nov 2009)
  - Flujo subterráneo



**LEYENDA LITOLÓGICA**

ERA	PERÍODO	UNIDAD	PERMEABILIDAD	DESCRIPCIÓN
CUATERNARIO		Permeable 19	Permeable 18	19. Arenas y gravas litorales
		Permeable 17	Permeable 16	18. Aluvial. Depósitos fondo de valle
		Permeable 15	Permeable 14	17. Terrazas aluviales
TERCIARIO	NEÓGENO	15	14	16. Arenas, gravas y limos rojos localmente encostrados. Glacis
		13	12a	15. Limos rojos, conglomerados y costras calcáreas
	PALEÓGENO	10	11	14. Areniscas y calcarenitas
		10	11	13. Margas y brechas
CRETÁCICO	SUPERIOR	Permeable	Permeable	12b. Calcarenitas
		Permeable	Permeable	12a. Margas con niveles de calcarenitas
	INFERIOR	8	7	11. Margocalizas y margas blancas y rosadas
		6	7	10. Calizas tableadas blancas
JURÁSICO	MALM	Permeable	Permeable	9. Calizas, dolomías y brechas
		Permeable	Permeable	8. Margas y margocalizas arenosas con erizos
	TRÍASICO		1	7. Margas, calizas y calcarenitas



**Balace Hídrico**

Acuífero/sector	Entradas					Salidas					Recursos (hm³/año)		
	Llu	Rr	Pa	Sub	Total	Man	Bo	Sub	Río	Mar	Total	Total	Utilizados
<b>Anticlinales de Rellu</b>													
Carcondo	0,01	--	--	--	0,01	--	--	--	--	--	0,01	1,06	0,54
Pequerina	0,59	--	--	--	0,59	0,06	0,11	0,42	--	--	0,59		
Amadorio	0,46	--	--	0,45	0,91	--	0,45	--	0,46	--	0,91		
<b>Totales</b>	<b>1,06</b>	--	--	<b>0,45</b>	<b>1,51</b>	<b>0,06</b>	<b>0,56</b>	<b>0,42</b>	<b>0,46</b>	--	<b>1,51</b>		
Peñacosta	0,03	--	--	--	0,03	--	--	--	--	--	0,03	0,03	--
<b>Totales</b>	<b>1,09</b>	--	--	<b>0,45</b>	<b>1,54</b>	<b>0,06</b>	<b>0,56</b>	<b>0,42</b>	<b>0,46</b>	--	<b>1,54</b>		

**GOBIERNO DE ESPAÑA** MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN

**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

**AGENCIACIÓN DE ALICANTE**

TÍTULO DEL PROYECTO: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA UNIDAD DE ORCHETA, MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA 080.072 ORCHETA Y 080.073 SAN JUAN-BENIDORM EXPEDIENTE: 1540/08

ESCALA: TÍTULO DEL PLANO: ACUÍFERO DE RELLEU Y ACUÍFERO DE PEÑACOSTA

DIRECCIÓN DEL PROYECTO: BRUNO J. BALLESTEROS NAVARRO LUIS RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ FECHA: DICIEMBRE 2009

**ACUIF. 4**

HOJA 1 DE 1

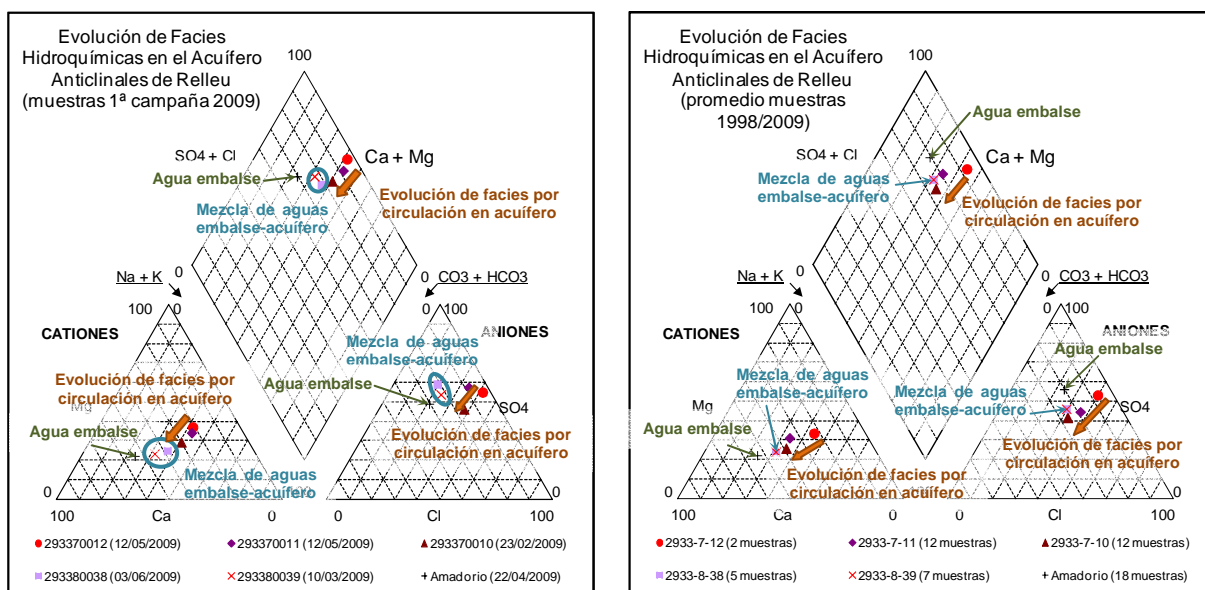


Figura nº 187.- Evolución espacial de facies hidroquímicas. Acuífero Anticlinales de Rellou

En los dos diagramas de Piper de la Figura nº 187 se observa que las facies evolucionan de sulfatadas sódico-magnésicas a sulfatado-cloruradas cálcico-sódicas o sulfatadas cálcico-sódicas, pasando por sulfatadas-cloruradas sódico-cálcicas e incluso sulfatado-bicarbonatadas cálcico-sódicas. Se interpreta que en la zona septentrional del acuífero hay aguas sulfatadas sódico-magnésicas asociadas a la presencia del Keuper, y que entre el pozo Pequerina (2933-7-11) y los de abastecimiento a Villajoyosa (2933-7-10 y 2933-8-38 y 39) evolucionan a tipos sulfatado-bicarbonatadas cálcico-sódicas, debido a la infiltración de aguas de lluvia con capacidad para disolver carbonatos, como pone de manifiesto el aumento de los ratios  $rMg/rCa$  y  $rCa/rCl$  y el descenso de las relaciones  $rCl/rHCO_3$  y  $rNa/rCa$  en el sentido de flujo (ver Tablas nº 102 y 103).

Tabla nº 102.- Relaciones iónicas de la primera campaña. Acuífero Anticlinales de Rellou

Punto (Fecha)	$rMg/rCa$	$rCl/rHCO_3$	$rSO_4/rCl$	$rK/rNa$	Icb	$rCa/rCl$	$rNa/rCa$
293370012 (12/05/2009)	0,86	11,74	0,65	0,014	0,02	0,49	1,97
293370011 (12/05/2009)	0,73	4,20	0,83	0,020	-0,33	0,70	1,87
293370010 (23/02/2009)	0,48	2,39	0,60	0,024	-0,15	0,83	1,36
293380038 (03/06/2009)	0,32	0,92	1,48	0,023	-1,03	2,06	0,96
293380039 (10/03/2009)	0,26	1,06	1,11	0,026	-0,48	2,02	0,72
Amadorio (22/04/2009)	0,20	0,70	1,14	0,041	-0,14	2,45	0,45

La facies hidroquímica de los sondeos 2738-8-38 y 39 se puede considerar intermedia (sulfatadas cálcico-sódicas) entre la del punto 2933-7-10 (sulfatado-cloruradas sódico-

cálcicas) y la del embalse del Amadorio (sulfatadas o sulfatado-bicarbonatadas cálcicas), debido a la mezcla de aguas del acuífero con las del propio embalse.

Tabla nº 103.- Relaciones iónicas promedio del periodo 1998/2009. Acuífero Anticlinales de Rellou

Punto	rMg/rCa	rCl/rHCO <sub>3</sub>	rSO <sub>4</sub> /rCl	rK/rNa	Icb	rCa/rCl	rNa/rCa
2933-7-12	0,73	5,98	0,65	0,018	-0,10	0,56	1,92
2933-7-11	0,44	1,94	0,60	0,020	0,02	0,99	0,97
2933-7-10	0,33	1,26	0,63	0,020	-0,12	1,22	0,90
2933-8-38	0,26	1,22	0,76	0,027	-0,13	1,54	0,71
2933-8-39	0,26	1,22	0,76	0,027	-0,13	1,54	0,71
Amadorio	0,20	1,18	1,17	0,036	-0,13	2,35	0,46

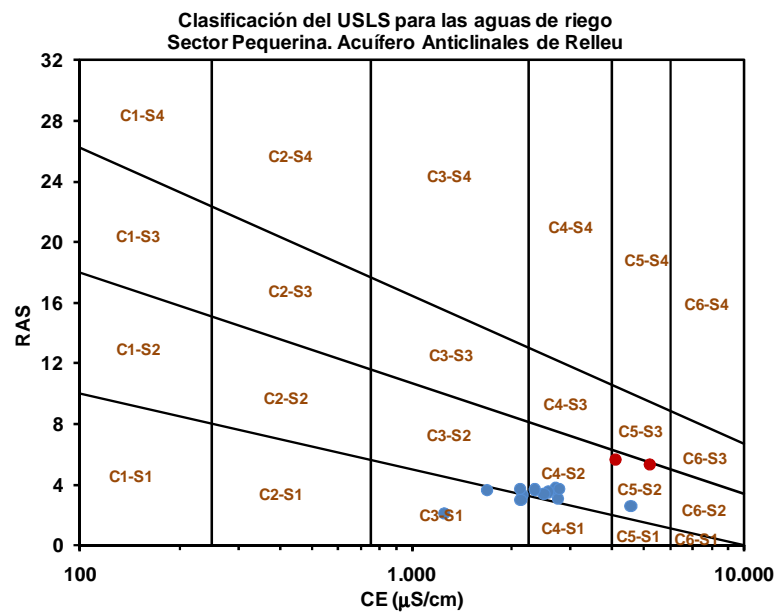


Figura nº 188.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Sector Pequerina

Según la clasificación de USLS las aguas del sector Pequerina corresponden al tipo C4S2, es decir, presentan un riesgo de salinización del suelo alto, que en muchos casos no es apta para el riego, y sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje (es necesario emplear volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y aplicarse a cultivos muy tolerantes a la salinidad) y un riesgo de alcalinización medio, especialmente si se aplica en suelos de textura fina (ver Figura nº 188). Las aguas de la surgencia del Barranco Salado son del tipo C5S2, por lo que presentan un grado de salinización del suelo muy alto y riesgo de alcalinización medio. Por su parte, según la clasificación de la FAO, las aguas del sector

Pequerina no deben causar problemas de infiltración (ver Figura nº 189). Las restricciones de uso agrícola por la toxicidad del Na, Cl y B son severas para el riego (concentraciones medias de 10,2 meq/l para los dos primeros y de 0,65 mg/l para el último), del HCO<sub>3</sub> ligeras o moderadas (4,2 meq/l) y del NO<sub>3</sub> nulas (2 mg/l).

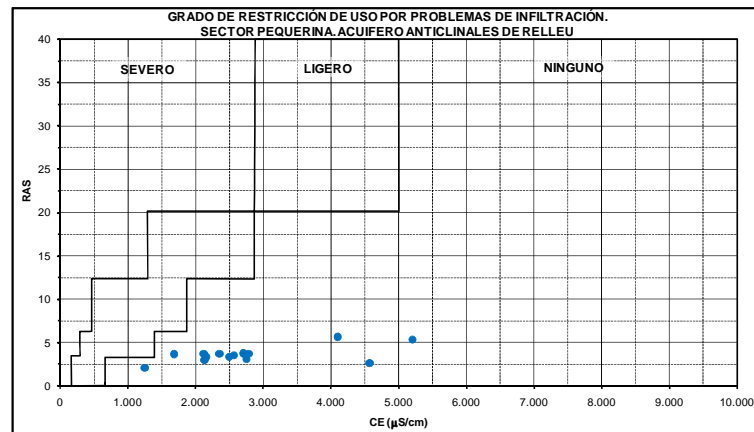


Figura nº 189.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO.  
Sector Pequerina

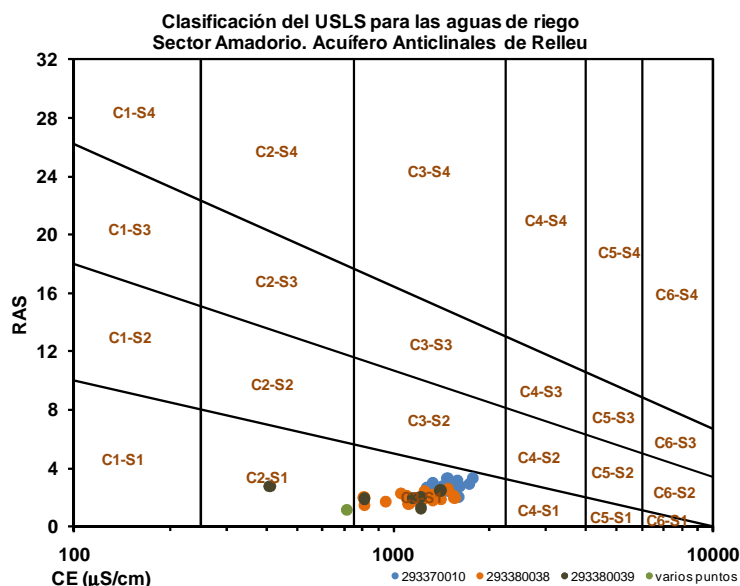


Figura nº 190.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Sector Amadorio

Las aguas del sector Amadorio corresponden al tipo C3S1 es decir, con un riesgo de salinización del suelo alto y riesgo de alcalinización bajo según la clasificación de USLS (ver Figura nº 190). Por su parte, según la clasificación de la FAO, las aguas no deben causar problemas de infiltración (ver Figura nº 191). Las restricciones de uso agrícola por la

toxicidad del Na, Cl, NO<sub>3</sub> y HCO<sub>3</sub> son ligeras o moderadas (3,98 meq/l, 3,62 meq/l, 10,20 mg/l y 3,10 meq/l, respectivamente) y nulas en el caso del B (0,23 mg/l).

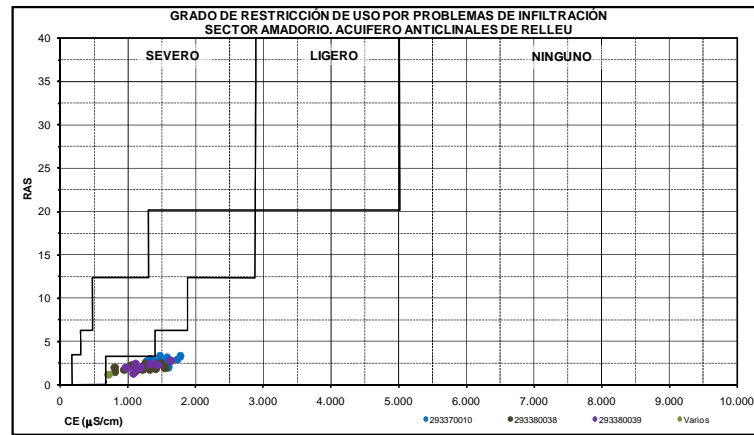


Figura nº 191.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO.  
Sector Amadorio

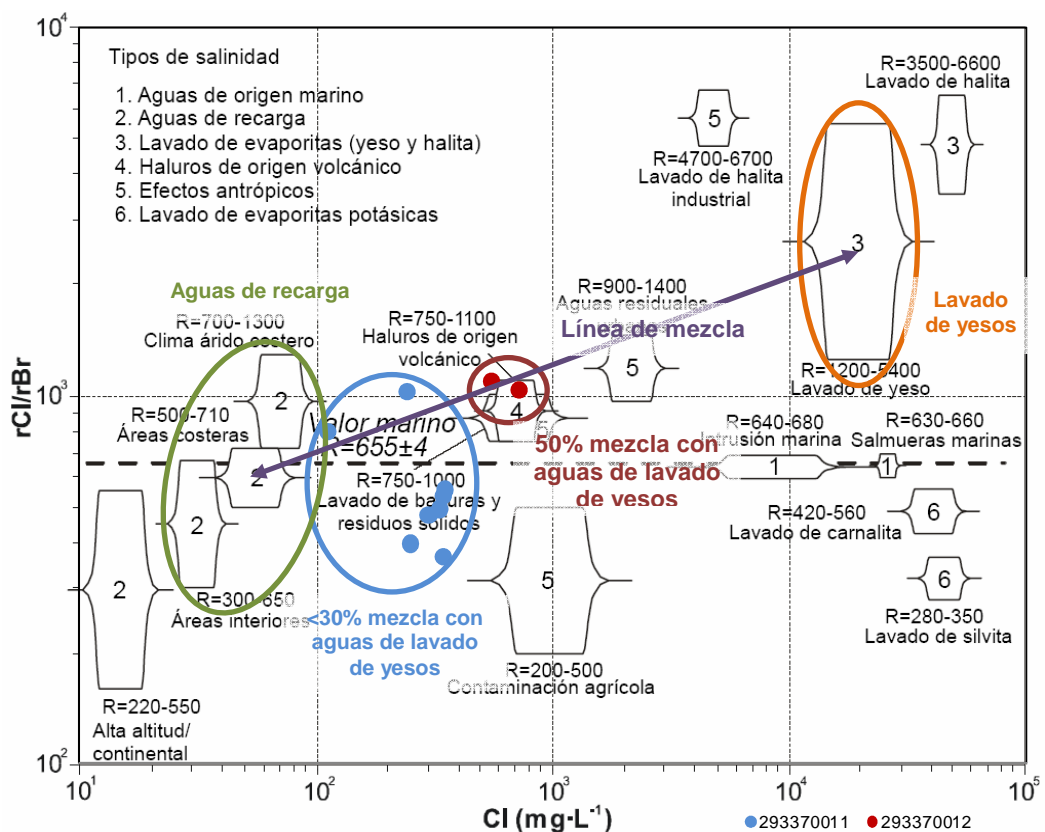


Figura nº 192.- Gráfico rCl/rBr vs. Cl. Sector Pequerina

El origen de la salinidad del agua del sector Pequerina, al correlacionar el contenido en ion Cl con el ratio rCl/rBr (Alcalá, F.J. y Custodio, E., 2003), se asocia a la mezcla de aguas

recarga y lavado de evaporitas, al situarse en una posición intermedia entre los tipos 2 (aguas de recarga) y 3 (lavado de yeso) de la Figura nº 192. El del sector Amadorio se aleja de los tipos de agua de recarga (tipo 2) al mezclarse con otras (del sector Pequerina) cuya salinidad se ha originado en parte por el lavado de yesos (ver Figura nº 193).

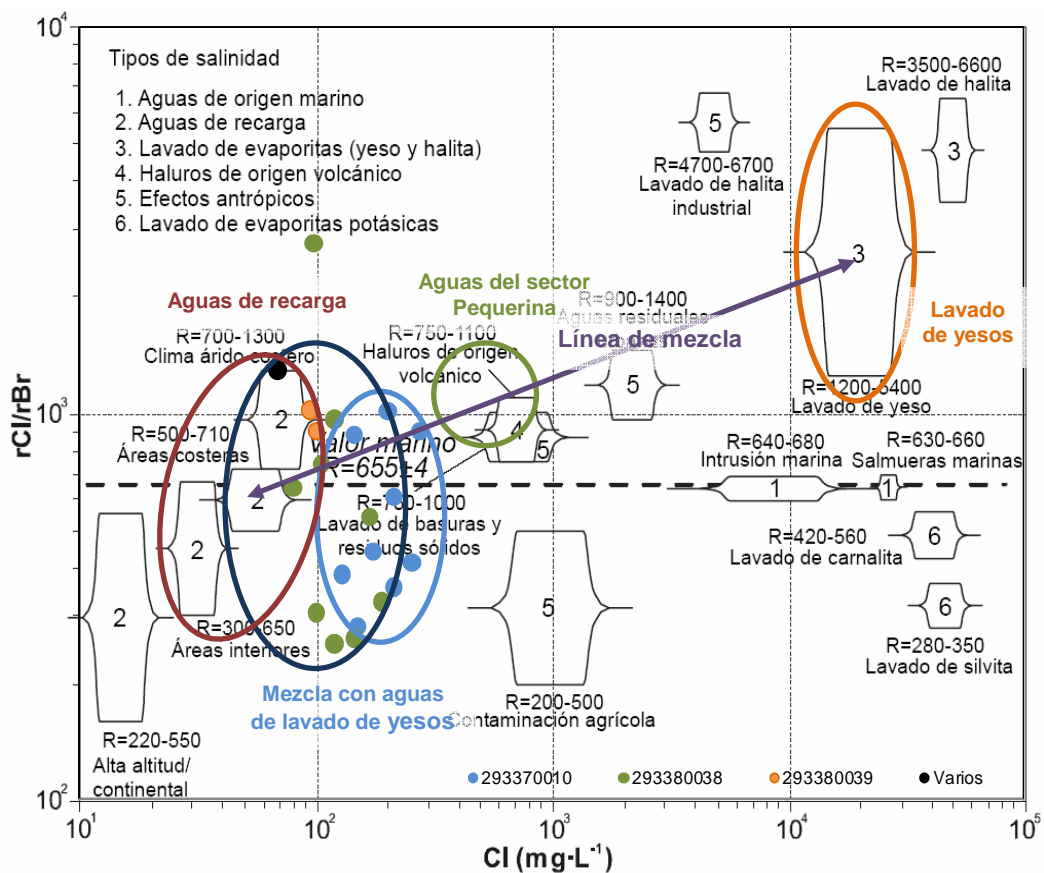


Figura nº 193.- Gráfico rCl/rBr vs. Cl. Sector Amadorio

### 11.12.7.2 ISÓTOPOS ESTABLES

En este acuífero se tomaron cuatro muestras para conocer la composición isotópica de sus aguas (ver Tabla nº 104).

Tabla nº 104.- Puntos de muestreo isotópico. Acuífero Anticlinales de Relleu

Punto	Toponimia	Sector	Tipo	Fecha Toma	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	d (‰)
2933-8-0038	Nozal ó nº 2	Amadorio	Sondeo	23/11/2009	-10,62	-36,41	-6,23	13,47
2933-8-0039	Román ó nº 1	Amadorio	Sondeo	23/11/2009	-9,85	-35,98	-6,41	15,33

Punto	Toponimia	Sector	Tipo	Fecha Toma	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	d (‰)
2933-7-0011	Pequerina	Pequerina	Sondeo	20/10/2009	-11,03	-32,09	-5,72	13,67
2933-7-0012	Bac. Salado	Pequerina	Manantial	20/10/2009	-10,31	-34,22	-6,36	16,69

Los resultados muestran que la zona de recarga de los pozos del abastecimiento de Villajoyosa (2933-8-38 y 39) se sitúa entre 350 y 450 m s.n.m. (la cota media de los afloramientos es de 310 m s.n.m. y la máxima se sitúa a 585 m s.n.m.). Por su parte, la cota media de la recarga del sector Pequerina se localiza entre los 200 y 375 m s.n.m.

El exceso de deuterio indica que el agua de lluvia que se infiltra en el acuífero tiene origen mediterráneo y, en menor proporción, atlántico.

Los resultados de  $\delta^{13}\text{C}$  no se pueden correlacionar con procesos de disolución de carbonatos al rondar el -10‰.

### 11.13 ACUÍFERO DE PEÑACOSTA

Este acuífero también formaba parte del antiguo sistema Anticlinales de Orxeta, definido en 1992. Se incluye por primera vez en el Mapa del Agua de la Provincia de Alicante publicado por la DPA en 2007, donde se le asigna una pequeña superficie y unos recursos de 0,01 hm<sup>3</sup>/año.

El sistema se localiza en la margen derecha del río Sella, ocupando el relieve que le da nombre (525 m s.n.m.). Tiene una forma alargada, orientada de norte a sur, con 1 km de largo y en torno a 0,2 km de ancho. Se extiende sobre 0,25 km<sup>2</sup>, todos permeables (cubiertos por matorral y bosque), de los municipios de Orxeta (0,05 km<sup>2</sup>), Relleu (0,15 km<sup>2</sup>) y Silla (0,05 km<sup>2</sup>).

Está formado por 70 m de calizas, dolomías y brechas del Cenomaniense-Turonense, y su base impermeable está determinada por las margas y margas arenosas con erizos del Albiense superior, mientras que su techo lo constituyen las margocalizas y margas blancas y rosadas del Senoniense.

El acuífero conforma un monoclinal que se hunde hacia el oeste, cuyos límites están definidos por contactos mecánicos, salvo el oriental que coincide con la base impermeable del acuífero. El borde sur se considera abierto al ponerse en contacto las formaciones permeables que lo definen y el acuífero Anticlinales de Relleu.

Tabla nº 105.- Estimación de la infiltración. Acuífero Peñacosta

P (mm/año)	ETR (mm/año)	RAU (mm)	P <sub>o</sub> (mm)	Lluvia Útil (mm/año)			% Infil./P	S (km <sup>2</sup> )	Entradas (hm <sup>3</sup> /año)
				Infil.	Escorr.	Total			
339,7	197,5	15	25	113,3	28,1	141,4	33,4	0,25	0,03



Su recarga se debe exclusivamente a la infiltración de agua de lluvia y se evalúa en 0,03 hm<sup>3</sup>/año. Su estimación se ha realizado aplicando sobre los afloramientos permeables no urbanizados el balance hídrico de la estación 8029 (ver Tabla nº 105).

No existen puntos de control ni sondeos que capten este sistema, pero se puede decir que la circulación se dirige hacia la zona suroriental, por lo que las salidas se efectúan por transferencia subterránea hacia el acuífero Anticlinales de Relleu, con el que parece tener continuidad hidráulica. Se descarta o se estima despreciable, por otra parte, la descarga a la red fluvial de los cauces de la margen derecha del río Sella.

La facies hidroquímica se supone (no existen datos hidroquímicos) que es bicarbonatada cálcica y la CE debe corresponder a valores que rondan los 500-1.000 µS/cm.

La vulnerabilidad del acuífero se puede considerar alta debido al carácter calizo-dolomítico de las formaciones permeables que lo definen.

## 11.14 ACUÍFERO DE ORCHETA

### 11.14.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS GENERALES

Al igual que los acuíferos Anticlinales de Relleu, Peñacosta y Sierra Cortina formaba parte del antiguo sistema Anticlinales de Orxeta, definido por el IGME y la DPA en 1982. A su vez corresponde con la prolongación oriental del sector Amadorio del Acuífero de Orxeta, definido por la DPA en 2005.

En concreto, el acuífero de Orcheta se localiza en el relieve que le da nombre (677 m s.n.m.), entre los ríos Sella, al oeste, y Atxero, al este.

Tiene una forma triangular, con base orientada aproximadamente E-W, con unos 4,2 km de base y en torno a 2,5 km de altura. Sus 6,47 km<sup>2</sup> se extienden por los municipios de Finestrat (2,25 km<sup>2</sup>), Orxeta (2,08 km<sup>2</sup>) y Villajoyosa (2,16 km<sup>2</sup>), de los que 5,66 km<sup>2</sup> corresponden a afloramientos permeables, en su mayoría cubiertos de matorral (ver Tabla nº 106).

**Tabla nº 106.- Usos del suelo sobre afloramientos permeables. Acuífero de Orcheta**

Uso del suelo permeable	S (km <sup>2</sup> )
Bosque	0,81
Frutales secano	0,04
Improductivo	0,02
Matorral	4,76
Urbano (Orxeta)	0,03
<b>TOTAL</b>	<b>5,66</b>

### 11.14.2 LITOLOGÍA Y GEOMETRÍA

Está formado por 70 m de calizas, dolomías y brechas del Cenomaniense-Turonense (4,82 km<sup>2</sup>) y por unos 100 m de calizas tableadas blancas del Cenomaniense-Senoniense (0,84 km<sup>2</sup>). La base impermeable del acuífero está determinada por las margas y margas arenosas con erizos del Albiense superior, mientras que el techo del mismo lo constituyen las margocalizas y margas blancas y rosadas del Senoniense.

Tabla nº 107.- Extensión de formaciones geológicas aflorantes. Acuífero de Orcheta

Formación	Edad	S (km <sup>2</sup> )
Calizas, dolomías y brechas	Cenomaniense-Senoniense	4,82
Calizas tableadas blancas		0,84
Arenas, gravas y limos rojos localmente encostrados. Glacis	Plioceno-Pliocuaternario	0,83
<b>TOTAL</b>		<b>6,47</b>

El acuífero tiene la morfología de una pirámide de base triangular que corresponde a un anticlinal, originalmente con dirección N20E vergente al este, con una importante rotación dextrorsa en la zona central y oriental de la sierra, hasta alcanzar una dirección N110E.

Los bordes meridional y el nororiental, que se consideran a priori cerrados, coinciden con una bifurcación del accidente de Finestrat, concretamente el primero con la fractura de dirección N60E, continuidad de la localizada al norte de Sierra Cortina, y, el segundo, con la fractura de dirección N120E, que corresponde a un giro del accidente principal. Estos accidentes ponen en contacto, respectivamente, a las margocalizas y margas blancas y rosadas del Senoniense y a las arcillas versicolores con yesos y dolomías del Triásico con el acuífero, por lo que no se descarta la transferencia difusa desde estas formaciones que modifique la calidad química del agua que cabría esperar.

El borde occidental corresponde al flanco verticalizado del anticlinal hasta la altura del núcleo de Orxeta, donde la traza de una fractura de dirección N45E, también asociada al accidente de Finestrat, lo corta. Se considera que no hay continuidad hidráulica con la sierra de Relleu debido al salto de esta fractura, lo que no impide la conexión con el embalse del Amadorio en el tramo más meridional de este límite.

### 11.14.3 PIEZOMETRÍA Y PARÁMETROS HIDRÁULICOS

En octubre de 2004, una vez finalizada la perforación del sondeo 2933-8-113, se llevó a cabo un ensayo de bombeo estimándose una transmisividad de 180 m<sup>2</sup>/día y un caudal de explotación que no debía superar los 10 l/s.

La cota de la superficie piezométrica en el punto 2933-8-113 se situaba a unos 152 m s.n.m. (78,07 m de profundidad) antes de realizarse la prueba de bombeo, a 180 m s.n.m. (49,84 m de profundidad) en octubre de 2007 y a 153 m s.n.m. (77 m de profundidad) el 13 de junio de 2009.

#### 11.14.4 FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA

El flujo subterráneo adquiere un sentido NE-SW, hacia las zonas de menor cota del acuífero, situadas entre el borde occidental y el meridional (por debajo de los 125 m s.n.m.), donde debe producirse la descarga al embalse del Amadorio a través de las calizas tableadas blancas del Cenomaniense-Senoniense aflorantes en la margen derecha.

#### 11.14.5 BALANCE HÍDRICO

La infiltración natural se debe exclusivamente a la percolación del agua de lluvia que se produce sobre los afloramientos de las formaciones permeables que definen el acuífero (las calizas, dolomías y brechas del Cenomaniense-Turonense y las calizas tableadas blancas del Cenomaniense-Senoniense).

Su estimación se ha realizado aplicando sobre los afloramientos permeables no urbanizados (5,63 km<sup>2</sup> de 5,66 km<sup>2</sup>) el balance hídrico de la estación 8029 (ver Tabla nº 108).

Tabla nº 108.- Estimación de la infiltración del agua de lluvia Acuífero de Orcheta

P (mm/año)	ETR (mm/año)	RAU (mm)	P <sub>o</sub> (mm)	Lluvia Útil (mm/año)			% Infil./P	S (km <sup>2</sup> )	Entradas (hm <sup>3</sup> /año)
				Infil.	Escorr.	Total			
339,7	197,5	15	25	113,3	28,1	141,4	33,4	5,63	0,64

No hay aprovechamientos. Sólo hay dos sondeos uno de ellos negativo y el otro sin instalar (ver Tabla nº 109), situados en el paraje Els Cremats, próximo al borde nororiental del acuífero.

Tabla nº 109.- Puntos de agua inventariados. Acuífero de Orcheta

Código	Toponimia	X UTM	Y UTM	Cota (m s.n.m.)	Tipo	Prof. (m)	Uso
293380100	Els Cremats	741.200	4.272.200	330	Sondeo	213	Negativo
293380113	Els Cremats	741.900	4.271.645	230	Sondeo	250	Sin instalar

La recarga del acuífero (0,64 hm<sup>3</sup>/año) se debe exclusivamente a la infiltración de agua de lluvia, si se desprecian los posibles aportes subterráneos que se pueden transferir de forma

puntual de las formaciones triásicas aflorantes en el borde nororiental del acuífero. Esta transferencia modifica la facies hidroquímica que cabe esperar en este tipo de acuíferos (bicarbonatada cálcica) a clorurada sódico-cálcica.

La descarga del sistema se efectúa al embalse del Amadorio al no existir captaciones que aprovechen sus recursos, por lo que se utilizan de forma indirecta a través del embalse del Amadorio.

### 11.14.6 HIDROQUÍMICA

En el aforo realizado en el punto 2933-8-113 se tomó una muestra de agua con una CE de 1.032  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y una facies hidroquímica clorurada sódico-cálcica (ver Figura nº 194). Los resultados analíticos se muestran en la Tabla nº 110.

Tabla nº 110.- Resultados analíticos de la muestra del punto 2933-8-113

Fecha	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Na+ (mg/l)	K+ (mg/l)	Ca <sup>++</sup> (mg/l)	Mg (mg/l)	C ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	RS (mg/l)
21-10-04	244	137	267	4	139	3,3	99	18	1.032	584

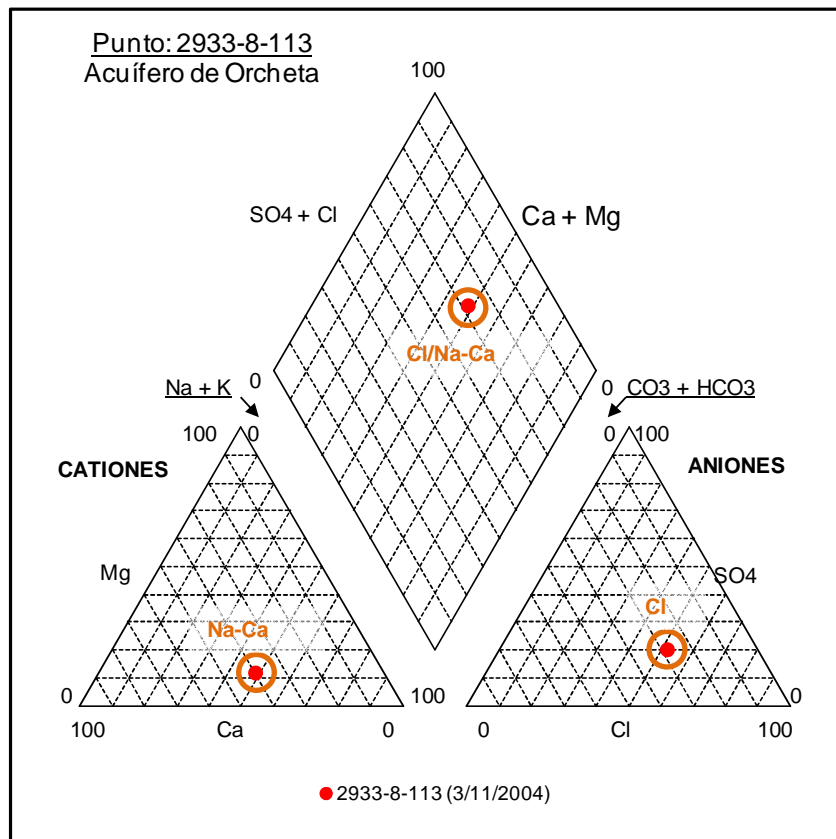


Figura nº 194.- Diagrama de Piper de la muestra del punto 2933-8-113

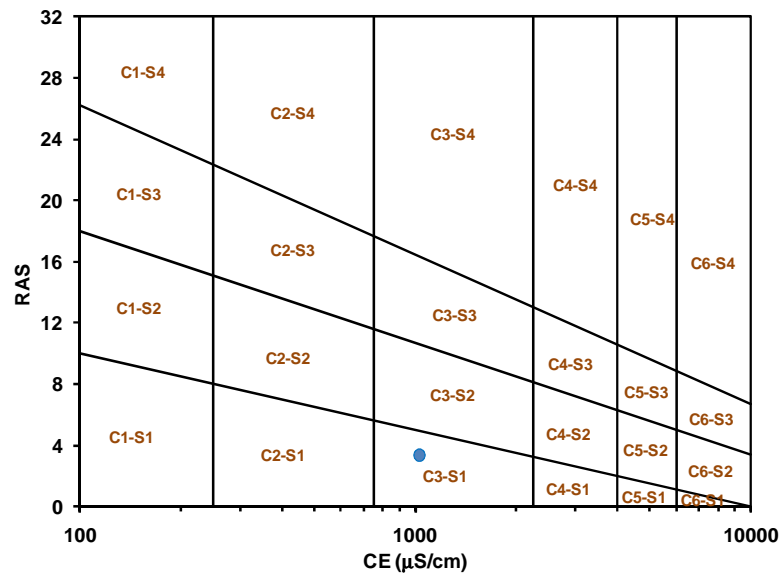


Figura nº 195.- Aptitud para riego según clasificación USLS. Acuífero de Orcheta

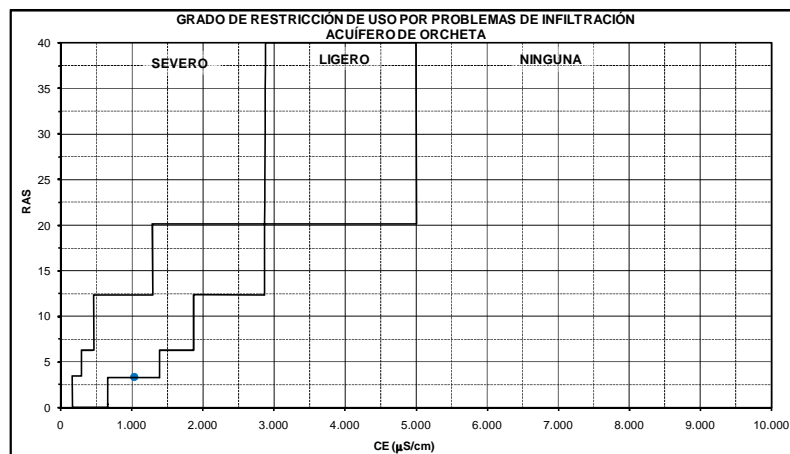
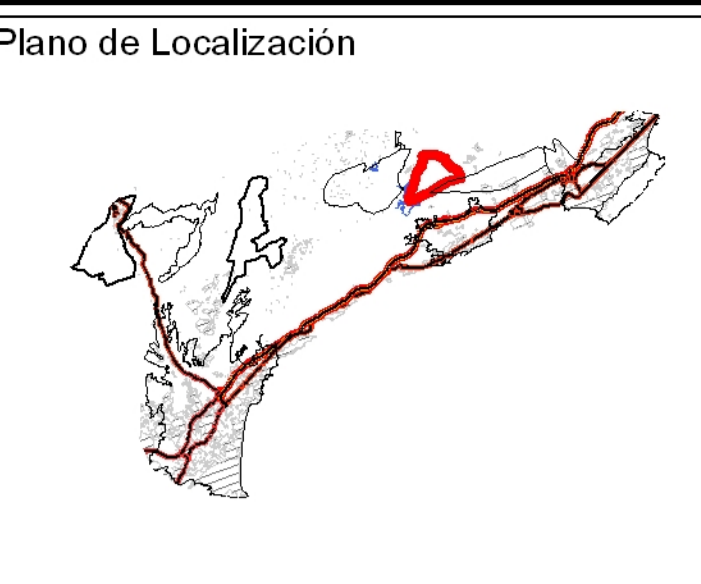


Figura nº 196.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO. Acuífero de Orcheta

La concentración de cloruros supera los límites máximas que establece el RD140/2003 (250 mg/l), por lo que el agua de este punto no es apta para consumo humano sin tratamiento previo o mezcla con agua de mejor calidad. Las aguas del acuífero de Orcheta, según la clasificación de USLS (ver Figura nº 195), corresponden al tipo C3S1 es decir, con un riesgo de salinización del suelo alto y riesgo de alcalinización bajo. Por su parte, según la clasificación de la FAO, las aguas no deben causar problemas de infiltración (ver Figura nº 196). Las restricciones de uso agrícola por la toxicidad del Na, Cl y HCO<sub>3</sub> son ligeras o moderadas (6,0 meq/l, 7,5 meq/l y 4,0 meq/l, respectivamente) y nulas para el caso de los NO<sub>3</sub> (4,0 mg/l).



### Simbología

**Inventario de puntos de agua**

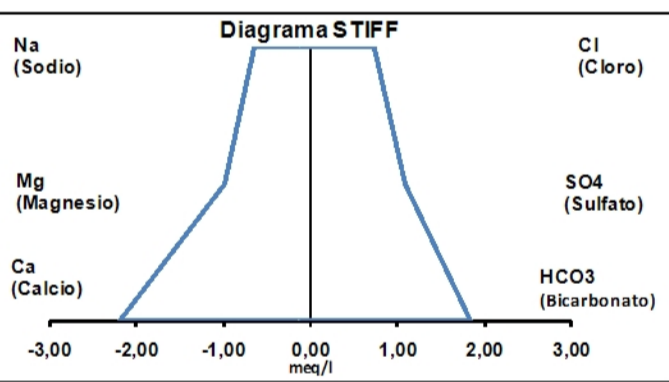
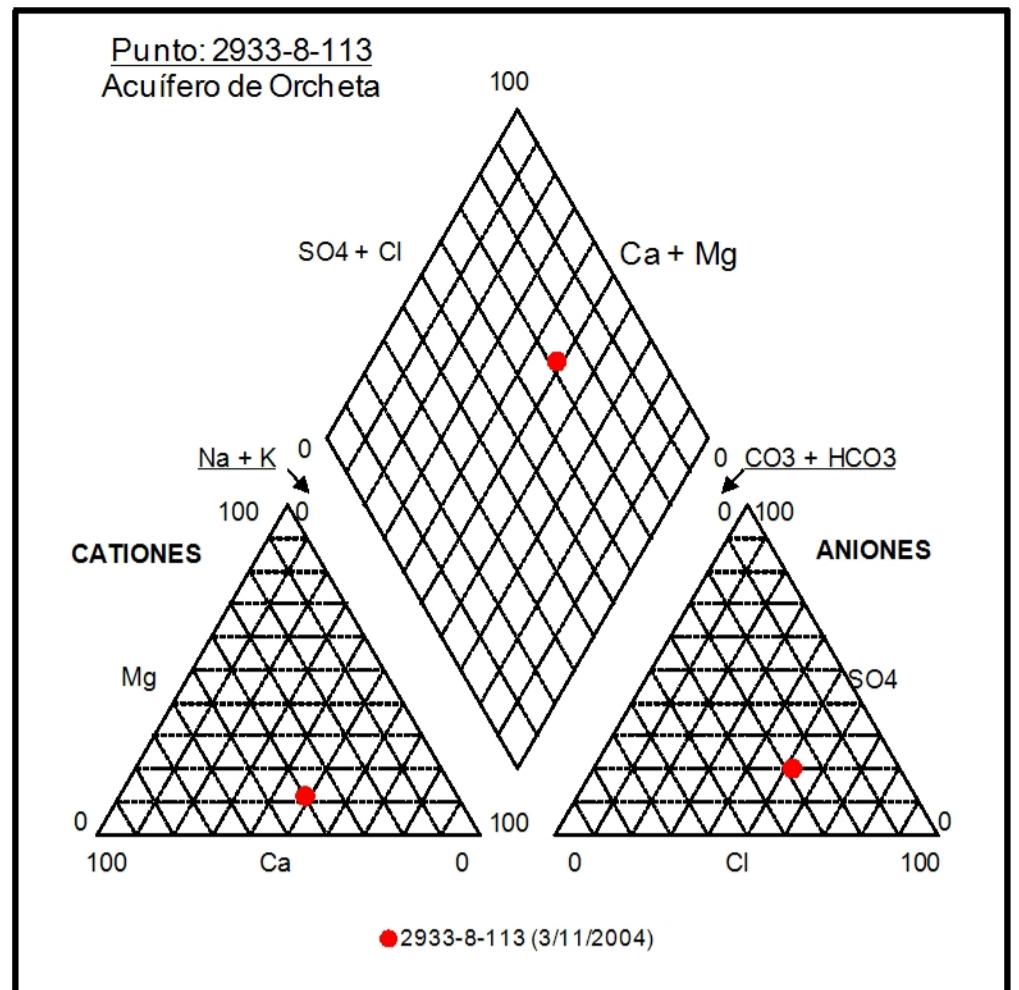
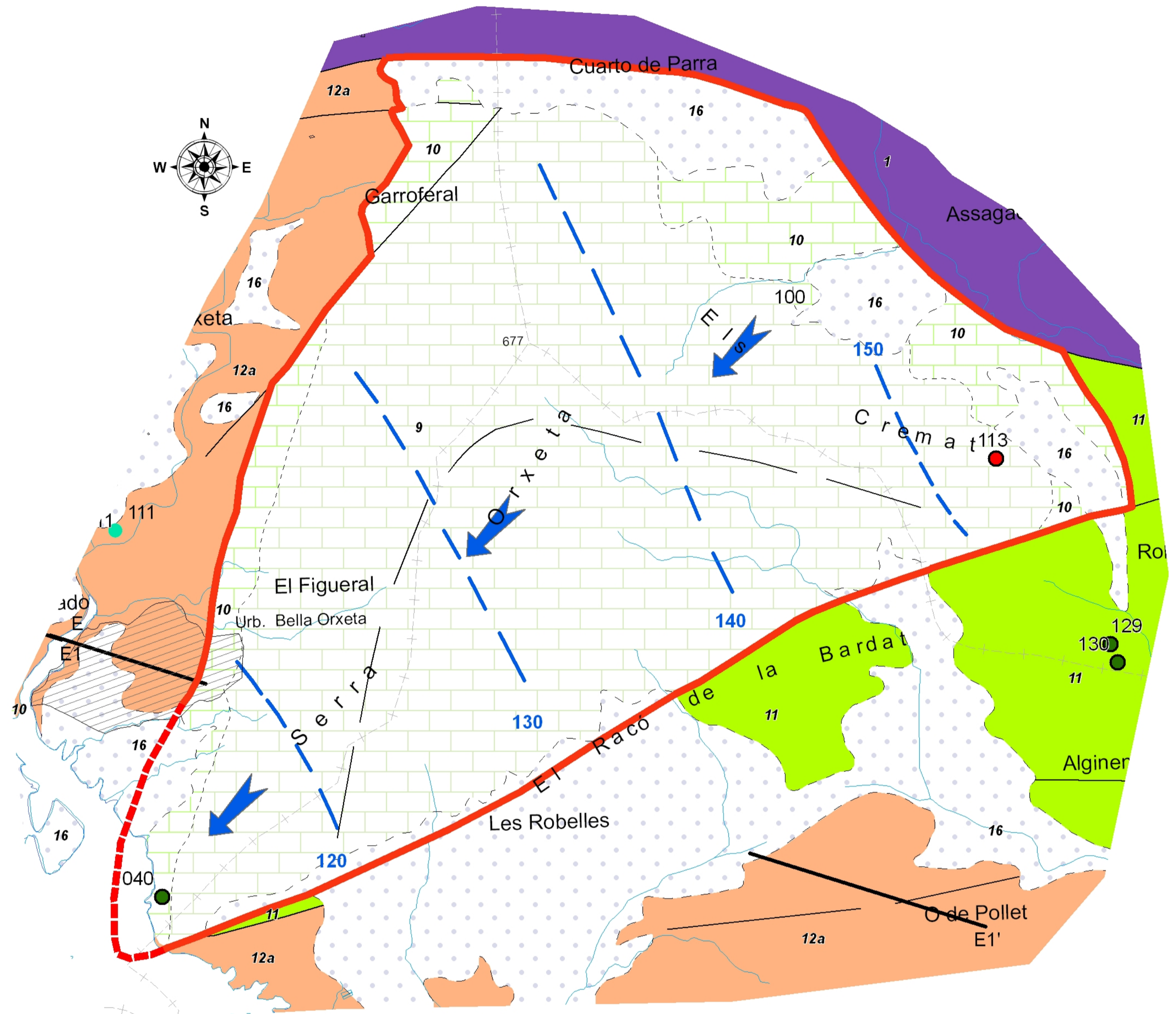
- Calidad
- Explotación
- Piezometría
- Manantiales

**Acuíferos límites**

- Límite de acuífero abierto
- Límite de acuífero cerrado
- Cortes geológicos

**Contactos**

- + Dirección y buzamiento
- ⊥ Estratificación invertida
- ⊥ Estratificación vertical
- ⌒ Anticlinal
- ⌒ Anticlinal tumbado
- ⌒ Sinclinal
- ⌒ Cabalgamiento
- ⌒ Cabalgamiento supuesto
- Contacto concordante
- Contacto difuso
- Contacto discordante
- Contacto mecánico
- Autovía
- Carreteras
- Red hidrogáfica
- Embalses
- ▨ Zonas urbanas
- Isopiezas Marzo-Mayo 2009
- Flujo subterráneo

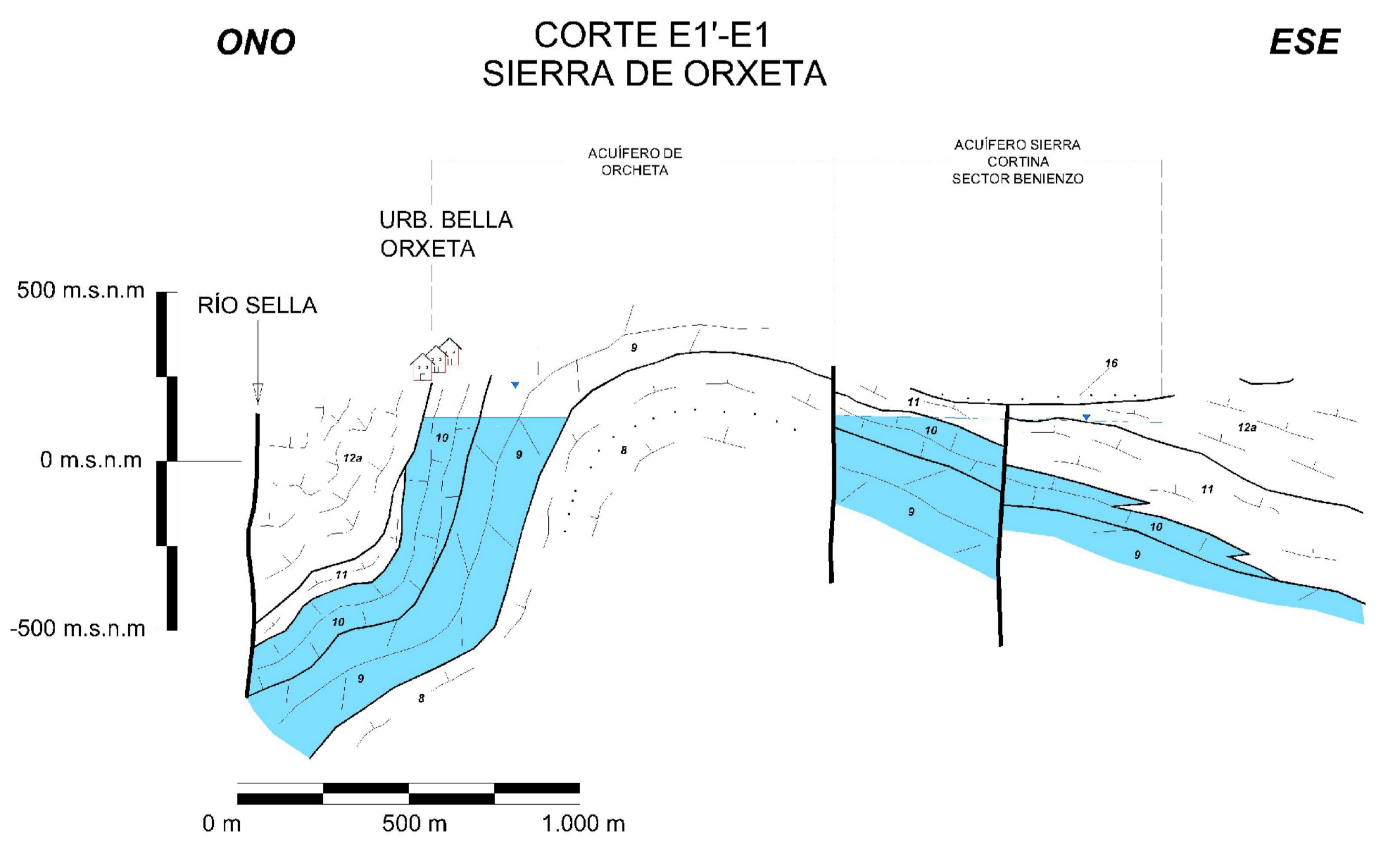


Balance Hídrico

Entradas					Salidas					Recursos (hm <sup>3</sup> /año)		
Llu	Rr	Pa	Sub	Total	Man	Bo	Sub	Río	Mar	Total	Total	Utilizados
0,64	--	--	--	0,64	--	--	--	0,64	--	0,64	0,64	0,00

LEYENDA LITOLÓGICA

CUATERNARIO		Permeable 19	Permeable 18	
TERCIARIO	NEÓGENO	Permeable 17		19. Arenas y gravas litorales
		Permeable 16		18. Aluvial. Depósitos fondo de valle
	MIOCENO	15	Permeable 14	17. Terrazas aluviales
		12a	12b	16. Arenas, gravas y limos rojos localmente encostrados. Glacis
CRETÁCICO	PALEÓGENO	13	12a	15. Limos rojos, conglomerados y costras calcáreas
		10	Permeable 11	14. Areniscas y calcarenitas
	SUPERIOR	Permeable		13. Margas y brechas
		12a		12b. Calcarenitas
	INFERIOR	Permeable		12a. Margas con niveles de calcarenitas
		9		11. Margocalizas y margas blancas y rosadas
JURÁSICO	MALM	8		10. Calizas tableadas blancas
		6	Permeable 7	9. Calizas, dolomías y brechas
	5		8. Margas y margocalizas arenosas con erizos	
	4		7. Margas, calizas y calcarenitas	
TRIÁSICO	MÁLIM	Permeable 3		6. Calizas arrecifales con rudistas
		Permeable 2		5. Calcarenitas y areniscas
		Permeable 1		4. Margas margocalizas grises con Ammonites
				3. Calcarenitas
				2. Calizas grises
				1. Arcillas vesicolores con yesos y dolomías



GOBIERNO DE ESPAÑA, MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN, Instituto Geológico y Minero de España, DIPUTACIÓN DE ALICANTE

TÍTULO DEL PROYECTO: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA UNIDAD DE ORCHETA, MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA 080.072 ORCHETA Y 080.073 SAN JUAN-BENIDORM EXPEDIENTE: 1540/08

ESCALA: 0 250 500 Metros

TÍTULO DEL PLANO: ACUÍFERO DE ORCHETA

DIRECCIÓN DEL PROYECTO: BRUNO J. BALLESTEROS NAVARRO, LUIS RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ

FECHA: DICIEMBRE 2009

ACUÍF. 5

HOJA 1 DE 1

## 11.15 ACUÍFERO DE SIERRA CORTINA

### 11.15.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS GENERALES

Prácticamente coincide con los sectores Benienzo y Murtal del antiguo acuífero de Orxeta, definido por la DPA en 2005. En concreto, el acuífero de Sierra Cortina se sitúa en la zona centro-oriental de la provincia de Alicante ocupando el relieve que le da nombre (522 m s.n.m.) y los parajes de Benienzo y Alfarelles, desde la red fluvial de la margen derecha del río Atxero, al oeste, hasta el barranco de la Tapia, al este.

Tiene una forma alargada, con orientación WNW-ESE, de unos 8,2 km de longitud y aproximadamente 1,4 km de anchura, y se extiende sobre unos 11,37 km<sup>2</sup> de los municipios de la Marina Baixa de Benidorm, Finestrat y Villajoyosa (ver Tabla nº 111).

Tabla nº 111.- Superficie de los sectores del acuífero de Sierra Cortina

Municipio	S (km <sup>2</sup> )		
	Benienzo	Murtal	Total
<b>Benidorm</b>	--	2,65	<b>2,65</b>
<b>Finestrat</b>	6,56	0,98	<b>7,54</b>
<b>Villajoyosa</b>	1,18	--	<b>1,18</b>
<b>Total</b>	<b>7,74</b>	<b>3,63</b>	<b>11,37</b>

Los afloramientos permeables de los dos sectores en los que se divide el acuífero (al oeste Benienzo y al este Murtal) tienen una superficie total de 5,71 km<sup>2</sup>, en su mayoría cubiertos por matorral (ver Tabla nº 112).

Tabla nº 112.- Usos del suelo sobre afloramientos permeables. Acuífero de Sierra Cortina

	Benienzo	Murtal	TOTAL
<b>Bosque</b>	0,37	0,40	<b>0,77</b>
<b>Frutales seco</b>	0,02		<b>0,02</b>
<b>Improductivo</b>	0,05	0,02	<b>0,07</b>
<b>Matorral</b>	2,98	1,41	<b>4,39</b>
<b>Urbano (Finestrat)</b>	0,40		<b>0,40</b>
<b>Zonas verdes urbanas (Benidorm)</b>		0,06	<b>0,06</b>
<b>TOTAL</b>	<b>3,82</b>	<b>1,89</b>	<b>5,71</b>

## 11.15.2 LITOLOGÍA Y GEOMETRÍA

Está formado por 70 m de calizas, dolomías y brechas del Cenomaniense-Turonense (2,66 km<sup>2</sup> en el sector Benienzo y 1,69 km<sup>2</sup> en el del Murtal) y por unos 50 m de calizas tableadas blancas del Cenomaniense-Senoniense (1,16 km<sup>2</sup> en el sector Benienzo y 0,20 km<sup>2</sup> en el del Murtal).

La base impermeable del acuífero está determinada por las margas y margas arenosas con erizos del Albiense superior, mientras que su techo lo constituyen las margocalizas y margas blancas y rosadas del Senoniense.

Tabla nº 113.- Extensión de formaciones geológicas aflorantes. Acuífero de Sierra Cortina

Formación	Edad	S (km <sup>2</sup> )		
		Amadorio	Carcondo	TOTAL
Margas, margocalizas arenosas con erizos	Albiense	0,33	0,05	<b>0,38</b>
Calizas, dolomías y brechas	Cenomaniense-Turonense	2,66	1,69	<b>4,35</b>
Calizas tableadas blancas	Cenomaniense-Senoniense	1,16	0,20	<b>1,36</b>
Margocalizas y margas blancas rosadas	Senoniense	2,24	0,33	<b>2,57</b>
Arenas, gravas y limos rojos localmente encostrados. Glacis	Plioceno-Pliocuaternario	1,35	1,37	<b>2,72</b>
<b>TOTAL</b>		<b>7,74</b>	<b>3,63</b>	<b>11,37</b>

La estructura general es la de un anticlinal que en la zona central cambia de orientación, presentando en esta y en la zona oriental únicamente el flanco meridional del pliegue, que conforma una estructura monoclin.

El límite septentrional del acuífero viene definido, en su mitad oriental, por una falla vertical de dirección N60E, que llega a poner en contacto los niveles permeables del acuífero con las arcillas versicolores con yesos y dolomías del Triásico. Cuando la traza de esta fractura alcanza el río Alfarelles, se bifurca en dos, una mantiene la misma dirección y otra sigue la N45E. Esta última, que continúa por el borde meridional de la Sierra de Orcheta, es la que delimita el borde del acuífero y, en la parte más occidental de su trazado, pone en contacto las margas y margocalizas del techo de ese acuífero con los cretácicos permeables del vecino acuífero de Orcheta.

El límite sur también coincide con otra falla, oculta en la mayor parte de su trazado por materiales recientes, subparalela a la anterior (dirección N60E) hasta la carretera CV-757, que pone en contacto al acuífero con las margas con calcarenitas del Terciario. A partir del punto anterior, la fractura cambia su dirección a E-W, uniéndose a la traza de la fractura de dirección N45E que define el borde septentrional del sistema.



El tercio norte del límite oriental corresponde a otra fractura, de dirección N45W, que pone contacto a materiales del Trías con el acuífero. La mitad sur del borde oriental tiene una dirección N-S y se ha hecho coincidir, aproximadamente, con la divisoria de aguas de los barrancos que drenan al este de la Playa del Mas Pas y los que lo hacen al oeste del mismo.

La separación entre los sectores de Benienzo y Murtal corresponde a la divisoria de aguas que coincide con el afloramiento de margas y margocalizas del Albiense inferior de la zona central de Sierra Cortina.

### 11.15.3 PARÁMETROS HIDRÁULICOS

En la Tabla nº 114 se encuentran los datos más significativos de las pruebas de bombeo efectuadas en pozos situados sobre este acuífero.

Tabla nº 114.- Resumen de aforos. Acuífero de Sierra Cortina

Punto	Fecha	Tipo ensayo	Q (l/s)	Tiempo bombeo (min)	Nivel inicial (m)	Nivel final (m)	T (m <sup>2</sup> /día)	S	Observaciones
2933-8-101	10-6-87	Q crítico		240	133,25	168,00	1,0		Q entre 6 y 1,1 l/s
		Recuperación	1,7	780	168,00	133,22	3,6		
2933-8-112	8-10-96	Q escalonado	10	180	56,42	58,39	160		Profundidad de la bomba: 135 m. Incremento de tendencia de descenso por barreras impermeables.
			20	900	58,39	63,48	130		
			30	1.860	63,48	73,44	--		
		Recuperación	25,7	1.000	73,44	60,40	140		Efecto de vaciado
	24-10-96	Q escalonado	10	480	55,00	56,82	180		Profundidad de la bomba: 135 m. Incremento de tendencia de descenso por barreras impermeables.
			7	960	56,82	56,55			
	Recuperación	8	360	56,55	55,85	250		Efecto de vaciado	
3033-5-56	22-10-96	Q escalonado	5	45	39,00	156,77	0,6		Antes de Acidificación
			2,5	480	156,77	157,00			
		Recuperación	2,7	765	157,00	54,10	1,0		
	26-11-96	Q escalonado	2,5	600	38,5	174,43	0,5		Después de Acidificación
			2,0	780	174,43	175,31			
	Recuperación	2,2	240	175,31	69,12	0,7			

En el punto 2933-8-112 (sector Benienzo) se realizaron en octubre de 1996 dos pruebas de bombeo tras la perforación de este sondeo (escalones de hasta 30 l/s) con la aspiración a diferentes profundidades (a 135 y 74 m). En ellos se estimó una transmisividad de 150 m<sup>2</sup>/día y se detectaron barreras impermeables, que pueden coincidir con los límites del acuífero y reflejar posibles efectos de vaciado. Se calculó un caudal óptimo bombeo de unos 9 l/s (descenso de 2 m) y se observó un incremento de la CE del agua con la profundidad de la aspiración (1.070 µS/cm con bomba a 74 m, y 1.700 µS/cm a 135 m). La columna litológica que cortó esta captación fue la siguiente: de 0 a 64 m: margas y margocalizas tableadas del Senoniense; de 64 a 225 m: calizas fisuradas de color blanco a gris claro del Cenomaniense-Senoniense y de 225 a 232 m: margas y margocalizas del Albiense (?).

En el punto 3033-5-56 (sector Benienzo) se efectuaron otras dos pruebas de bombeo en octubre y noviembre de 1996, antes y después de su acidificación. No se obtuvieron los resultados esperados (caudal próximo a 2 l/s y transmisividad inferior a 1 m<sup>2</sup>/día en ambos casos), debido a que las calizas del Cenomaniense-Senoniense no estaban fisuradas, por lo que se abandonó el pozo. La columna litológica atravesada por este sondeo fue la siguiente: de 0 a 16 m: costra caliza, conglomerados y gravas del Cuaternario; de 16 a 280 m: margas grises a verdes con intercalaciones de margocalizas del Senoniense y de 280 a 380 m: calizas del Cenomaniense-Senoniense.

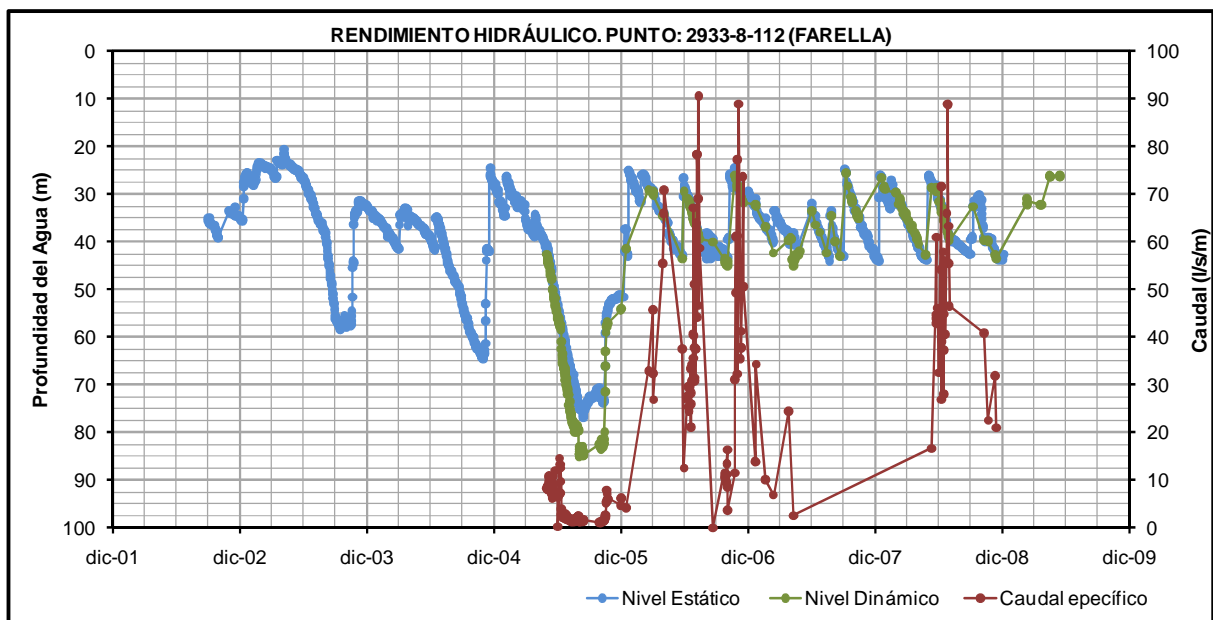


Figura nº 197.- Evolución del caudal específico en el punto 2933-8-112

También, en junio de 1987, el IGME y la DPA realizan una prueba de bombeo en el sondeo 2933-8-101 para valorar su productividad y definir los parámetros hidrodinámicos del acuífero. Los resultados obtenidos no fueron satisfactorios, con un caudal de 1,1 l/s con tendencia a seguir disminuyendo, al no estar fisuradas o karstificadas las calizas del

acuífero. Las formaciones atravesadas fueron las siguientes: de 0 a 218 m: calizas del Cenomaniense-Senoniense y de 218 a 220 m: margas y margocalizas del Albiense (?).

Del sondeo Farella (2933-8-112) se dispone de la información necesaria para relacionar la evolución de la profundidad del agua con el caudal específico bombeado o la depresión. En la gráfica realizada (ver Figura nº 197) se aprecia que el caudal específico desciende con la profundidad del agua, al disminuir el espesor saturado del acuífero captado y agotarse los tramos permeables. Cuando el nivel estático se localiza por debajo de los 64 m de profundidad (techo de las calizas del acuífero) el caudal específico fluctúa entre 1 y 3 l/s/m. Si este asciende por encima de la cota anterior, se incrementa hasta valores que superan los 10 l/s/m.

#### 11.15.4 PIEZOMETRÍA

En el acuífero de Sierra Cortina hay 6 manantiales inventariados (tres en cada sector) cuyas cotas topográficas se sitúan entre los 100 y 120 m s.n.m.

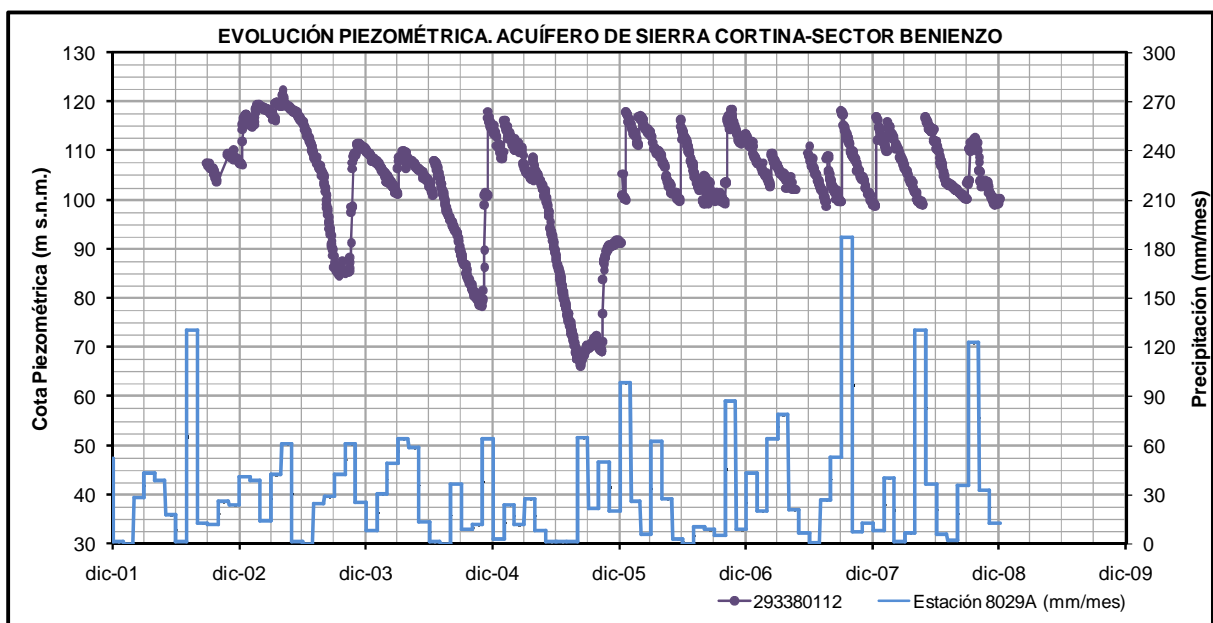


Figura nº 198.- Evolución de niveles. Sector Benienzo del acuífero de Sierra Cortina

Se conoce la evolución de la cota piezométrica en el sondeo de abastecimiento de Finestrat (2933-8-112), situado en el sector Benienzo. De ella se desprende (ver Figura nº 198) que los niveles ascienden durante los meses lluviosos y descienden cuando cesan las precipitaciones. Alcanzan una cota máxima que en raras ocasiones sobrepasa los 120 m s.n.m. y la mínima suele rondar los 100 m s.n.m. Sin embargo, los años con precipitaciones escasas se llega hasta los 90 y los 65 m s.n.m. (año 2005, con las mayores extracciones en el sondeo Farella), por lo que, posiblemente, las surgencias se deben secar en estos casos.

### 11.15.5 FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO

La recarga del sector Benienzo se produce exclusivamente por la infiltración de agua de lluvia caída sobre los afloramientos permeables del acuífero (calizas, dolomías y brechas del Cenomaniense-Turoniense y las calizas tableadas blancas del Cenomaniense-Senoniense).

Su área de descarga se sitúa en las proximidades del borde meridional del acuífero, concretamente entre los ríos Atxero y Alfarelles, donde se encuentran las surgencias principales, Fuente Benienzo (2933-8-96) y Fuente del río Alfarelles (2933-8-138), así como el sondeo del abastecimiento a Finestrat (2933-8-112).

La Fuente del río Alfarelles se localiza sobre el cauce que le da nombre, en el contacto entre las calizas tableadas blancas del Cenomaniense-Senoniense y el techo impermeable del acuífero, definido, como ya se ha comentado, por las margocalizas y margas blancas y rosadas del Senoniense.

El manantial de Benienzo se encuentra en la margen derecha del río Atxero, sobre la traza de una fractura (de dirección N45E) subparalela a la que define el borde occidental del acuífero. Dicha fractura parte del borde septentrional del acuífero, donde afloran las arcillas con yesos y dolomías del Triásico. Su tramo sur (donde se ubica la fuente) corta las margas y margocalizas blancas y rosadas del techo del acuífero, y la parte central pone en contacto a estas formaciones (situadas al noroeste de la traza de la fractura) con las calizas y dolomías del acuífero. La fractura de la Fuente Benienzo drena parte de este sector acuífero y, posiblemente, también aguas procedentes del borde septentrional del mismo que lixivian el Trías Keuper y elevan la salinidad de la surgencia. En este aspecto, un informe realizado 1996 por Aquagest Levante, S.A. hace mención a una muestra de agua de esta fuente con 4.820  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de CE.

También se puede incluir como posible punto de descarga del sector Benienzo la Fuente Barranco (2933-8-99), situada a una cota aproximada de 120 m s.n.m., que debe drenar las formaciones permeables del sector a través del glacis.

En el sector Murtal la alimentación es por infiltración de agua de lluvia, mientras que la descarga debe tener lugar a través de manantiales que se encuentren en zona oriental de la ladera sur de la Sierra al no existir pozos o sondeos en explotación. La relación de estos manantiales con el acuífero no queda clara al encontrarse a unos 500 m al sur del borde meridional y sobre el glacis, salvo el 3033-5-55 que se localiza, a una cota superior, sobre las formaciones de techo del acuífero.

La circulación del agua subterránea tiene por tanto un sentido general NE-SW, hacia las surgencias del borde meridional del acuífero en el sector Benienzo y NW-SE en el sector Murtal.

## 11.15.6 BALANCE HÍDRICO

### 11.15.6.1 DETERMINACIÓN DE INFILTRACIÓN NATURAL

La recarga por infiltración de agua de lluvia se evalúa en unos 0,39 hm<sup>3</sup>/año en el sector Benienzo y en 0,21 hm<sup>3</sup>/año en el sector Murtal.

La estimación se ha realizado aplicando el balance hídrico de la estación 8029 sobre los afloramientos permeables no urbanizados (ver Tabla nº 115).

Tabla nº 115.- Estimación de la infiltración del agua de lluvia. Acuífero de Sierra Cortina

Sector	P (mm/año)	ETR (mm/año)	RAU (mm)	P <sub>o</sub> (mm)	Lluvia Útil (mm/año)			% Infil./P	S (km <sup>2</sup> )	Entradas (hm <sup>3</sup> /año)
					Infil.	Escorr.	Total			
<b>Benienzo</b>	339,7	197,5	15	25	113,3	28,1	141,4	33,4	3,42	0,39
<b>Murtal</b>									1,89	0,21
<b>TOTAL</b>									<b>5,31</b>	<b>0,60</b>

### 11.15.6.2 ANÁLISIS DE USOS DE AGUA

En total hay 15 puntos inventariados en el acuífero (10 en el sector Benienzo y 5 en el sector Murtal), de los que únicamente 5 se utilizan en aprovechamientos de la zona (ver Tabla nº 116).

Tabla nº 116.- Puntos de agua inventariados. Acuífero de Sierra Cortina

Código	X UTM	Y UTM	Cota	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Q (l/s)	Uso	V (m <sup>3</sup> )
<b>Sector Benienzo</b>									
293380094	744.881	4.270.325	130	Alfas	Sondeo	120	7,0	Sin uso	--
293380095	743.650	4.270.499	130	Bco. Murtet	Pozo-galería	10,4	20,0	Sin uso	--
293380096	742.884	4.270.893	120	Fte. Benienzo	Manantial	--	4,0	Riego	126.144
293380099	744.982	4.270.325	120	Fte. Barranco	Manantial	--	1,1	Riego	35.005
293380101	744.920	4.271.253	280	Altos Cortina	Sondeo	220	--	Negativo	--
293380112	743.736	4.270.760	143	Farella	Sondeo	235	17,5	Urbano	70.850
293380129	742.322	4.270.961	153	Gladis 1	Sondeo	200	2,0	Doméstico	500
293380130	742.349	4.270.894	154	Gladis 2	Sondeo	200	2,0	Doméstico	500
293380138	743.731	4.270.580	142	Bco. Alfanelles	Sondeo	25	--	Sin uso	--
293380139	743.360	4.270.619	110	Bco. Alfanelles	Manantial	--	4,0	Sin uso	126.144

Código	X UTM	Y UTM	Cota	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Q (l/s)	Uso	V (m <sup>3</sup> )
<b>Subtotal</b>									<b>359.143</b>
<b>Sector Murtal</b>									
303350002	748.601	4.272.045	100	Fte. Morlal	Manantial	--	2,5	Sin uso	78.840
303350021	749.423	4.272.199	110	Foya del Cart	Manantial	--	3,0	Sin uso	94.608
303350052	747.508	4.271.164	100	Fte. Murtal 2	Manantial	--	3,0	Sin uso	94.608
303350055	748.147	4.272.545	150	Terra Mítica	Manantial	--	-		-
303350056	746.123	4.271.361	194	Cayola	Sondeo	380	-		-
<b>Subtotal</b>									<b>268.056</b>
<b>Total</b>									<b>627.199</b>

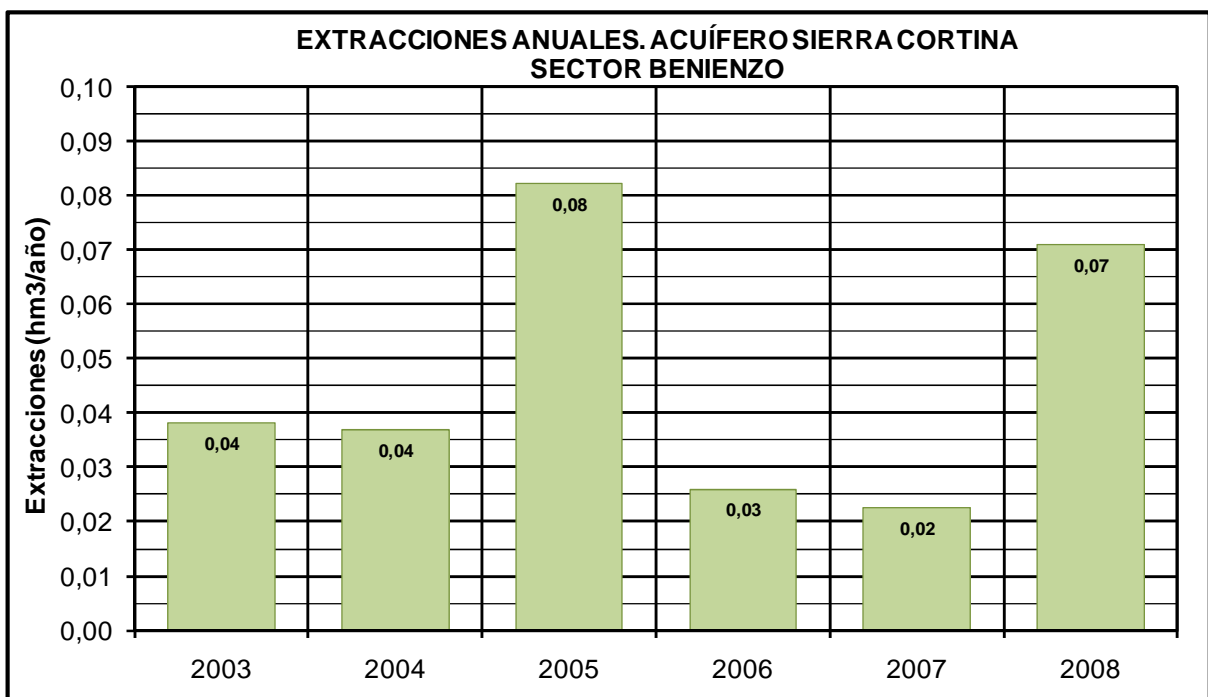


Figura nº 199.- Evolución de extracciones en el pozo 2933-8-112

El único manantial del acuífero que se aprovecha en la actualidad es la fuente Benienzo (2933-8-96) en el sector del mismo nombre, cuyo volumen (0,13 hm<sup>3</sup>/año) es destinado a cubrir parte de las necesidades de algunos cultivos en el municipio de Villajoyosa. También, en el sector Benienzo es donde se localizan los pozos en explotación, utilizados mayoritariamente para cubrir parte de las necesidades del abastecimiento de Finestrat. Las extracciones de esta captación se evalúan en 0,05 hm<sup>3</sup>/año en el periodo 2003/2008 (ver Figura nº 199).

Las surgencias del sector Murtal se localizan en la ladera sur de Sierra Cortina, que ha sufrido una profunda transformación con la implantación de nuevos desarrollos urbanísticos y la construcción del parque temático de Terra Mítica y el campo de Golf Real de Faula. Estas actuaciones han modificado la red de drenaje y han ocasionado el abandono de los aprovechamientos de la zona, dificultando, además, su localización. También, la ausencia de mantenimiento de estos manantiales ha podido ser la causa de que algunos de ellos aparenten estar secos (fuente 3033-5-55, Foya de Cart). En cualquier caso, el que las cotas de los manantiales situados en el glacis sean muy parecidas (próximas a los 100 m s.n.m.) y presenten una cierta alineación, avala la hipótesis que la descarga del sector Murtal se realice a través de ellos.

#### 11.15.6.3 BALANCE HÍDRICO

La recarga del sector Benienzo se produce exclusivamente por la infiltración de agua de lluvia caída sobre los afloramientos permeables del acuífero ( $0,39 \text{ hm}^3/\text{año}$ ) y las salidas se deben a bombeos (la mayoría para el abastecimiento de Finestrat), evaluados en el periodo 2003/2008 en  $0,05 \text{ hm}^3/\text{año}$ , y a los drenajes naturales (al menos  $0,34 \text{ hm}^3/\text{año}$ ).

En el sector Murtal se estima que la alimentación por infiltración de agua de lluvia es de  $0,21 \text{ hm}^3/\text{año}$ , mientras que la descarga, al no existir pozos o sondeos en explotación, debe tener lugar a través de manantiales de la ladera sur de la Sierra. Hay cuatro surgencias (casi todas con galerías) inventariados en ese área: 3033-5-2 (100 m s.n.m.), 3033-5-21 (110 m s.n.m.), 3033-5-52 (100 m s.n.m.) y 3033-5-55 (150 m s.n.m.), que podrían drenar el sector, aunque no queda clara su relación con el acuífero al encontrarse a unos 500 m al sur del borde meridional y sobre el glacis, salvo el 3033-5-55 que se localiza, a una cota superior, sobre las formaciones de techo del acuífero.

#### 11.15.6.4 RECURSOS DISPONIBLES

La alimentación de todo el acuífero se estima en  $0,6 \text{ hm}^3/\text{año}$  y el volumen medio anual aprovechado en unos  $0,2 \text{ hm}^3/\text{año}$ . La diferencia,  $0,4 \text{ hm}^3/\text{año}$ , alcanza los cauces de la zona, en concreto el río Alfarelles (unos  $0,13 \text{ hm}^3/\text{año}$ ) y la red fluvial situada entre el río Torres y el núcleo urbano de Benidorm (barrancos de La Cala, La Tapia, El Moralet y Foia del Vedader).

Los caudales circulantes por el río Torres los utiliza la Comunidad de Regantes de las Huertas de Villajoyosa, que los deriva en el Azud de Aixihuilis (ver Figura nº 96). Los manantiales 2933-8-99 y 3033-5-2, 21, 52 y 55, no se utilizan por lo que sus caudales (equivalentes a unos  $0,27 \text{ hm}^3/\text{año}$ ) alcanzan la red fluvial de la ladera meridional de Sierra Cortina.

El único abastecimiento de la zona que cubre parte de sus necesidades con recursos de este acuífero es el de Finestrat. Si se mantiene la tasa media anual de crecimiento de este municipio en el periodo 2000/2008 (13,19%), en el horizonte 2020 la demanda superaría los

4 hm<sup>3</sup>/año. Aunque la mayor parte debería aportarlos el Consorcio de la Marina Baixa, el resto procedería de la Font del Molí (2933-8-93) y del pozo Farella (2933-8-112), que cuenta con una concesión otorgada por la CHJ de 0,21 hm<sup>3</sup>/año.

Los recursos no utilizados de este acuífero pueden destinarse también para cubrir parte de las necesidades del parque temático de Terra Mítica que recibe unos 0,45 hm<sup>3</sup>/a del abastecimiento de Benidorm. Para ello, lo aconsejable sería perforar sondeos en el entorno del parque.

## 11.15.7 HIDROQUÍMICA E ISÓTOPOS ESTABLES

### 11.15.7.1 HIDROQUÍMICA

En la Tabla nº 117 se incluyen las determinaciones realizadas en el acuífero en las campañas de mayo y octubre de 2009.

Tabla nº 117.- Resultados analíticos de 2009. Acuífero de Sierra Cortina

Punto	Fecha	B (mg/l)	Br (mg/l)	Ca (mg/l)	Cl (mg/l)	CO <sub>3</sub> H (mg/l)	C (μS/cm)	DQO	F	K (mg/l)
293380112	21-04-09	0,064	0,450	14	131	44	490	5,1	0,390	6,0
293380112	12-11-09	0,123	0,266	67	118	153	741	0,7	0,484	2,0
303350002	12-03-09	0,505	1,340	99	488	11	2.403	2,5	0,450	5,0
303350002	08-10-09	0,856	3,582	194	1.010	129	3.773	3,0	0,624	8,0

Punto	Fecha	Li (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	pH	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	Sr (mg/l)	T (°C)
293380112	21-04-09	0,000	2	81	0	9,1	0,7	7	2,3	20,0
293380112	12-11-09	0,000	16	89	1	7,8	13,5	112	2,9	18,4
303350002	12-03-09	0,000	39	280	15	7,2	16,7	176	0,0	21,0
303350002	08-10-09	0,000	79	487	25	8,1	20,9	260	6,5	22,8

Estos resultados, junto con otros recopilados, muestran que en el sector Benienzo la CE del agua es mayor tras los meses estivales, próxima a 750-850 μS/cm, y menor durante los invernales (entre 500 y 700 μS/cm), tal y como se aprecia en la Figura nº 200. También, tras los meses lluviosos, las facies hidroquímicas cambian de cloruradas sódicas a sulfatado-cloruradas sódico-cálcicas (ver Figura nº 201).



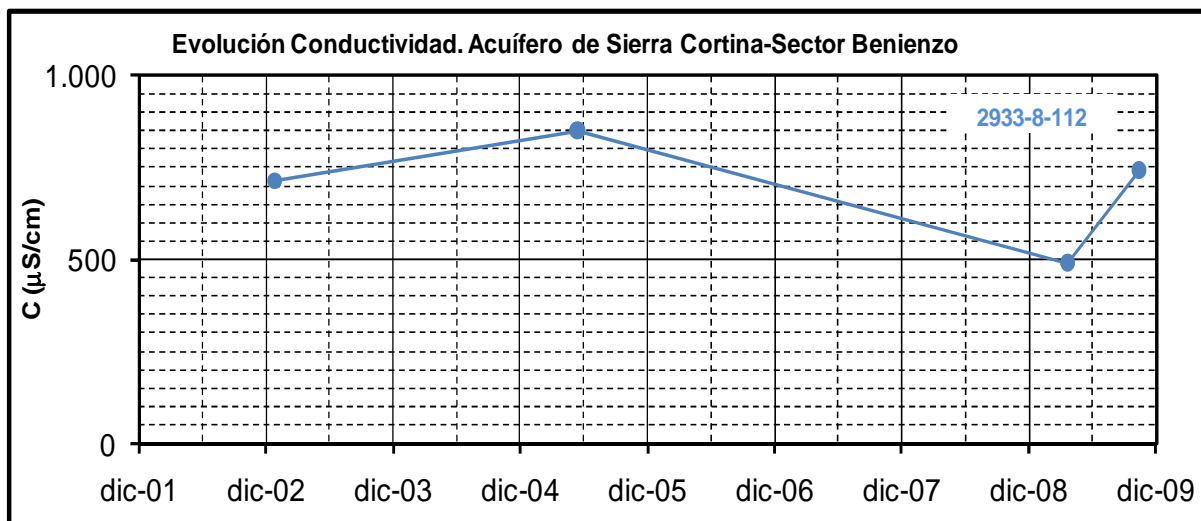


Figura nº 200.- Evolución de la CE en el pozo 2933-8-112

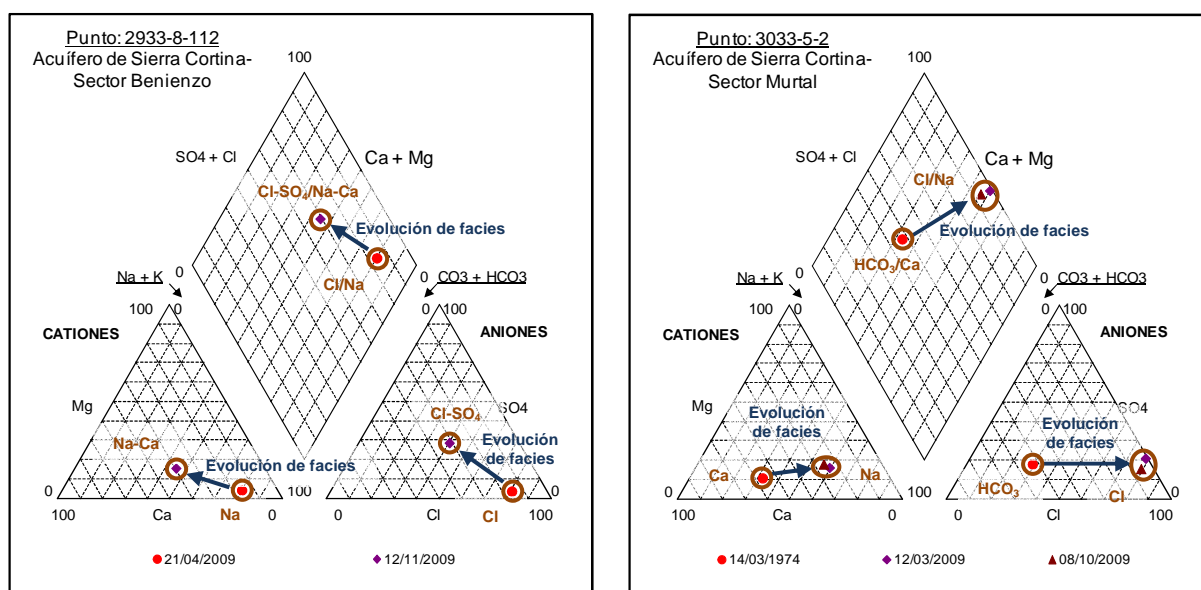


Figura nº 201.- Diagramas de Piper. Acuífero de Sierra Cortina

Se interpreta que el cambio de facies observado en el sector Benienzo se debe a la mezcla de agua que se infiltra tras los eventos lluviosos con la almacenada en el acuífero, como pone de manifiesto el aumento de los ratios  $rMg/rCa$  y  $rCa/rCl$  y el descenso de las relaciones  $rCl/rHCO_3$  y  $rNa/rCa$  en el sentido de flujo (ver Tabla nº 118). Las aguas que permanecen cierto tiempo en el acuífero pueden haber evolucionado a cloruradas sódicas si se producen procesos de reducción de sulfatos y precipitación de carbonatos antes de cada evento lluvioso. Las sales presentes se asocian a procesos de lixiviación del Keuper.

Tabla nº 118.- Ratios de analíticas. Acuífero de Sierra Cortina

Fecha	rMg/ rCa	rSO <sub>4</sub> / rCl	rCl/ rCO <sub>3</sub> H	rNa/ rCa	rNa/ (rCa+rMg)	rNa/ rMg	icb	rCa/ rCl	rMg/ rCl	rNa/ rCl
<b>Punto 2933-8-112. Sector Benienzo</b>										
21-04-09	0,24	0,04	5,12	5,03	4,07	21,31	0,004	0,19	0,04	0,95
12-11-09	0,39	0,70	1,33	1,16	0,83	2,93	-0,180	1,01	0,40	1,16
<b>Punto 3033-5-2. Sector Murtal</b>										
14-03-74	0,18	0,60	0,56	0,58	0,49	3,19	-0,132	1,91	0,35	1,11
12-03-09	0,65	0,27	76,23	2,46	1,49	3,78	0,105	0,36	0,23	0,89
08-10-09	0,67	0,19	13,45	2,18	1,30	3,24	0,249	0,34	0,23	0,74

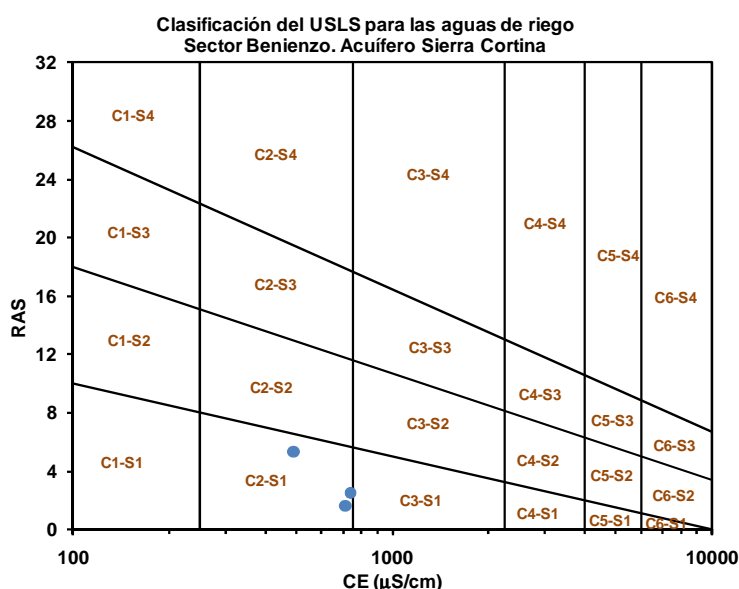


Figura nº 202.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Sector Benienzo

Los aforos del sondeo Farella (2933-8-112) evidencian una estratificación de la calidad del agua, al tiempo que hacen pensar que la concentración salina puede deberse a procesos de lixiviación de las formaciones triásicas del borde norte del acuífero. En cualquier caso, el agua captada no sobrepasa los límites máximos de potabilidad referidos a elementos mayoritarios (RD140/2003), y no debe presentar problemas para su aprovechamiento en usos agrícolas.

Según la clasificación de USLS (ver Figura nº 202), las aguas de este sector son del tipo C2S1 es decir, con riesgo de salinización del suelo medio (aptas para riego) y de alcalinización bajo. Por su parte, según la clasificación de la FAO, las aguas pueden causar problemas de infiltración cuando su CE es baja (ver Figura nº 203). Las restricciones de uso

agrícola por la toxicidad del Na (3,3 meq/l), Cl (3,2 meq/l), NO<sub>3</sub> (4,0 mg/l) y HCO<sub>3</sub> (1,6 meq/l) son ligeras o moderadas y nulas para el caso del B (< 0,1 mg/l).

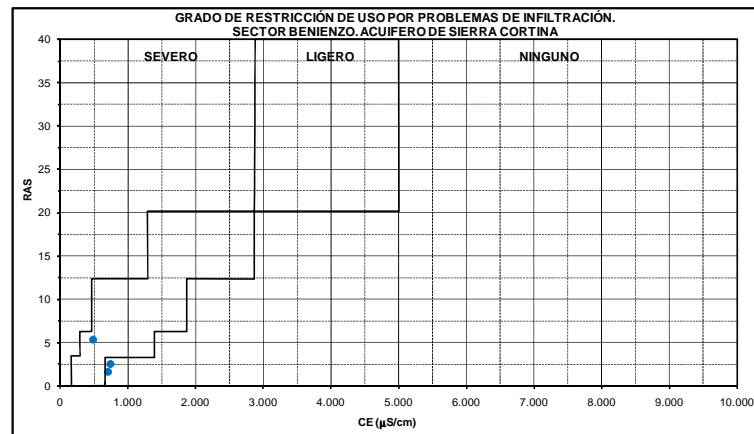


Figura nº 203.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO.  
Sector Benienzo

De acuerdo con la concentración de Cl y el ratio rCl/rBr (ver Figura nº 204), el origen de la salinidad del agua del sector Benienzo se sitúa aproximada al tipo 2, aguas de recarga de clima árido costero y áreas costeras. La desviación observada puede deberse a la mezcla con otras cuya salinidad se ha originado en parte por el lavado de yesos del Keuper (tipo 3).

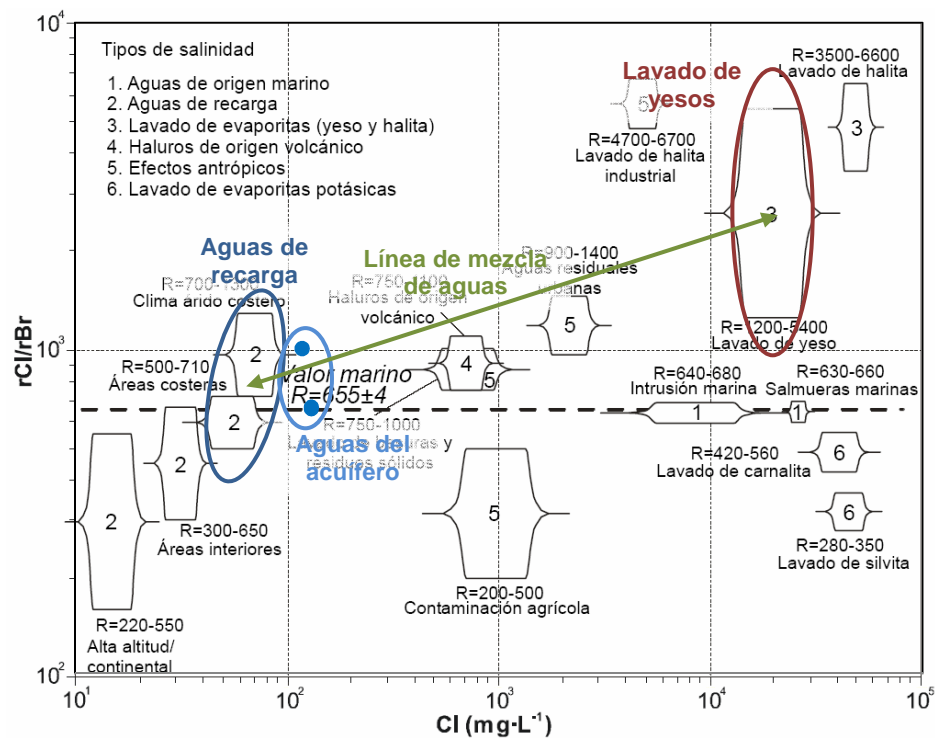
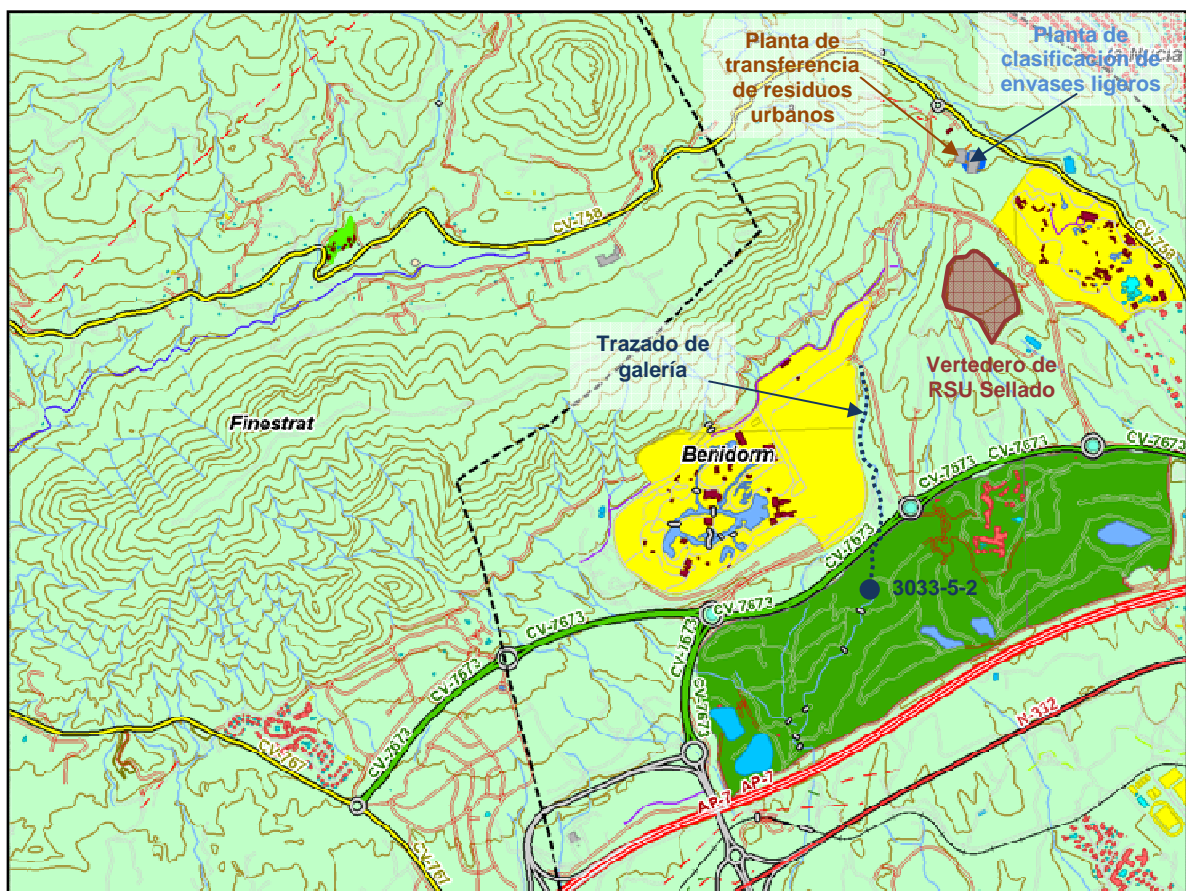
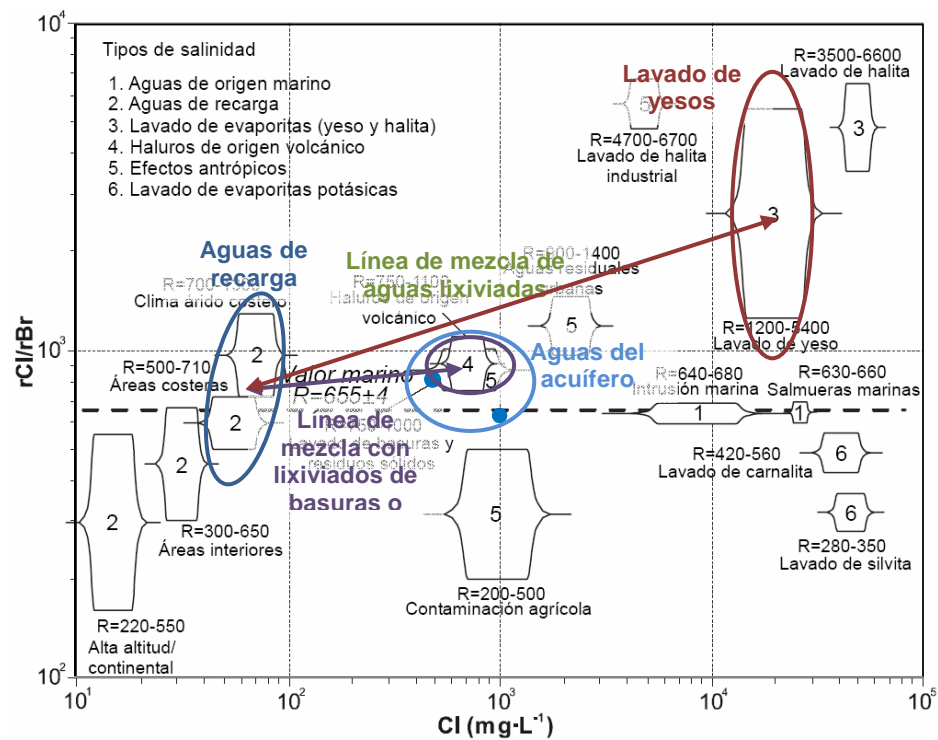
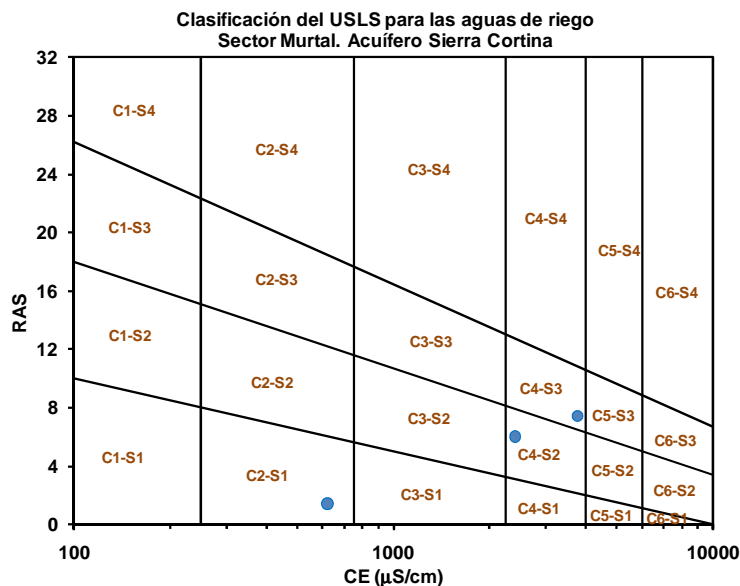


Figura nº 204.- Gráfico rCl/rBr vs. Cl. Sector Benienzo



Por su parte, las surgencias asociadas al sector Murtal muestran CE entre 650 y 3.800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . En la 3033-5-2 se aprecian valores más elevados en las muestras de 2009 (2.400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en marzo y 3.800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en octubre), frente a las de 1974 (650  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), así como un cambio desde facies bicarbonatada cálcica (1974) a clorurada sódica (2009), con una relación  $r\text{Cl}/r\text{Br}$  respecto la concentración de cloruros (ver Figura nº 205) en las muestras de 2009 que indica contaminación antrópica por lavado de residuos sólidos o basuras (tipo 5). En la Figura nº 206 aparecen los posibles focos de contaminación causantes de esta modificación de la calidad.

La evolución temporal de las relaciones iónicas (ver Tabla nº 117)  $r\text{Mg}/r\text{Ca}$  y  $r\text{Cl}/r\text{HCO}_3$  (aumentan de 1974 a 2009) indican la precipitación de carbonatos, en concreto de carbonato cálcico, al incrementarse los ratios  $r\text{Na}/r\text{Ca}$  y  $r\text{Na}/r(\text{Ca}+\text{Mg})$  y mantenerse la relación  $r\text{Na}/r\text{Mg}$ . También es compatible la disminución de los ratios  $r\text{Ca}/r\text{Cl}$ ,  $r\text{Mg}/r\text{Cl}$  y  $r\text{Na}/r\text{Cl}$ . El incremento de "icb" se podría justificar al producirse la mezcla de aguas salinas (afectadas por lixiviados de los focos de contaminación) con las de infiltración natural en el acuífero. En cualquier caso, los dos puntos muestreados en el sector Murtal han adquirido concentraciones elevadas de ciertos mayoritarios, concretamente de sodio y cloruros, con una CE que supera los límites máximos del RD140/2003, no siendo aptas para consumo humano.



**Figura nº 207.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Sector Murtal**

Según la clasificación de USLS, las aguas del sector Murtal han evolucionado del tipo C2S1 al C4S2 o C5S3 (ver Figura nº 207) es decir, que actualmente presentan riesgo de salinización del suelo muy alto y sólo deben utilizarse en casos muy contados, y riesgo de alcalinización alto. Por su parte, según la clasificación de la FAO, las aguas pueden causar

problemas de infiltración cuando su CE es baja (ver Figura nº 208). Las restricciones de uso agrícola por la toxicidad del Na (11,8 meq/l) y Cl (14,7 meq/l) son severas, las de los NO<sub>3</sub> (16,0 mg/l) ligeras o moderadas y las de los HCO<sub>3</sub> (0,25 meq/l) y B (0,7 mg/l) nulas.

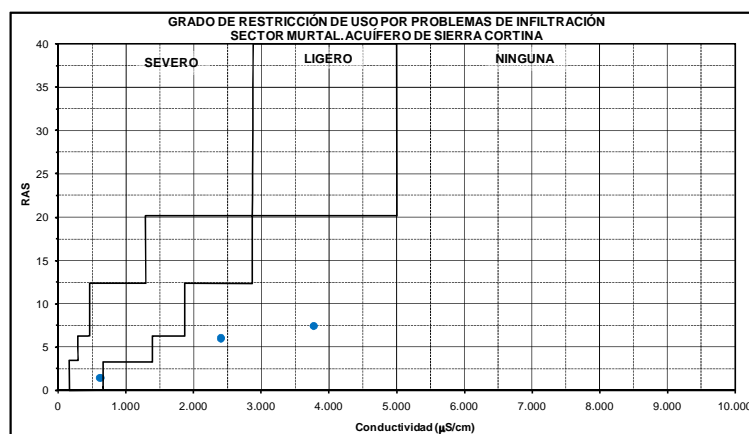


Figura nº 208.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO.  
Sector Murtal

#### 11.15.7.2 ISÓTOPOS ESTABLES

Se han tomado muestras para conocer la composición isotópica del agua en los puntos que aparecen en la Tabla nº 119.

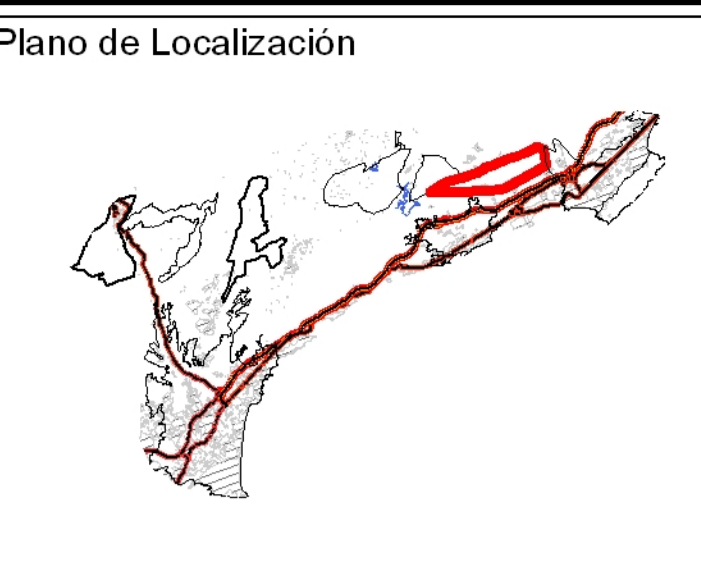
Tabla nº 119.- Puntos de muestreo isotópico. Acuífero de Sierra Cortina

PUNTO	TOPONIMIA	SECTOR	TIPO	Fecha Toma	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	d (‰)
2933-8-112	Farella	Benienzo	Sondeo	23/11/2009	-10,16	-32,96	-6,02	15,23
3033-5-52	Fte. Murtal 2	Murtal	Manantial	20/10/2009	-10,10	-25,25	-5,21	16,42

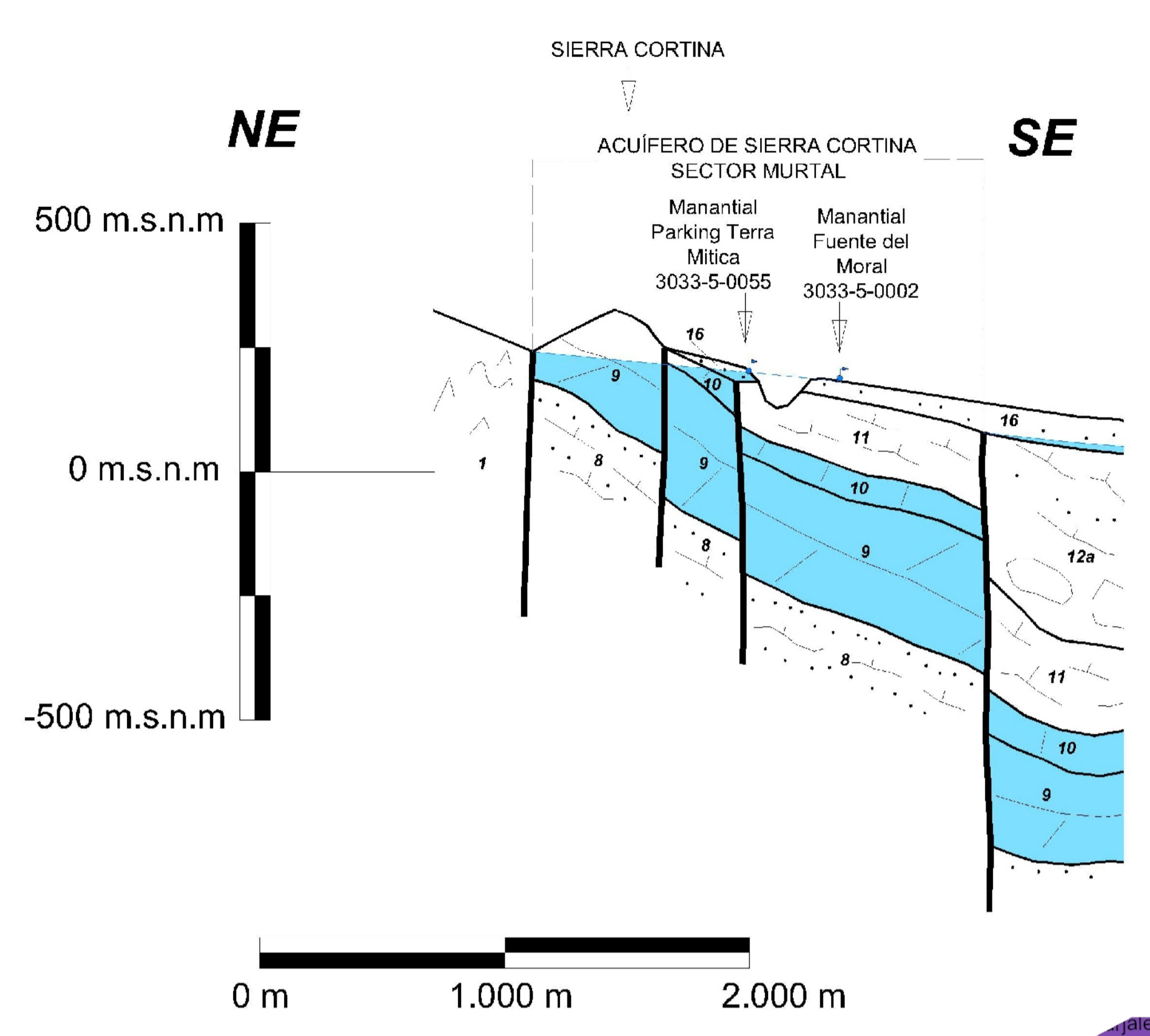
Los resultados permiten estimar que la cota media del área de recarga del agua captada por el sondeo de abastecimiento a Finestrat (2933-8-112) se sitúa a 275-300 m s.n.m.

En el sector Murtal no ha sido posible obtener la cota de la recarga a partir de los datos del punto 3033-5-52 debido al enriquecimiento del agua en isótopos pesados, que demuestra la existencia de un proceso de mezcla con aguas superficiales.

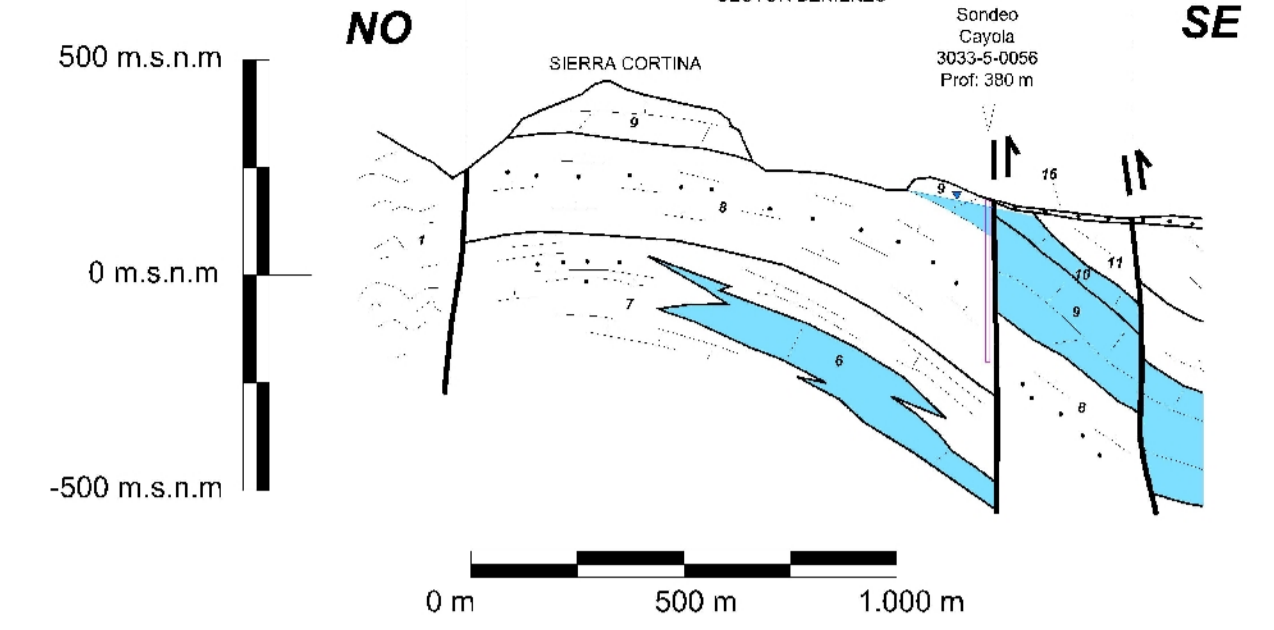
El exceso de deuterio indica que el agua de lluvia infiltrada en el acuífero tiene origen mediterráneo y, en menor proporción, atlántico. Los resultados de  $\delta^{13}\text{C}$  no se pueden correlacionar con procesos de disolución de carbonatos al rondar el -10‰.



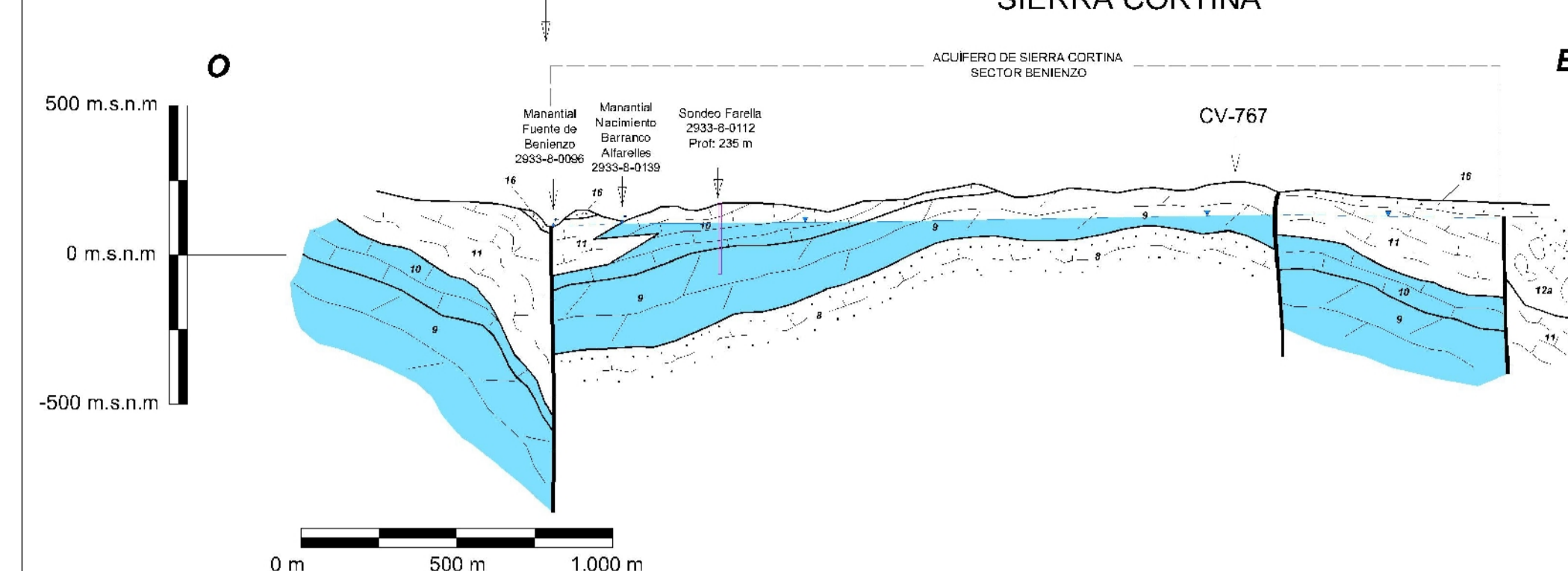
### CORTE C1'-C1



### CORTE B1'-B1



### CORTE D'-D'



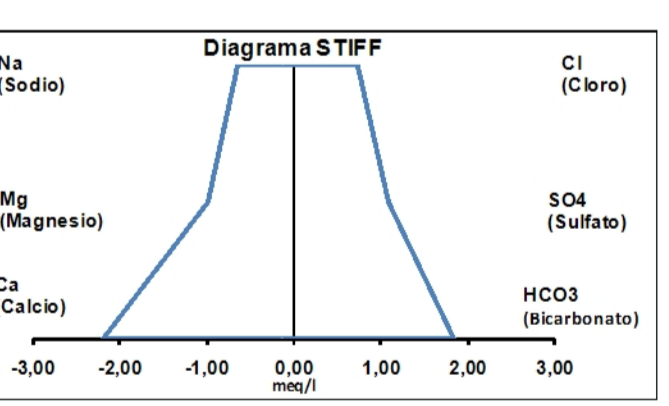
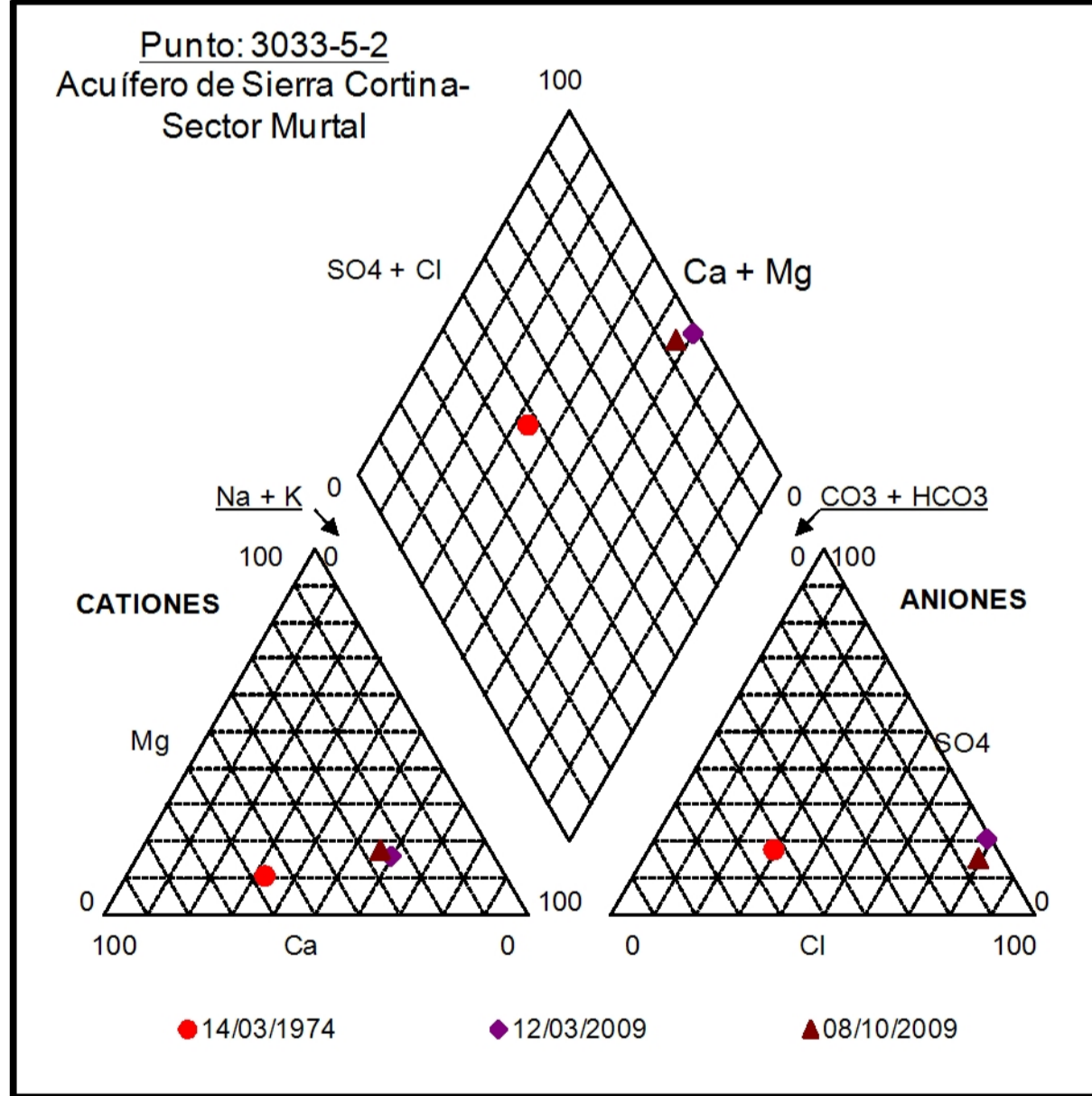
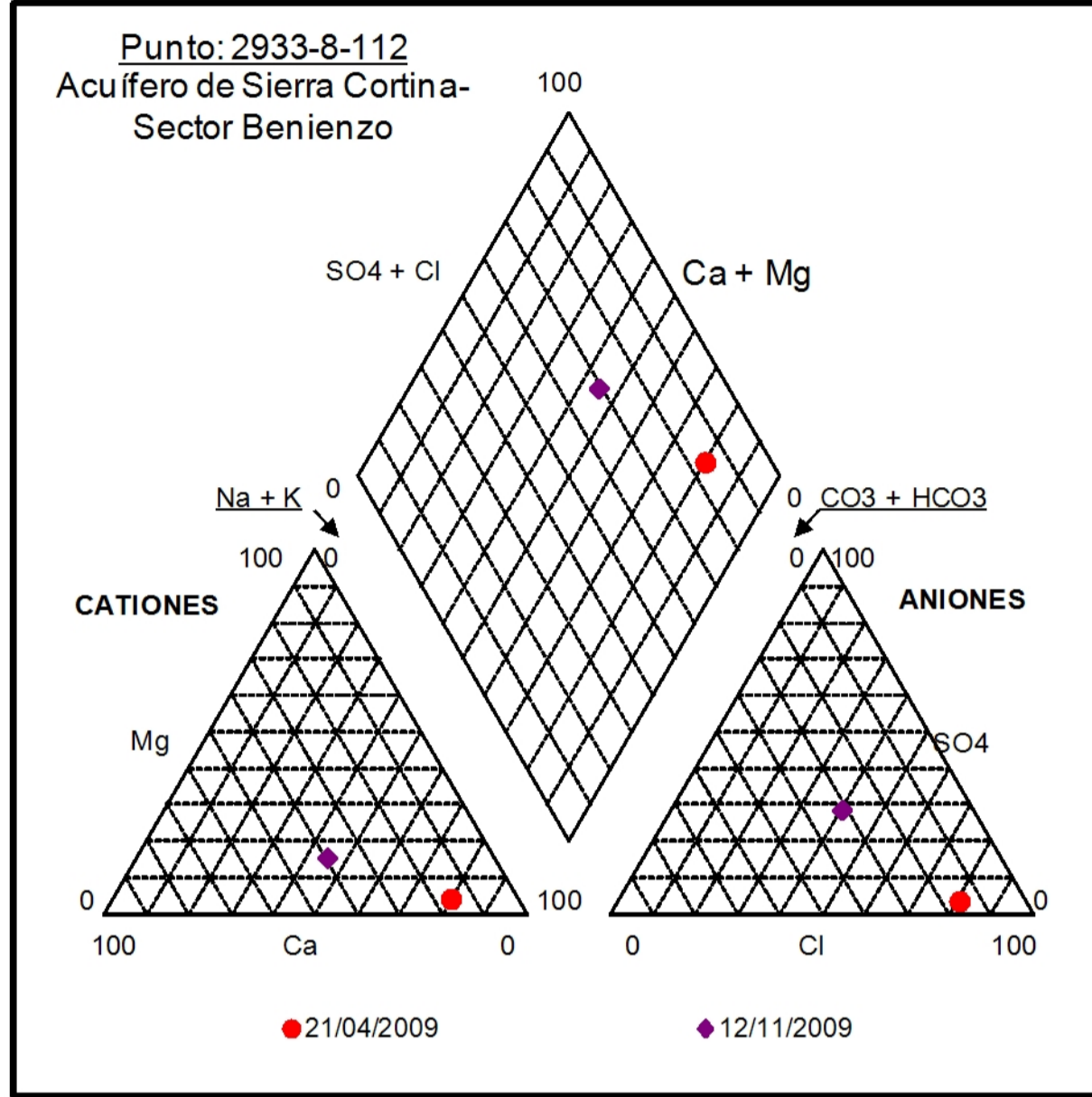
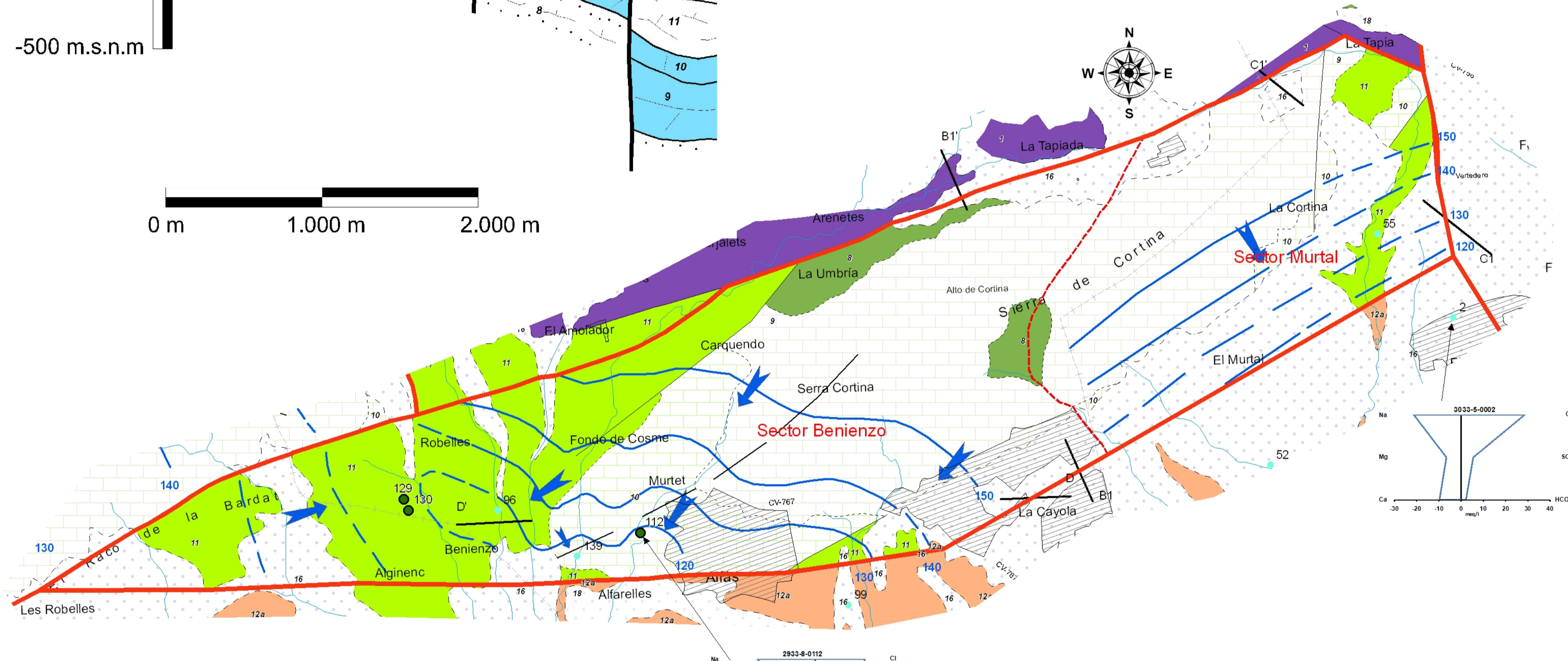
### Simbología

#### Inventario de puntos de agua

- Calidad
- Explotación
- Piezometría
- Manantiales
- Acuíferos límites

- Límite de acuífero abierto
- Límite de acuífero cerrado
- Sectores de Acuíferos
- Cortes geológicos
- Contactos

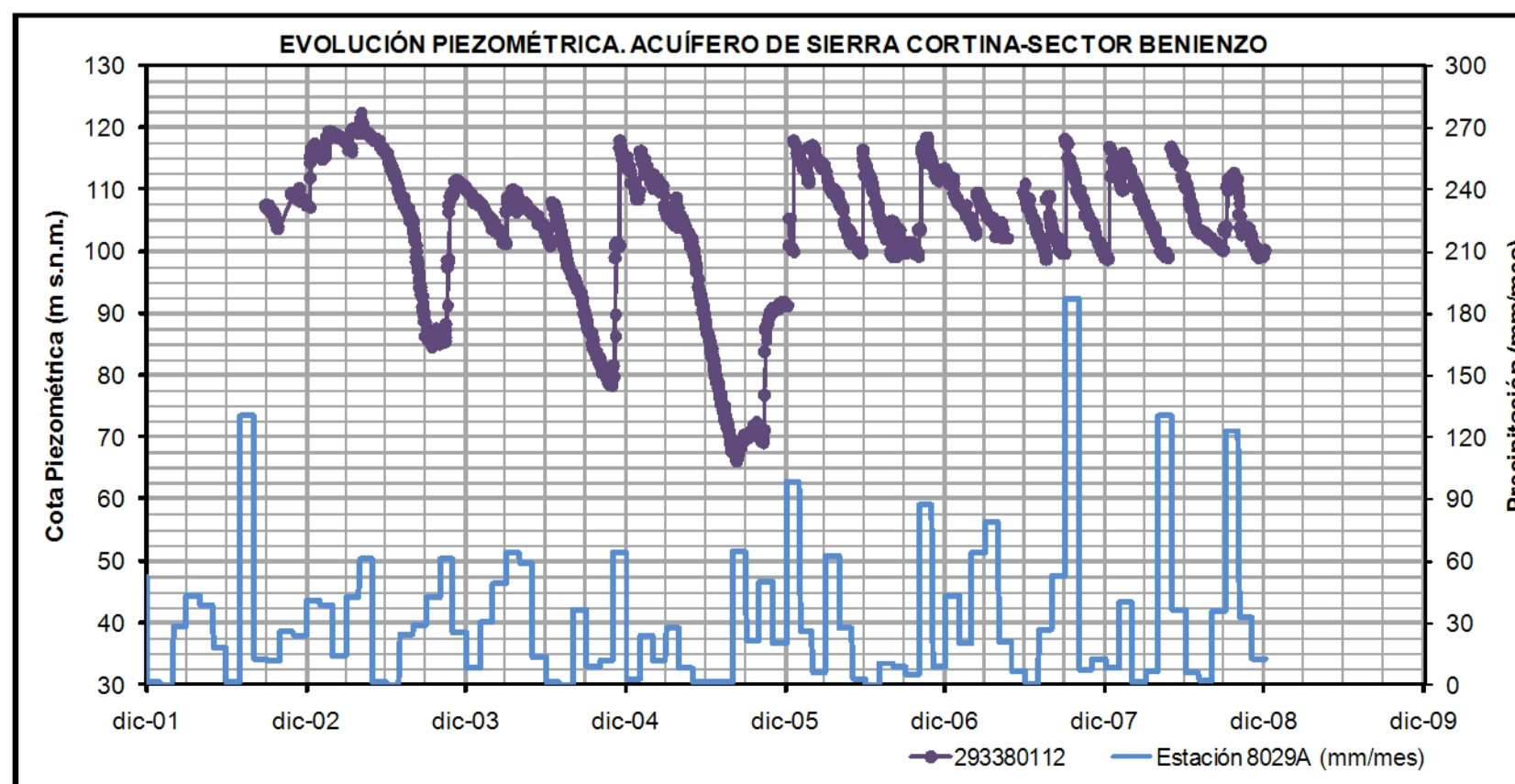
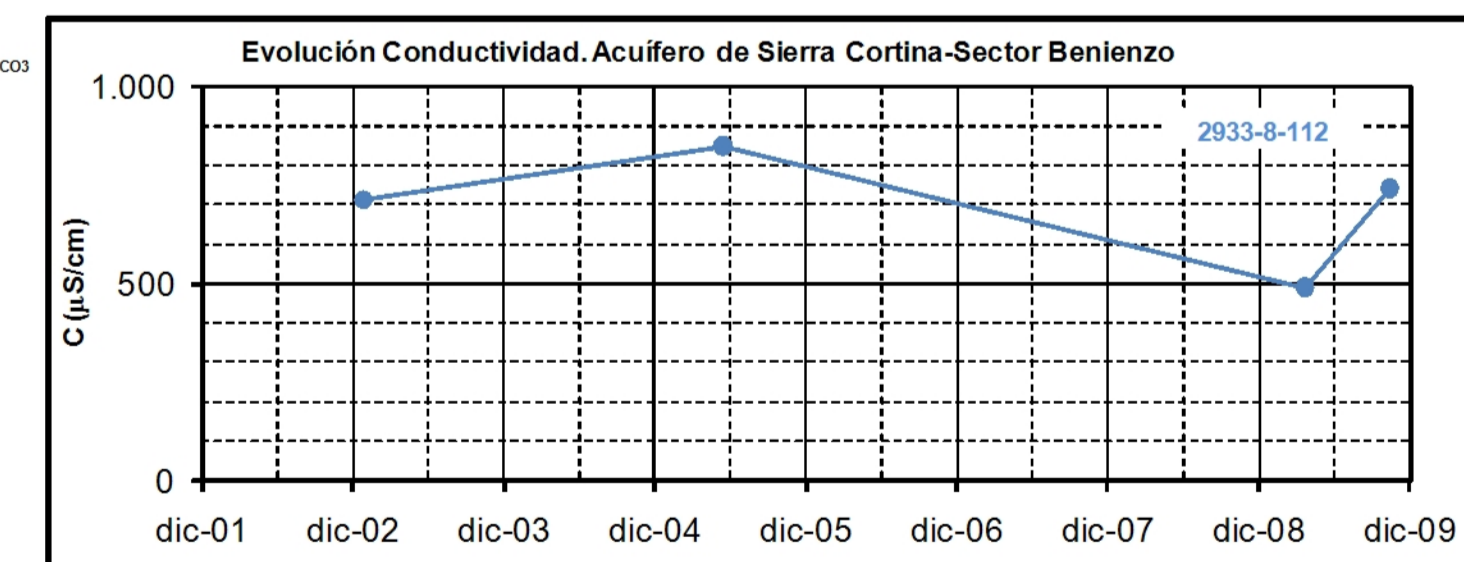
- Dirección y buzamiento
- Estratificación invertida
- Estratificación vertical
- ⊕ Anticlinal
- ⊖ Anticlinal tumbado
- ⊕ Sinclinal
- ↗ Cabalgamiento
- ↘ Cabalgamiento supuesto
- Contacto concordante
- Contacto difuso
- Contacto discordante
- Contacto mecánico
- Autovía
- Carreteras
- Red hidrogáfica
- Embalses
- Zonas urbanas
- Isopiezas Marzo-Mayo 2009
- Flujo subterráneo



**LEYENDA LITOLÓGICA**

PERIODO	ETAPA	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
CUATERNARIO		Permeable 19	Permeable 18
		Permeable 17	Permeable 16
		Permeable 15	Permeable 14
TERCIARIO	NEOGENO	FLIOCENO	Permeable 13
		MIOCENO	Permeable 12a
	PALEÓGENO	Permeable 11	
CRETÁCICO	SUPERIOR	SENONIENSE	Permeable 10
		TURONIENSE	Permeable 9
		CENOMANIENSE	Permeable 8
	INFERIOR	ALBIENSE	Permeable 6
		APTIENSE	Permeable 5
		NEOCOMIENSE	Permeable 3
JURÁSICO	MALM	TITHONICO	Permeable 2
		KIMMERIDGIENSE	Permeable 1

- Arcillas versicolores con yesos y dolomías
- Calizas grises
- Calcarenitas
- Margas margocalizas grises con Ammonites
- Calcarenitas y areniscas
- Calizas arrecifales con rudistas
- Margas, calizas y calcarenitas
- Margas, calizas y calcarenitas
- Margas, calizas y calcarenitas
- Calizas tableadas blancas
- Margocalizas y margas blancas y rosadas
- Calcarenitas
- Margas y brechas
- Areniscas y calcarenitas
- Limos rojos, conglomerados y costras calcáreas
- Arenas, gravas y limos rojos localmente encostrados. Glacis
- Terrazas aluviales
- Aluvial. Depósitos fondo de valle
- Arenas y gravas litorales



### Balance Hídrico

Sector	Entradas					Salidas					Recursos (hm <sup>3</sup> /año)		
	Llu	Rr	Pa	Sub	Total	Man	Bo	Sub	Río	Mar	Total	Total	Utilizados
Benienzo	0,39	--	--	--	0,39	0,34	0,05	--	--	--	0,39	0,60	0,20
Murtal	0,21	--	--	--	0,21	0,21	--	--	--	--	0,21	0,60	0,20
<b>Totales</b>	<b>0,60</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>0,60</b>	<b>0,55</b>	<b>0,05</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>0,60</b>	<b>0,60</b>	<b>0,20</b>

GOBIERNO DE ESPAÑA, MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN, Instituto Geológico y Minero de España, DIRECCIÓN DEL PROYECTO: BRUNO J. BALLESTEROS NAVARRO, LUIS RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, TÍTULO DEL PLANO: ACUÍFERO DE SIERRA CORTINA, FECHA: DICIEMBRE 2009, ACUIF. 6, HOJA 1 DE 1

## 11.16 ACUÍFERO CUATERNARIO DE BENIDORM

### 11.16.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS GENERALES

En 1986 el IGME publica “Las Aguas Subterráneas en la Comunidad Valenciana-Usos, Calidad y Perspectivas de Utilización”, donde se describe el acuífero Cuaternario Benidorm-Altea, al que le asigna una superficie de 17 km<sup>2</sup>. Aunque no cuantifica sus recursos, supone que se produce cierta descarga al mar.

Posteriormente, este mismo organismo incluye el acuífero Benidorm-Altea en su estudio de 1990. Le asigna una superficie de 16 km<sup>2</sup>, y explica la desconexión hidráulica con el vecino acuífero de Sierra Helada por la existencia de niveles impermeables de base del relleno detrítico, constituidos por limos y arcillas, y/o las margas y margocalizas que aparecen en el techo del Cretácico aflorantes en la ladera de la sierra. También concluye que no hay evidencias alarmantes de intrusión marina (aunque algunas captaciones, situadas muy próximas al mar, tuvieran que abandonarse años atrás por exceso de salinidad) y que el empeoramiento de la calidad del agua se podía deber a la influencia ejercida por la proximidad de los afloramientos de margas del impermeable de base (no se descarta un incipiente proceso de intrusión marina).

En el Mapa del Agua de la Provincia de Alicante (DPA, 1992) se asigna al acuífero de Benidorm-Altea una superficie de 30 km<sup>2</sup> y unos recursos de 1,5 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales 1,0 hm<sup>3</sup>/año se bombean en sondeos y/o pozos y el resto, 0,5 hm<sup>3</sup>/año, se drenan al mar.

En 2005 la DPA realiza el “Estudio de la Viabilidad de Utilización de Acuíferos Costeros Provinciales para Abastecimiento y en Usos Urbanos Directos No Restringidos”, incluyendo los acuíferos situados entre los municipios de Benidorm y Altea: acuífero Detrítico de Benidorm, acuífero Detrítico de Altea y acuífero Calizo de Sierra Helada (ver Figura nº 209). En 2007 publica la síntesis de ese trabajo. Al acuífero detrítico de Benidorm se le asigna una superficie de 19,97 km<sup>2</sup> y unos recursos de 2 hm<sup>3</sup>/año, de los que 1,3 hm<sup>3</sup>/año se drenan al mar.

El acuífero se localiza en la llanura de la vertiente noroccidental de Sierra Helada, entre los núcleos urbanos de Benidorm y Altea y los relieves de la Sierra de Bernia, el macizo de Puig Campana y el Monte Ponocho. Es un área drenada por una red de valles, unas veces encajados y otras de fondo plano, y por ramblas con funcionamiento fluvio-torrencial.

Tabla nº 120.- Acuífero Cuaternario de Benidorm. Distribución por municipios

Municipio	Superficie (km <sup>2</sup> )
L'Alfas del Pi	4,96
Altea	2,26
Benidorm	16,79
La Nucia	0,66



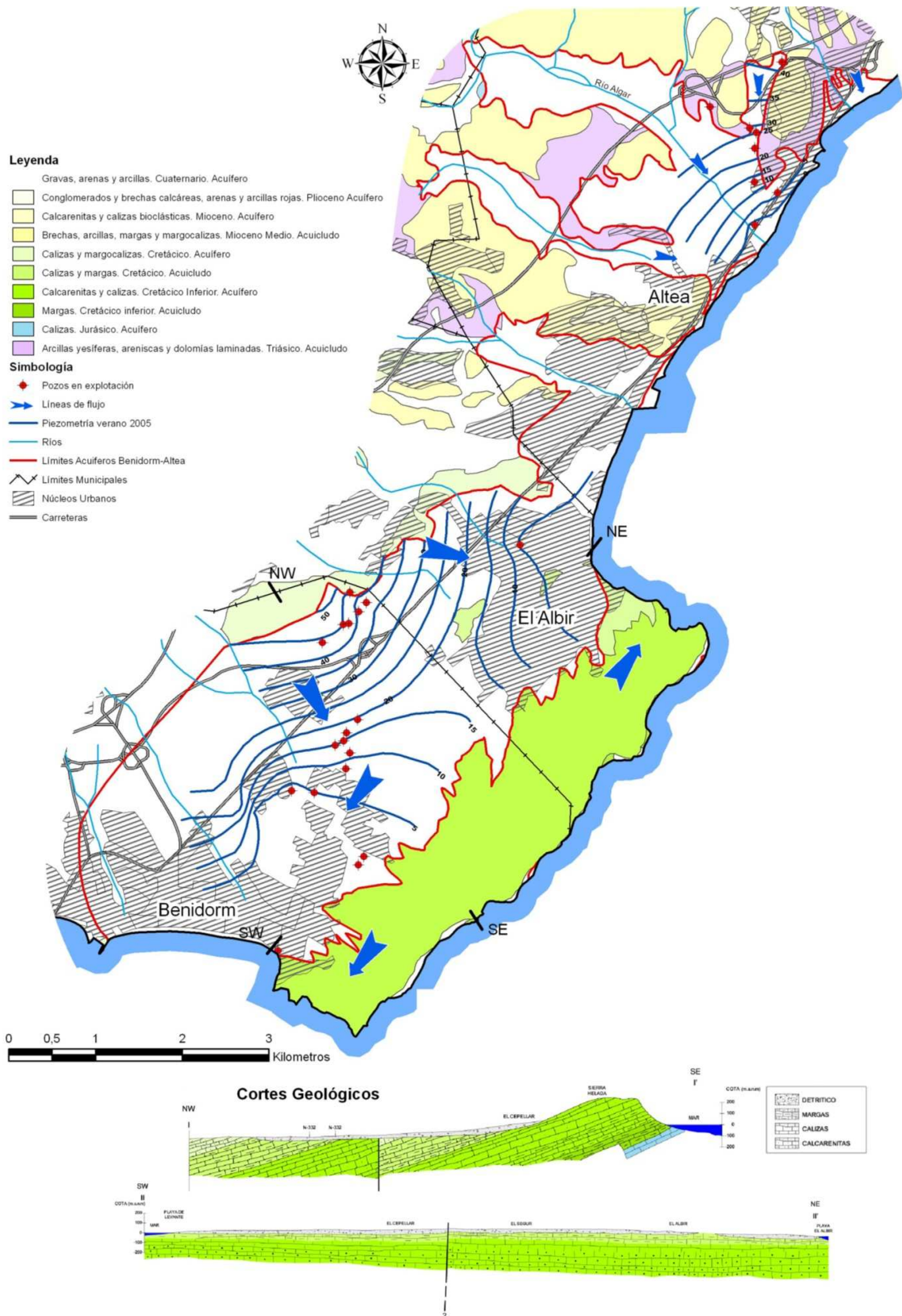


Figura nº 209.- Definición de acuíferos de la zona Benidorm-Altea (DPA, 2007)

La superficie permeable tiene una extensión de 24,36 km<sup>2</sup> y sobre la misma se asientan, sobre todo, cultivos de regadío y secano y amplias zonas urbanizadas (ver Tabla nº 121), que condicionan la recarga del acuífero.

**Tabla nº 121.- Usos del suelo. Acuífero Cuaternario de Benidorm**

Usos del suelo	Superficie (km <sup>2</sup> )
Agua	0,02
Bosque	2,61
Campos de Golf	0,20
Cultivos herbáceos de regadío	0,35
Cultivos herbáceos de secano	0,20
Espacios sin vegetación	0,20
Frutales regadío	4,71
Frutales secano	0,21
Improductivo	2,28
Matorral	3,83
Olivar regadío	0,04
Olivar secano	0,02
Invernaderos	0,07
Pastizales	0,12
Zonas verdes urbanas	
L'Alfàs del Pi	0,07
Benidorm	0,17
Urbano	
L'Alfàs del Pi	2,49
Altea	0,47
Benidorm	5,87
La Nucía	0,44

### 11.16.2 LITOLOGÍA Y GEOMETRÍA

El acuífero está compuesto por gravas y arenas intercaladas entre las arcillas y limos de depósitos litorales, de fondo de valle, terrazas aluviales y glaciares, de edad cuaternaria y pliocuaternaria (ver Tabla nº 122).

**Tabla nº 122.- Formaciones geológicas aflorantes. Acuífero Cuaternario de Benidorm**

Formación	Edad	S (km <sup>2</sup> )
Margas, margocalizas arenosas con erizos	Albiense	0,26

Formación	Edad	S (km <sup>2</sup> )
Calizas tableadas blancas	Cenomaniense-Senoniense	0,02
Margocalizas y margas blancas rosadas	Senoniense	0,03
Arenas, gravas y limos rojos localmente encostrados. Glacis	Plioceno-Pliocuaternario	22,99
Aluvial. Depósitos de fondo de valle	Cuaternario	1,14
Arenas y gravas litorales		0,26

Dentro de los límites del acuífero se incluyen tres cuerpos deposicionales principales. El primero, situado al oeste, se extiende desde el borde oriental de Sierra Cortina hasta el núcleo de Benidorm, y ha dejado de funcionar al estar encajados los cauces. Los otros dos se encuentran en la vertiente norte de Sierra Helada y en el límite septentrional del acuífero y, a diferencia del anterior, ambos se encuentran aún activos.

El cuerpo sedimentario principal corresponde a dos abanicos aluviales solapados. El primero tiene su ápice en el borde oriental de Sierra Cortina y el segundo, desarrollado con posterioridad, en el barranco d'Iborra. En este tipo de depósitos se da una distribución granulométrica que condiciona las características hidráulicas. En las zonas proximales los sedimentos son heterométricos y están constituidos por gravas, arenas y limos (el conjunto adquiere una permeabilidad intrínseca baja). En la zona central, situada en el entorno del núcleo de Benidorm, entre los depósitos limosos se encuentran lentejones de arenas y gravas, con mayor permeabilidad. En las zonas distales se depositan, fundamentalmente, limos entre los que aparecen paleocanales rellenos de gravas y arenas asociadas a una red fluvial de morfología anastomosada.

El muro de las formaciones acuíferas de Benidorm puede estar definido por depósitos de base limoso-arcillosos pliocuaternarios o por las margas, calizas y calcarenitas del Albiense que afloran en la zona nororiental de la ladera de Sierra Helada o las margas y margocalizas arenosas, también del Albiense, que se encuentran sobre las anteriores y afloran en el área de l'Albir .

El tramo nororiental del límite meridional del sistema está definido por los afloramientos de margas y calizas del Albiense inferior que afloran en la ladera de Sierra Helada. El tramo suroccidental de este borde corresponde, al menos en superficie, a las calcarenitas y areniscas y a las calizas arrecifales con rudistas del Albiense del acuífero de Sierra Helada, por lo que este límite debe ser abierto y permitir la conexión hidráulica entre ambos acuíferos.

El límite oriental del borde septentrional viene dado por las formaciones impermeables del Terciario, aunque no se descartan posibles transferencias de recursos a través de las formaciones cuaternarias que aparecen entre La Rambla de Los Arcos y al noroeste del paraje Capblanc.

La zona occidental del borde septentrional también está definida por las margas y brechas terciarias, las margas y margocalizas del Senoniense y los afloramientos triásicos que aparecen en la parte oriental de Sierra Cortina, por lo que también se considera cerrado.

Los límites sur y oriental se corresponden con la línea de costa, por lo que son límites abiertos que permiten la descarga del sistema y/o la intrusión marina.

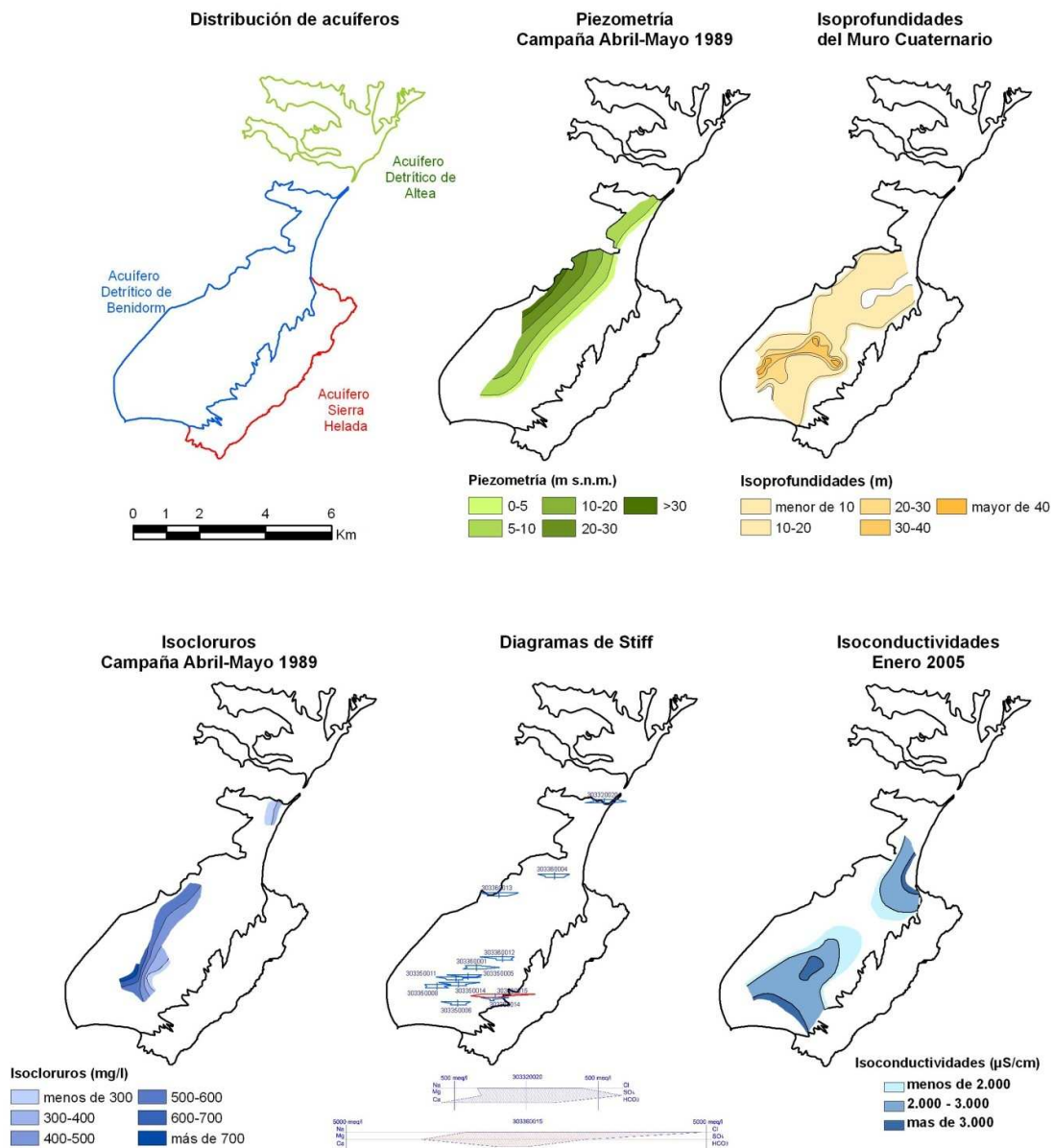


Figura nº 210.- Algunos isovalores de los acuíferos de la zona Benidorm (DPA, 2005)

La información geofísica y las columnas de algunos sondeos (“Estudio de la Viabilidad de Acuíferos Costeros Provinciales para Abastecimiento y en Usos Urbanos Directos No

Restringidos”, DPA-2005) permiten estimar un espesor medio entre los límites meridional y septentrional inferior a los 20 m, aunque en la zona de Benidorm se pueden alcanzar los 50-55 m, mientras que en la zona de L’Alfàs del Pi no suelen superar los 10 m (ver Figura nº 210).

### 11.16.3 PARÁMETROS HIDRÁULICOS

A partir de los aforos realizados en el Pou de L’Albir (pozo-galería 3033-6-2) en febrero de 2008 y agosto de ese mismo año (caudales 18-20 l/s) se han estimado transmisividades que rondan los 700 m<sup>2</sup>/día e identificado posibles efectos de drenaje diferido. En los que se llevaron a cabo en el pozo-galería La Angelita (3033-6-4) en diciembre de 2002, febrero de 2008 y noviembre de 2008 (caudal 30 l/s) la transmisividad estimada es de 1.100-1.500 m<sup>2</sup>/día.

Por otro lado, a partir de los aforos efectuados en el sondeo Susi (3033-6-19) en septiembre de 2005 y febrero de 2008 (caudal 10 l/s), el primero con tres piezómetros de control alineados con el pozo de bombeo, se estiman transmisividades entre 100 y 800 m<sup>2</sup>/día y un coeficiente de almacenamiento próximo a 0,01.

Tabla nº 123.- Resumen de aforos. Acuífero Cuaternario de Benidorm

Punto	Fecha	Tipo ensayo	Q (l/s)	Tiempo bombeo (min)	Nivel inicial (m)	Nivel final (m)	T (m <sup>2</sup> /día)	S	Observaciones	
3033-6-2	31-1-08	Q constante	0,9	107	2,12	2,18	1.500		C = 3.200 μS/cm	
	8-2-08	Q constante		250	2,24	2,81	1.750		Recirculación de agua durante el bombeo	
		Recuperación	18	60	2,81	2,31	2.000			
	27-2-08	Q constante	20		1.387	2,31	3,50	690		Efecto drenaje diferido
		Recuperación			3,50	2,45	700			
	24-11-08	Q constante	14,5		1.400	3,42	5,00	900/1.500		Aforo realizado en sondeo sobre galería. Efecto drenaje diferido. C = 2.300 μS/cm
Recuperación				30	5,00	3,53	800			
3033-6-4	10-12-02	Q constante	32,8	240	7,90	8,53	1.250		Efecto pozo de gran diámetro	
		Recuperación		60	8,53	8,11	3.000			
	27-2-08	Q constante	32		1.590	6,94	7,56	1.800	Efecto pozo de gran diámetro	
		Recuperación			1.418	7,56	6,58	1.600		
	24-11-08	Q constante	32		1.348	8,92	9,81	1.100	Efecto pozo de gran diámetro	
		Recuperación			1.487	9,81	8,62	1.100		

Punto	Fecha	Tipo ensayo	Q (l/s)	Tiempo bombeo (min)	Nivel inicial (m)	Nivel final (m)	T (m <sup>2</sup> /día)	S	Observaciones
3033-6-19	29-9-05	Q escalonado	5	30	9,23	9,99	120-800	1,2 10 <sup>-2</sup> / 8,5 10 <sup>-3</sup>	Con tres piezómetros de control (3033-6-16, 17 y 18). C = 2.100 μS/cm
		Recuperación	10	1.680	9,99	14,34			
	27-2-08	Q constante	10	1.580	6,50	7,80	550	C = 2.300 μS/cm	
		Recuperación	10	1.432	7,80	6,57			

Las pruebas de bombeo anteriores ponen de manifiesto la heterogeneidad del medio, y permiten suponer una transmisividad media de 500 a 700 m<sup>2</sup>/día. Debido al reducido espesor del acuífero, los caudales instantáneos más elevados se obtienen en captaciones que cuentan con galerías.

En la Tabla nº 123 se encuentran los datos más significativos de las pruebas de bombeo realizadas.

#### 11.16.4 PIEZOMETRÍA

Las evoluciones piezométricas de los pozos La Angelita (3033-6-4) y Susi (3033-6-19) muestran (periodo 1980-2007) oscilaciones inferiores +/- 1 m respecto a la cota 1,5 m s.n.m., monotonía que se interrumpe tras las precipitaciones registradas en 2007, que origina un ascenso superior a los 3 m, a partir del cual se observa un progresivo descenso hasta alcanzar las cotas anteriores.

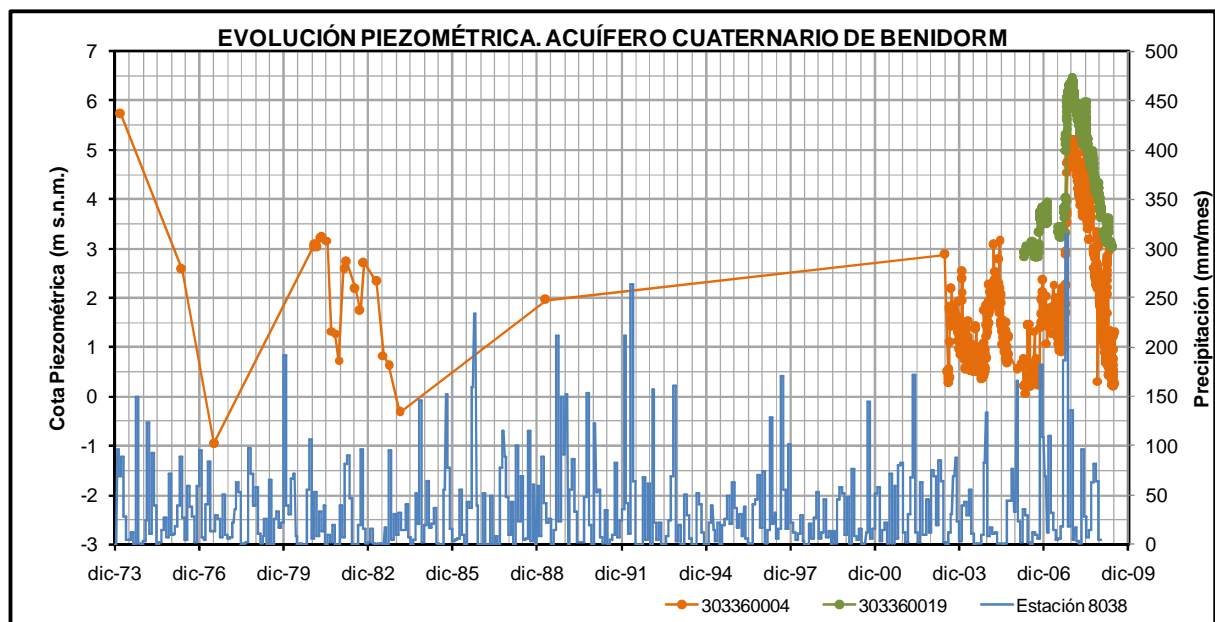


Figura nº 211.- Evolución de niveles. Acuífero Cuaternario de Benidorm

También se aprecia que la lámina de agua nunca ha descendido por debajo de la cota cero, a pesar de incrementarse las extracciones desde 2003 con la puesta en marcha del pozo 3033-6-4, utilizado como fuente de suministro de la desalinizadora de L'Alfàs del Pi, actualmente gestionada por AQUAGEST LEVANTE, S.A.

En la Figura nº 211 se presenta la evolución de niveles registrada en los puntos 3033-6-4 (facilitada por AQUAGEST LEVANTE, S.A.) y 3033-6-19 (controlado por la DPA).

Las isopiezas, antes y después de la temporada de lluvias de 2009, se sitúan normalmente entre los 40-45 m s.n.m., en las proximidades del borde septentrional y al norte del paraje de El Cabut, y los 5 m s.n.m., en la zona del Albir y en el núcleo urbano de Benidorm. El gradiente medio en la zona central del acuífero es del 1%, mientras que al noreste del núcleo de Benidorm, en las proximidades del borde septentrional, supera el 1,5%, probablemente debido a la concentración de bombeos, al igual que sucede en el entorno del pozo 3033-6-4.

#### **11.16.5 FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA**

La alimentación se genera por la infiltración de agua de lluvia, retornos de riego y pérdidas que se producen en las redes urbanas. No se descarta una transferencia lateral del acuífero de Sierra Helada, de difícil cuantificación, pequeñas aportaciones de aguas sulfatadas desde los cauces que atraviesan el acuífero.

Las salidas se producen por drenaje al mar y por los bombeos en pozos.

La dirección del flujo en el sector nororiental (zona de L'Albir) es hacia el este, concretamente hacia la línea de costa, donde se descargan al mar los volúmenes no bombeados por los pozos de la zona, mientras que en el municipio de Benidorm la dirección general de flujo es hacia el sur donde también se drenan los recursos no bombeados al mar. Estas dos direcciones de flujo deben estar condicionadas por la elevación del impermeable de base que se detecta en las campañas geofísicas realizadas en 1995 y 1996, recogidas en los estudios que llevó a cabo la DPA en 2005 (ver Figura nº 210).

#### **11.16.6 BALANCE HÍDRICO**

##### **11.16.6.1 DETERMINACIÓN DE INFILTRACIÓN NATURAL**

La recarga por infiltración de agua de lluvia se evalúa en 1,53 hm<sup>3</sup>/año. Se ha obtenido al aplicar a la superficie no urbanizada (15,09 km<sup>2</sup> de 24,36 km<sup>2</sup>) el balance hídrico diario del periodo 1980-1999 con registros de precipitación de la estación meteorológica 8038 y de temperatura de la 8035.

**Tabla nº 124.- Estimación de la infiltración del agua de lluvia. Acuífero Cuaternario de Benidorm**

P (mm/año)	ETR (mm/año)	RAU (mm)	P <sub>o</sub> (mm)	Lluvia Útil (mm/año)			% Infil./P	S (km <sup>2</sup> )	Entradas (hm <sup>3</sup> /año)
				Infil.	Escorr.	Total			
429,0	195,0	50	30	101,4	35,7	137,1	23,6	15,09	1,53

#### 11.16.6.2 ANÁLISIS DE USOS DE AGUA

Hasta mediados de la década de los ochenta la mayoría de las extracciones del acuífero se destinaban a cubrir las demandas para usos agrícolas de la zona. Sin embargo, en la actualidad, debido sobre todo al impulso turístico, la mayoría de las captaciones están abandonadas. Por ello, la mayor parte de los recursos extraídos durante los últimos años se han destinado a cubrir las necesidades de la población. La captación más importante es la 3033-6-4, utilizada desde 2003 como fuente de suministro de la desaladora de L'Albir del abastecimiento de L'Alfas del Pi.

También hay otras captaciones en explotación, en su mayoría pozos con y sin galería, que bombean caudales instantáneos inferiores a los 2 l/s, usados en aprovechamientos agrícolas de pequeña extensión (1-2 ha) y en el riego de zonas verdes y recreativas (ver Tabla nº 125).

**Tabla nº 125.- Puntos de agua inventariados. Acuífero Cuaternario de Benidorm**

Código	Municipio	Tipo	Prof. (m)	Q (l/s)	Año	V (m <sup>3</sup> /año)	Uso
303320020	Altea	Pozo-galería	18,5	16,5	1973	14.400	Zonas verdes y recreativas
303320025	Altea	Pozo	8,3	-	1973	-	Fuera de uso
303350003	Benidorm	Pozo	20	5,0		--	Sin Uso
303350004	Benidorm	Pozo	8,7	5,0	1973	2.720	Riego 0,5 ha
303350005	Benidorm	Pozo-galería	17,0	-		-	Se desconoce
303350006	Benidorm	Pozo-galería	8,3	87,0	1978	--	Sin Uso
303350007	Benidorm	Pozo	11,5	3,0	1973	2.160	Riego
303350008	Benidorm	Pozo	27	5,0	1973	12.000	Riego 1 ha
303350011	Benidorm	Pozo	40,0	1,5	2008	6.000	Zonas verdes y recreativas
303350012	Benidorm	Pozo	22	--		--	Se desconoce
303350013	Benidorm	Pozo-galería	17	--		--	Se desconoce
303350014	Benidorm	Pozo	?	--		--	Se desconoce
303350015	Benidorm	Pozo	?	--		--	Se desconoce
303350016	Benidorm	Pozo	9,2	--		--	Se desconoce
303350017	Benidorm	Pozo	18,3	--		--	Se desconoce
303350018	Benidorm	Pozo	22	--		--	Se desconoce
303350019	Benidorm	Pozo-galería	23,5	--		--	Se desconoce



Código	Municipio	Tipo	Prof. (m)	Q (l/s)	Año	V (m <sup>3</sup> /año)	Uso
303350025	Benidorm	Sondeo	35	--		--	Se desconoce
303350026	Benidorm	Sondeo	30	--		--	Se desconoce
303350046	Benidorm	Pozo	10,0	-		-	Desinstalado
303350047	Benidorm	Sondeo	20,0	2,0	2008	6.120	
303350048	Benidorm	Sondeo	30,0	-		-	Colapsado
303350049	Benidorm	Pozo	10,0	1,0	2008	6.000	Doméstico
303350050	Benidorm	Pozo-galería	25,0	1,5	2008	5.600	Zonas verdes y recreativas
303350051	Benidorm	Pozo-galería	15,0	2,0	2008	6.500	Zonas verdes y recreativas
303360001	Benidorm	Pozo	15,0	1,0	2008	1.500	Venta al Camping Racó
303360002	L'Alfàs del Pi	Pozo-galería	5,0	15		-	Sin instalar
303360003	Benidorm	Pozo-galería	10,0	-		-	Sin instalar
303360004	L'Alfàs del Pi	Pozo-galería	16,0	30,0	2008	547.468	Abastecimiento
303360005	Benidorm	Sondeo	60,0	-		-	Se desconoce
303360007	L'Alfàs del Pi	Pozo	10	10,0	1973	19.540	Riego de 2,5 ha
303360008	Altea	Pozo	5,3	5,0	1973	4.320	Riego 1 ha
303360010	L'Alfàs del Pi	Pozo	27,6	-		-	Colapsado
303360012	L'Alfàs del Pi	Sondeo	65	--		--	Se desconoce
303360013	Benidorm	Pozo-galería	20,0	-		-	Colapsado
303360016	Benidorm	Sondeo	21,0	-		-	Sin instalar
303360017	Benidorm	Sondeo	21,0	-		-	Sin instalar
303360018	Benidorm	Sondeo	22,0	-		-	Sin instalar
303360019	Benidorm	Sondeo	22,0	-		-	Sin instalar
303360045	Benidorm	Pozo	3,0	0,5	2008	4.000	Riego
303360046	Benidorm	Pozo	15,0	1,5	2008	1.728	Riego
303360047	Benidorm	Sondeo	60,0	2,0	2008	2.304	Riego
303360048	Benidorm	Pozo		-		-	Se desconoce
303360049	Benidorm	Sondeo	75,0	2,0	2008	2.160	Doméstico
303360050	Benidorm	Pozo		-		-	Se desconoce
303360052	Benidorm	Pozo	10,0	2,0	2008	1.440	Zonas verdes y recreativas
303360053	Benidorm	Pozo		-		-	Colapsado
303360054	L'Alfàs del Pi	Sondeo	10,0	1,5	2008	2.800	Riego
303360055	Benidorm	Sondeo	50,0	1,0	2008	1.500	Doméstico
303360056	Benidorm	Pozo	14,0	1,0	2008	8.500	Riego
303360057	Benidorm	Sondeo	68,4		2008	3.000	Riego
303360058	Benidorm	Sondeo	30,0	5,0	2008	8.766	Riego
303360059	Benidorm	Sondeo	23,0	1,0	2008	720	Doméstico
303360060	Benidorm	Pozo	14,0	2,1	2008	500	Doméstico
303360061	Benidorm	Sondeo		-		-	Se desconoce
303360062	L'Alfàs del Pi	Pozo		0,5	2008	200	Contra-incendios

Código	Municipio	Tipo	Prof. (m)	Q (l/s)	Año	V (m <sup>3</sup> /año)	Uso
303360063	Benidorm	Sondeo	65,0	2,0	2008	500	Doméstico
303360064	Benidorm	Pozo	23,0	1,5	2008	10.000	Riego y doméstico
303360065	Benidorm	Sondeo	40,0	2,0	2008	115	Doméstico
303360066	Benidorm	Sondeo	60,0	2,0	2008	4.000	Zonas verdes y recreativas
303360067	Benidorm	Sondeo	60,0	0,5	2008	720	Zonas verdes y recreativas
303360068	Benidorm	Sondeo	60,0	0,5	2008	720	Zonas verdes y recreativas

Las extracciones anuales calculadas hasta la fecha son las siguientes:

Año	Volumen (m <sup>3</sup> /año)
1973	703.140
1978	650.000
2004	588.497
2005	644.978
2006	499.226
2007	601.852
2008	632.861
<b>Promedio</b>	<b>617.222</b>

Como posiblemente existen otros aprovechamientos no inventariados, en su mayoría de escasa entidad, que pueden corresponder a usos domésticos o riego de pequeñas parcelas, se estima que las extracciones totales no deben superar los 0,8 hm<sup>3</sup>/año.

Hay que indicar que a partir de 2003 más del 85% de los caudales captados se han utilizado en la desaladora de L'Albir, y el resto lo han hecho para cubrir las necesidades de aprovechamientos de escasa entidad.

La previsión futura del abastecimiento de L'Alfàs del Pi es poner en servicio una segunda línea de tratamiento e incrementar de forma progresiva el suministro a la desaladora en, al menos 0,64 hm<sup>3</sup>/año, incorporando los pozos de Susi (3033-6-19) y el L'Albir (3033-6-2), así como aumentando las extracciones del de La Angelita (3033-6-4).

#### 11.16.6.3 BALANCE HÍDRICO

Como ya se ha comentado, la alimentación del acuífero se debe a la infiltración de lluvia útil, a los retornos de riego y a las pérdidas en las redes de los abastecimientos de la zona.

La infiltración del agua de lluvia sólo es posible en las zonas no urbanizadas ya que en las zonas urbanizadas únicamente se origina escorrentía superficial que es evacuada directamente al mar a través de las redes municipales de aguas pluviales.

Siguiendo la metodología del epígrafe 9. USOS Y APROVECHAMIENTOS DEL SUELO de este documento, la alimentación por infiltración de pérdidas en las redes de abastecimiento de los municipios (ver Tabla nº 126) y retornos de riego (ver Tabla nº 127) es de 1,65 hm<sup>3</sup>/año.

**Tabla nº 126.- Estimación de recarga por pérdidas en redes urbanas. Acuífero Cuaternario de Benidorm**

Municipio	Superficie urbanizada (km <sup>2</sup> )		Rendimiento de red (%)	Volumen suministrado en 2008 (hm <sup>3</sup> )		Volumen infiltrado (hm <sup>3</sup> )
	Total	Sobre acuífero		Total	Sobre acuífero	
L'Alfàs del Pi	6,14	2,49	70	2,9	1,18	0,35
Altea	3,8	0,47	79	2,6	0,32	0,07
Benidorm	8,7	5,87	91	11,95	8,06	0,73
La Nucía	5,05	0,44	70	2,2	0,19	0,06
<b>Total/media</b>	<b>23,69</b>	<b>9,27</b>	<b>84</b>	<b>19,65</b>	<b>9,75</b>	<b>1,20</b>

**Tabla nº 127.- Estimación de recarga por retornos de riego. Acuífero Cuaternario de Benidorm**

Tipo de cultivo	Dotación (m <sup>3</sup> /ha/año)	Superficie sobre acuífero (km <sup>2</sup> )	Demanda (hm <sup>3</sup> /año)	Retornos (hm <sup>3</sup> /año)
Herbáceos	4.029	0,35	0,14	0,02
Frutales	5.150	4,71	2,43	0,36
Olivar	4.088	0,04	0,02	0,00
Viñedo	4.825	0	0,00	0,00
Invernaderos	3.989	0,07	0,03	0,00
Otros*	8.900	0,44	0,39	0,06
<b>Total/media</b>	<b>5.352</b>	<b>5,61</b>	<b>3,00</b>	<b>0,45</b>

\* Zonas verdes y campos de golf

Por tanto, el balance hídrico del acuífero sería el siguiente:

Entradas (hm <sup>3</sup> /año)	
Infiltración de agua de lluvia	1,53
Infiltración por retornos de riego	0,45
Infiltración por pérdidas en las redes de abastecimiento	1,20
<b>Total</b>	<b>3,18</b>
Salidas (hm <sup>3</sup> /año)	
Bombeos	0,80
Drenaje al mar	2,38
<b>Total</b>	<b>3,18</b>

Este balance refleja que el acuífero se encuentra “subexplotado” y que sus excedentes se drenan al mar, si bien esto no supone que no se provoquen efectos de intrusión marina cuando los bombeos se concentren en el espacio y en el tiempo, o cuando el fondo de las captaciones se sitúe por debajo de la cota cero en zonas próximas de la línea de costa, como indican las relaciones isotópicas de  $^{18}\text{O}$  y  $^2\text{H}$  (punto 3033-6-4).

#### 11.16.6.4 RECURSOS DISPONIBLES

La alimentación de todo el acuífero se estima en  $3,18 \text{ hm}^3/\text{año}$  y el volumen medio anual aprovechado en unos  $0,80 \text{ hm}^3/\text{año}$ . La diferencia,  $2,38 \text{ hm}^3/\text{año}$ , se drena al mar.

El abastecimiento de L’Alfas del Pi cubre parte de sus necesidades (en torno al 12,1%) con la desaladora de L’Albir, cuya fuente de suministro es el pozo La Angelita (3033-6-4). El ratio agua permeada/agua bruta de la desalobradoradora es del 0,55 (en 2008 para aportar a la red  $0,35 \text{ hm}^3$  se bombearon de esa captación  $0,64 \text{ hm}^3$ ).

Si en este municipio se mantiene la tasa media anual de crecimiento del periodo 2000/2008 (5,03%), en el horizonte 2020 la demanda superaría los  $5,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ . Aunque la mayoría los aportaría el Consorcio de la Marina Baixa, una parte debería suministrarlos la desaladora. El ayuntamiento de L’Alfàs del Pi proyecta instalar una segunda línea de tratamiento en la desaladora, con lo que se incrementarían las extracciones en otros  $0,64 \text{ hm}^3$ . Para ello, incorporaría las captaciones de Susi (3033-6-19) y el Pou de L’Albir (3033-6-2).

También se pueden captar los recursos no utilizados para destinarse a otros usos urbanos como el riego de jardines, baldeo de calles, prevención de incendios, usos recreativos y ornamentales (fuentes), o cubrir pequeñas demandas de la población, con y sin tratamiento de desalinización. A este respecto la DPA, en la síntesis del “Estudio de la Viabilidad del Aprovechamiento de Acuíferos Costeros Provinciales en Usos Urbanos” (2007), propone captar pequeños caudales (de 1 a 25 l/s) a partir de sondeos o pozos de gran diámetro con drenes radiales, dependiendo de las necesidades (ver Figura nº 212).

Las características del sondeo tipo que propone la DPA serían las siguientes:

- Sondeo de 20-50 m de profundidad con tubería de 200 mm de diámetro
- Columna litológica: arenas, limos, arcillas y gravas del Cuaternario.
- Caudal esperado y profundidad del agua: 1-5 l/s y nivel estático a 5-20 m
- CE del agua: 2.000-3.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$

Por su parte, las que propone para un pozo de gran diámetro con drenes radiales serían:

- Profundidad: 10-15 m con un diámetro de 1.500-2.000 mm y longitud total de los drenes de 200-500 m (a definir en estudios previos)
- Columna litológica: arenas, limos, arcillas y gravas del Cuaternario.
- Caudal esperado y profundidad del agua: 5-25 l/s y nivel estático a 5-10 m.
- CE del agua: 2.000-3.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

En ambos casos, las zonas más favorables se localizan en las proximidades de los núcleos urbanos y de la actual infraestructura del abastecimiento y zonas verdes.

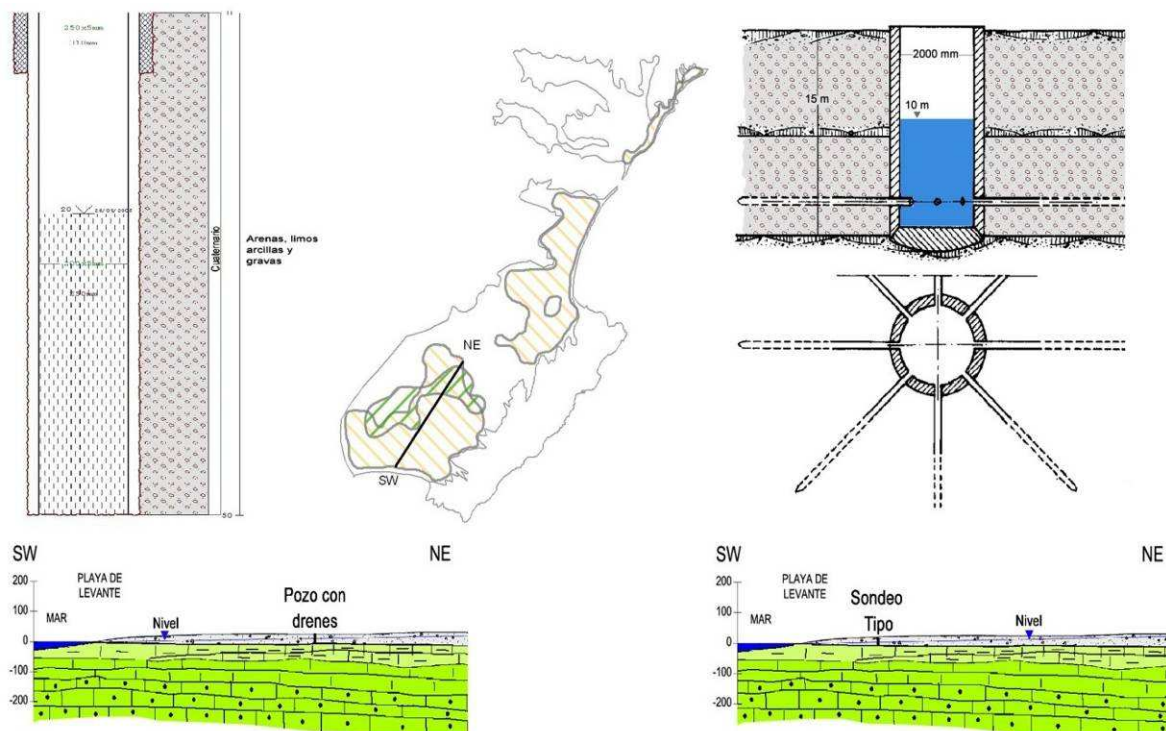


Figura nº 212.- Esquemas constructivos de las captaciones tipo propuestas por la DPA para captar el acuífero Cuaternario de Benidorm (DPA, 2007)

## 11.16.7 HIDROQUÍMICA E ISÓTOPOS ESTABLES

### 11.16.7.1 HIDROQUÍMICA

En la Tabla nº 128 se incluyen las determinaciones realizadas en el acuífero durante las campañas de mayo y octubre de 2009.

Tabla nº 128.- Resultados analíticos de 2009. Acuífero Cuaternario de Benidorm

Punto	Fecha	B (mg/l)	Br (mg/l)	Ca (mg/l)	Cl (mg/l)	CO <sub>3</sub> (mg/l)	CO <sub>3</sub> H (mg/l)	C (µS/cm)	DQO	F	K (mg/l)
303350011	18-03-09	1,420	1,360	30	496	7	149	2.783	2,1	1,340	8,0
303350011	08-10-09	1,400	1,186	90	584	14	291	2.893	2,1	1,375	8,0
303350047	10-03-09							2.910			
303350050	19-03-09							2.530			
303350050	08-10-09	1,400	1,179	61	472	0	280	2.833	1,0	1,601	8,0

Punto	Fecha	B (mg/l)	Br (mg/l)	Ca (mg/l)	Cl (mg/l)	CO <sub>3</sub> (mg/l)	CO <sub>3</sub> H (mg/l)	C (μS/cm)	DQO	F	K (mg/l)
303350050	19-10-09							2.800			
303350051	19-03-09							2.650			
303360001	17-03-09							3.010			
303360002	27-02-09							3.100			
303360004	08-01-09				421	0	405	2.620			
303360004	29-01-09				430	0	382	2.690			
303360004	24-02-09*	0,603	0,090	34	88	0	79	627	0,9	0,330	2,0
303360004	01-10-09	1,220	1,636	127	426	0	295	2.963	1,0	1,983	8,0
303360052	03-06-09							3.810			
303360052	09-10-09	1,670	1,112	180	632	2	269	4.193	3,6	3,417	10,0
303360054	10-02-09	1,000	1,120	86	404	0	101	2.673	2,0	1,280	7,0
303360054	20-10-09	1,020	1,511	99	442	0	188	2.583	1,2	1,576	7,0
303360055	10-02-09							3.800			
303360058	10-02-09							4.200			
303360062	04-11-09	1,300	1,531	107	418	0	241	2.903	1,0	2,306	8,0
303360064	16-02-09							2.450			
303360064	07-10-09	1,500	1,445	63	514	0	360	3.153	1,0	1,809	9,0
303360064	19-10-09							2.700			
303360066	20-02-09	1,750	1,010	21	370	19	221	2.533	1,4	1,610	5,0
303360067	20-02-09							2.890			
303360067	07-10-09							2.880			
303360068	16-02-09							2.890			

Punto	Fecha	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	NO <sub>2</sub> (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/l)	pH	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	Sr (mg/l)	T (°C)
303350011	18-03-09	82	378	0,000	160	0,000	8,4	25,5	226	7,9	24,0
303350011	08-10-09	90	402	2,300	170	0,000	8,5	25,3	288	9,1	24,0
303350050	08-10-09	87	420	0,000	230	0,000	8,2	29,2	336	8,4	20,1
303350050	19-10-09										20,2
303360004	08-01-09				117		7,4				
303360004	29-01-09				117		7,4				
303360004	24-02-09	17	81	0,000	33	0,000	8,1	6,0	98	3,4	
303360004	01-10-09	103	357	0,000	100	0,000	7,8	29,5	512	13,1	19,7
303360052	09-10-09	112	689	0,000	240	0,000	8,2	32,3	990	27,3	24,0
303360054	10-02-09	93	202	0,000	60	0,000	8,1	26,3	380	10,7	23,0
303360054	20-10-09	83	341	0,000	54	0,000	8,0	25,7	440	8,8	19,6
303360062	04-11-09	107	345	9,000	116	0,000	7,9	28,3	496	11,9	
303360064	07-10-09	87	482	0,000	170	0,000	8,1	38,0	328	7,4	23,6

Punto	Fecha	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	NO <sub>2</sub> (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/l)	pH	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	Sr (mg/l)	T (°C)
303360064	19-10-09										20,1
303360066	20-02-09	79	338	0,000	152	0,000	8,6	45,1	284	7,4	

\* Muestra tomada a salida de la desaladora de L'Albir

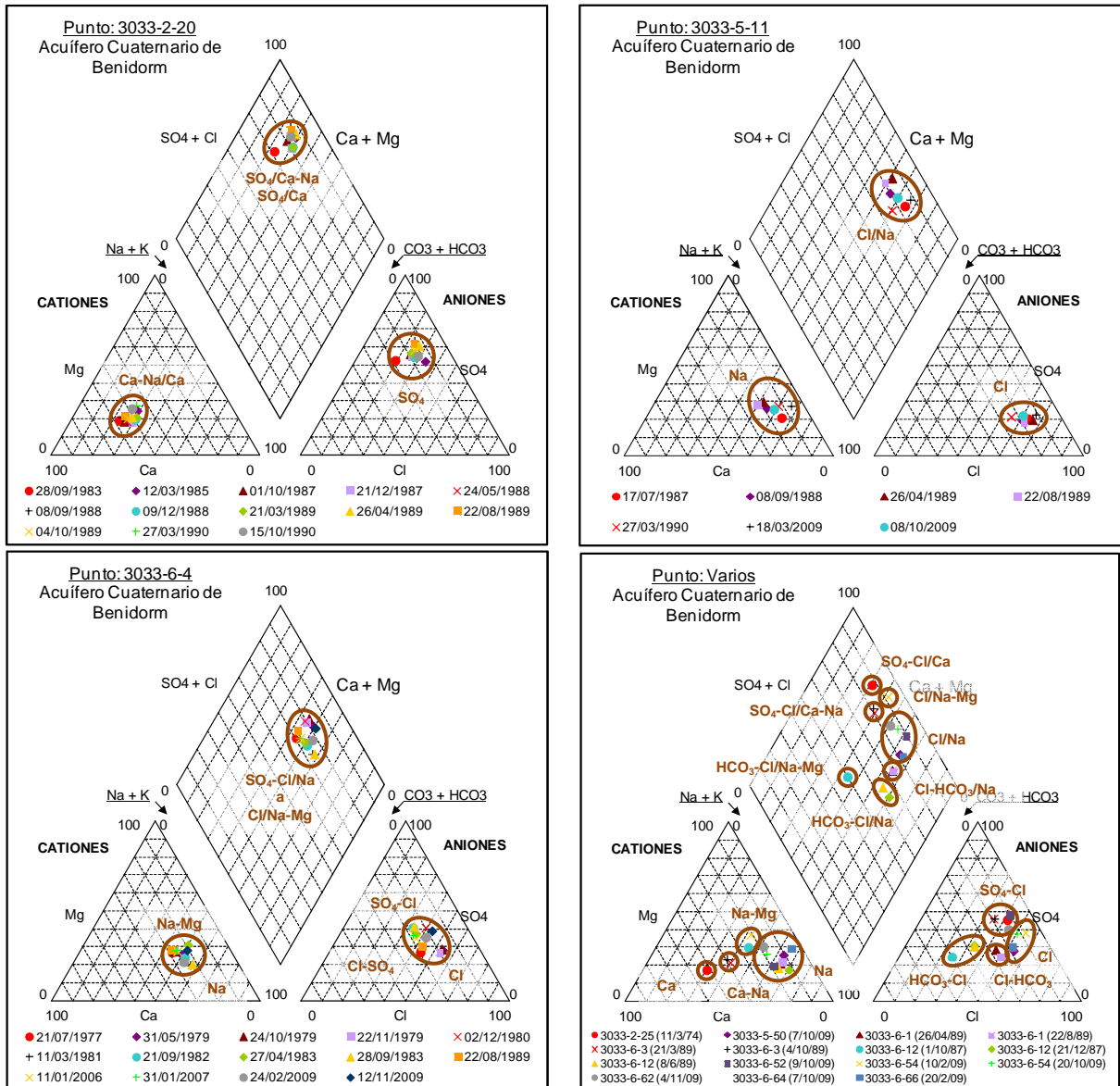


Figura nº 213.- Diagramas de Piper. Acuífero Cuaternario de Benidorm

Los datos hidroquímicos muestran aguas entre facies sulfatadas cálcicas y cloruradas sódicas (ver Figura nº 213) con valores promedio de CE en torno a 3.000-3.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ver Figura nº 214).

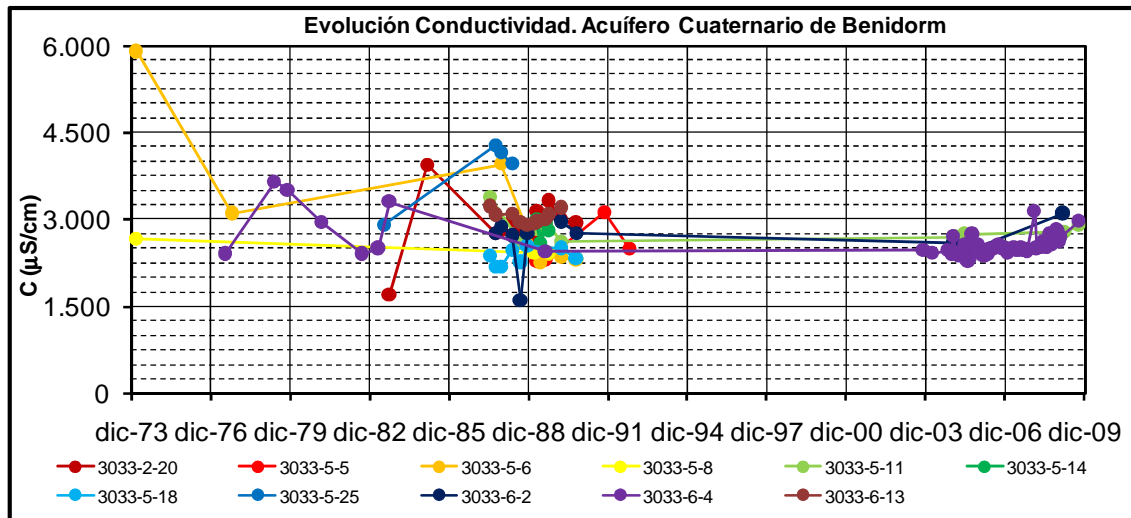


Figura nº 214.- Evolución temporal de CE. Acuífero Cuaternario de Benidorm

En las dos campañas de muestreo realizadas se aprecia, en el sentido de flujo subterráneo, hacia la playa de Levante de Benidorm y la de L'Albir, un descenso de la CE (de 3.750-4.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 2.500-3.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Los sulfatos, al igual que los cloruros, también muestran esa tendencia, aunque más acusada en la segunda campaña (de 1.000 mg/l a menos de 500 mg/l) que en la primera (de 400 a 300 mg/l). Estos últimos descienden de 600 a 450-400 mg/l en la primera campaña y se mantienen en torno a los 500 mg/l en la segunda.

Entre los parajes de Cabut y Armanello, del pozo 3033-6-52 al 3033-5-11 ó 3033-5-50 (sentido de flujo hacia la playa de Levante de Benidorm), las relaciones iónicas para la segunda campaña (ver Tabla nº 129) muestran una reducción de sulfatos (aumenta el ratio  $r\text{Mg}/r\text{Ca}$  y desciende la relación  $r\text{SO}_4/r\text{Cl}$  y el contenido de  $\text{SO}_4$ ) y procesos de disolución de carbonatos (desciende el ratio  $r\text{Cl}/r\text{HCO}_3$ ) junto con procesos de intercambio iónico (de endurecimiento o ablandamiento). Estas variaciones en las relaciones iónicas también pueden estar originadas por la mezcla de aguas de diferentes procedencias (infiltración de agua de lluvia, retornos de riego, lixiviados de yesos, etc.).

Por su parte, entre el paraje de Cabut, donde se localiza el punto 3033-6-54 y el pozo La Angelita (3033-6-4), hacia a L'Albir, se puede producir contaminación agrícola (aumentan los ratios  $r\text{SO}_4/r\text{Cl}$  y  $r\text{NO}_3/r\text{Cl}$ ), disolución de carbonatos (disminuyen los ratios  $r\text{Cl}/r\text{HCO}_3$ ,  $r\text{Na}/r\text{Ca}$ ,  $r\text{Na}/r(\text{Ca}+\text{Mg})$  y  $r\text{Na}/r\text{Mg}$  y aumentan la relación  $r\text{Ca}/r\text{Cl}$  y el índice Kr) y lavado salino (disminuye el icb y aumenta el ratio  $r\text{Na}/r\text{Cl}$ ).

Tabla nº 129.- Evolución de ratios químicos (2ª campaña de 2009) según el flujo subterráneo. Acuífero Cuaternario de Benidorm

Punto	$\text{SO}_4$ (mg/l)	$r\text{K}/r\text{Na}$	$r\text{Mg}/r\text{Ca}$	$r\text{SO}_4/r\text{Cl}$	$r\text{Cl}/r\text{CO}_3\text{H}$	$r\text{Na}/r\text{Ca}$	$r\text{Na}/r(\text{Ca}+\text{Mg})$	$r\text{Na}/r\text{Mg}$	icb	$r\text{Ca}/r\text{Cl}$	$r\text{Mg}/r\text{Cl}$	$r\text{Na}/r\text{Cl}$	$r\text{NO}_3/r\text{Cl}$	kr
3033-6-52	990	0,009	1,03	1,16	4,04	3,33	1,64	3,24	-0,697	0,51	0,52	1,68	0,217	5,59



Punto	SO <sub>4</sub> (mg/l)	rK/ rNa	rMg/ rCa	rSO <sub>4</sub> / rCl	rCl/ rCO <sub>3</sub> H	rNa/ rCa	rNa/ (rCa+rMg)	rNa/ rMg	icb	rCa/ rCl	rMg/ rCl	rNa/ rCl	rNO <sub>3</sub> / rCl	kr
3033-6-64	328	0,011	2,28	0,47	2,45	6,65	2,03	2,91	-0,463	0,22	0,50	1,45	0,189	4,79
3033-5-11	288	0,012	1,65	0,36	3,45	3,88	1,46	2,35	-0,075	0,27	0,45	1,06	0,167	4,68
3033-5-50	336	0,011	2,36	0,53	2,90	5,99	1,78	2,54	-0,389	0,23	0,54	1,37	0,279	4,01
3033-6-54	440	0,012	1,39	0,74	4,04	3,00	1,26	2,16	-0,205	0,40	0,55	1,19	0,070	3,61
3033-6-62	496	0,014	1,65	0,88	2,98	2,80	1,06	1,70	-0,291	0,45	0,75	1,27	0,159	4,37
3033-6-4	512	0,013	1,34	0,89	2,48	2,44	1,04	1,82	-0,311	0,53	0,71	1,29	0,134	5,30

Las facies hidroquímicas también evolucionan espacialmente de sulfatado-cloruradas sódicas a cloruradas sódicas desde el borde meridional hacia la zona de Armanello, y de cloruradas sódicas a clorurado-sulfatadas sódicas hacia L'Albir (ver Figura nº 215).

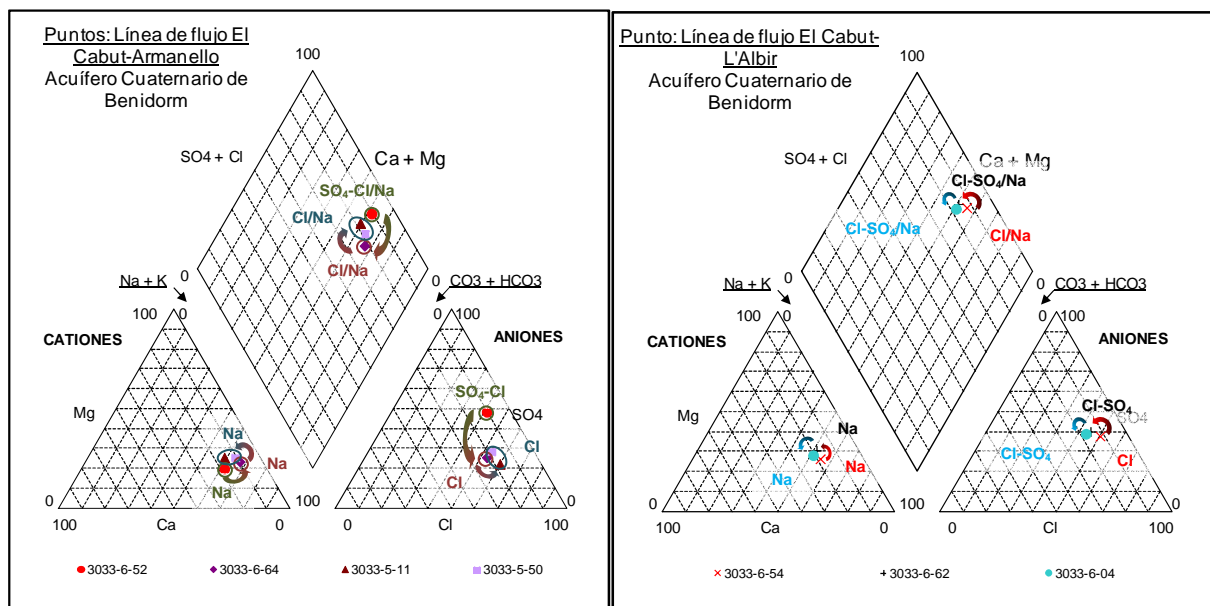


Figura nº 215.- Evolución espacial de facies hidroquímicas. Acuífero Cuaternario de Benidorm

La presencia de elevadas concentraciones de nitratos, superiores a 100 mg/l, y de cloruros, sodio y sulfatos (valores medios de 500, 350 y 500 mg/l, respectivamente), que sobrepasan los límites máximos admitidos (RD140/2003), no permite el uso del agua para consumo humano si previamente no se tratan o mezclan con otras de mejor calidad.

Según la clasificación del USLS (ver Figura nº 216), las aguas sólo son adecuadas para algunos cultivos si los suelos son permeables y tienen un buen drenaje, y presentan riesgo de alcalinización de medio a moderado (tipos C4S2 y C4S3). Por su parte, según la clasificación de la FAO, no deben causar problemas de infiltración (ver Figura nº 217).

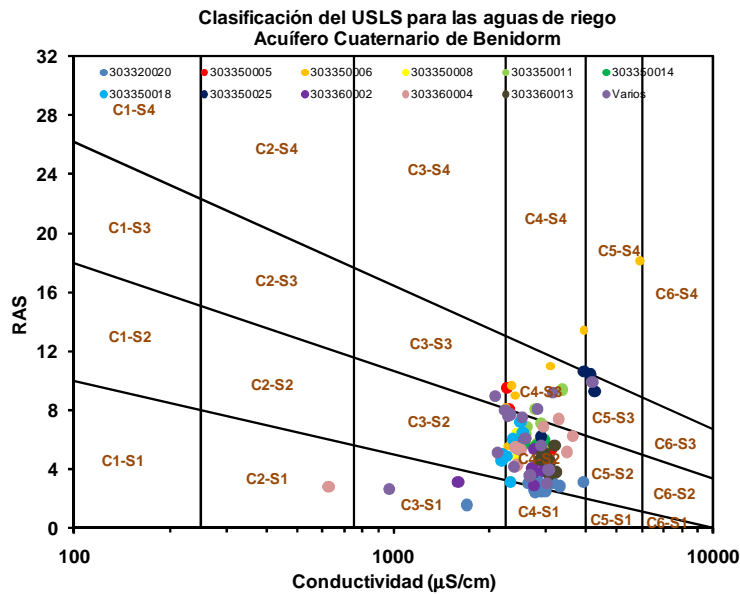


Figura nº 216.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Acuífero Cuaternario de Benidorm

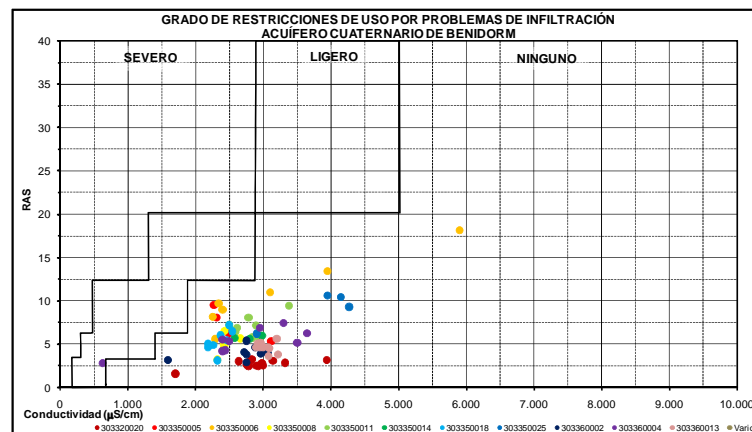


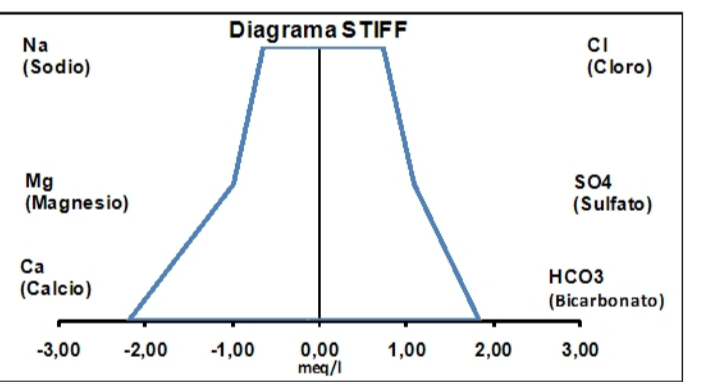
Figura nº 217.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO. Acuífero Cuaternario de Benidorm

Las restricciones de uso agrícola por la toxicidad del Na (15,1 meq/l como promedio y 50,8 meq/l de valor máximo), Cl (13,2 meq/l de promedio y 51,3 meq/l de máximo) y NO<sub>3</sub> (110,8 mg/l de promedio) son severas y moderadas las de los HCO<sub>3</sub> (5,8 meq/l de promedio) y el B (1,1 mg/l de promedio).

De acuerdo con la relación Cl y ratio rCl/rBr (ver Figura nº 218), el origen de la salinidad del acuífero puede corresponder a la mezcla de agua de lluvia con aguas residuales, lavado de RSU o lixiviados de yesos, aportaciones y/o mezcla de agua de lluvia con retornos de riego e incluso con agua de mar.



- ### Simbología
- Inventario de puntos de agua**
- Calidad
  - Explotación
  - Piezometría
  - Manantiales
- Acuíferos límites**
- Límite de acuífero abierto
  - Límite de acuífero cerrado
  - Cortes geológicos
- Contactos**
- Dirección y buzamiento
  - Estratificación invertida
  - Estratificación vertical
  - Anticlinal
  - Anticlinal tumbado
  - Sinclinal
  - Cabalgamiento
  - Cabalgamiento supuesto
  - Contacto concordante
  - Contacto difuso
  - Contacto discordante
  - Contacto mecánico
  - Autovía
  - Carreteras
  - Red hidrogáfica
  - Embalses
  - Zonas urbanas
  - Isopiezas Oct-Nov 2009
  - Flujo subterráneo

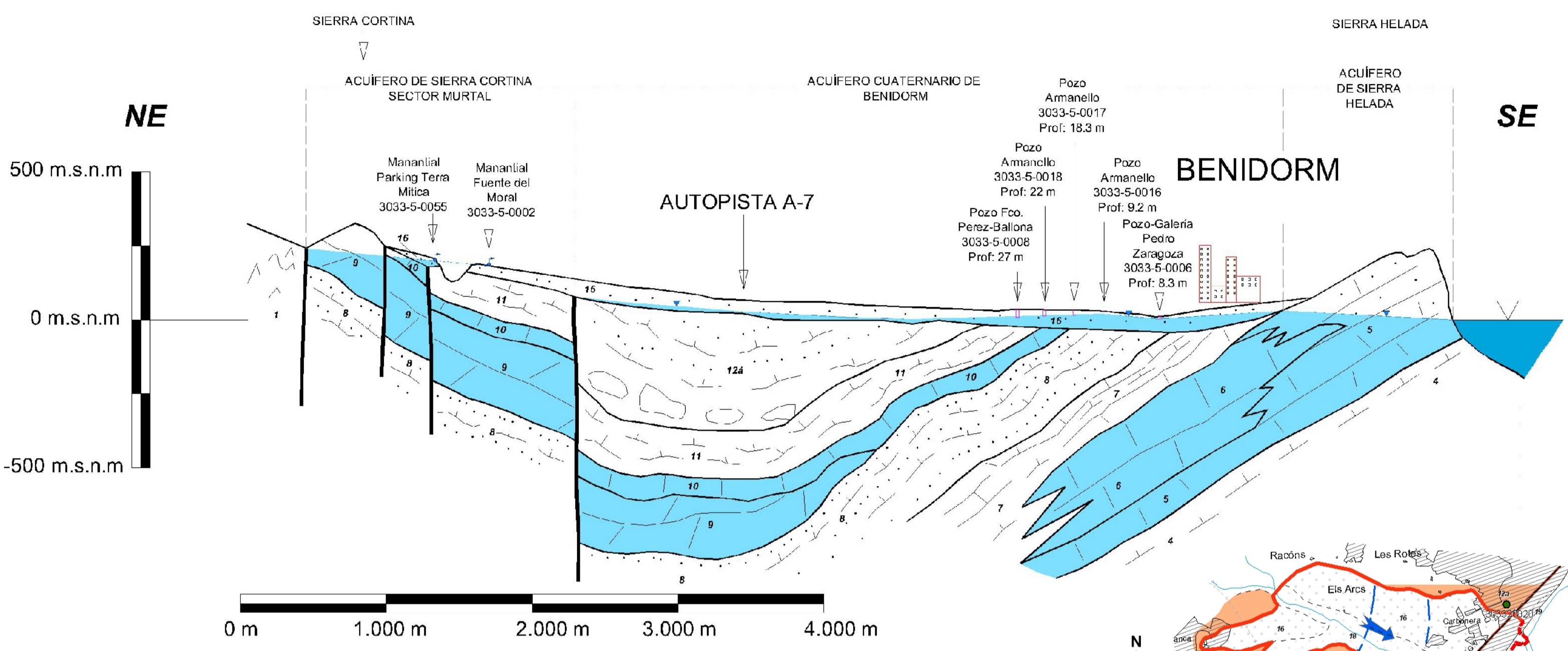


### LEYENDA LITOLÓGICA

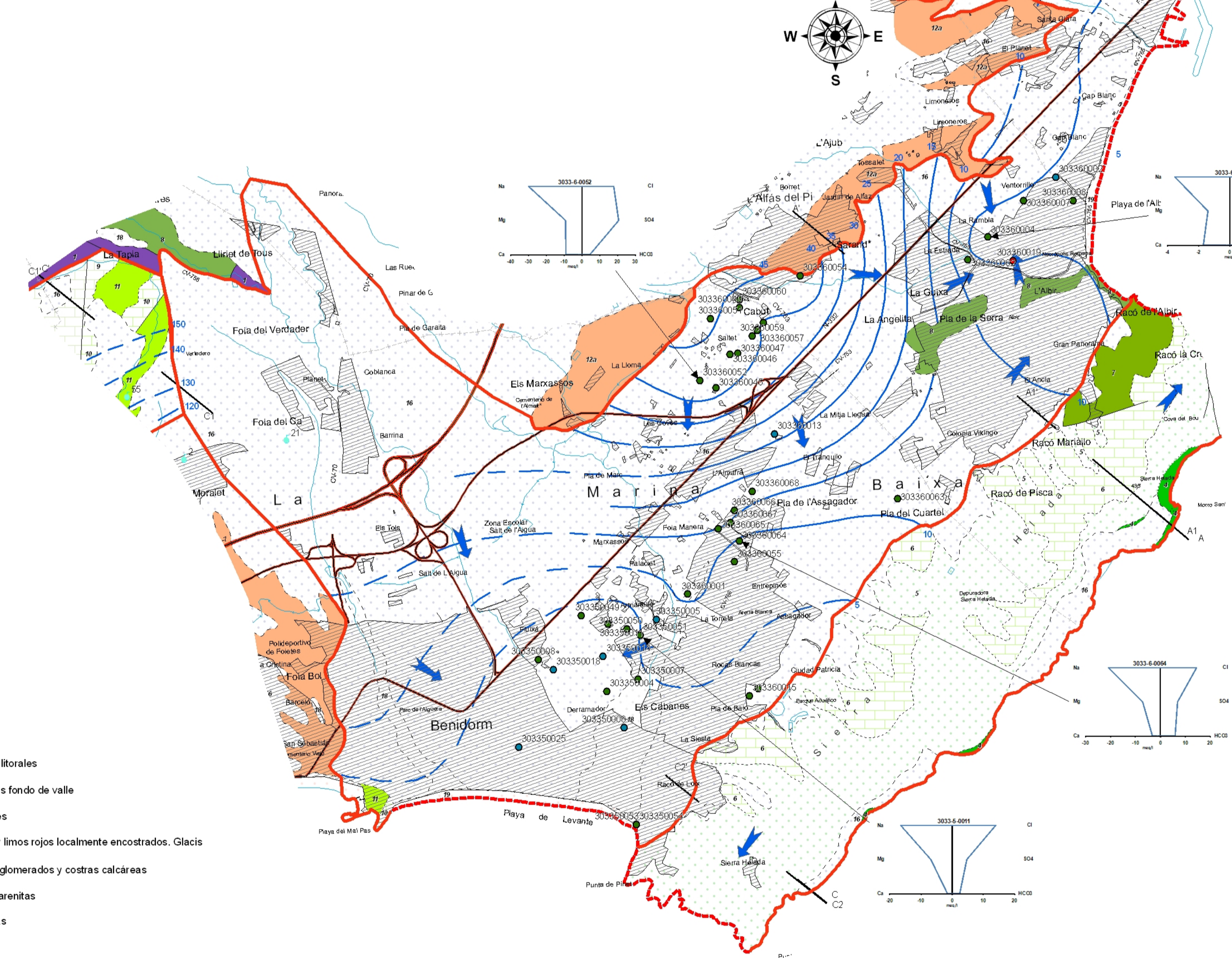
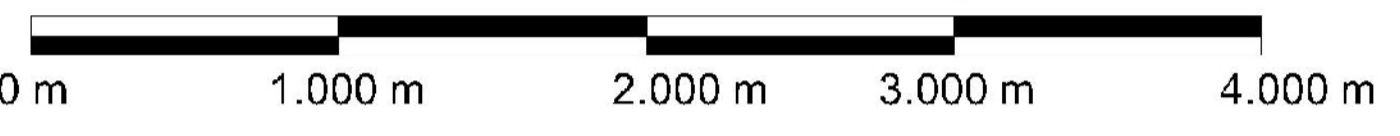
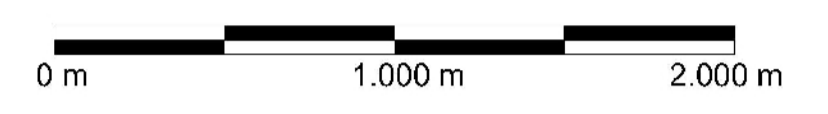
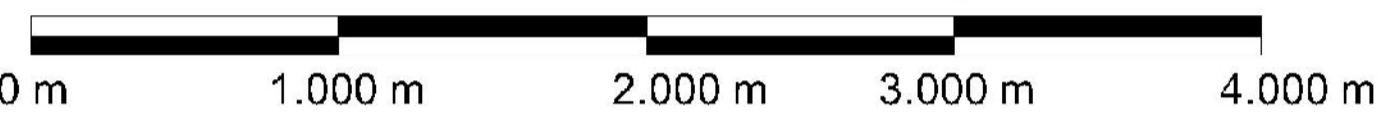
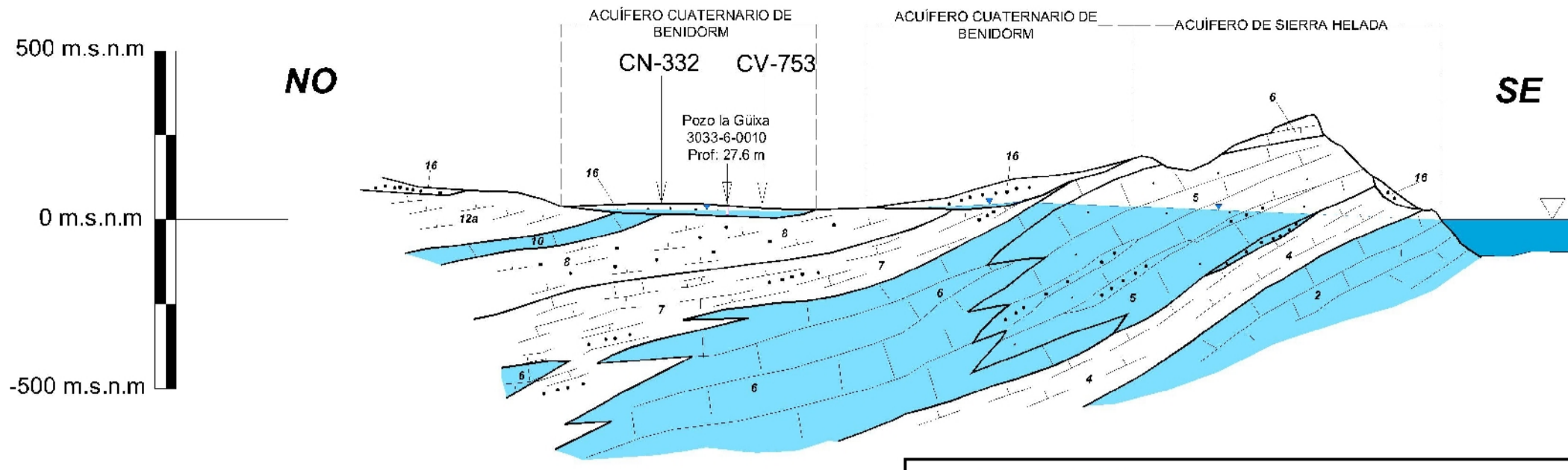
PERIODO	ETAPA	UNIDAD	PERMEABILIDAD
CUATERNARIO		Permeable 19	Permeable 18
		Permeable 17	Permeable 14
		Permeable 15	Permeable 16
TERCIARIO	NEÓGENO	FLUOCENO	Permeable 14
		MIOCENO	Permeable 15
	PALEÓGENO	13	Permeable 12a
		12b	Permeable 11
SUPERIOR	SENOBIENSE	Permeable 10	
	TURONIENSE	Permeable 9	
	CENOMANIENSE	Permeable 8	
	ALBIENSE	Permeable 6	
INFERIOR	APTIENSE	Permeable 5	
	NEOCOMIENSE	Permeable 4	
	TITHONICO	Permeable 3	
	HIMMERIDIENSE	Permeable 2	
JURÁSICO	MALM	Permeable 1	
TRIÁSICO		1	

1. Arcillas vesiculolares con yesos y dolomías
2. Calizas grises
3. Calcarenitas
4. Margas margocalizas grises con Ammonites
5. Calcarenitas y areniscas
6. Calizas arrecifales con rudistas
7. Margas, calizas y calcarenitas
8. Margas y margocalizas arenosas con erizos
9. Calizas, dolomías y brechas
10. Calizas tableadas blancas
11. Margocalizas y margas blancas y rosadas
- 12a. Margas con niveles de calcarenitas
- 12b. Calcarenitas
13. Margas y brechas
14. Areniscas y calcarenitas
15. Limos rojos, conglomerados y costras calcáreas
16. Arenas, gravas y limos rojos localmente encostados. Glacis
17. Terrazas aluviales
18. Aluvial. Depósitos fondo de valle
19. Arenas y gravas litorales

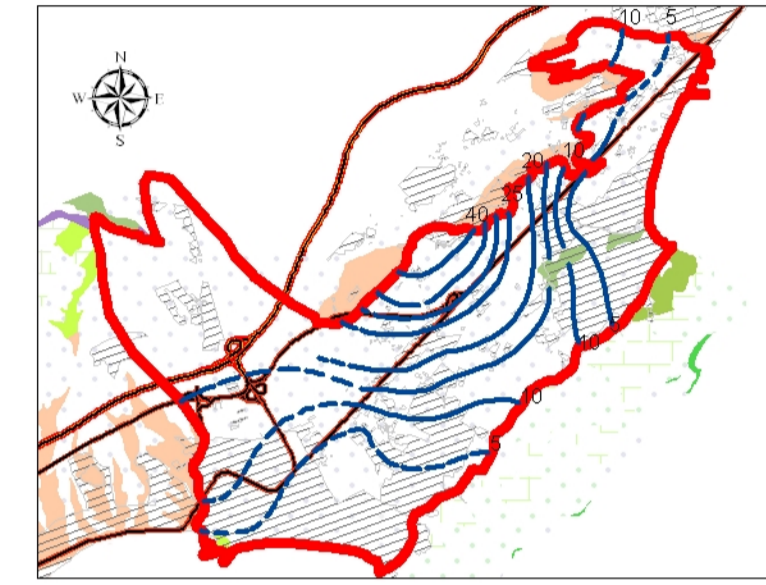
## CORTE C'-C



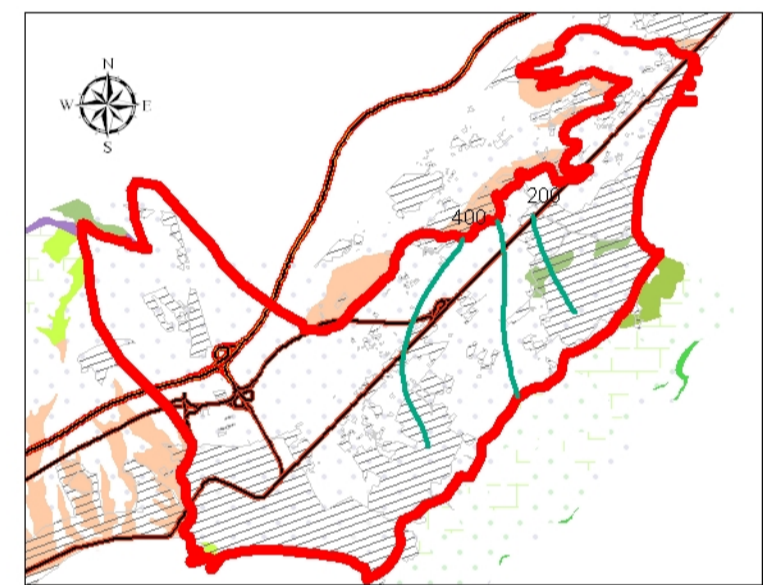
## CORTE A'-A



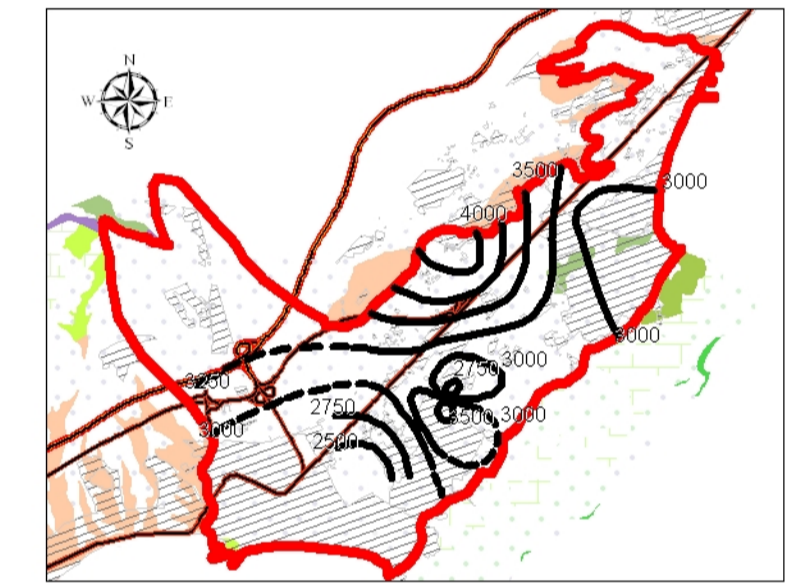
### Isopiezas Feb-Mayo 2009



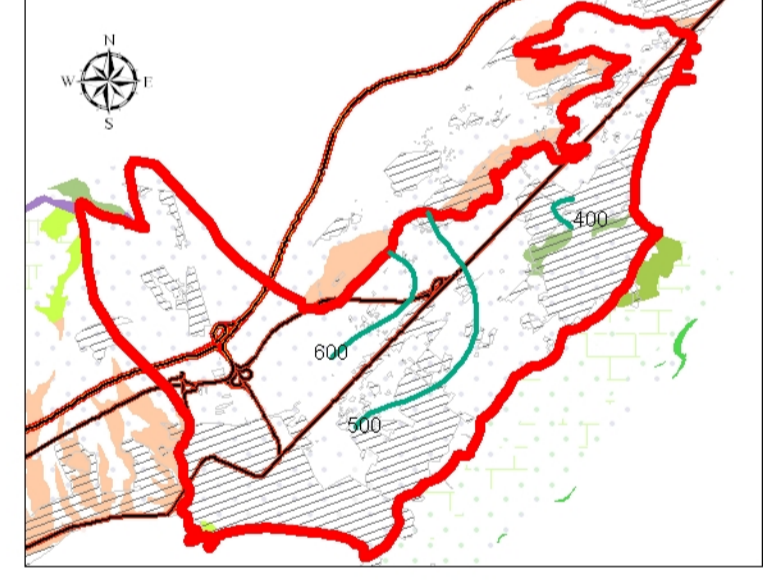
### Isocloruros Oct-Nov 2009



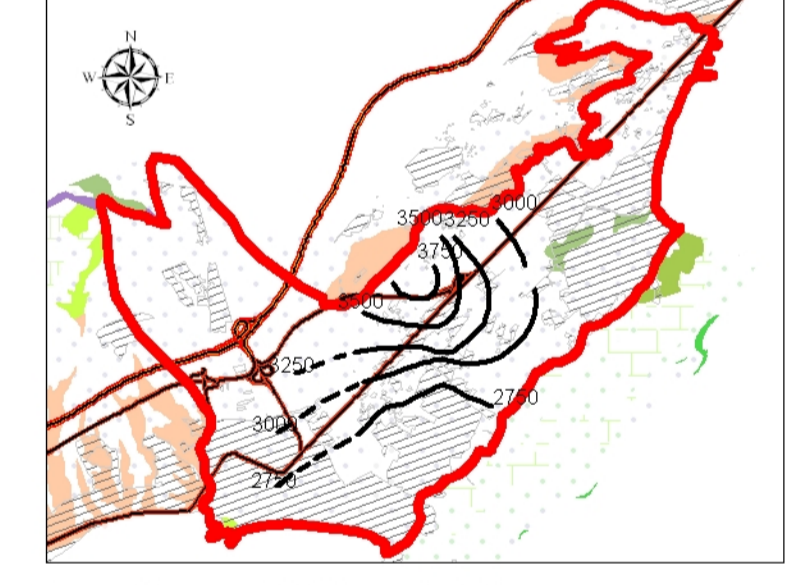
### Isoconductividades Invierno



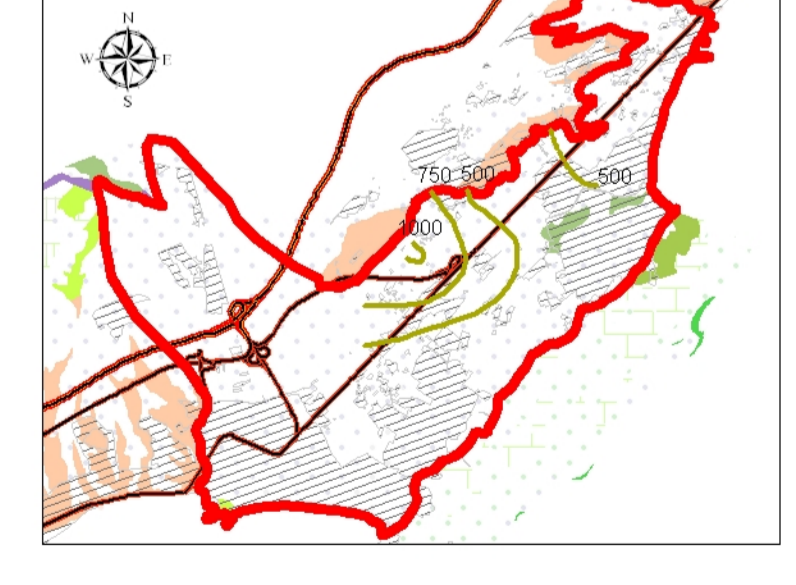
### Isocloruros Feb-Mayo 2009



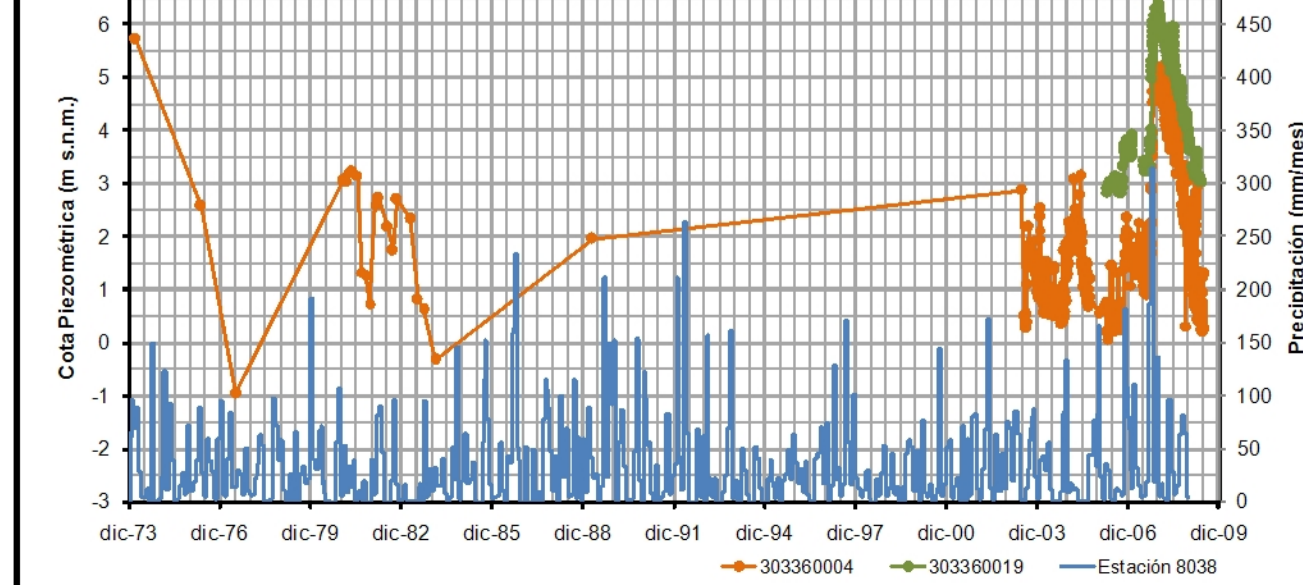
### Isoconductividades Verano



### Isosulfatos Feb-Mayo 2009



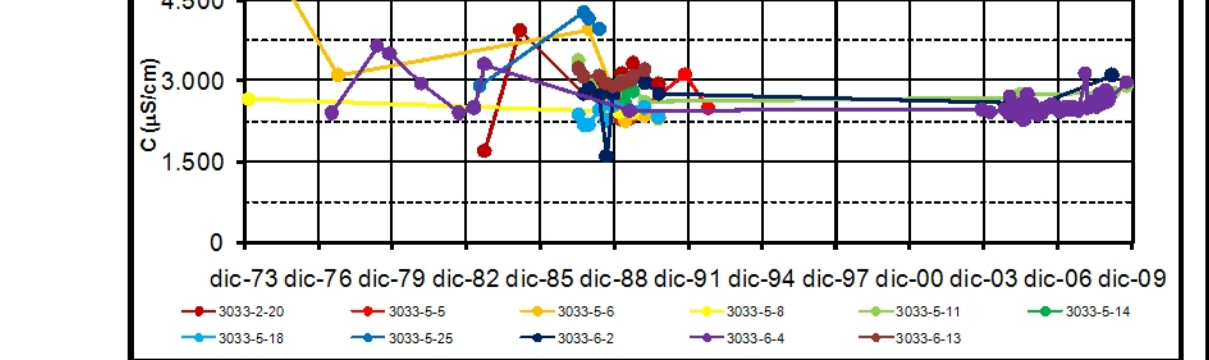
### EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA. ACUÍFERO CUATERNARIO DE BENIDORM



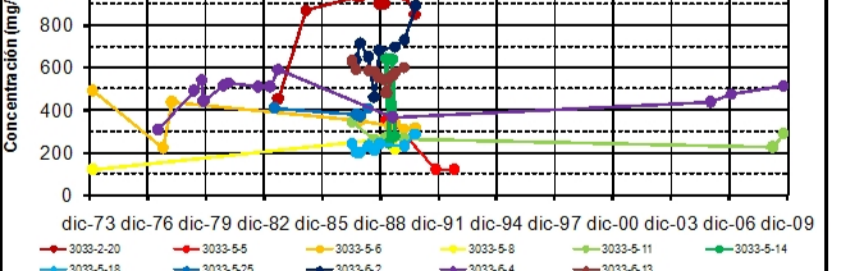
### Balance Hídrico

Entradas					Salidas					Recursos (hm³/año)	
Llu	Rr	Pa	Sub	Total	Man	Bo	Sub	Rio	Mar	Total	Utilizados
1,53	0,45	1,20	--	3,18	--	0,80	--	2,38	3,18	3,18	0,80

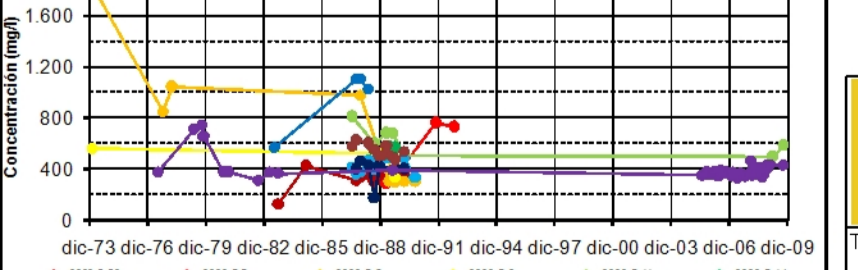
### EVOLUCIÓN CONDUCTIVIDAD. ACUÍFERO CUATERNARIO DE BENIDORM



### EVOLUCIÓN SODIUM. ACUÍFERO CUATERNARIO DE BENIDORM



### EVOLUCIÓN NITRATO. ACUÍFERO CUATERNARIO DE BENIDORM



TÍTULO DEL PROYECTO:  
CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLOGICA DE LA UNIDAD DE ORCHETA, MASAS DE AGUA SUBTERRANEA 080.072 ORCHETA Y 080.073 SAN JUAN-BENIDORM EXPEDIENTE: 1540/08

ESCALA:  
0 250 500 Metros

TÍTULO DEL PLANO:  
ACUIFERO DE BENIDORM

DIRECCIÓN DEL PROYECTO:  
BRUNO J. BALLESTEROS NAVARRO

FECHA:  
DICIEMBRE 2009

ACUIF. 7

HOJA 1 DE 1

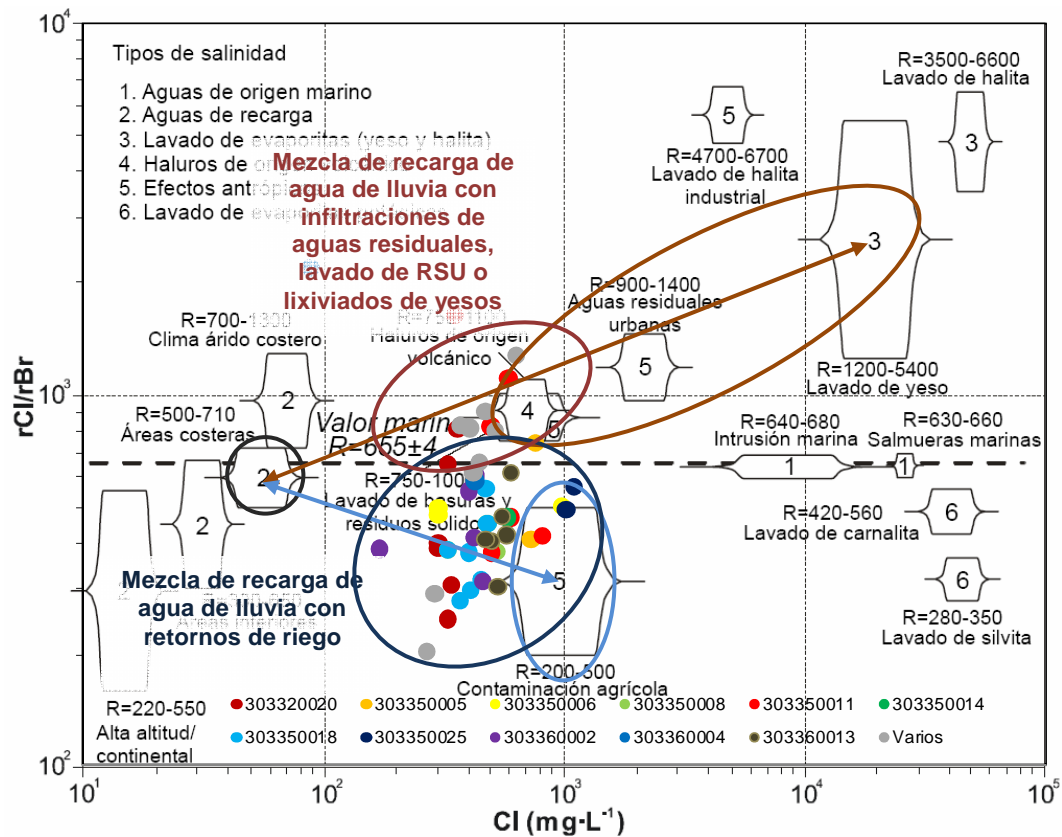


Figura nº 218.- Gráfico rCl/rBr vs Cl. Acuífero Cuaternario de Benidorm

### 11.16.7.2 ISÓTOPOS ESTABLES

En este acuífero se tomaron muestras para conocer la composición isotópica del agua en los puntos que aparecen en la Tabla nº 130. Los resultados obtenidos no permiten estimar la cota media del área de recarga debido al enriquecimiento previo de las aguas infiltradas o mezcla de agua de otros orígenes. En los puntos 3033-6-64 y 3033-6-4, se interpreta una posible mezcla de agua de mar.

Las muestras de los puntos 3033-6-62 y 3033-6-66 se alejan de la línea meteórica, toman valores en exceso de deuterio que superan el 25‰, y se encuentran muy próximos a la línea de costa. Estos valores se pueden correlacionar con la infiltración de agua de lluvia procedente mayoritariamente del Mediterráneo y/o precipitaciones intensas y de corta duración, escasa humedad atmosférica y evaporación rápida.

Tabla nº 130.- Puntos de muestreo isotópico. Acuífero Cuaternario de Benidorm

Punto	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Fecha toma	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	d (‰)
3033-5-0011	Camping Armanello	Pozo	40,0	19/10/2009	-9,83	-24,08	-5,18	17,32

Punto	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Fecha toma	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	d (‰)
3033-5-0050	Camping Villasol	Pozo-galería	25,0	19/10/2009	-10,29	-24,88	-5,51	19,22
3033-6-0004	La Angelita	Pozo-galería	16,0	23/11/2009	-10,17	-33,70	-5,78	12,50
3033-6-0054	Residencia Sr. Marandí	Sondeo	10,0	20/10/2009	-11,26	-33,89	-6,04	14,39
3033-6-0062	C.C. Albir	Pozo	20,0	20/10/2009	-11,18	-23,42	-7,36	35,46
3033-6-0064	Camping Benidorm	Pozo	23,0	19/10/2009	-9,85	-30,21	-5,06	10,23
3033-6-0066	Camping Villamar	Sondeo	60,0	19/10/2009	-9,55	-20,43	-5,74	25,51

El resto de muestras se acercan a la línea meteórica y toman valores de exceso de deuterio comprendidos entre 13,5 y 22,0‰, es decir, el agua de lluvia que se infiltra en los acuíferos tiene origen mediterráneo y, en menor proporción, atlántico.

En cuanto a los resultados de  $\delta^{13}\text{C}$  hay que decir que están comprendidos entre -11,72 y -8,86‰.

## 11.17 ACUÍFERO DE SIERRA HELADA

### 11.17.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS GENERALES

Tanto en la publicación realizada por el IGME en 1986 (Las Aguas Subterráneas en la Comunidad Valenciana-Usos, Calidad y Perspectivas de Utilización) como en el estudio que efectúa en 1990 (Estudio de la Intrusión Marina en Acuíferos Costeros de Murcia y Alicante) se describe de forma muy somera el acuífero de Sierra Helada. En este último, se explica la desconexión hidráulica con el acuífero Cuaternario de Benidorm por la existencia de niveles impermeables de base del relleno detrítico, constituidos por limos y arcillas, y/o las margas y margocalizas que aparecen en el techo del Cretácico aflorantes en la ladera de la sierra (ver Figura nº 219). También los análisis químicos que se efectuaron en los sondeos de Sierra Helada pusieron de manifiesto diferencias del quimismo entre estas aguas y las de la llanura, encontrándose mucho más salinizadas las primeras, con una facies muy similar a la del mar. Por otro lado, la existencia de una cota piezométrica positiva en el macizo de Sierra Helada, suponiendo cierta la hipótesis anterior, implicaría que en esta zona el flujo del agua subterránea sería hacia el mar (gradiente entre el 10 y el 20‰), realizándose la descarga a través de surgencias localizadas entre la Punta de la Escaleta y la Punta de Pinet.

En 2005 la DPA realiza el “Estudio de la Viabilidad de Utilización de Acuíferos Costeros Provinciales para Abastecimiento y en Usos Urbanos Directos No Restringidos”, incluyendo el acuífero Calizo de Sierra Helada (ver Figura nº 209). En 2007 publica la síntesis, asignando a este acuífero una superficie de 7,44 km<sup>2</sup> y unos recursos de 0,6 hm<sup>3</sup>/año, que se drenan al mar.

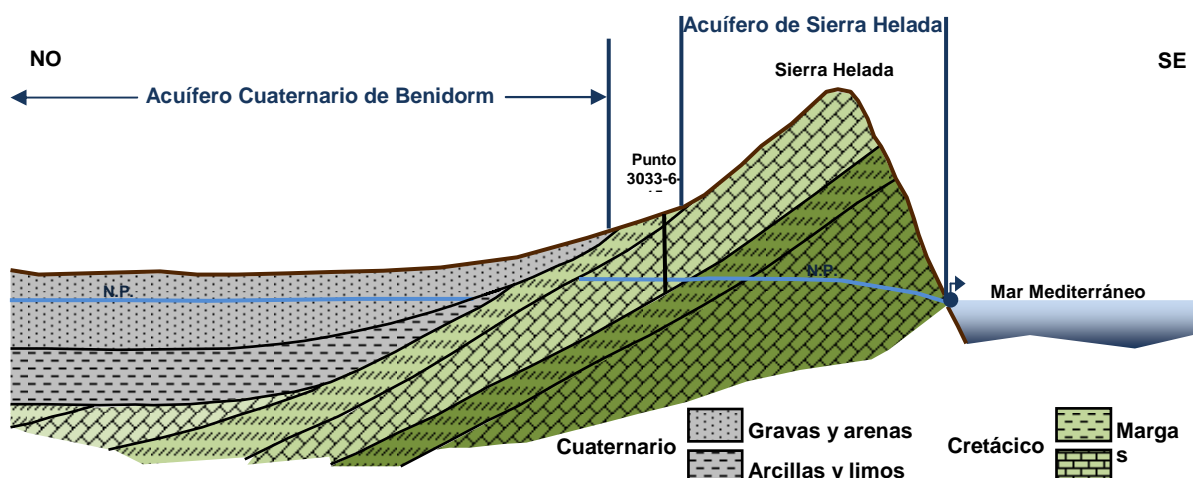


Figura nº 219.- Esquema hidrogeológico de los acuíferos de Sierra Helada y Benidorm-Altea (IGME, 1990)

Por último, en el Mapa del Agua de la Provincia de Alicante (DPA, 2007) se estiman unos recursos de 0,70 hm<sup>3</sup>/año, de los que 0,30 hm<sup>3</sup>/año se bombean, 0,21 hm<sup>3</sup>/año se drenan al mar y 0,19 hm<sup>3</sup>/año se transfieren al acuífero Cuaternario de Benidorm.

Tabla nº 131.- Usos del suelo. Acuífero de Sierra Helada

Usos del suelo	Superficie (km <sup>2</sup> )
Agua	0,03
Bosque	2,43
Sin vegetación	0,47
Improductivo	0,04
Matorral	3,20
Urbano	
Alfaz del Pi	0,01
Benidorm	0,11
Zonas verdes urbanas (Benidorm)	0,09

El acuífero de Sierra Helada se extiende por parte de la zona costera de los municipios de la Marina Baixa de L'Alfàs del Pi (2,89 km<sup>2</sup>) y Benidorm (5,05 km<sup>2</sup>), ocupando una superficie de 7,94 km<sup>2</sup> y constituyendo un gran relieve que se alza sobre la planas de Benidorm, L'Alfàs del Pi y Altea, que da lugar, en su frente litoral, a acantilados de más de 400 m. La superficie permeable es de 6,38 km<sup>2</sup> y está cubierta de bosque y matorral (ver Tabla nº 131).

En 2005 prácticamente toda su superficie fue declarada Parque Natural junto con los islotes el Illot de la Mitjana, el Illot de Benidorm y los Illots de l'Olla y la Galera (ver Figura nº 220).

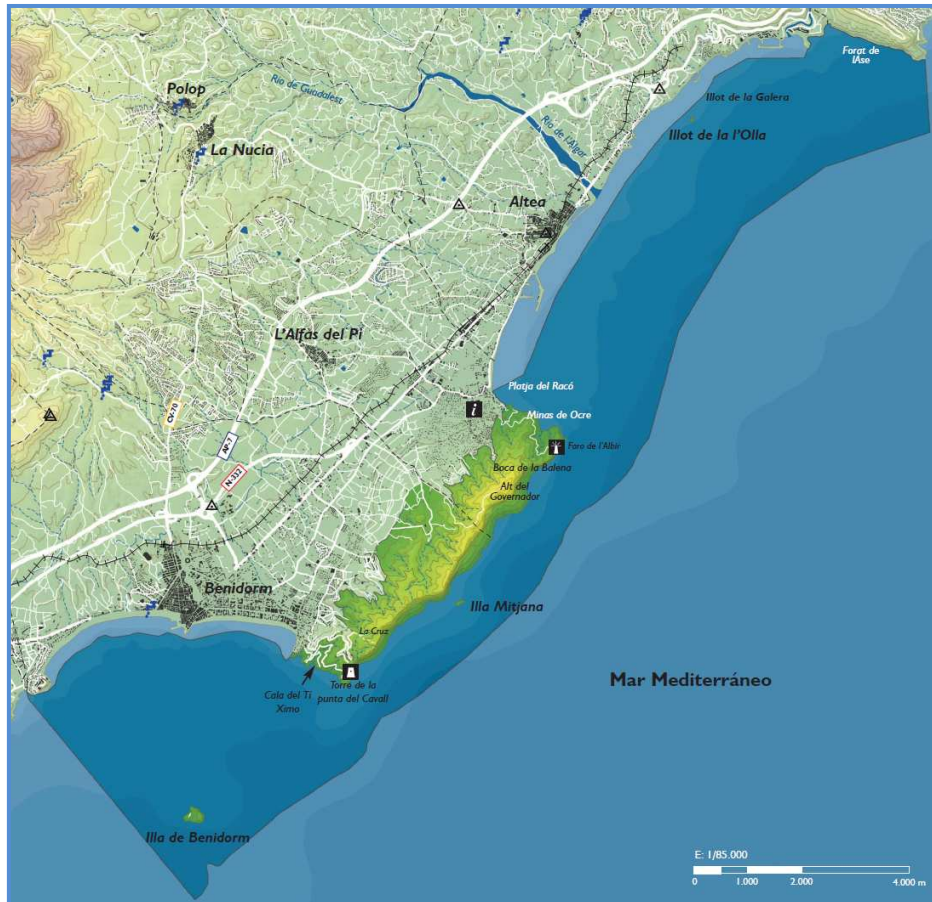


Figura nº 220.- Delimitación de Parque Natural de Sierra Helada (Consellería de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge de la Generalitat Valenciana, 2005)

### 11.17.2 LITOTOGÍA Y GEOMETRÍA

El acuífero presenta una estructura monoclinal de dirección N50E, buzante unos 30° hacia el norte, que tiene continuidad bajo los depósitos cuaternarios y pliocuaternarios de la llanura de Benidorm y L'Albir.

Está formado por 235 m de calcarenitas y calizas del Aptiense superior (4,56 km<sup>2</sup>) y 48 m de calizas arrecifales con rudistas del Aptiense superior-Albiense inferior (1,85 km<sup>2</sup>). La base impermeable del acuífero la constituyen las margas con ammonites del Berriasiense-Aptiense inferior, mientras que el techo viene dado por las calizas y margas del Albiense inferior.

Tabla nº 132.- Afloramientos de las formaciones geológicas. Acuífero de Sierra Helada

Formación	Edad	S (km <sup>2</sup> )
Margas margocalizas grises con Ammonites	Neocomiense-Aptiense	0,08

Formación	Edad	S (km <sup>2</sup> )
Calcarenitas y areniscas		4,56
Calizas arrecifales con rudistas	Albiense	1,85
Margas, calizas y calcarenitas		0,36
Arenas, gravas y limos rojos localmente encostrados. Glacis	Plioceno-Pliocuaternario	1,14

En los bordes norte y sur las formaciones permeables del acuífero entran en contacto directo con el mar, por lo que son límites abiertos. El borde oriental también está en contacto con el mar, aunque en la mayor parte del mismo aflora la base del acuífero. El límite septentrional coincide, al menos en su tramo oriental, con los afloramientos del techo del acuífero. La zona occidental de este borde coincide con las formaciones cuaternarias y pliocuaternarias que definen el acuífero Cuaternario de Benidorm, por lo que es posible que exista transferencia subterránea hacia la llanura.

### 11.17.3 PIEZOMETRÍA Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO

Sólo se cuenta con la evolución de niveles de un pozo que bombea agua salina con unos 20.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de CE (punto 3033-5-53), pero situado muy próximo a la línea de costa, por lo que posiblemente no es representativo (ver Figura nº 221).

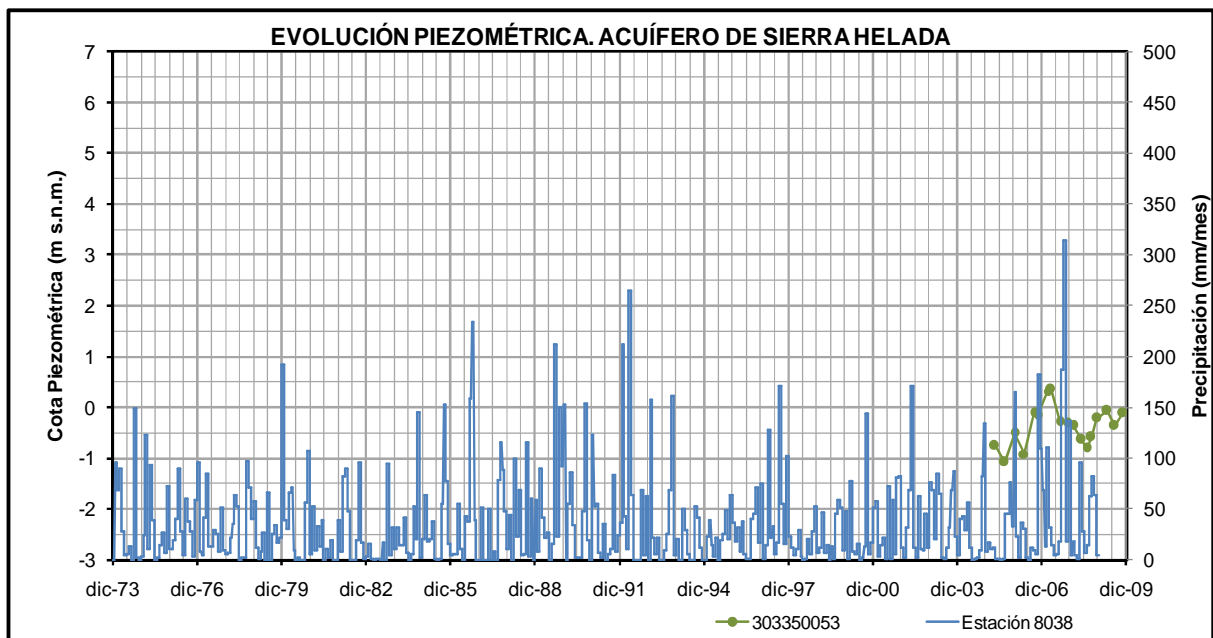


Figura nº 221.- Evolución de niveles de pozo playero. Acuífero de Sierra Helada



La alimentación se produce por la infiltración de lluvia útil, mientras que las salidas se deben a los bombeos que se realizan en las escasas captaciones existentes y por el drenaje natural al mar, aunque no se descarta transferencia lateral al acuífero Cuaternario de Benidorm (0,19 hm<sup>3</sup>/año según el Mapa del Agua de la Provincia de Alicante, DPA-2007).

De acuerdo con la cartografía geológica y la topografía de la zona se considera que debe existir una divisoria de aguas, posiblemente coincidente con la de aguas superficiales que se puede trazar en la vertiente noroccidental de Sierra Helada, que favorece dos sentidos de flujos diferentes. El primero hacia el borde norte del acuífero y el segundo hacia su borde sur.

#### 11.17.4 BALANCE HÍDRICO

La estimación de la infiltración de agua de lluvia se ha calculado a partir de los resultados obtenidos del balance hídrico diario realizado en el periodo 1980-1999 con los registros de precipitación de la estación meteorológica 8038 y de temperatura de la 8035.

Tabla nº 133.- Estimación de la infiltración del agua de lluvia. Acuífero de Sierra Helada

P (mm/año)	ETR (mm/año)	RAU (mm)	P <sub>o</sub> (mm)	Lluvia Útil (mm/año)			% Infil./P	S (km <sup>2</sup> )	Entradas (hm <sup>3</sup> /año)
				Infil.	Escorr.	Total			
429,0	195,0	15	25	168,1	65,5	233,6	39,1	6,38	1,08

Aplicando la infiltración de lluvia útil sobre la superficie de afloramientos permeables no urbanizados que constituyen el acuífero (calcarenitas y areniscas y calizas arrecifales con rudistas del Albiense) se estiman unos recursos de 1,08 hm<sup>3</sup>/año, frente a los 0,6 hm<sup>3</sup>/año que se indican en el Mapa del Agua de la Provincia de Alicante, DPA-2007.

Actualmente los bombeos se destinan a usos sin restricciones sanitarias del abastecimiento de Benidorm, concretamente para los lavapiés de la playa de Levante (3033-5-53) y para el Parque Acuático de Aqualandia de Benidorm (3033-6-14 y 15).

Tabla nº 134.- Inventario de puntos de agua de Sierra Helada

Código	X UTM	Y UTM	Cota	Prof (m)	Q (l/s)	V (m <sup>3</sup> /año)	Uso
303350053	752.227	4.269.123	2	42,0	5,0	77.400	Lavapiés (agua de mar)
303350054	752.227	4.269.123	2	42,0	-	-	Reserva
303360014	753.206	4.270.214	59	90,0	15,0	77.760	Zonas verdes y recreativas
303360015	753.134	4.270.157	59	90,0	5,0	25.920	Zonas verdes y recreativas

Sin embargo, las extracciones de esos pozos (100.000 m<sup>3</sup> en 1989 y 180.000 m<sup>3</sup> en 2009 si se mantiene el régimen de explotación de los sondeos del parque acuático de Benidorm) corresponden a agua de mar, por lo que a efectos del balance del acuífero no se deberían tener en cuenta y, en consecuencia, todas las entradas debidas a la infiltración de agua de lluvia se drenan al mar y/o, al menos en parte, se transfieren al acuífero Cuaternario de Benidorm.

### 11.17.5 POSIBILIDADES DE CAPTACIÓN Y USO DEL ACUÍFERO

En la Síntesis del Estudio de la Viabilidad del Aprovechamiento de Acuíferos Costeros Provinciales en Usos Urbanos, publicado por la DPA en 2007, se definen las áreas más favorables tanto para la captación de agua de mar para su desalación como para la inyección de salmueras y vertidos de E.D.A.R.

Para la captación de agua de mar las zonas más favorables se localizarían en la vertiente septentrional de la Sierra, próximas a la costa, con el fin de poder evacuar las salmueras utilizando y compartiendo, al menos, parte del trazado de la conducción que se realice entre el pozo y la planta de tratamiento.

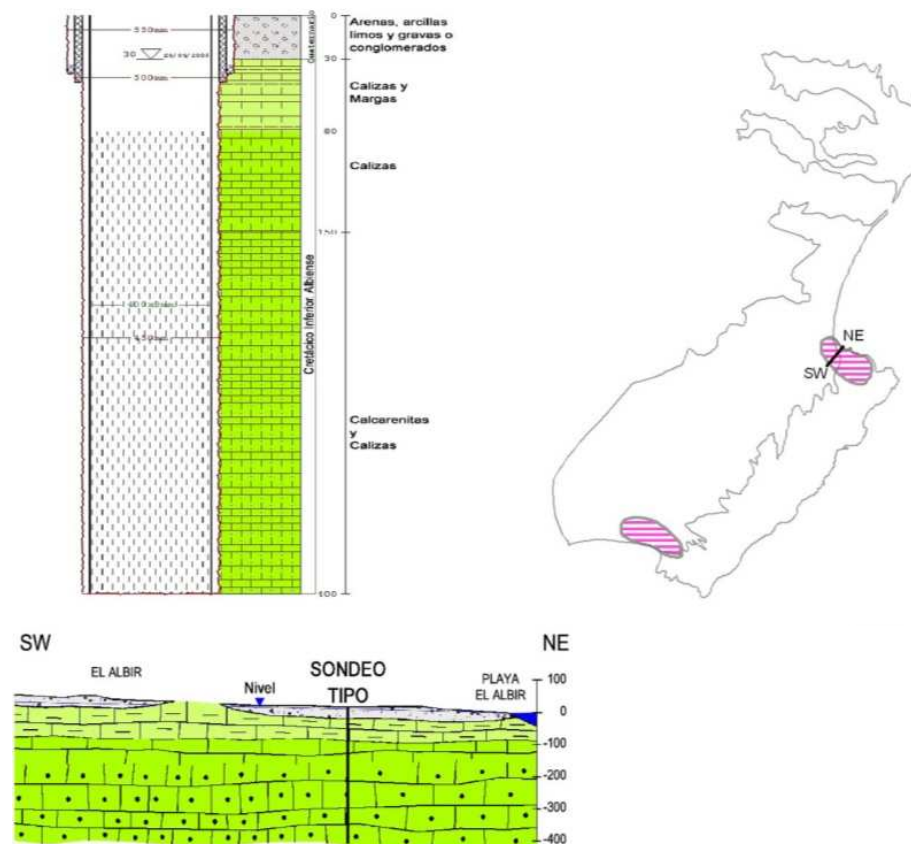


Figura nº 222.- Esquema constructivo del sondeo tipo para captación de agua de mar a través del acuífero de Sierra Helada (Fuente: DPA, 2007)

Otras actuaciones menos viables consistirían en ubicar los emplazamientos de los sondeos de captación de agua de mar en cotas elevadas y/o en la zona central de esa vertiente, si bien se debería de evaluar la accesibilidad, la distancia a los depósitos y cota de éstos, distancia del canal del Algar y las opciones de evacuación de salmuera directamente al mar, conjuntamente con el efluente de la E.D.A.R. o en el acuífero Jurásico.

La captación tipo de agua de mar podría tener las siguientes características (ver Figura nº 222):

- Tipo: Sondeo con profundidad de 100-400 m (según zonas permeables) y 400 mm de diámetro de entubación.
- Columna litológica: de 0 a 20-30 m: arenas, arcillas, limos y gravas o conglomerados del Cuaternario; de 0-30 a 50-80 m: alternancia de calizas y margas del Albiense (Cretácico Inferior); de 0-80 a 100-150 m: calizas con Rudistas del Albiense (Cretácico Inferior); de 0-150 a 200-400 m: calcarenitas y calizas del Albiense (Cretácico Inferior).
- Acondicionamiento: Cementación de los tramos superiores, en caso de emboquille en el Cuaternario, y acidificación en el caso de no obtener los caudales esperados.
- Caudal esperado y profundidad del agua: 50-100 l/s con nivel estático a 10-30 m
- Salinidad total del agua captada: 35.000-55.000 mg/l.

Por otro lado, las calizas del Jurásico superior, que afloran en los acantilados de Sierra Helada y deben encontrarse bajo el Cretácico de la llanura Benidorm, pueden ser una alternativa viable para la inyección de salmueras o excedentes de EDAR, ya que, siempre y cuando la captación de inyección se acondicione adecuadamente, la operación no afectaría a la calidad de posibles caudales obtenidos del Cretácico para desalación, ni a los que se bombean o se puedan extraer de los acuíferos cuaternarios,.

La zona más favorable para la inyección de salmueras o excedentes de EDAR se encuentra en las proximidades de las zonas de mayor demanda de agua, en concreto en la zona oriental de la llanura de Benidorm y en la ladera occidental de Sierra Helada, donde es de esperar que las calizas del Jurásico aparezcan a unos 600-850 m de profundidad.

Las características de la captación tipo para la inyección en el Jurásico de salmueras o excedentes de EDAR serían las siguientes (ver Figura nº 223):

- Tipo: Sondeo 600-850 m de profundidad (según zonas permeables) y 400 mm de diámetro de entubación.
- Columna litológica: de 0 a 20-30 m: arenas, arcillas, limos y gravas o conglomerados del Cuaternario; de 20-30 m a 30-200 m: calizas y margas del Albiense (Cretácico Inferior); de 0-200 a 30-250 m: calizas con Rudistas del Albiense (Cretácico Inferior); de 30-250 a 300-520 m: calcarenitas y calizas del Albiense (Cretácico Inferior); de 300-520 a 450-670 m: margas con Ammonites del Aptiense (Cretácico Inferior); de

450-670 m a 650-870 m: calizas micríticas grises del Portlandiense (Jurásico Superior).

- Acondicionamiento: Cementación de tramos superiores, hasta el techo del acuífero Jurásico para evitar la afección del resto de acuíferos, y acidificación en el caso de que los caudales de admisión no sean los esperados
- Caudal esperado y profundidad del agua: 50-100 l/s con nivel estático a 10-80 m.
- Salinidad del Agua de la formación: 35-45 g/l.

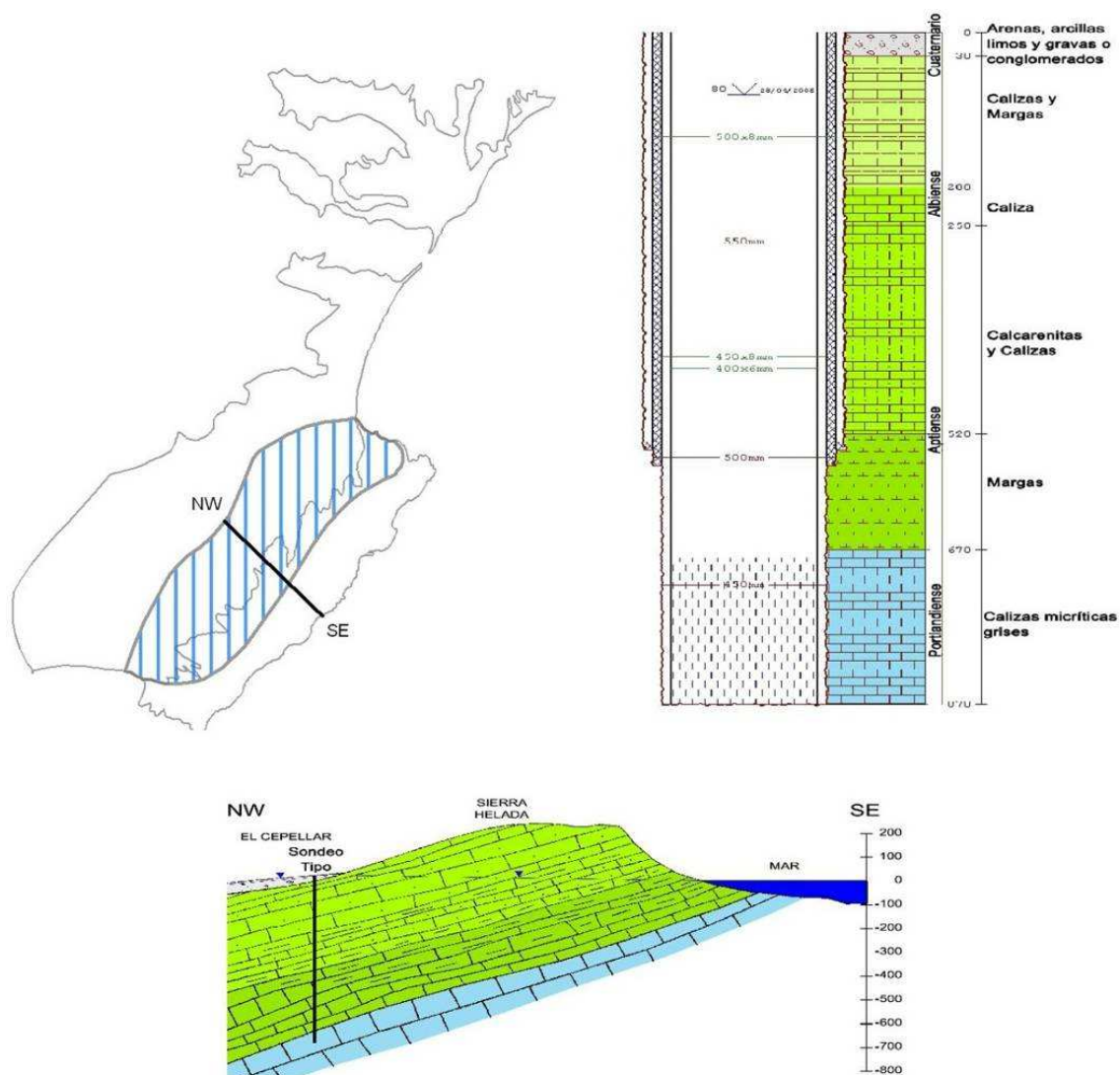


Figura nº 223.- Esquema constructivo del sondeo tipo para inyección de salmueras o excedentes de EDAR en el Jurásico de Sierra Helada (DPA, 2007)

### 11.17.6 HIDROQUÍMICA

Los datos hidroquímicos muestran que la facies de las aguas captadas por los pozos del acuífero es clorurada sódica (ver Figura nº 224) y las salinidades son elevadas (15.000-50.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Esto se debe a que se presenta el típico esquema de intrusión marina en forma de domos, provocado por una intensa explotación puntual que genera niveles dinámicos inferiores a la cota del nivel del mar (pozos 3033-6-14 y 15 en 1989, con cotas de fondo a -31 m s.n.m. y niveles piezométricos a 15,0 y 20,5 m s.n.m.).

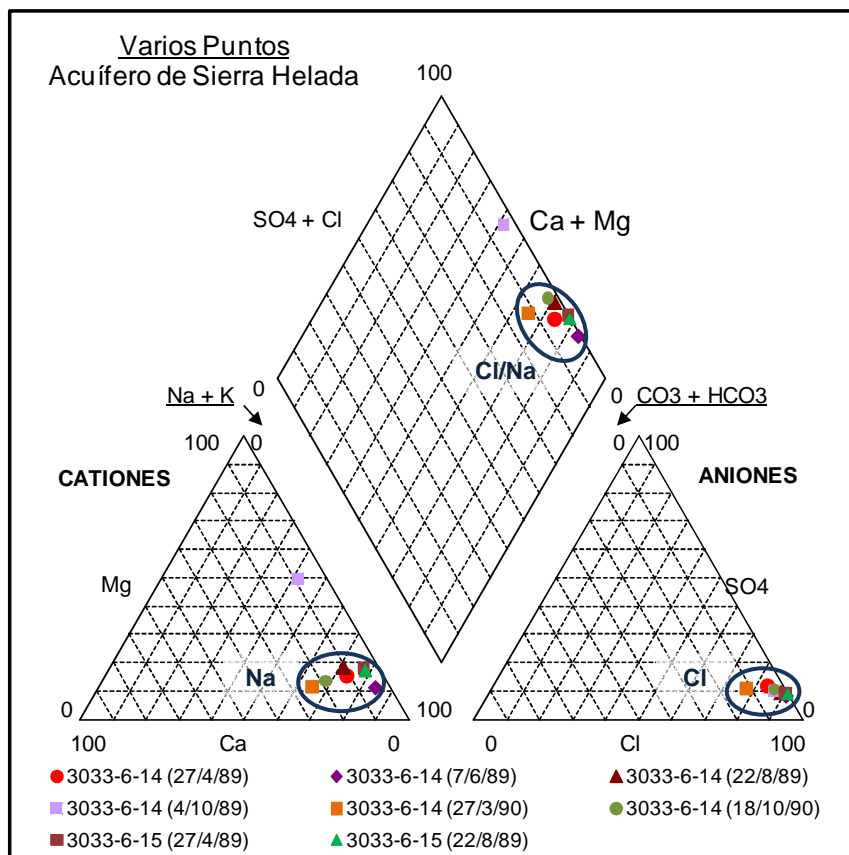


Figura nº 224.- Diagramas de Piper. Acuífero de Sierra Helada

Estas aguas no son aptas ni para consumo humano ni para su aprovechamiento en usos agrícolas.

Tabla nº 135.- Analíticas realizadas en acuífero de Sierra Helada

Punto	Fecha	Ca (mg/l)	Cl (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	C ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	pH	RS (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	T (°C)
3033-5-53	12-11-09				25.700								

Punto	Fecha	Ca (mg/l)	Cl (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	C (μS/cm)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	pH	RS (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	T (°C)
3033-6-14	27-04-89	235	3.196	323	9.700	51,0	196	1.808	24	7,7		611	
3033-6-14	07-06-89	460	17.000	220	38.700	400,0	660	9.500	10	7,0	30.240	2.100	33,0
3033-6-14	22-08-89	408	6.380	228	17.870	101,0	422	3.125	17	8,2		910	
3033-6-14	04-10-89	290	4.500	360	13.850	105,0	935	1.500	60	7,1	8.250	680	23,0
3033-6-14	27-03-90	350	1.550	400	5.220	40,0	100	1.130	130	7,1	3.465	280	
3033-6-14	18-10-90	250	2.250	160	7.420	40,0	115	1.080	25		4.220	380	24,0
3033-6-15	27-04-89	548	18.105	177	39.000	303,0	1.130	9.470	0	8,3		2.330	
3033-6-15	22-08-89	536	19.550	73	47.400	379,0	1.172	10.294	0	8,0		2.630	

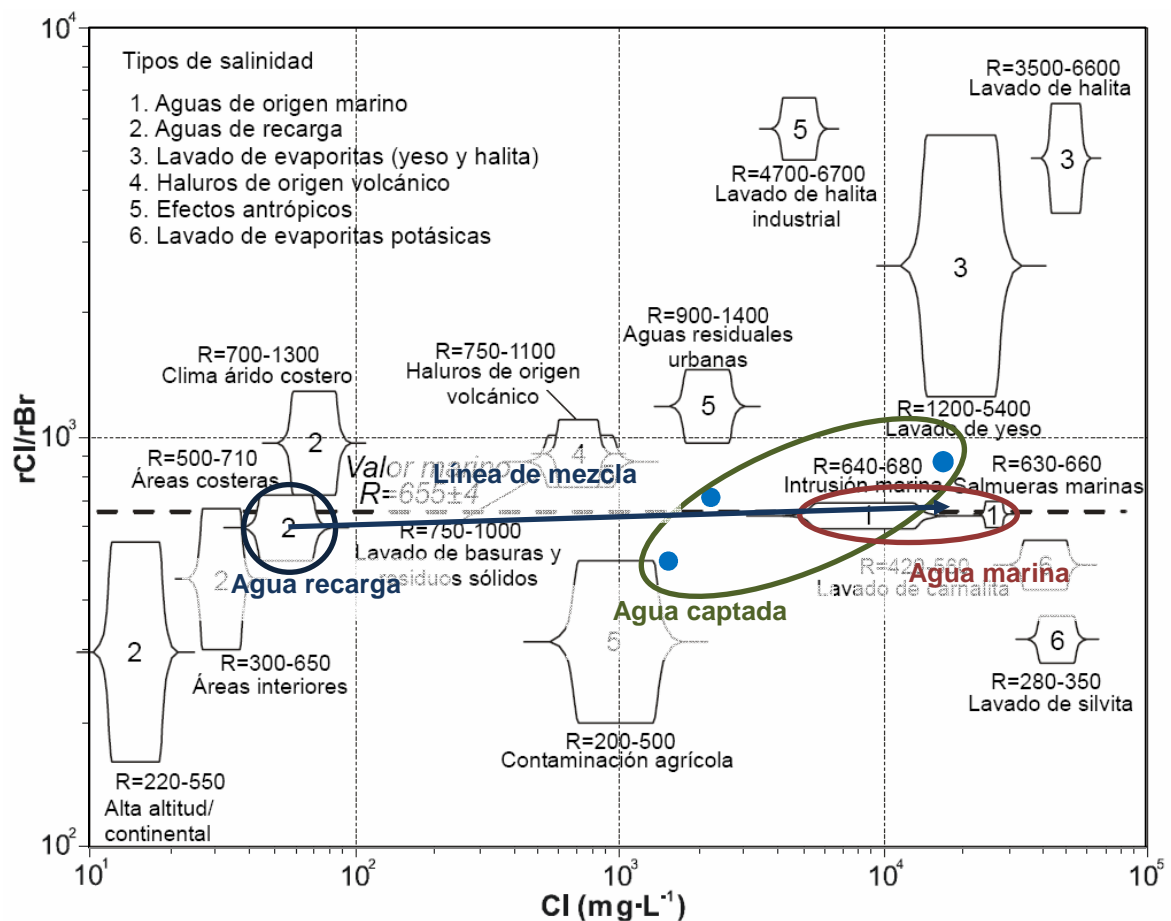
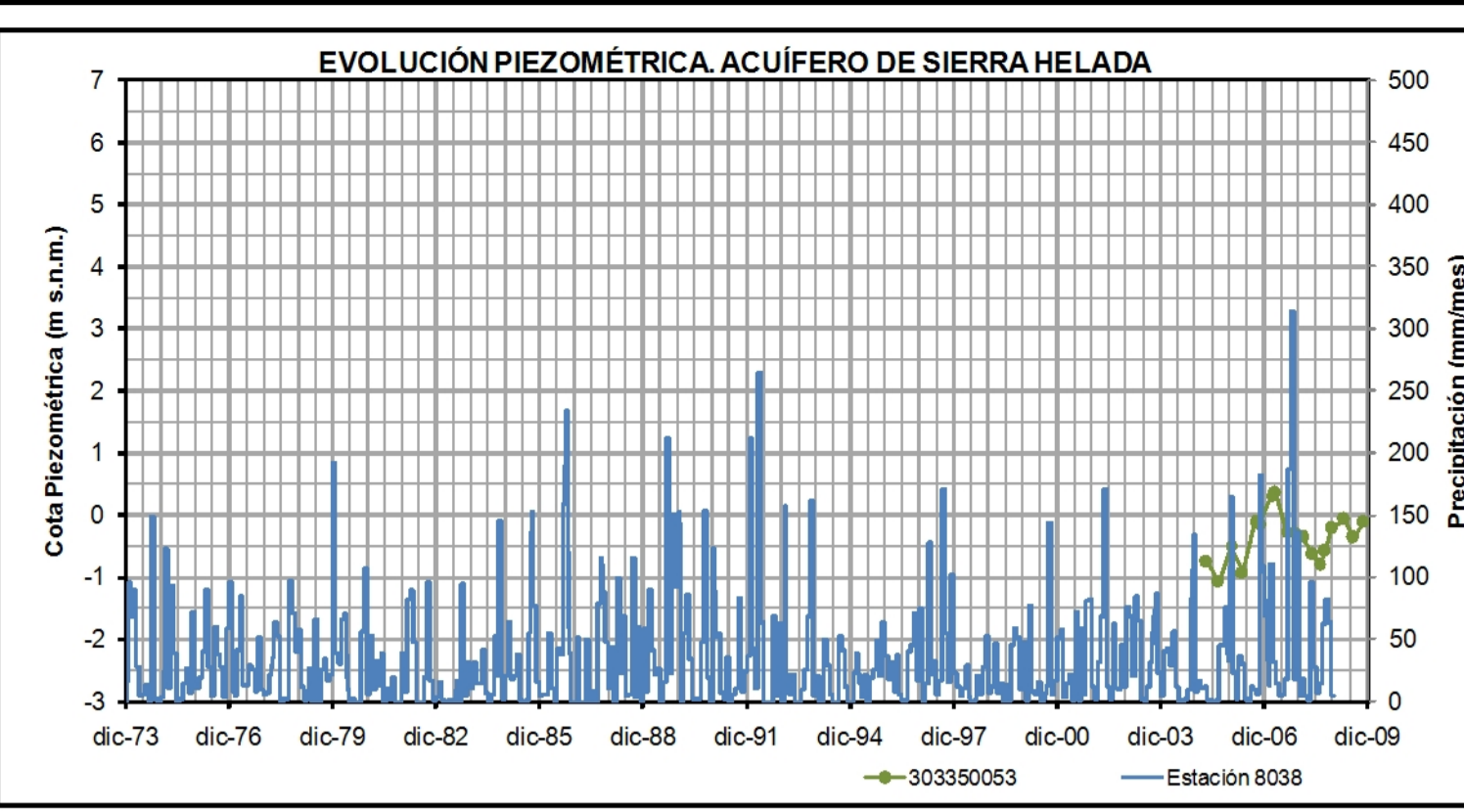
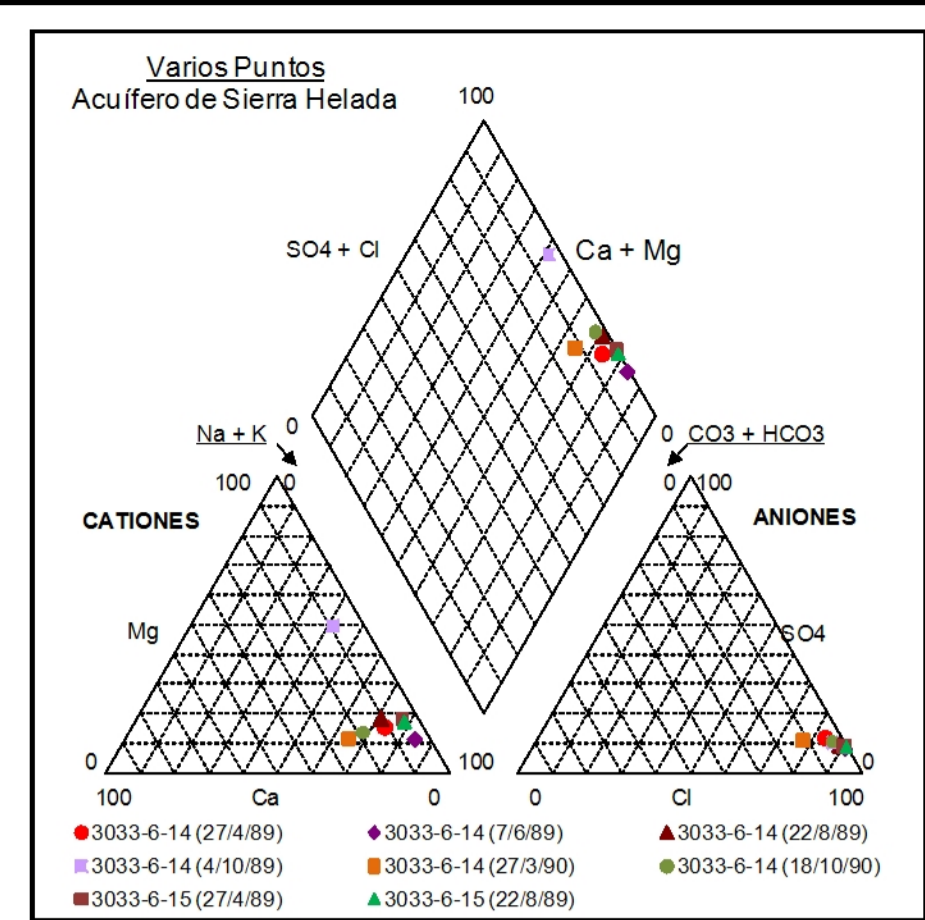
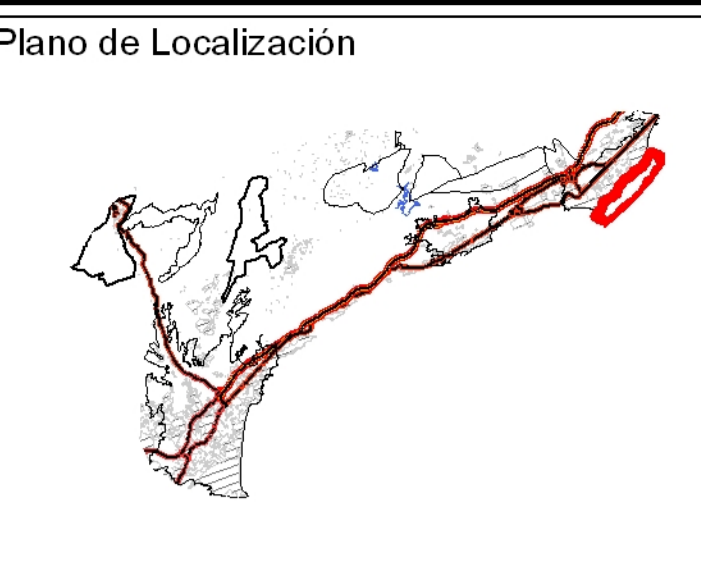


Figura nº 225.- Gráfico rCl/rBr vs. Cl. Acuífero de Sierra Helada

De acuerdo con la relación Cl y ratio rCl/rBr, el origen de la salinidad del agua captada por los pozos de AQUALANDIA se debe a la mezcla de agua marina y agua de recarga (ver Figura nº 225).

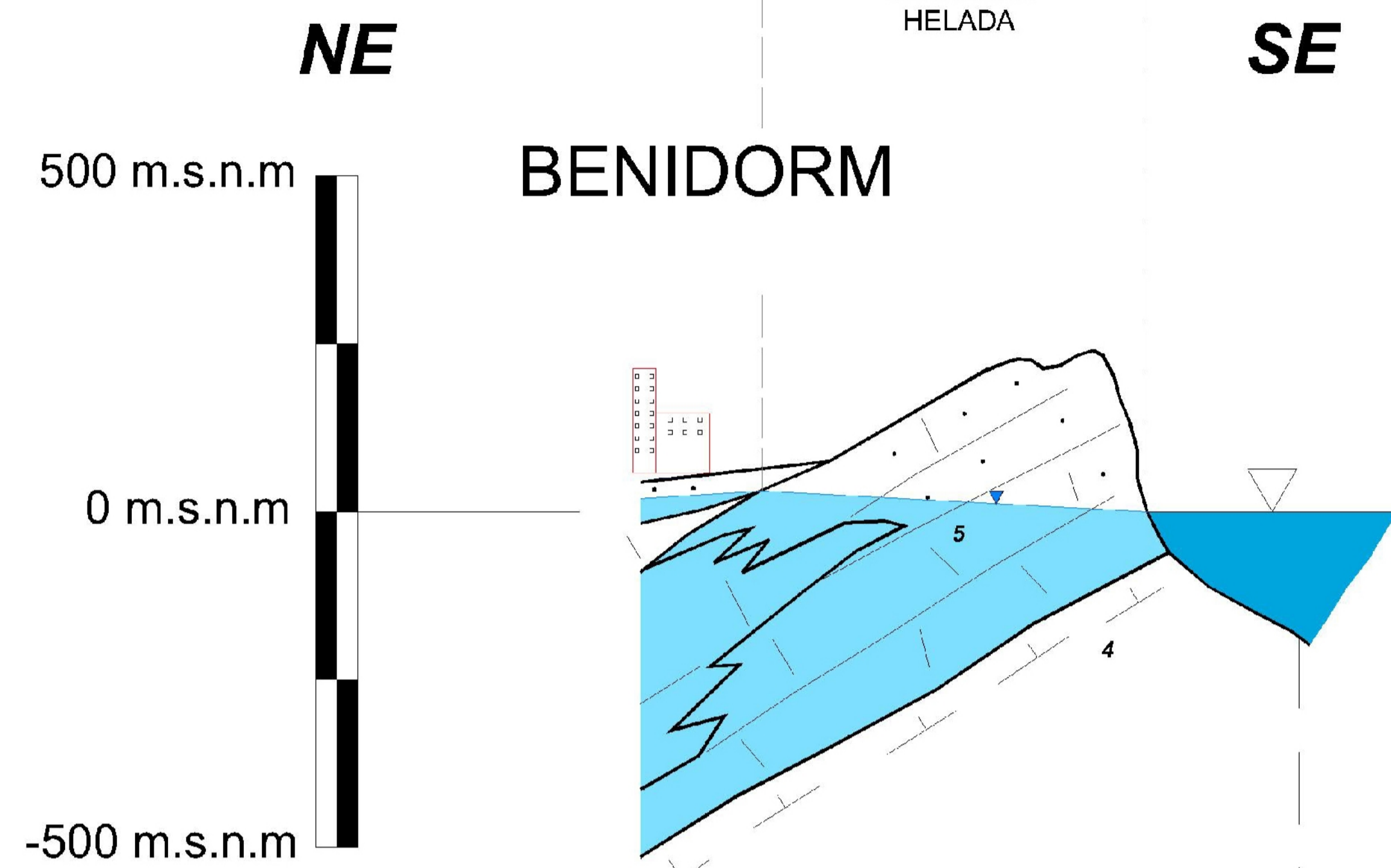


Balace Hidrico

Entradas					Salidas					Recursos (hm <sup>3</sup> /año)		
Llu	Rr	Pa	Sub	Total	Man	Bo	Sub	Río	Mar	Total	Total	Utilizados
1,08	--	--	--	1,08	--	0,18	--	--	0,90	1,08	1,08	0,10-0,18

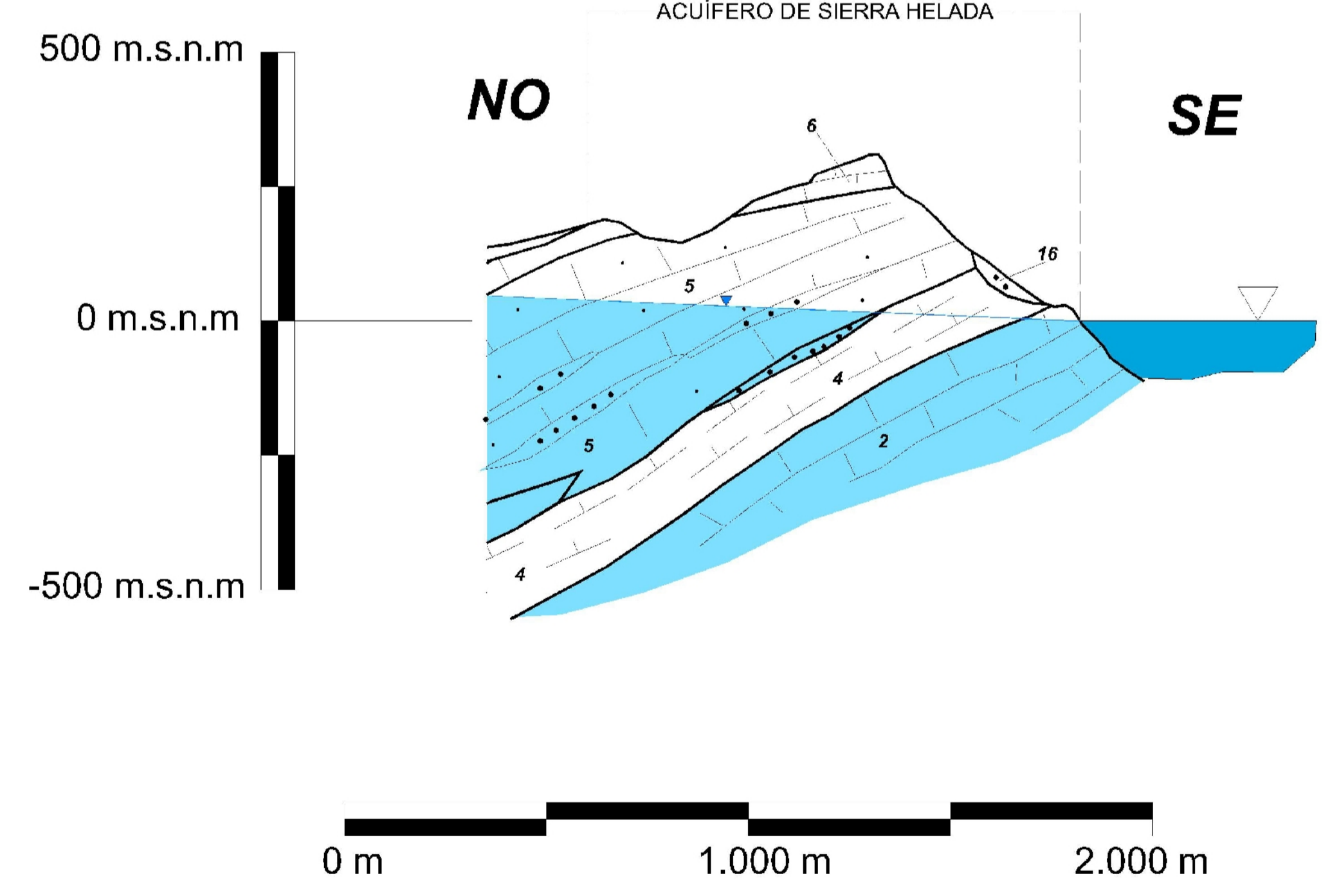
# CORTE C2'-C2

SIERRA HELADA

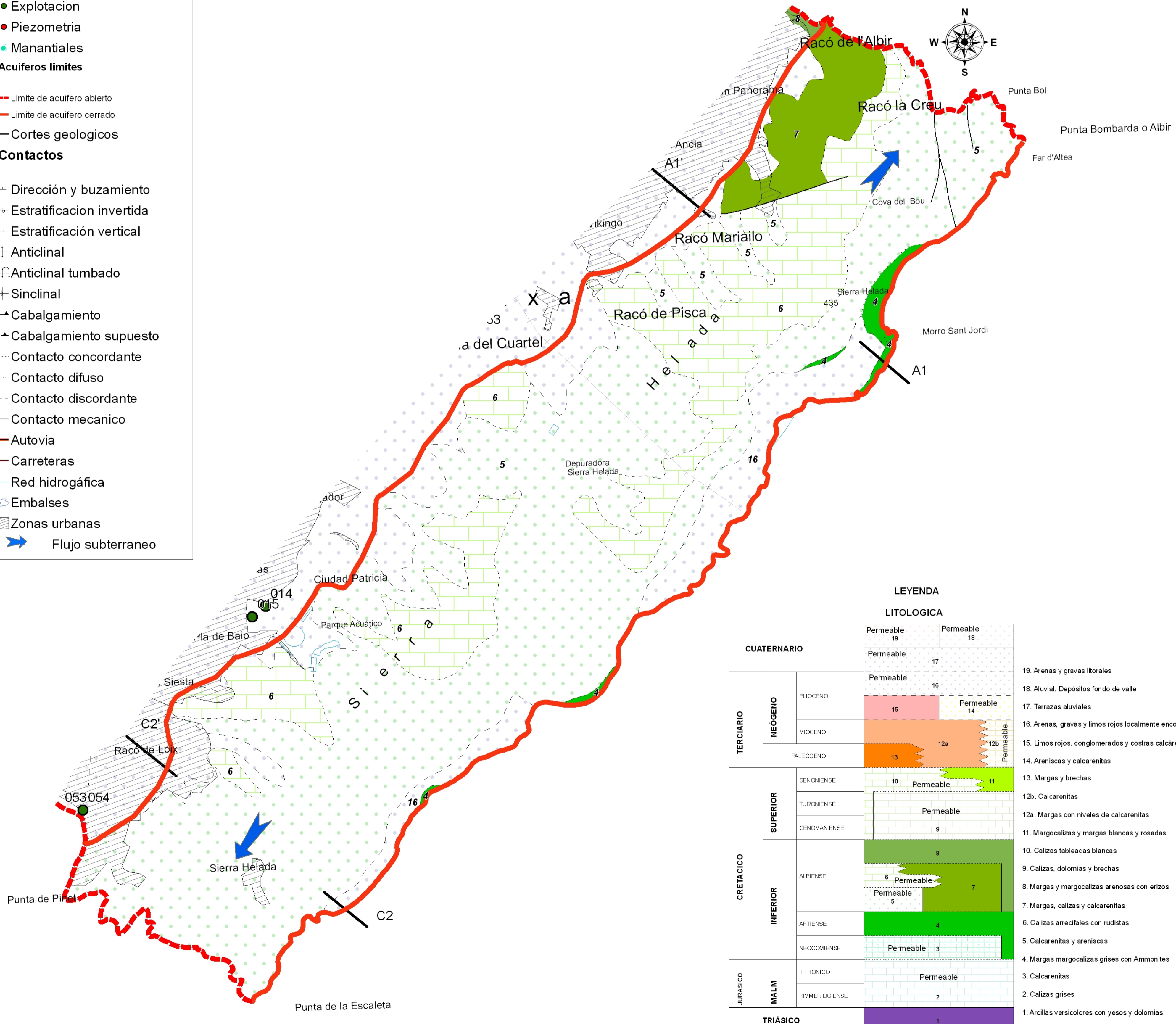


# CORTE A1'-A1

ACUÍFERO DE SIERRA HELADA



- Simbología**
- Inventario de puntos de agua**
- Calidad
  - Explotación
  - Piezometria
  - Manantiales
- Acuíferos limites**
- - - Limite de acuífero abierto
  - - - Limite de acuífero cerrado
- Cortes geológicos**
- - - Cortes geológicos
- Contactos**
- - - Dirección y buzamiento
  - - - Estratificación invertida
  - - - Estratificación vertical
  - - - Anticlinal
  - - - Anticlinal tumbado
  - - - Sinclinal
  - - - Cabalgamiento
  - - - Cabalgamiento supuesto
  - - - Contacto concordante
  - - - Contacto difuso
  - - - Contacto discordante
  - - - Contacto mecanico
  - - - Autovía
  - - - Carreteras
  - - - Red hidrogáfica
  - - - Embalses
  - - - Zonas urbanas
  - - - Flujo subterráneo



LEYENDA LITOLÓGICA

CUATERNARIO		Permeable 19	Permeable 18	
TERCIARIO	NEÓGENO	Permeable 17		19. Arenas y gravas litorales
		Permeable 16		18. Aluvial. Depósitos fondo de valle
	MIOCENO	15	Permeable 14	17. Terrazas aluviales
		13	12a	12b
CRETÁCICO	SUPERIOR	10	Permeable 11	15. Limos rojos, conglomerados y costras calcáreas
		Permeable		14. Areniscas y calcarenitas
	INFERIOR	8		13. Margas y brechas
		6	Permeable 7	12b. Calcarenitas
JURÁSICO	MALIM	Permeable 5		12a. Margas con niveles de calcarenitas
		Permeable 4		11. Margocalizas y margas blancas y rosadas
	TRIÁSICO	TITHONICO	Permeable 3	
KIMMERIDGIENSE		Permeable 2		9. Calizas, dolomias y brechas
		1		8. Margas y margocalizas arenosas con erizos
				7. Margas, calizas y calcarenitas
				6. Calizas arrecifales con rudistas
				5. Calcarenitas y areniscas
				4. Margas margocalizas grises con Ammonites
				3. Calcarenitas
				2. Calizas grises
				1. Arcillas versicolores con yesos y dolomias

GOBIERNO DE ESPAÑA, MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN, Instituto Geológico y Minero de España, DIRECCIÓN DEL PROYECTO: BRUNO J. BALLESTEROS NAVARRO, LUIS RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, TÍTULO DEL PLANO: ACUÍFERO DE SIERRA HELADA, FECHA: DICIEMBRE 2009, ACUIF. 8, HOJA 1 DE 1

## 11.18 ACUÍFERO CUATERNARIO DE VILLAJOYOSA

### 11.18.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS GENERALES

En un estudio realizado en 1990 el IGME concluyó que el acuífero de Villajoyosa no presentaba problemas de contaminación por intrusión marina y que era previsible que tal situación se mantuviera al encontrarse casi la totalidad de la superficie de su muro impermeable a cotas positivas. En ese trabajo también se indica que hay salidas ocultas al mar (unos 0,5 hm<sup>3</sup>/año) y que la escasa explotación del acuífero (unos 50.000 m<sup>3</sup>/día) se destina a cubrir las necesidades de algunos cultivos de la zona.

En el Mapa del Agua de la Provincia de Alicante (DPA, 1992) se asigna a este acuífero una superficie de 20 km<sup>2</sup> y unos recursos de 1,0 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales 0,5 hm<sup>3</sup>/año se bombean en sondeos y/o pozos, y el resto, otros 0,5 hm<sup>3</sup>/año, se drenan al mar.

En 2005 la DPA incluye este acuífero en el “Estudio de la Viabilidad de Utilización de Acuíferos Costeros Provinciales para Abastecimiento y en Usos Urbanos Directos No Restringidos”. En 2007 publica la síntesis de ese trabajo, donde define al acuífero con una superficie de 17 km<sup>2</sup> (ver Figura nº 226) y unos recursos de 0,8 hm<sup>3</sup>/año (0,1 hm<sup>3</sup>/año debidos a la infiltración de agua de lluvia y 0,7 hm<sup>3</sup>/año a retornos de riego) de los que 0,7 hm<sup>3</sup>/año se drenan al mar.

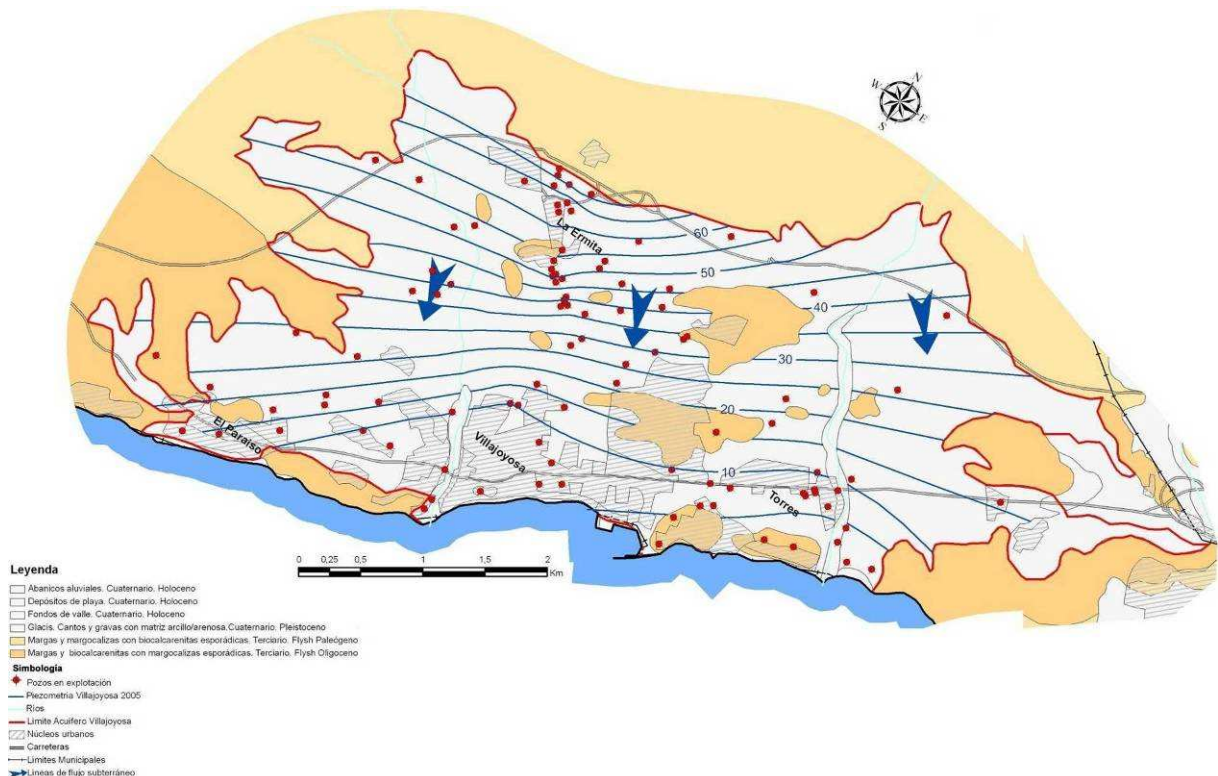


Figura nº 226.- Definición del acuífero de Cuaternario de Villajoyosa (DPA, 2007)



En el Mapa del Agua de la Provincia de Alicante (DPA, 2007) el acuífero se divide en los sectores Torres y Villajoyosa. En el primero los recursos se evalúan en 0,1 hm<sup>3</sup>/año (procedentes de la infiltración de agua de lluvia), y en el segundo en 1,3 hm<sup>3</sup>/año (0,3 hm<sup>3</sup>/año debidos a la infiltración de agua de lluvia y a retornos de riego). En el sector Villajoyosa es el único donde se consideran salidas debidas a bombeos (0,2 hm<sup>3</sup>/año).

El acuífero se extiende sobre una franja costera llana, de unos 2 km de ancho de media y 6 km de largo, del municipio de Villajoyosa. Concretamente entre Punta Bonnou, al oeste, y la desembocadura del río Torres, al este, y, según la cartografía geológica realizada, ocupa una superficie es de 12,38 km<sup>2</sup>, de los cuales 12,14 km<sup>2</sup> son permeables (4,68 km<sup>2</sup> del sector Torres y 7,46 km<sup>2</sup> del sector Villajoyosa), sobre la que se asientan mayoritariamente cultivos de regadío y la zona urbana del municipio de Villajoyosa (ver Tabla nº 136).

**Tabla nº 136.- Usos del suelo sobre afloramientos permeables. Acuífero Cuaternario de Villajoyosa**

Usos de suelo permeable	S (km <sup>2</sup> )		
	Torres	Villajoyosa	Total
Agua	0,01	0,17	0,18
Bosque	0,06		0,06
Cultivos herbáceos de regadío	0,17	0,45	0,62
Cultivos herbáceos de secano	0,68	0,32	1,00
Espacios sin vegetación	0,01	0,05	0,06
Frutales regadío	1,59	3,89	5,44
Frutales secano	0,28	0,07	0,35
Improductivo	0,74	0,55	1,29
Matorral	0,82	0,20	1,02
Invernaderos	0,02	0,02	0,04
Pastizales	0,02		0,02
Urbano	0,26	1,72	1,96
Otros		0,02	0,02
<b>TOTAL</b>	<b>4,68</b>	<b>7,46</b>	<b>12,14</b>

### 11.18.2 LITOLOGÍA Y GEOMETRÍA

Las litologías que lo integran corresponden a las intercalaciones de gravas y arenas existentes en los sedimentos arcillosos de las formaciones cuaternarias y pliocuaternarias, que constituyen depósitos litorales, de fondo de valle, terrazas aluviales y glacis. Dichas formaciones rellenan una pequeña cuenca de sustrato irregular excavada por los ríos

Amadorio y Torres, sobre la que se han depositado, en la mayor parte de su superficie, sedimentos procedentes de la denudación de los relieves circundantes a modo de abanicos aluviales.

**Tabla nº 137.- Afloramientos de formaciones geológicas. Acuífero de Cuaternario de Villajoyosa**

Formación	Edad	S (km <sup>2</sup> )		
		Torres	Villajoyosa	Total
Margas con niveles de calcarenitas	Mioceno-Paleógeno	0,12	0,13	0,25
Arenas, gravas y limos rojos localmente encostrados. Glacis	Plioceno-Pliocuatnario	4,55	6,66	11,21
Aluvial. Depósitos de fondo de valle	Cuaternario	0,07	0,76	0,83
Arenas y gravas litorales		0,05	0,08	0,13
<b>TOTAL</b>		<b>4,79</b>	<b>7,59</b>	<b>13,38</b>

Todos sus bordes, salvo el meridional, se consideran cerrados al coincidir con afloramientos margosos del Terciario que presentan intercalaciones de calcarenitas de baja permeabilidad.

El límite meridional es abierto y coincide con la línea de costa, concretamente con las playas de Villajoyosa, donde desemboca el río Amadorio, y Torres, donde lo hace el río que le da nombre.

El acuífero tiene una potencia media de 5 a 15 m, aunque varía sensiblemente de unas zonas a otras, y puede alcanzar espesores máximos de 50 m en las proximidades de los cauces de los ríos Amadorio y Torres, y de unos 15-20 m en la zona costera del núcleo de Villajoyosa (IGME, 1990).

El muro del sistema, definido por depósitos de base limoso-arcillosos pliocuatnarios o por las margas con intercalaciones de calcarenitas del Terciario, está en su práctica totalidad a cotas positivas. La excepción se da en la franja costera próxima al núcleo de Villajoyosa y desembocadura del río Torres, donde se sitúa por debajo del nivel del mar y en conexión con el mismo (ver Figura nº 227).

El acuífero se divide en dos sectores, Villajoyosa (al oeste) y Torres (al este), que ocupan respectivamente una superficie de 7,59 y 4,79 km<sup>2</sup>, y está provocado por un afloramiento de unos 500-800 m de ancho de margas terciarias con intercalaciones de calcarenitas.

### 11.18.3 PIEZOMETRÍA Y PARÁMETROS HIDRÁULICOS

La cota de la superficie piezométrica se conoce en varios puntos, algunos con medidas de comienzos de los años setenta, pero sin apenas continuidad temporal. Del análisis de las series de datos se deduce una cierta estabilidad en los niveles para todo el acuífero (ver Figura nº 228 y Figura nº 229).

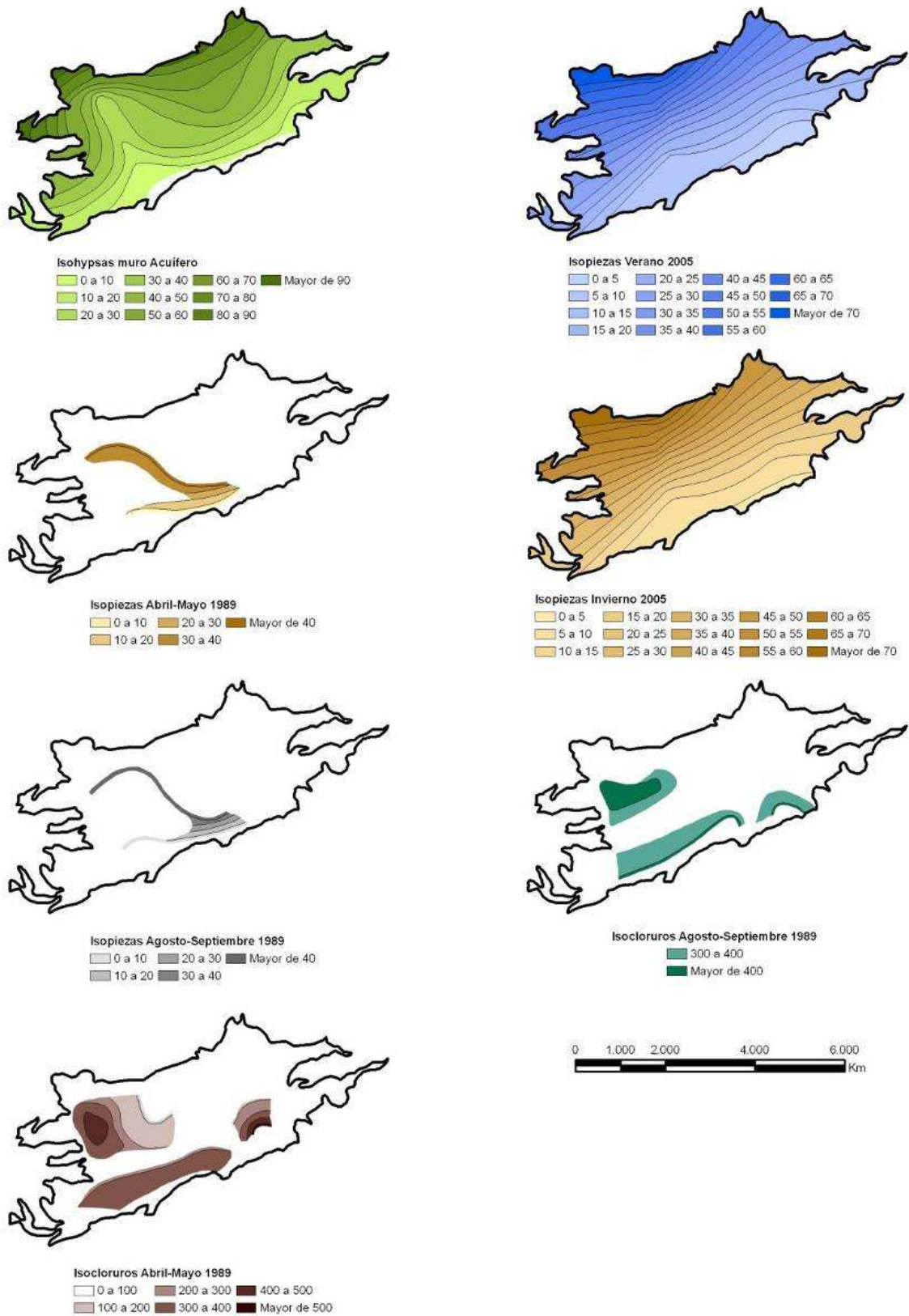


Figura nº 227.- Algunos isovalores del acuífero Cuaternario de Villajoyosa (DPA, 2005)

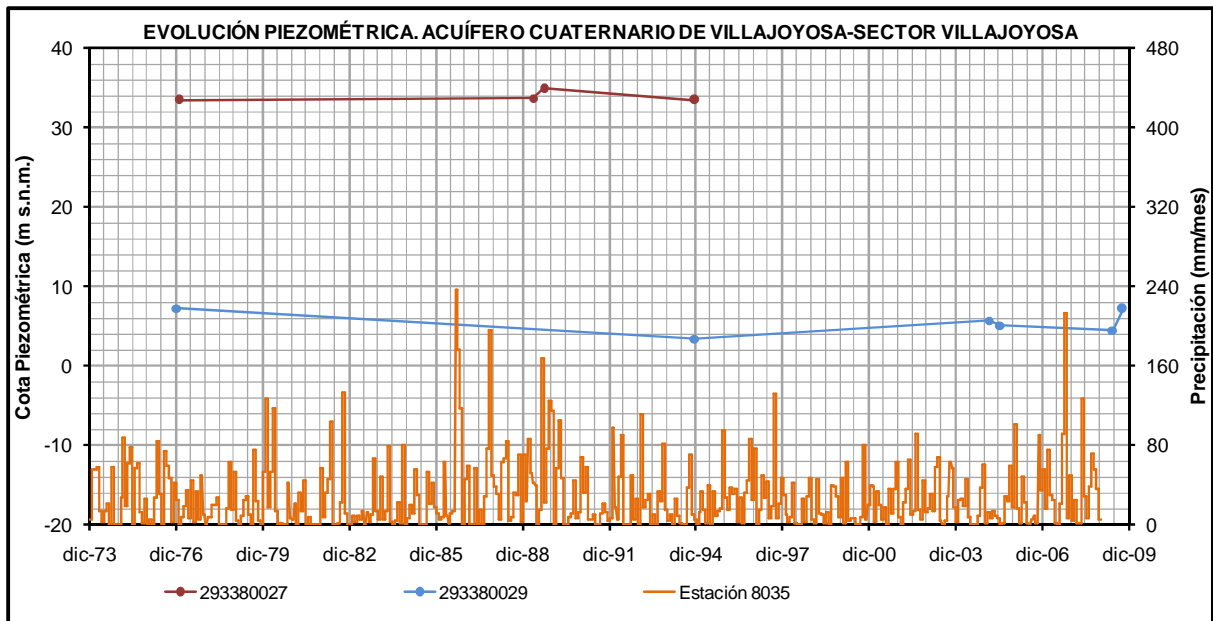


Figura nº 228.- Evolución piezométrica. Sector Villajoyosa

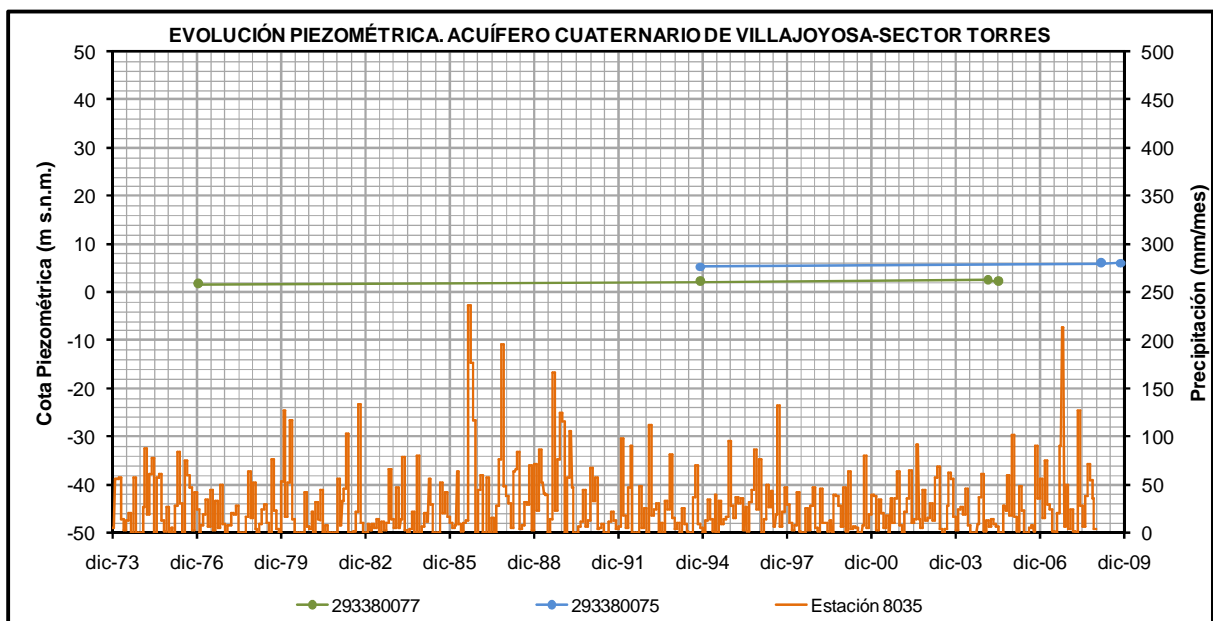


Figura nº 229.- Evolución piezométrica. Sector Torres

La morfología de la superficie piezométrica pone de manifiesto que la circulación del agua se realiza en ambos sectores en sentido NNW-SSE, hacia el área de descarga natural, que coincide con la línea de costa.

En el sector Villajoyosa las isopiezas muestran un gradiente hidráulico medio próximo al 2% mientras que en el sector Torres se acerca al 1,5%. Además, en ambos el sentido de flujo se

dirige, respectivamente, hacia las desembocaduras de los ríos Amadorio y Torres donde las cotas de las isohipsas del muro del acuífero deben ser negativas.

#### 11.18.4 FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA

La alimentación se genera por la infiltración de agua de lluvia, retornos de riego y pérdidas que se producen en las redes urbanas de Villajoyosa. No se descarta transferencia de las areniscas que se intercalan entre las margas del Mioceno-Paleógeno de difícil cuantificación o pequeñas aportaciones de aguas sulfatadas desde los cauces que atraviesan el acuífero (ríos Amadorio y Torres). Las salidas se producen por drenaje al mar y por los bombeos en pozos.

La dirección del flujo en ambos sectores es hacia la línea de costa, donde se descargan al mar los volúmenes no bombeados por los pozos de la zona.

#### 11.18.5 BALANCE HÍDRICO

##### 11.18.5.1 DETERMINACIÓN DE INFILTRACIÓN NATURAL

La recarga por infiltración de agua de lluvia se evalúa en unos 0,29 hm<sup>3</sup>/año en el sector Torres y en 0,38 hm<sup>3</sup>/año en el sector Villajoyosa.

La estimación se ha realizado aplicando sobre los afloramientos permeables no urbanizados (4,42 de 4,68 km<sup>2</sup> en el sector Torres y 5,74 de 7,46 km<sup>2</sup> en el sector Villajoyosa) el balance hídrico de la estación 8035 (ver Tabla nº 138).

Tabla nº 138.- Estimación de la infiltración del agua de lluvia. Acuífero Cuaternario de Villajoyosa

Sector	P (mm/año)	ETR (mm/año)	RAU (mm)	P <sub>o</sub> (mm)	Lluvia Útil (mm/año)			% Infil./P	S (km <sup>2</sup> )	Entradas (hm <sup>3</sup> /año)
					Infil.	Escorr.	Total			
Torres	358,3	279,0	50	35	66,5	11,6	78,2	18,6	4,42	0,29
Villajoyosa									5,74	0,38
<b>TOTAL</b>									<b>10,16</b>	<b>0,67</b>

##### 11.18.5.2 ANÁLISIS DE USOS DE AGUA

Entre los dos sectores del acuífero se han inventariado casi 80 captaciones, en su mayoría pozos y pozos con galería, que por lo general no superan los 20 m de profundidad y aportan caudales instantáneos que suelen rondar los 2 l/s (ver Tabla nº 139). Algunos se han abandonado con el tiempo, aunque también se han perforado sondeos durante los últimos años.

La mayoría de los aprovechamientos corresponden a usos domésticos, aunque en ocasiones se riegan pequeñas parcelas de arbolado, en su mayoría cítricos, de escasa extensión (1-2 ha). Los volúmenes anuales extraídos en estas captaciones están entre los 1.000 y los 3.000 m<sup>3</sup>.

Tabla nº 139.- Puntos de agua inventariados. Acuífero de Cuaternario de Villajoyosa

Código	XUTM	YUTM	Cota	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Q (l/s)	V (m <sup>3</sup> /año)	Uso
<b>Sector Villajoyosa</b>									
293380008	740.535	4.265.557	12	Pineda	Pozo	10	2,0	6.000	Riego 2 ha
293380013	740.824	4.265.572	24	Gasparons	Pozo	22,0	-	-	Colapsado
293380014	741.237	4.265.701	25	Fuente de Senabre	Pozo	25	2,0	1.500	Doméstico
293380016	741.254	4.265.405	10	Fábrica de hielo	Pozo	6,0	-	-	Sin instalar
293380017	741.334	4.265.350	6	Las Heras	Pozo	6,5	--	--	Sin Uso
293380018	741.335	4.265.450	4	Huerta Requena	Pozo	5	2,0	6.000	Riego 1 ha
293380020	740.487	4.265.808	30	Ramón de Aigües	Pozo	14	--	--	Sin Uso
293380023	740.572	4.266.934	47	Romá	Pozo-sondeo	110	10,0	60.000	Riego 10 ha
293380024	740.347	4.266.961	58	Romá	Sondeo	35	--	--	Negativo
293380026	739.825	4.267.391	61	La Balsa	Pozo-galería	50	10,0	2.500	Riego 10 ha
293380027	740.249	4.267.262	60	Nasía	Pozo-galería	48	2,0	3.000	Doméstico
293380028	740.350	4.267.361	39	Fuente Bañéts	Manantial	--	0,3	9.461	Urbano
293380029	741.363	4.266.439	33,40	Chocolates Valor	Pozo	30,0	3,0	11.000	Industrial
293380031	741.448	4.266.690	40	Hijos de Marcos Tonda	Pozo	28,0	-	-	Tapado
293380032	741.101	4.267.448	50	Berenguer	Pozo	13,0	-	-	Abandonado
293380033	741.239	4.267.387	47	Pozo de Lina	Pozo	15,0		1.000	Doméstico
293380034	741.127	4.267.500	58	Gaspar El tuerto	Sondeo	14,0			Abandonado
293380035	740.797	4.267.925	68	Pozo de la Coca	Pozo	7,0	1,0	3.285	Doméstico
293380036	740.623	4.268.163	77	Pozo del Coquet	Pozo	13,0	1,4	500	Doméstico
293380041	740.908	4.268.207	80	Tonda	Pozo	10	1,0	1.000	Doméstico
293380042	741.355	4.267.803	68	Facultativo del Juzgado	Pozo-galería	14	1,0	1.000	Doméstico
293380043	741.355	4.267.753	60	Fábrica Vieja de Valor	Pozo	22	5,0	1.000	Doméstico
293380044	741.103	4.267.630	61	La Mayorazga	Pozo	15	2,0	1.000	Doméstico
293380045	741.629	4.267.650	62	El Soldat	Pozo	11	5,0	1.000	Doméstico

Código	XUTM	YUTM	Cota	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Q (l/s)	V (m <sup>3</sup> /año)	Uso
293380046	741.704	4.267.600	55	La Almazara	Pozo	11,5	2,0	1.000	Doméstico
293380047	741.452	4.267.401	49	Llinares	Pozo	12	1,0	1.000	Doméstico
293380048	741.600	4.267.125	43	El Sordet	Pozo	13	1,0	1.000	Doméstico
293380049	741.687	4.266.841	40	Tejera Vieja	Pozo	16,5	1,0	3.950	Doméstico
293380050	741.720	4.266.630	37	Chalet Gasparons	Pozo	40,0	-	-	Colapsado
293380051	741.969	4.267.064	43	Clot de Mayor	Pozo	13,0	10,0	3.000	Doméstico
293380052	741.976	4.267.197	52	Mouments	Pozo	12,5	6,0	1.000	Doméstico
293380053	741.980	4.267.697	60	Tío Pepe	Pozo	13	5,0	1.000	Doméstico
293380054	741.907	4.267.898	54	Tabaco	Pozo	12,5	1,0	1.000	Doméstico
293380061	741.638	4.265.748	10	Hort Señoreta	Pozo	10	10,0	2.000	Doméstico
293380062	741.940	4.265.996	12	Hort de Sons	Pozo	9	5,0	1.000	Doméstico
293380063	742.026	4.266.068	20	Tomás del Hort	Pozo	8,5	-	-	Sin uso
293380088	741.966	4.266.120	26	Villa Amparo	Pozo	30	10,0	2.000	Doméstico
293380089	741.693	4.266.298	30	La Barberá	Pozo	32	2,0	1.000	Doméstico
293380104	741.460	4.268.100	69	Mediases	Sondeo	45	2,0	1.000	Doméstico
293380106	739.350	4.267.420	78	Casa Bañet	Pozo	?	--	--	Se desconoce
293380107	740.420	4.266.950	50	Romá-Pileta	Manantial	42	2,0	63.072	Se desconoce
293380108	740.380	4.266.820	49	La Pileta	Sondeo	105	4,0	--	Se desconoce
293380114	741.051	4.267.479	55	Casa Jacinto	Sondeo	?	1,0	500	Doméstico
293380115	741.233	4.267.334	50	Tossal de la Vella	Sondeo	65,0	1,0	2.000	Doméstico
293380116	741.248	4.267.371	53	Tossal de la Vella	Sondeo	?	2,0	1.000	Doméstico
293380117	741.291	4.267.379	50	Chalet Villa Marta	Pozo	12,0	0,5	1.000	Doméstico
293380118	741.238	4.267.420	46	Chelet Calsitas	Pozo	?	0,5	500	Doméstico
293380121	741.053	4.267.533	54	Casa El Pov	Pozo	15,0	0,5	500	Doméstico
293380122	740.863	4.267.982	70	Silveria Bustos	Sondeo	30,0	1,5	2.700	Doméstico
293380123	740.647	4.267.752	60	Partida San Antonio	Sondeo	50,0	1,0	1.000	Doméstico
293380124	740.739	4.268.151	75,46	Peaje Aumar	Sondeo	38,0	1,0	1.100	Doméstico
293380125	740.634	4.268.081	74	Ots	Pozo	12,0	0,5	550	Doméstico
293380126	740.838	4.268.254	82	Finca La Huerta 44	Pozo	15,0	0,5	400	Doméstico
293380132	741.569	4.267.056	40	Les Mediases	Sondeo	52,0	0,5	1.000	Doméstico
293380134	741.697	4.267.459	49	El Sordet	Pozo-galería	20,0	0,5	900	Doméstico
293380135	739.453	4.267.091	66	Caserío Bañets	Sondeo	45,0	1,0	5.000	Riego

Código	XUTM	YUTM	Cota	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Q (l/s)	V (m <sup>3</sup> /año)	Uso
293380136	740.875	4.267.518	60	El Brasco	Pozo	20,0	0,5	1.500	Doméstico
<b>Sector Torres</b>									
293380057	742.864	4.268.541	79	Comandante	Pozo	24	10,0	30.000	Urbano
293380067	743.200	4.266.936	38	La Torsila	Pozo	15	4,0	10.000	Riego 2 ha
293380069	743.853	4.267.230	18	Las Torres 1	Sondeo	190	--	--	Negativo
293380070	744.152	4.267.028	20	Las Torres 2	Sondeo	60	--	--	Negativo
293380071	744.203	4.267.177	15	Las Torres 3	Sondeo	18	--	--	Negativo
293380072	743.853	4.267.230	19	Las Torres 4	Sondeo	82	--	--	Negativo
293380073	743.903	4.267.180	20	Las Torres 5	Sondeo	90	--	--	Negativo
293380075	744.511	4.267.001	10	Camping Hércules	Pozo	7,5	-	-	Sin instalar
293380077	744.508	4.267.013	10	Torre Hércules	Pozo	15,0	10,0	80.000	Riego
293380078	745.313	4.268.169	40	Fricarna, S.A.	Pozo	13	2,0	1.000	Doméstico
293380080	743.912	4.268.231	44	Centella	Pozo-sondeo	92	--	--	Sin Uso
293380081	743.205	4.267.536	40	Collet	Pozo	19,5	2,0	--	Sin Uso
293380084	743.049	4.266.887	40	Pinets	Pozo	19	2,0	1.000	Doméstico
293380085	743.705	4.267.432	25	Don Alejandro	Pozo	15	--	--	Sin Uso
293380086	743.905	4.267.380	20	Frigoríficos	Pozo-galería	31	2,0	--	Sin Uso
293380120	743.961	4.267.515	30	Partida Torres	Pozo	< 20,0	0,5	500	Doméstico
293380133	743.877	4.267.578	30	Viveros Villa-Garden	Sondeo	?	0,5	1000	Riego

Las extracciones anuales inventariadas hasta la fecha son las siguientes:

Año	Volumen (m <sup>3</sup> /año)	
	Sector Torres	Sector Villajoyosa
1973	42.000	65.068
1977		75.000
1994	87.000	179.000
2005	81.000	31.554
2008	81.500	42.385
<b>Promedio</b>	<b>72.875</b>	<b>78.601</b>

Como, posiblemente, existen otros aprovechamientos no inventariados, en su mayoría de escasa entidad, que pueden corresponder a usos domésticos o riego de pequeñas parcelas,



se estima que las extracciones totales no deben superar en cada uno de los sectores los 100.000 m<sup>3</sup>/año.

En los bordes se han inventariado otros puntos de agua de características similares, que podrían captar los recursos del acuífero en aquellos casos en los que exista conexión hidráulica con los lentejones calcareníticos intercalados en las margas terciarias.

También en el inventario de la zona se incluyen dos manantiales, Fuente Bañets (2933-8-28) y Romá-Pileta (2933-8-107) que drenan respectivamente 0,3 y 2 l/s, y una tercera, en el afloramiento Terciario que separa los dos sectores del acuífero, concretamente en el Tossal de Meno (2933-8-140), que tiene un caudal de 0,2 l/s.

### 11.18.5.3 BALANCE HÍDRICO

La recarga del sistema, estimada en 1,38 hm<sup>3</sup>/año, se debe a la infiltración del agua de lluvia (ver Tabla nº 138), a los retornos de riego (ver Tabla nº 140) y a las pérdidas de las redes del abastecimiento de Villajoyosa (ver Tabla nº 141). Por su parte, las salidas, en un volumen equivalente a las entradas, tienen lugar por el bombeo de numerosas captaciones de escaso caudal, 0,2 hm<sup>3</sup>/año, y por drenaje oculto al mar, 0,83 hm<sup>3</sup>/año.

Tabla nº 140.- Estimación de recarga por retornos de riego. Acuífero Cuaternario de Villajoyosa

Tipo de cultivo	Dotación (m <sup>3</sup> /ha/año)	Superficie sobre acuífero (km <sup>2</sup> )	Demanda (hm <sup>3</sup> /año)	Retornos (hm <sup>3</sup> /año)
<b>Sector Torres</b>				
Herbáceos	4.029	0,17	0,07	0,01
Frutales	5.150	1,59	0,82	0,12
Olivar	4.088	0,00	0,00	0,00
Viñedo	4.825	0,00	0,00	0,00
Invernaderos	3.989	0,02	0,01	0,00
Otros*	8.900	0,00	0,00	0,00
<b>Total/media</b>	<b>5.030</b>	<b>1,78</b>	<b>0,90</b>	<b>0,13</b>
<b>Sector Villajoyosa</b>				
Herbáceos	4.029	0,45	0,18	0,03
Frutales	5.150	3,89	2,00	0,30
Olivar	4.088	0,00	0,00	0,00
Viñedo	4.825	0,00	0,00	0,00
Invernaderos	3.989	0,02	0,01	0,00
Otros*	8.900	0,00	0,00	0,00
<b>Total/media</b>	<b>5.029</b>	<b>4,36</b>	<b>2,19</b>	<b>0,33</b>

\* Zonas verdes y campos de golf

Tabla nº 141.- Estimación de recarga por pérdidas en redes urbanas. Acuífero Cuaternario de Villajoyosa

Sector	Superficie urbanizada de municipio de Villajoyosa (km <sup>2</sup> )		Rendimiento de red (%)	Volumen suministrado en 2008 (hm <sup>3</sup> )		Volumen infiltrado (hm <sup>3</sup> )
	Total	Sobre acuífero		Total	Sobre acuífero	
Torres	4,51	0,26	80	2,86	0,17	0,03
Villajoyosa	4,51	1,72	80	2,86	1,09	0,22
<b>Total/media</b>	<b>4,51</b>	<b>1,98</b>	<b>80</b>	<b>19,65</b>	<b>1,26</b>	<b>0,25</b>

El balance hídrico según los aspectos comentados, y desglosado para cada sector, es el expuesto en la Tabla nº 142.

Tabla nº 142.- Balance hídrico. Acuífero de Villajoyosa

Sector	Torres	Villajoyosa	Total
<b>Entradas (hm<sup>3</sup>/año)</b>			
Infiltración de agua de lluvia	0,29	0,38	0,67
Infiltración por retornos de riego	0,13	0,33	0,46
Infiltración por pérdidas en las redes de abastecimiento	0,03	0,22	0,25
<b>Total</b>	<b>0,45</b>	<b>0,93</b>	<b>1,38</b>
<b>Salidas (hm<sup>3</sup>/año)</b>			
Bombeos	0,10	0,10	0,20
Drenaje al mar	0,35	0,83	1,18
<b>Total</b>	<b>0,45</b>	<b>0,93</b>	<b>1,38</b>

Este balance implica que el sistema presenta excedentes que son drenados al mar, si bien esto no supone que no se puedan provocar efectos de intrusión marina cuando los bombeos se concentran en el espacio y en el tiempo, o cuando el fondo de las captaciones se sitúe por debajo de la cota cero en zonas próximas a la línea de costa.

#### 11.18.5.4 RECURSOS DISPONIBLES

La alimentación del acuífero se estima en 1,38 hm<sup>3</sup>/año y el volumen medio anual aprovechado en unos 0,20 hm<sup>3</sup>/año. La diferencia, 1,18 hm<sup>3</sup>/año, se drena al mar. Estos recursos, debido a la CE que presentan (2.500-4.000 μS/cm), podrían captarse para mezclarse con recursos de mejor calidad (con el fin de utilizarse en el riego de jardines), cubrir pequeñas demandas de la población (previo tratamiento de desalinización) o para usos recreativos (piscinas y parques acuáticos, por ejemplo) y otros usos urbanos como limpieza de calles, extinción de incendios, etc. A este respecto la DPA, en la síntesis del “Estudio de la Viabilidad del Aprovechamiento de Acuíferos Costeros Provinciales en Usos

Urbanos” (2007), propone captar pequeños caudales (de 5 a 15 l/s) mediante sondeos o pozos de gran diámetro con drenes radiales en sectores protegidos de la intrusión salina, bien por situarse suficientemente al interior del acuífero o por explotar niveles detríticos permeables a cotas superiores a la del mar en sectores próximos a la costa (ver Figura nº 230).

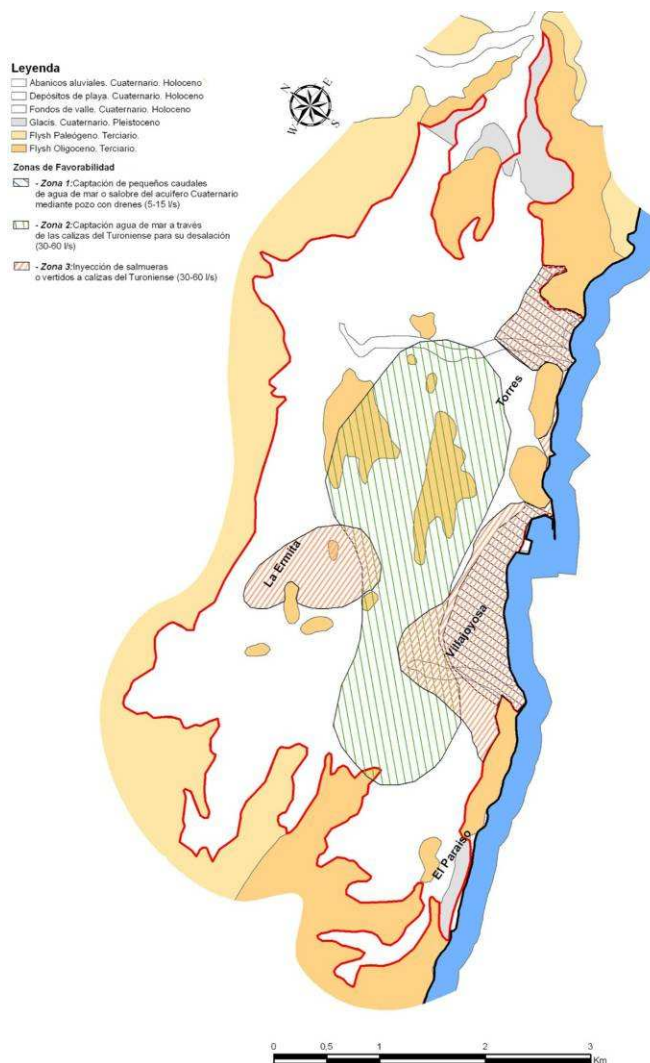


Figura nº 230.- Zonas favorables de captación. Acuífero de Villajoyosa (DPA, 2007)

Las características de las captaciones que propone la DPA en la publicación que realiza en 2007 serían las siguientes:

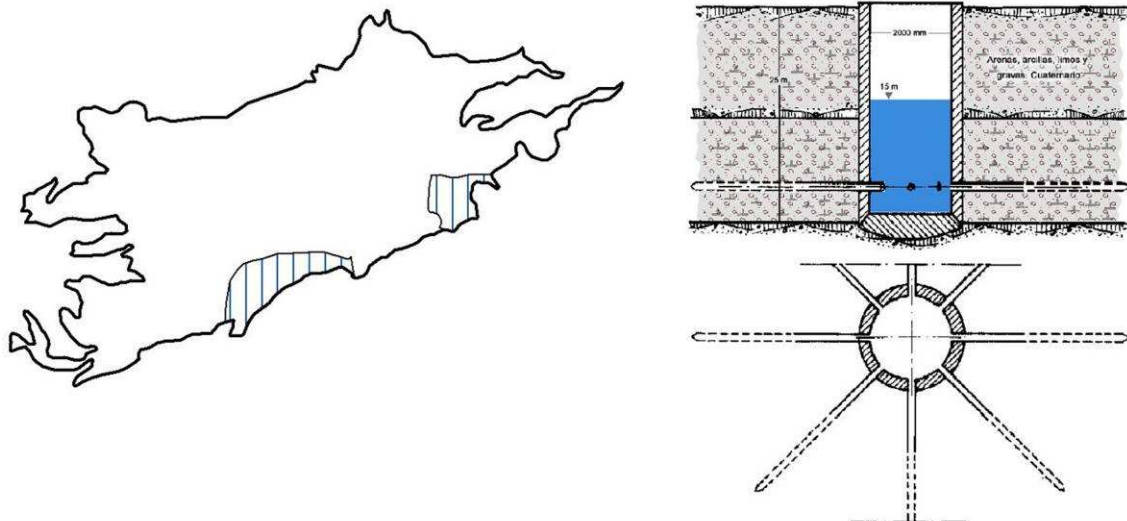
Pozo con drenes radiales (ver Figura nº 231):

- Localización: Proximidades de los núcleos urbanos, de la infraestructura del abastecimiento y zonas verdes.

- Características constructivas: pozo de 15-25 m de profundidad y 1.500-2.000 mm de diámetro con 8-10 drenes de 30-50 m de longitud unitaria (a definir en estudios previos).
- Columna litológica: arenas, limos, arcillas y gravas del Cuaternario.
- Caudal esperado y profundidad del agua: 5-15 l/s y nivel estático a 5-20 m.
- Salinidad total del agua: 3-5 mS/cm.

**Sondeo:**

- Localización: Proximidades de los núcleos urbanos, de la infraestructura del abastecimiento y zonas verdes.
- Características constructivas: 15-30 m de profundidad con tubería de 180-250 mm
- Columna litológica: arenas, limos, arcillas y gravas del Cuaternario.
- Caudal esperado y profundidad del agua: 5-15 l/s y nivel estático a 5-15 m.
- CE del agua: 3-5 mS/cm.



**Figura nº 231.- Esquema constructivo de captación tipo. Acuífero Cuaternario de Villajoyosa (DPA, 2007)**

También la DPA propone la captación de caudales discretos de agua de mar para desalación (de 5 a 15 l/s) en las proximidades de la línea de costa donde el muro del acuífero se localice por debajo de la cota del mar (ver Figura nº 231), cementando el tramo de aporte de aguas continentales para procurar un aporte continuo en cuanto a salinidad. Las salmueras que se generen se podrían mezclar con los efluentes de la EDAR de ese núcleo poblacional antes de verterse o reutilizarse, con el fin de obtener unas salinidades próximas a las que presentan los acuíferos de la zona. La captación propuesta tendría las siguientes características:

- Localización: Debido al encarecimiento de los costes del agua tratada, su uso debería destinarse al abastecimiento humano en aquellas zonas donde no fuera posible el suministro por ausencia de redes de distribución del sistema municipal de abastecimiento.
- Tipo: Pozo con drenes radiales, de 15-25 m de profundidad, 1.500-2.000 mm de diámetro, con 8-10 drenes, según espesor y distribución de los niveles de gravas, de 30-50 m de longitud (a definir en estudios previos).
- Columna litológica: arenas, limos, arcillas y gravas del Cuaternario.
- Caudal esperado y profundidad del agua: 5-15 l/s y nivel estático a 5-20 m.
- Salinidad total del agua captada: 25-37 g/l.

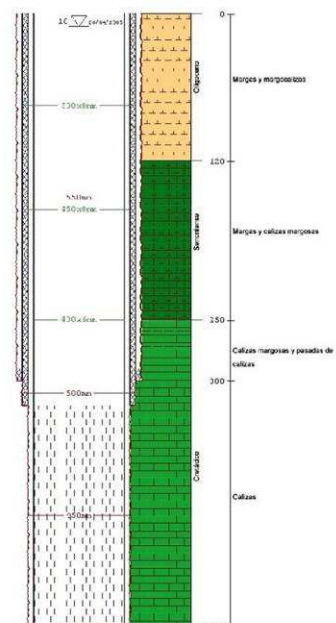
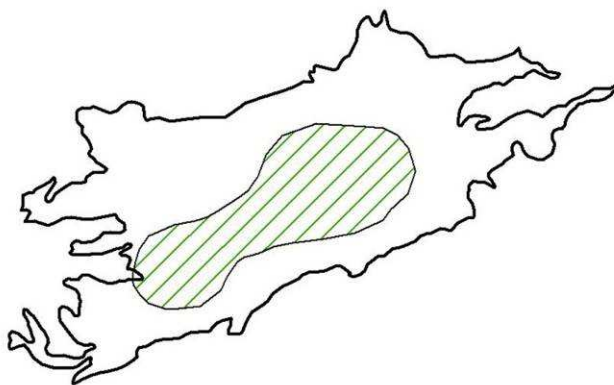


Figura nº 232.- Zona de captación de agua mar a través de acuíferos profundos y diseño de captación tipo (DPA, 2007)

Por último, en la síntesis que realizada la DPA en 2007, se propone la captación masiva de agua de mar para desalación y la inyección de salmueras y vertidos de E.D.A.R. en los niveles permeables que pueden aparecer en profundidad bajo el Cuaternario. En ambos casos se alcanzarían las calizas del Turoniense, las cuales probablemente muestren conexión con el mar, que además, de acuerdo con las campañas geofísicas realizadas, se localizan a unos 250 m de profundidad, aunque la perforación finalizaría en el techo de las margas del Cenomaniense.

En el caso de la captación de agua de mar, para optimizar los factores de ubicación de la captación, profundidad a perforar, proximidad de las potenciales áreas de suministro, ubicación de la planta de tratamiento, conducciones y evacuación del rechazo, la captación

se ubicaría en la proximidad de la costa (ver Figura nº 232), si bien previamente, antes de acometer las actuaciones, la DPA recomienda realizar un sondeo de investigación para confirmar la favorabilidad del emplazamiento y verificar la posible conexión con el mar mediante un ensayo de bombeo y análisis químicos.



Figura nº 233.- Zona de inyección de salmueras o excedentes de EDAR. Captación tipo (DPA, 2007)

Las características del sondeo tipo de captación de agua de mar (ver Figura nº 232) o de inyección (ver Figura nº 233) serían las siguientes:

- Sondeo de 500-600 m de profundidad (dependiendo cota a la que se localicen zonas fracturadas, fisuradas o karstificadas y la aparición el techo del Cenomaniense) con tubería de 400 mm de diámetro
- Columna litológica: de 0 a 120 m: margas y margocalizas del Oligoceno; de 120 a 250 m: intercalaciones de margas y calizas margosas del Senoniense superior; de 250 a 300 m: calizas margosa y pasadas calizas del Senoniense inferior y de 300 a 500 m: calizas del Turoniense
- Acondicionamiento: Cementación de tramos superiores (0 a 300 m), para evitar la contaminación de niveles acuíferos superiores, y acidificación
- Caudal de extracción y/o inyección y de 30-60 l/s y nivel estático a 5-10 m

## 11.18.6 HIDROQUÍMICA E ISÓTOPOS ESTABLES

### 11.18.6.1 HIDROQUÍMICA

En la Tabla nº 143 se incluyen las determinaciones realizadas en el acuífero durante las campañas de mayo y octubre de 2009.

Tabla nº 143.- Resultados analíticos de 2009. Acuífero Cuaternario de Villajoyosa

Punto	Fecha	B (mg/l)	Br (mg/l)	Ca (mg/l)	Cl (mg/l)	CO <sub>3</sub> H (mg/l)	C (μS/cm)	DQO	F	K (mg/l)
<b>Sector Torres</b>										
293380075	11-03-09	1,090	0,827	123	530	112	2.944	1,8	1,823	9,0
<b>Sector Villajoyosa</b>										
293380029	02-06-09	1,150	0,836	170	510	107	3.114	1,6	1,631	9,0
293380029	08-10-09	0,969	0,872	220	428	196	3.123	1,5	1,553	9,0
293380029	19-10-09						2.920			
293380049	11-03-09	0,901	0,890	160	448	105	3.253	1,2	1,790	10,0
293380114	07-10-09									
293380114	19-10-09	0,908	0,931	182	428	197	3.143	1,3	1,855	8,0
293380122	22-04-09						3.000			
293380122	07-10-09	1,460	0,927	121	436	360	3.393	1,2	2,458	11,0
293380122	20-10-09						2.940			
293380123	01-05-09	3,090	0,990	60	444	370	4.063	2,1	3,140	8,0
293380123	04-11-09	1,980	1,237	200	440	302	3.963	2,3	1,951	10,0
293380124	13-05-09						3.980			
293380124	05-10-09	1,370	0,687	218	370	260	3.133	1,6	1,571	10,0
293380124	19-10-09						3.430			
293380125	04-05-09						2.500			
293380126	04-05-09						4.830			
293380133	03-06-09	0,770	0,522	120	340	125	2.544	1,8	1,402	6,0
293380133	08-10-09	0,741	0,571	152	300	192	2.583	1,2	1,362	6,0
293380133	20-10-09						2.530			
293380134	02-03-09	1,120	0,995	172	540	93	3.334	2,1	2,074	8,0
293380134	06-10-09	1,100	1,005	280	544	224	3.773	1,6	2,111	9,0
293380135	03-06-09	2,690	1,341	132	548	149	4.044	2,1	2,348	12,0
293380135	08-10-09	2,070	1,125	160	520	227	3.843	2,1	2,229	12,0
293380136	02-06-09	1,060	0,491	113	340	121	2.454	2,4	1,286	17,0
293380136	06-10-09	0,787	0,545	212	304	271	2.863	2,6	1,301	19,0

Punto	Fecha	B (mg/l)	Br (mg/l)	Ca (mg/l)	Cl (mg/l)	CO <sub>3</sub> H (mg/l)	C (μS/cm)	DQO	F	K (mg/l)
293380136	19-10-09						2.900			

Punto	Fecha	Li (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	pH	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	Sr (mg/l)	T (°C)
<b>Sector Torres</b>										
293380075	11-03-09	0,000	110	432	108	8,1	23,1	680	14,1	22,8
<b>Sector Villajoyosa</b>										
293380029	02-06-09	0,000	130	335	144	8,0	23,6	670	24,4	20,9
293380029	08-10-09	0,000	117	302	176	7,9	21,6	764	23,2	20,7
293380029	19-10-09									20,3
293380049	11-03-09	0,000	140	284	140	7,9	20,4	670	26,5	21,0
293380114	07-10-09									
293380114	19-10-09	0,000	121	305	144	7,9	21,5	660	21,7	18,8
293380122	22-04-09									
293380122	07-10-09	0,000	101	437	35	8,1	19,7	720	12,1	22,0
293380122	20-10-09									21,6
293380123	01-05-09	0,000	122	541	14	8,3	30,4	916	13,9	
293380123	04-11-09	0,000	148	430	44	7,8	23,0	1.050	2,4	21,6
293380124	13-05-09									
293380124	05-10-09	0,000	140	309	13	8,6	14,4	922	14,0	24,6
293380124	19-10-09									19,5
293380125	04-05-09									
293380126	04-05-09									
293380133	03-06-09	0,000	107	285	92	7,9	22,6	620	12,1	22,1
293380133	08-10-09	0,000	99	266	96	8,0	20,8	636	11,6	23,2
293380133	20-10-09									20,7
293380134	02-03-09	0,000	150	381	212	7,9	25,0	760	34,0	21,4
293380134	06-10-09	0,000	166	351	300	7,9	23,8	930	29,7	22,6
293380135	03-06-09	0,000	180	464	136	8,0	9,6	960	23,8	23,1
293380135	08-10-09	0,000	200	415	172	8,1	23,1	1.010	21,7	24,2
293380136	02-06-09	0,000	91	335	104	7,8	22,1	650	11,5	20,8
293380136	06-10-09	0,000	100	289	132	8,2	22,5	744	11,9	24,0
293380136	19-10-09									21,6



Las analíticas muestran facies hidroquímicas de cloruradas sódicas a sulfatadas mixtas (entre sódicas, cálcicas y magnésicas) para las aguas del sector Villajoyosa (ver Figura nº 234) y cloruradas sódicas a sulfatadas cálcico-sódicas para las del sector Torres (ver Figura nº 235).

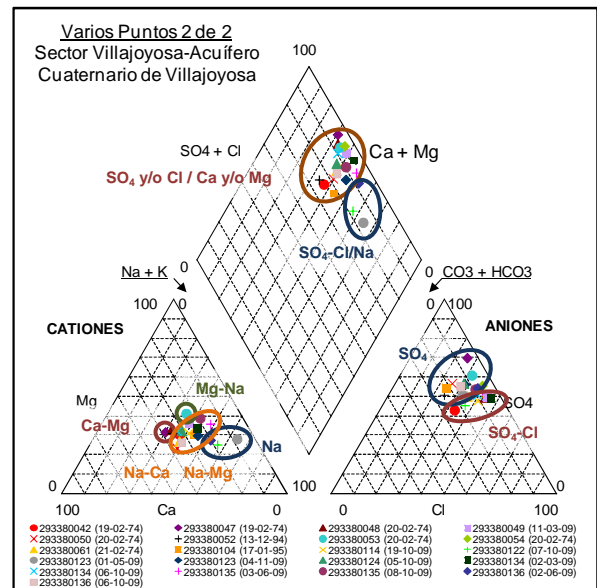
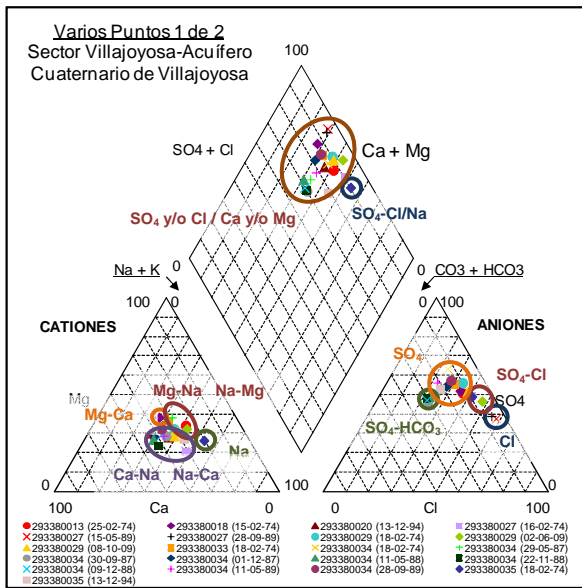


Figura nº 234.- Diagramas de Piper. Sector Villajoyosa

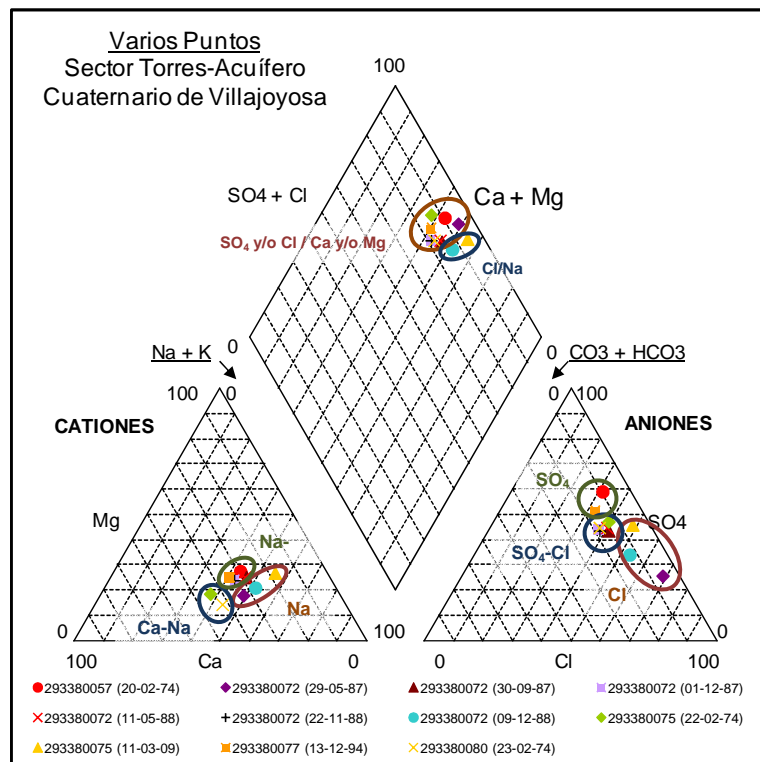


Figura nº 235.- Diagramas de Piper. Sector Torres

Adquieren concentraciones elevadas de sulfatos (300-1.000 mg/l y media de 600 mg/l), sodio (100-600 mg/l y media de 300 mg/l) y cloruros (150-700 mg/l y media de 350 mg/l) y CE que suelen superar los 2.500  $\mu\text{S/cm}$ . También se aprecian problemas de contaminación por nitratos, con concentraciones que suelen superar los 50 mg/l y que pueden alcanzar los 300 mg/l. En consecuencia, las aguas de este sistema no son aptas para consumo humano y presentan ciertas limitaciones para ser aplicadas en los cultivos de la zona, aunque se podrían utilizar en usos sin restricciones severas.

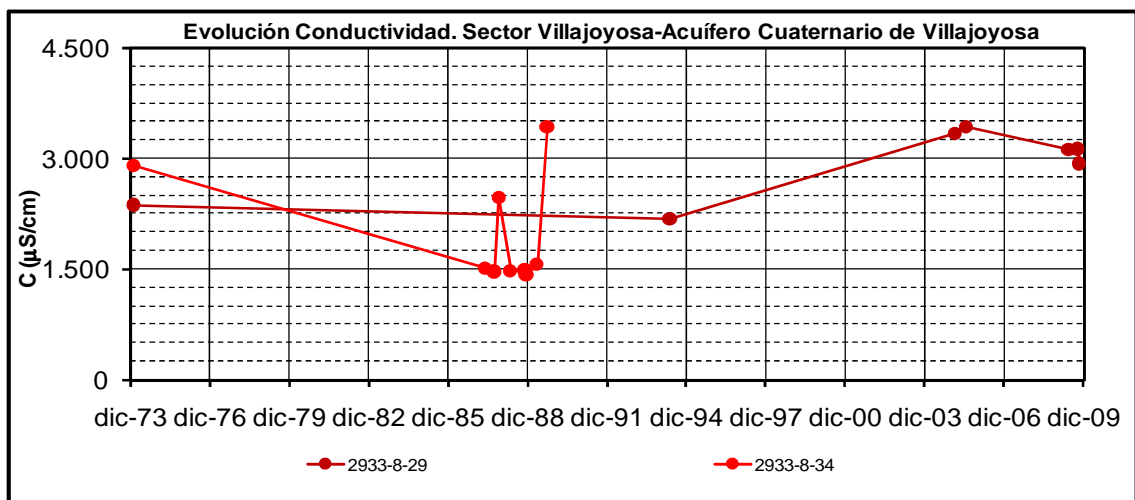


Figura nº 236.- Evolución de la CE. Sector Villajoyosa

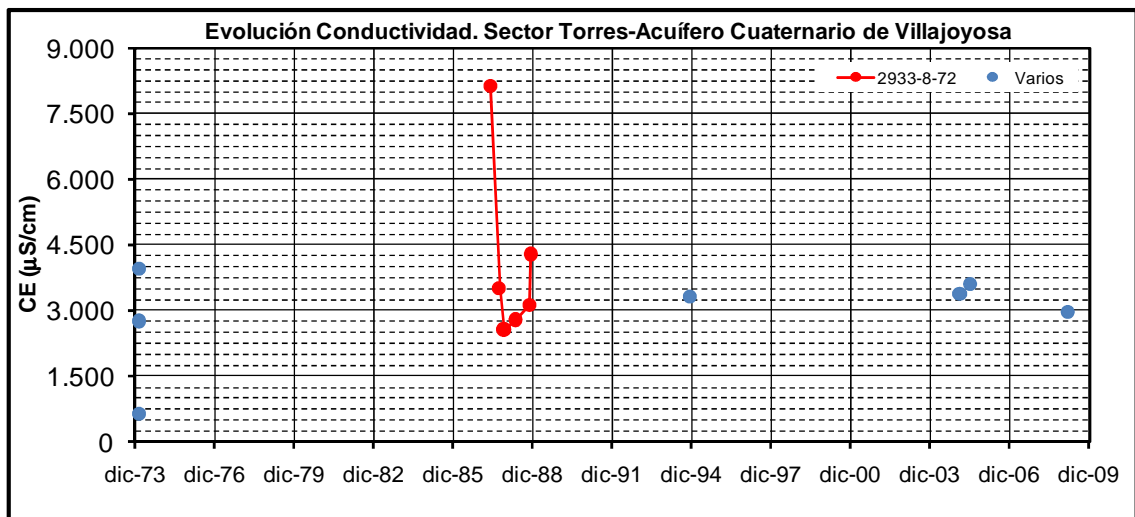


Figura nº 237.- Evolución de la CE. Sector Torres

Según la clasificación del USLS (ver Figuras nº 238 y 239), las aguas sólo son adecuadas para algunos cultivos si los suelos son permeables y tienen un buen drenaje, y presentan riesgo de alcalinización de medio a moderado (tipos C4S2 y C4S3). Por su parte, según la

clasificación de la FAO, no deben causar problemas de infiltración (ver Figuras nº 240 y 241).

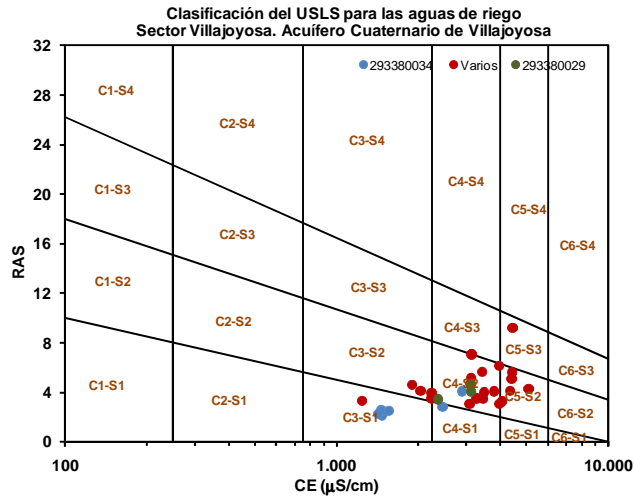


Figura nº 238.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Sector Villajoyosa

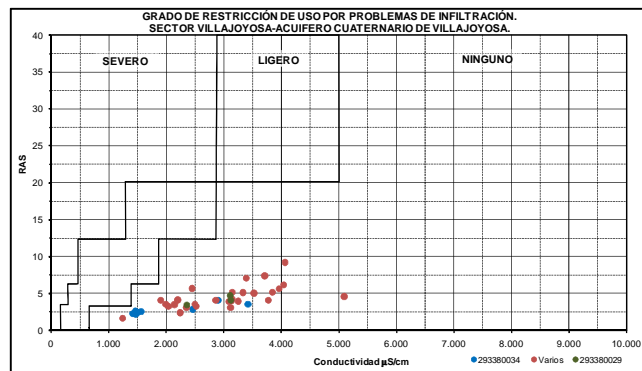


Figura nº 239.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO. Sector Torres

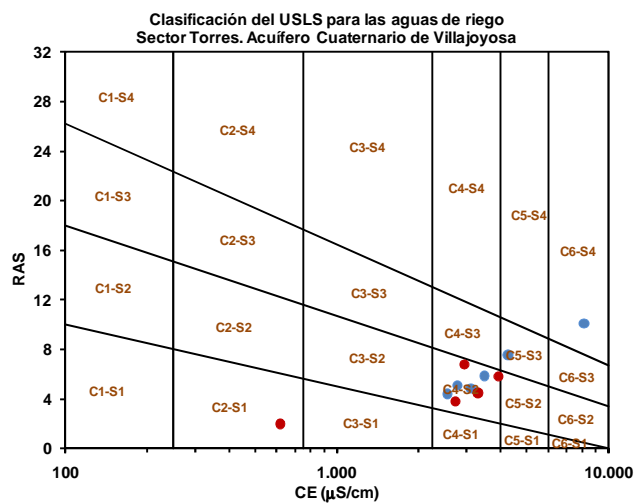


Figura nº 240.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Sector Torres

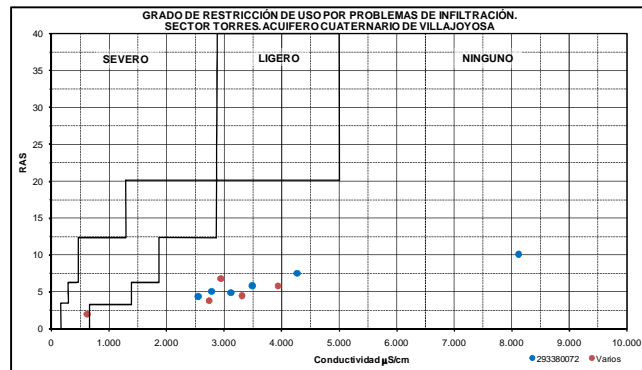


Figura nº 241.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO. Sector Torres

Las restricciones de uso agrícola en el sector Torres por la toxicidad del Na (15,7 meq/l como promedio y 53 meq/l de valor máximo), Cl (13,7 meq/l de promedio y 66,2 meq/l de máximo) y NO<sub>3</sub> (65,4 mg/l de promedio) son severas y moderadas las de los HCO<sub>3</sub> (4,2 meq/l de promedio) y el B (1,0 mg/l de promedio). Por su parte en el sector Villajoyosa también son severas para el Na (14,7 meq/l como promedio y 23,6 meq/l de valor máximo), Cl (11,7 meq/l de promedio y 18,4 meq/l de máximo) y NO<sub>3</sub> (109 mg/l de promedio) son severas y moderadas para los HCO<sub>3</sub> (3,7 meq/l de promedio) y el B (1,4 mg/l de promedio).

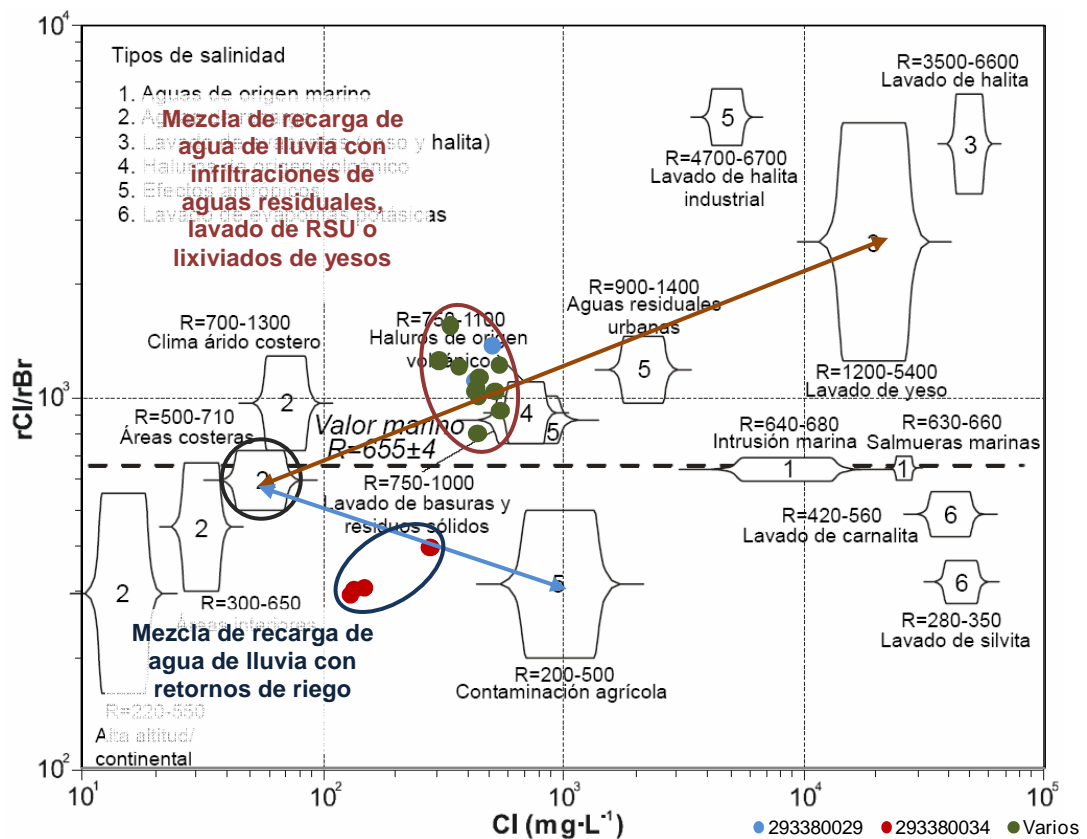
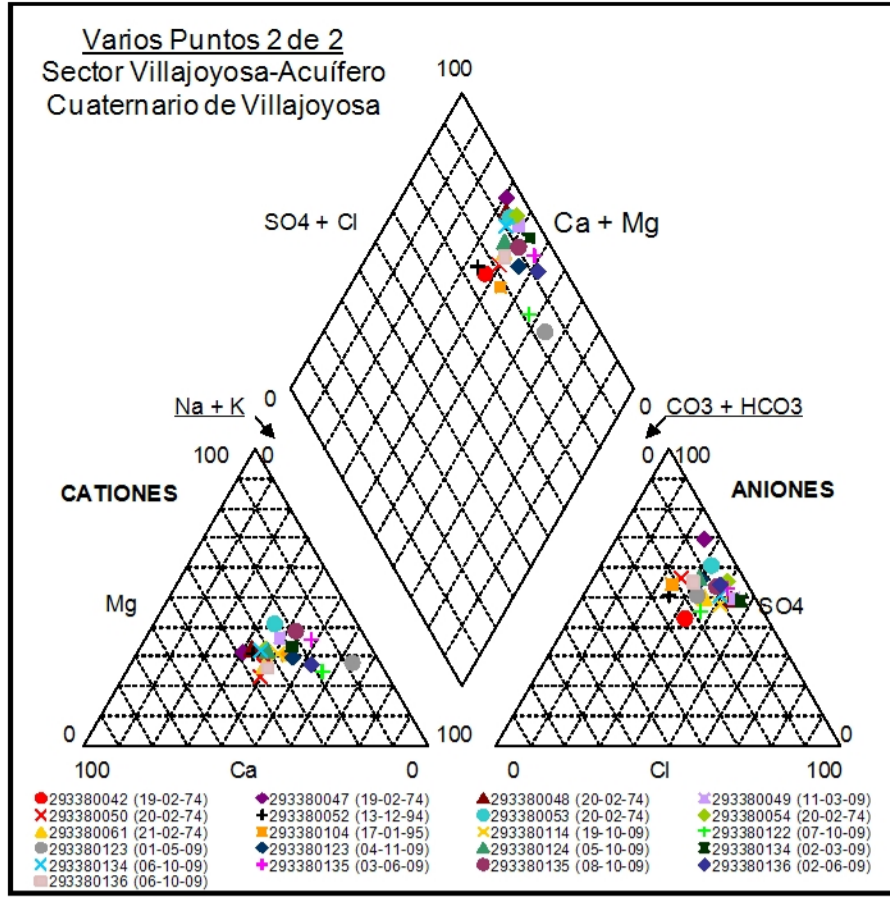
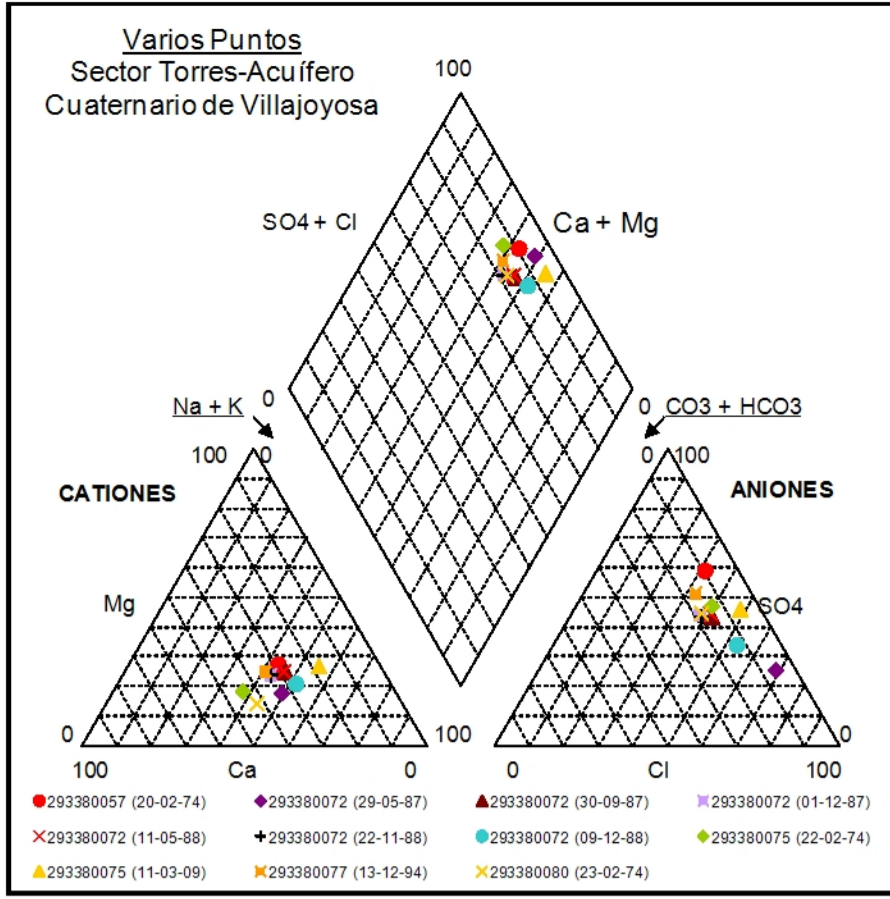
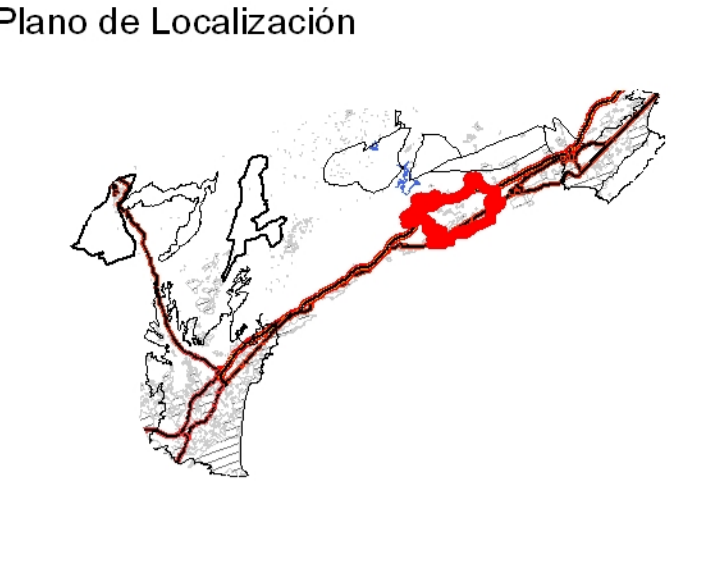
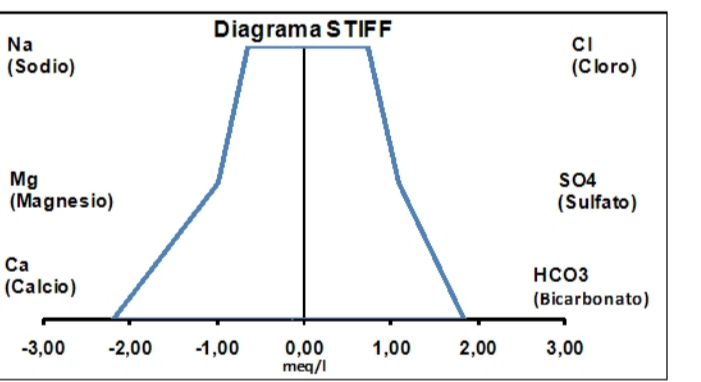


Figura nº 242.- Gráfico rCl/rBr vs. Cl. Sector Villajoyosa

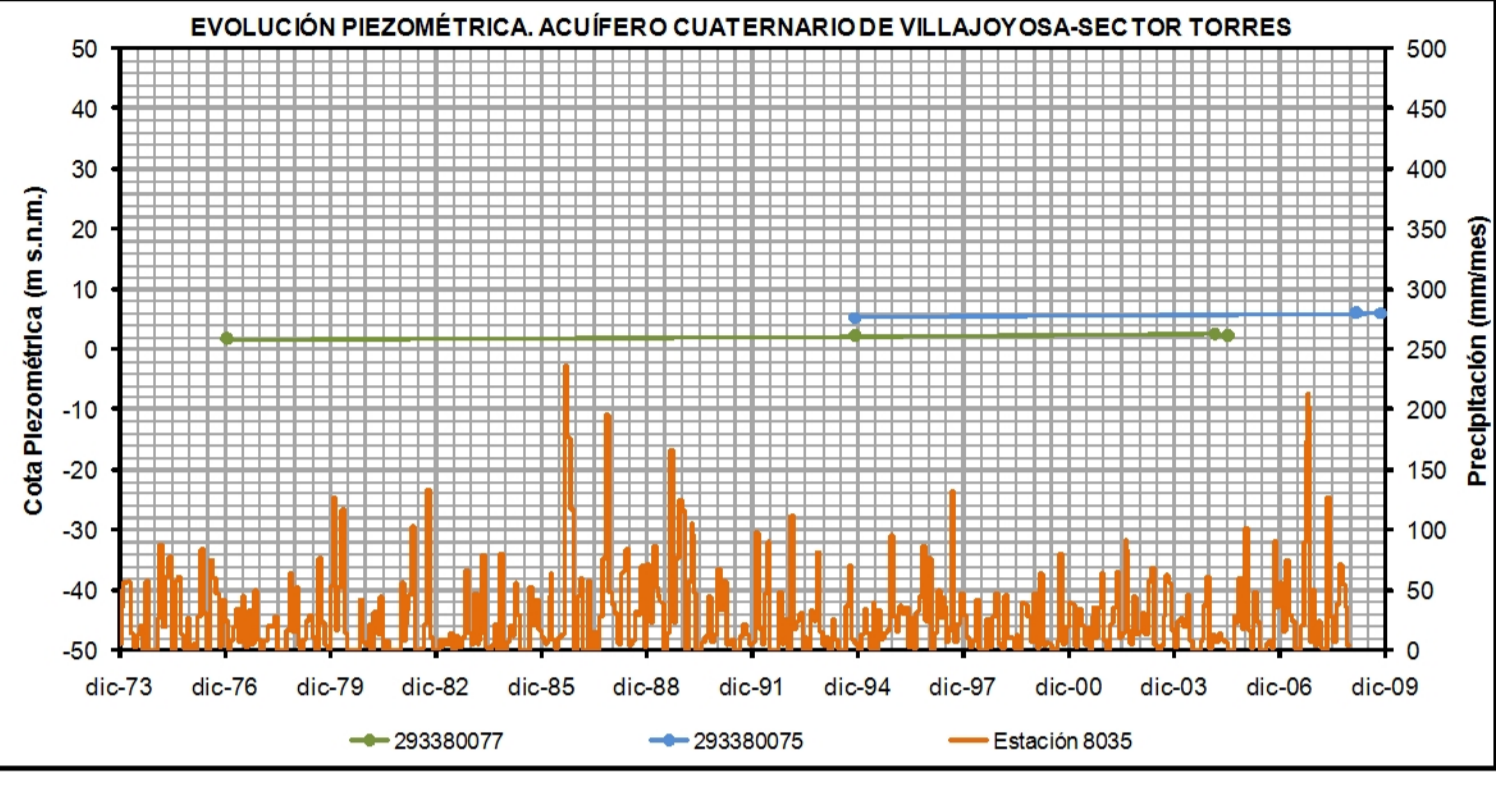
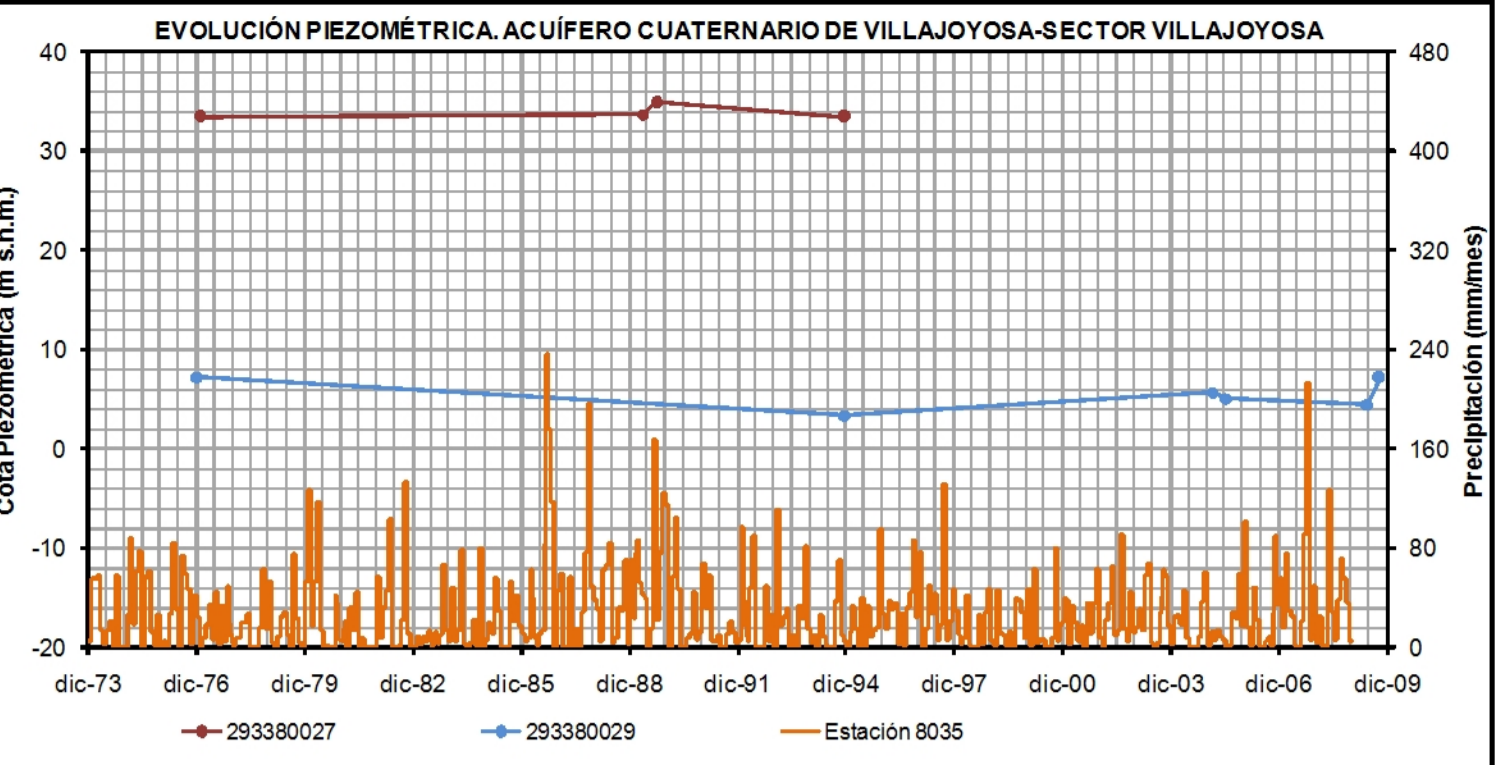
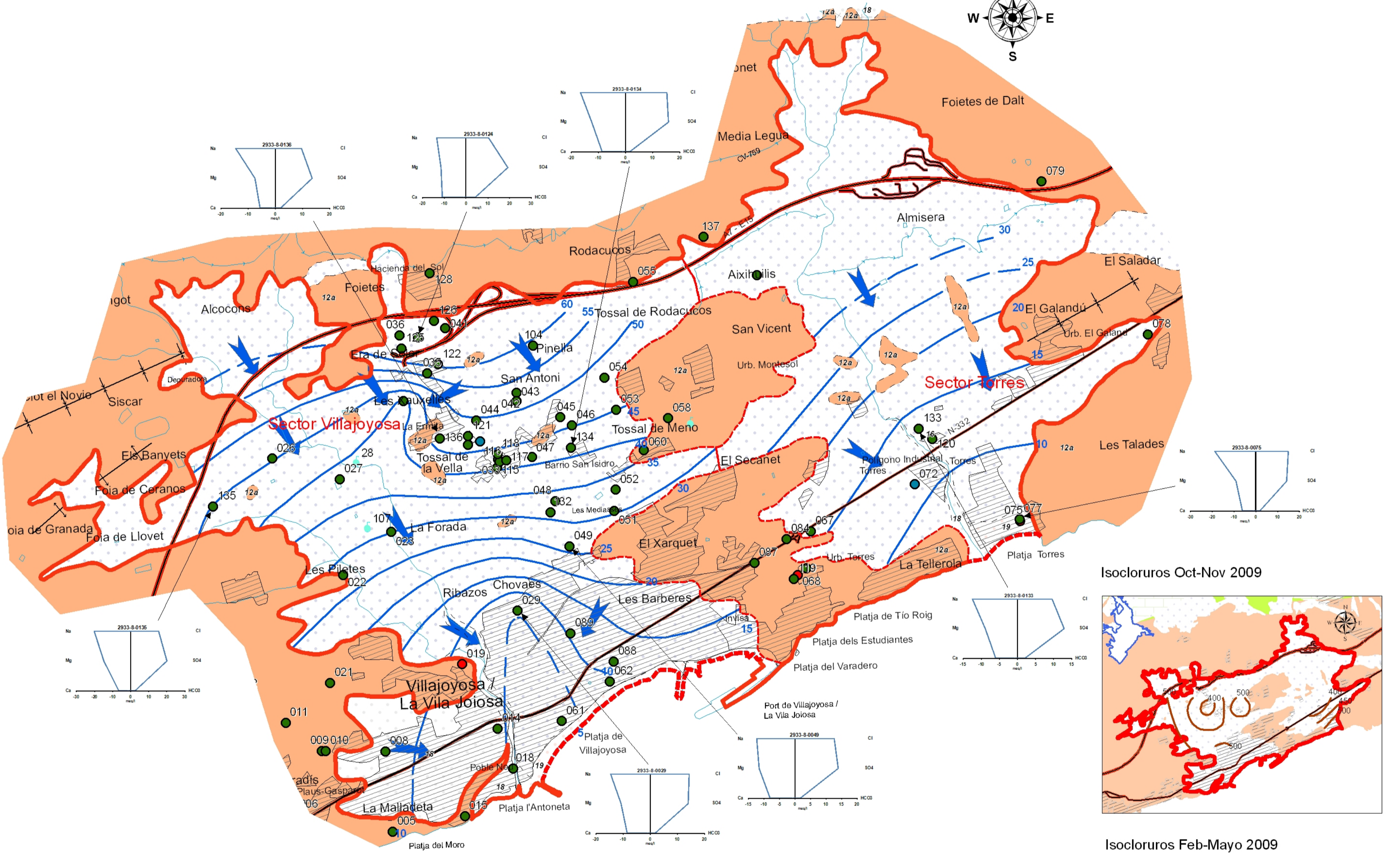


- ### Simbología
- Inventario de puntos de agua**
- Calidad
  - Explotación
  - Piezometría
  - Manantiales
- Acuíferos límites**
- Límite de acuífero abierto
  - Límite de acuífero cerrado
  - Sectores de Acuíferos
  - Cortes geológicos
- Contactos**
- Dirección y buzamiento
  - Estratificación invertida
  - Estratificación vertical
  - Anticlinal
  - Anticlinal tumbado
  - Sinclinal
  - Cabalgamiento
  - Cabalgamiento supuesto
  - Contacto concordante
  - Contacto difuso
  - Contacto discordante
  - Contacto mecánico
  - Autovía
  - Carreteras
  - Red hidrogáfica
  - Embalses
  - Zonas urbanas
  - Isopiezas Oct-Nov 2009
  - Flujo subterráneo

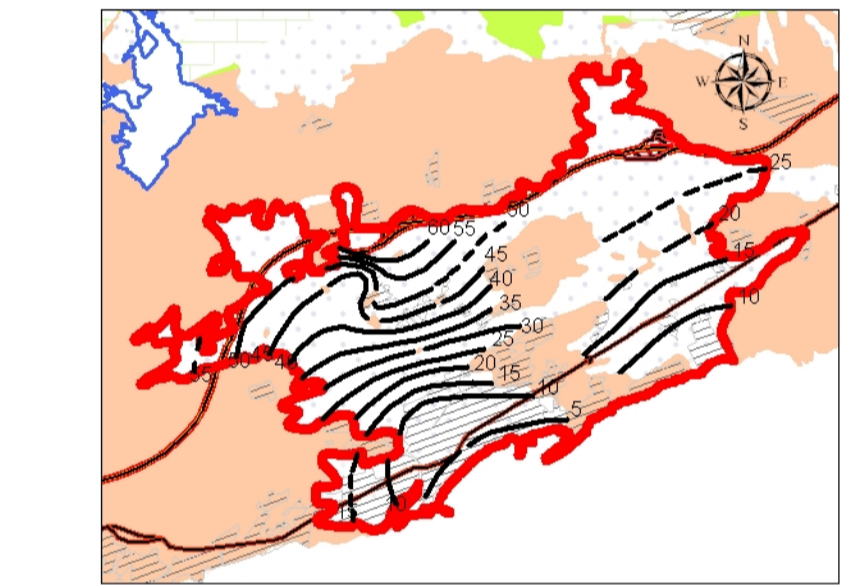


### LEYENDA LITOLÓGICA

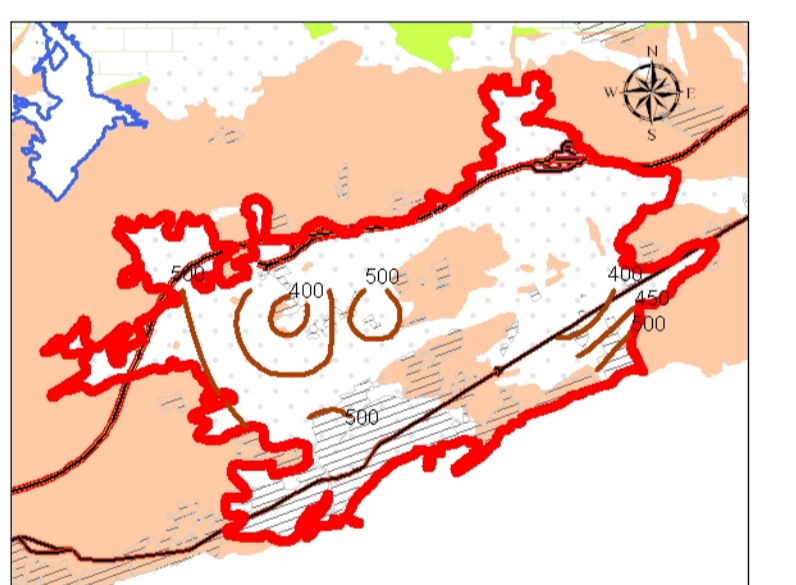
ERA	PERÍODO	LITOLÓGICA		DESCRIPCIÓN
		Permeable	Permeable	
TERCIARIO	NEÓGENO	19	18	19. Arenas y gravas litorales
		17	16	18. Aluvial. Depósitos fondo de valle
	MIOCENO	15	14	17. Terrazas aluviales
		13	12a, 12b	16. Arenas, gravas y limos rojos localmente encostrados. Glacis
CRETÁCICO	SUPERIOR	10	11	15. Limos rojos, conglomerados y costras calcáreas
		9		14. Areniscas y calcarenitas
	INFERIOR	6	7	13. Margas y brechas
		5		12b. Calcarenitas
JURÁSICO	MALM	3		12a. Margas con niveles de calcarenitas
		2		11. Margocalizas y margas blancas y rosadas
TRIÁSICO	MUR	1		10. Calizas tableadas blancas
				9. Calizas, dolomías y brechas



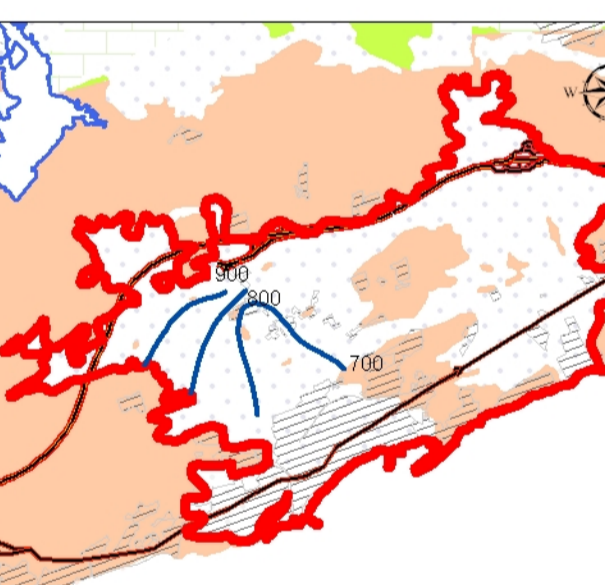
### Isopiezas Feb-Mayo 2009



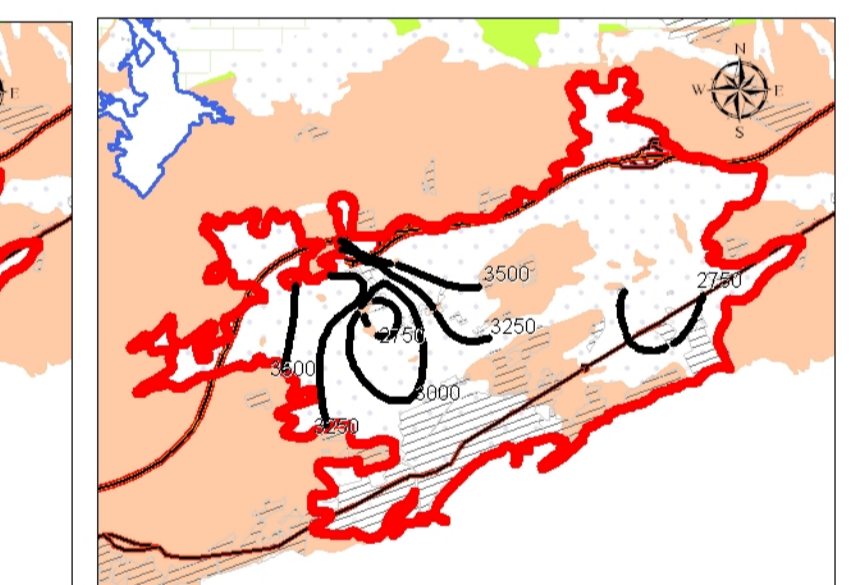
### Isocloruros Oct-Nov 2009



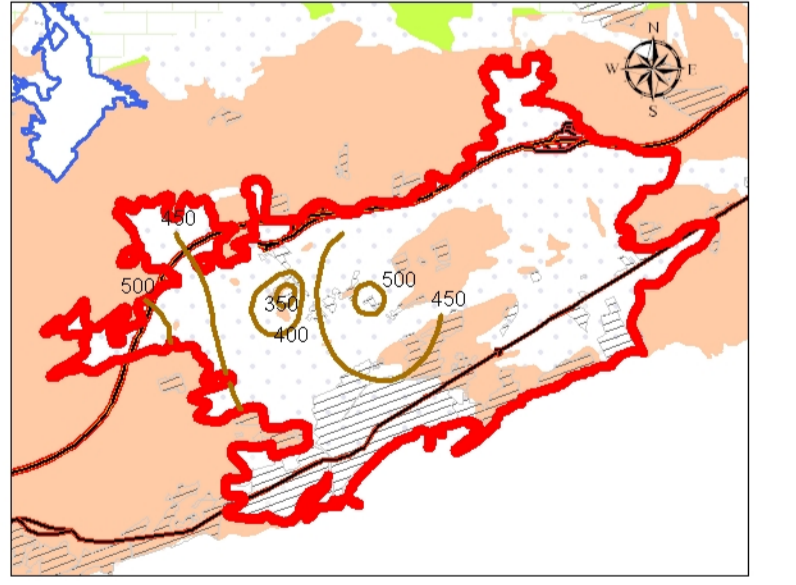
### Isosulfatos Oct-Nov 2009



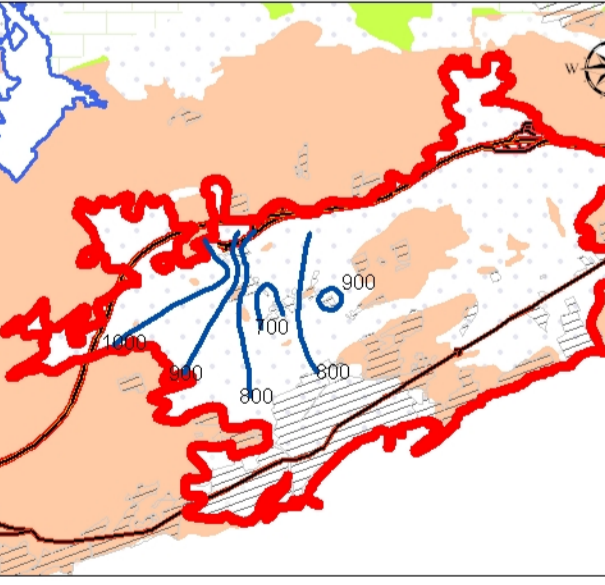
### Isoconductividades Oct-Nov 2009



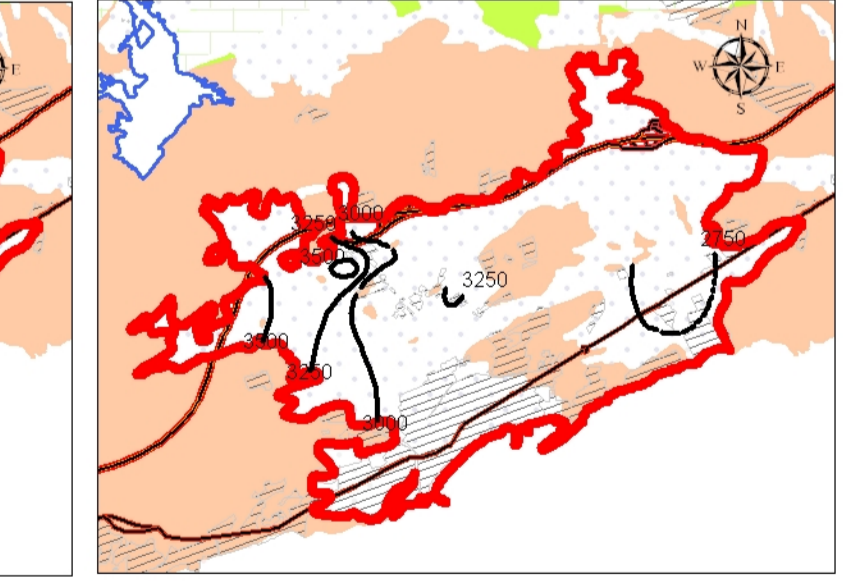
### Isocloruros Feb-Mayo 2009



### Isosulfatos Feb-Mayo 2009

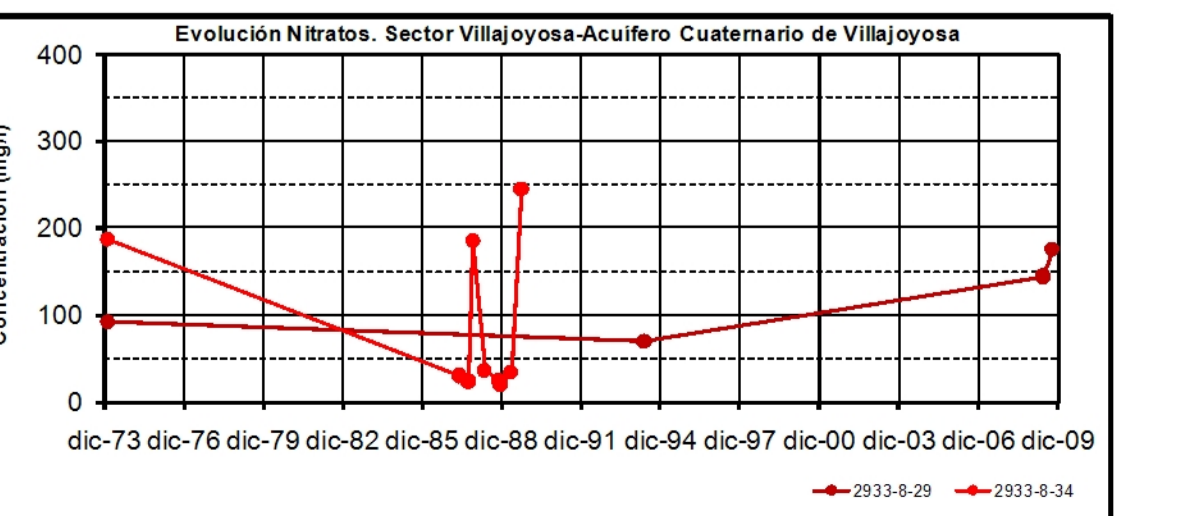
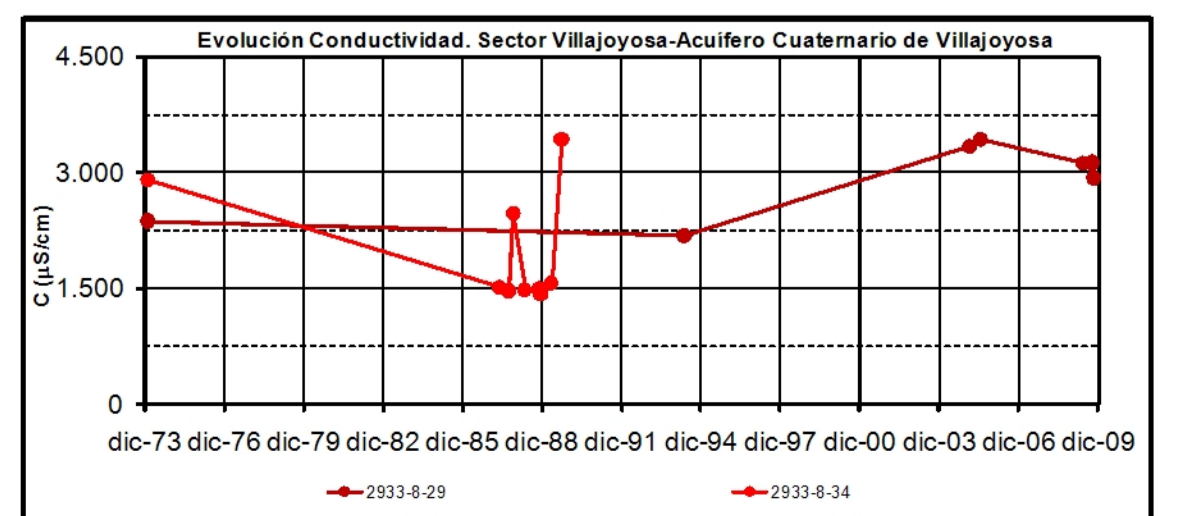


### Isoconductividades Feb-Mayo 2009



### Balace Hídrico

Sector	Entradas					Salidas					Recursos (hm³/año)	
	Llu	Rr	Pa	Sub	Total	Man	Bo	Sub	Río	Mar	Total	Utilizados
Villajoyosa	0,38	0,33	0,22	--	0,93	--	0,10	--	--	0,83	0,93	
Torres	0,29	0,13	0,03	--	0,45	--	0,10	--	--	0,35	0,45	0,10-0,18
<b>Totales</b>	<b>0,67</b>	<b>0,46</b>	<b>0,25</b>	<b>--</b>	<b>1,38</b>	<b>--</b>	<b>0,20</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>1,18</b>	<b>1,38</b>	<b>0,10-0,18</b>



GOBIERNO DE ESPAÑA, MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN, Instituto Geológico y Minero de España, DIRECCIÓN DEL PROYECTO: BRUNO J. BALLESTEROS NAVARRO, LUIS RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, TÍTULO DEL PROYECTO: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLOGICA DE LA UNIDAD DE ORCHETA, MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA 080.072 ORCHETA Y 080.073 SAN JUAN-BENIDORM, TÍTULO DEL PLANO: ACUIFERO DE VILLAJOYOSA, FECHA: DICIEMBRE 2009, ACUIF. 9, HOJA 1 DE 1

De acuerdo con la relación Cl y ratio rCl/rBr (ver Figuras nº 242 y 243), el origen de la salinidad en los dos sectores del acuífero puede corresponder a la mezcla de agua de lluvia con aguas residuales, lavado de RSU o lixiviados de yesos aportaciones y/o mezcla de agua de lluvia con retornos de riego.

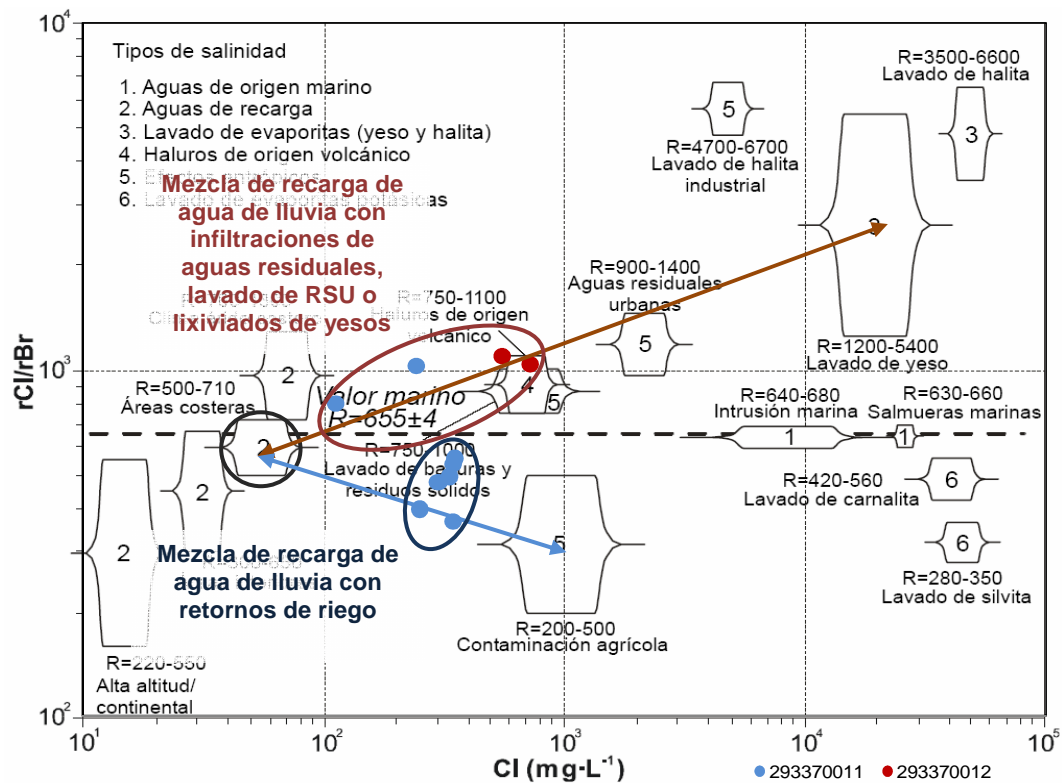


Figura nº 243.- Gráfico rCl/rBr vs. Cl. Sector Torres

### 11.18.6.2 ISÓTOPOS ESTABLES

En este acuífero se tomaron las muestras para conocer la composición isotópica del agua en los puntos que se muestran en la Tabla nº 144.

Tabla nº 144.- Puntos de muestreo isotópico. Acuífero Cuaternario de Villajoyosa

Punto	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Fecha Toma	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	d (‰)
<b>Sector Torres</b>								
2933-8-0133	Viveros Villa-Garden	Sondeo	?	20/10/2009	-10,20	-29,58	-5,91	17,66
<b>Sector Villajoyosa</b>								
2933-8-0029	Chocolates Valor	Pozo	30,0	19/10/2009	-10,48	-22,32	-4,62	14,67

Punto	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Fecha Toma	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	d (‰)
2933-8-0114	Casa Jacinto	Sondeo	20,0	19/10/2009	-10,17	-27,41	-5,44	16,14
2933-8-0122	Silveria Bustos	Sondeo	30,0	20/10/2009	-10,58	-28,95	-5,45	14,61
2933-8-0123	Partida San Antonio	Sondeo	50,0	20/10/2009	-10,50	-10,08	-7,14	47,06
2933-8-0124	Peaje Aumar	Sondeo	38,0	19/10/2009	-11,58	-22,60	-4,94	16,96
2933-8-0136	El Brasco	Pozo	20,0	19/10/2009	-9,53	-21,63	-4,26	12,42

Los resultados obtenidos en el único punto muestreado del sector Torres (2933-8-133) permite estimar una cota media del área de recarga entre los 150 y 275 m s.n.m.

En dos de los seis puntos muestreados del sector Villajoyosa (2933-8-114 y 122) se estima que el área de recarga se encuentra entre los 25-125 y 175 m s.n.m. En el resto se producen posibles fenómenos de enriquecimiento de isótopos pesados previos a la infiltración o la mezcla de agua de otros orígenes, caso del punto 2933-8-136 en el que se interpreta una probable mezcla con agua de mar.

Todas las muestras se acercan a la línea meteórica trazada en la Figura nº 141 y toman valores en exceso de deuterio comprendidos entre 12,5 y 17,0‰, es decir, el agua de lluvia infiltrada tiene origen mediterráneo y, en menor proporción, atlántico, salvo el punto 2933-8-123. Los valores de este último se pueden correlacionar con la infiltración de agua de lluvia procedente mayoritariamente del Mediterráneo y/o precipitaciones intensas y de corta duración, escasa humedad atmosférica y evaporación rápida.

En cuanto a los resultados de  $\delta^{13}\text{C}$  hay que decir que están comprendidos entre -11,58 y -9,53‰.

## 11.19 ACUÍFERO CUATERNARIO DE SAN JUAN-CAMPELLO

### 11.19.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS GENERALES

Fruto de las investigaciones que el ITGE lleva a cabo hasta 1986, se publica el estudio "Las Aguas Subterráneas en la Comunidad Valenciana-Usos, Calidad y Perspectivas de Utilización", donde, entre otros, se describe el acuífero Cuaternario de San Juan-Campello. En este documento se le asigna una superficie de 55 km<sup>2</sup> y se estima una alimentación por la infiltración de agua de lluvia de 3 hm<sup>3</sup>/año (se consideran despreciables los retornos de riego y no se cuantifican las posibles aportaciones del río Seco y las pérdidas en la infraestructuras de riego) y una descarga al mar que se aproxima al valor anterior, al considerarse insignificantes los bombeos en pozos.

En la publicación anterior también se indica que la elevada salinidad de las aguas del acuífero (que llega a alcanzar los 1.900 ppm de sales disueltas) puede deberse a aguas salinas antiguas en proceso de lavado desde el último movimiento eustático o a procesos de intrusión salina (esta última hipótesis se considera como la más lógica). Por otro lado, a

partir de los mapas de isocloruros se concluye que puede existir una probable recarga de las avenidas del río Seco y que hay una zona de difusión agua dulce-agua salada muy amplia (ángulo de la interfase con el plano de cota 0 m s.n.m., probablemente, nulo), debido a la escasa salida de agua dulce al mar por unidad de superficie.

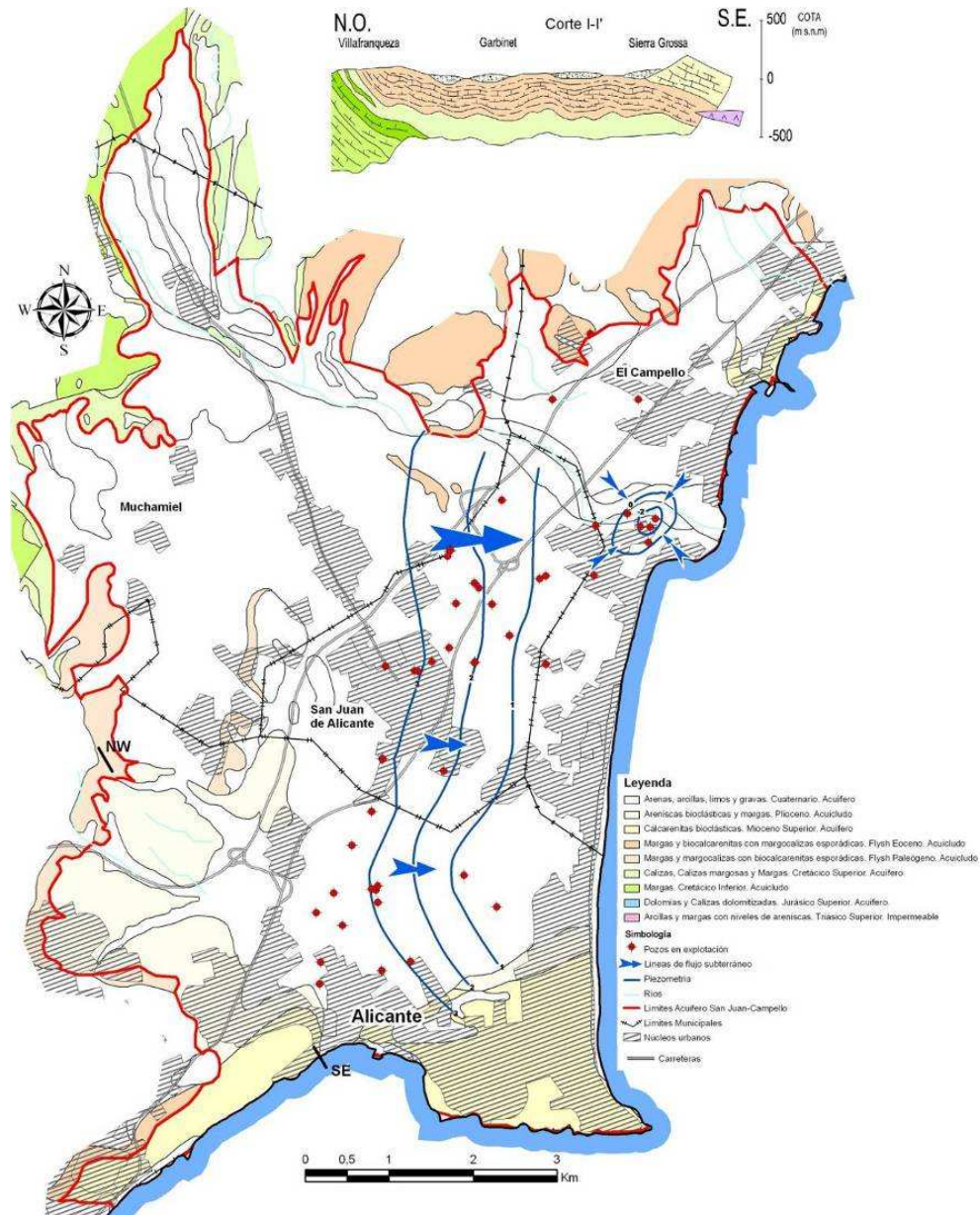


Figura nº 244.- Esquema hidrogeológico de los Acuíferos de San Juan Campello (Fuente: DPA, 2007)

El IGME, en los trabajos realizados en 1990 (Estudio de la Intrusión Marina en Acuíferos Costeros de Murcia y Alicante), considera una superficie superior, de 65 km<sup>2</sup>, al incluir las



areniscas y calcarenitas del Plioceno, aflorantes en el sector suroccidental, y las calizas del Mioceno superior, que lo hacen en los extremos suroriental (Cabo de las Huertas) y nororiental (Punta de los Banets). También, en ese trabajo, considera que la salinidad del acuífero está condicionada por calidad natural que presentan sus aguas (facies clorurada-sulfatada mixta con predominio de los iones cloro, sulfato y sodio) y por la gran superficie de contacto acuífero-mar (a lo largo de casi 15 km de costa), lo que dificulta distinguir las zonas en las que se produce una relación con el agua del mar. Sin embargo, las altas concentraciones en cloruros sólo se podían explicar considerando una extensa zona de mezcla que afectaba a la mayor parte del acuífero, sobre todo en las zonas en las que la descarga era prácticamente nula, como la zona sur de Sant Joan d'Alacant.

En el Mapa del Agua de la Provincia de Alicante de 1992 (DPA) se asigna a este acuífero una superficie de 60 km<sup>2</sup> y unos recursos de 3,5 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales sólo 0,1 hm<sup>3</sup>/año se bombean en sondeos y/o pozos y el resto, 3,4 hm<sup>3</sup>/año, se drenan al mar.

En 2005 la DPA incluye, en el “Estudio de la Viabilidad de Utilización de Acuíferos Costeros Provinciales para Abastecimiento y en Usos Urbanos Directos No Restringidos”, el acuífero de San Juan-Campello. En 2007 publica la síntesis de ese trabajo asignándole una superficie de 66 km<sup>2</sup> (ver Figura nº 244) y unos recursos de 3,38 hm<sup>3</sup>/año (originados por la infiltración del agua de lluvia, por los retornos de los regadíos y por las fugas de las redes de agua de los núcleos urbanos que se asientan sobre el mismo), de los que al menos 3,0 hm<sup>3</sup>/año se drenan al mar y el resto (unos 0,17-0,20 hm<sup>3</sup>/año) se extraen a través de las captaciones existentes.

Por último, en el Mapa del Agua de la Provincia de Alicante editado por la DPA en 2007, se estiman unos recursos de 2,35 hm<sup>3</sup>/año (1,35 hm<sup>3</sup>/año debidos a la infiltración del agua de lluvia y 1,00 hm<sup>3</sup>/año a retornos de riego y/o aportaciones de cauces), de los que 1,20 hm<sup>3</sup>/año se bombean en pozos y/o sondeos y el resto, 1,15 hm<sup>3</sup>/año, se drenan al mar.

A partir de la cartografía geológica e hidrogeológica realizada durante la ejecución del presente trabajo, el acuífero de San Juan-Campello se define con una extensión de 74,91 km<sup>2</sup> que se distribuye entre los municipios de Alicante (23,39 km<sup>2</sup>), Busot (1,01 km<sup>2</sup>), El Campello (13,32 km<sup>2</sup>), Muchamiel (26,99 km<sup>2</sup>) y San Joan d'Alacant (10,20 km<sup>2</sup>), todos pertenecientes a la comarca de L'Alacantí (ver Tabla nº 145).

**Tabla nº 145.- Extensión de municipios.  
Acuífero Cuaternario de San Juan-Campello**

Municipio	S (km <sup>2</sup> )
Alicante	23,39
Busot	1,01
El Campello	13,32
Mutxamel	26,99
Sant Joan d'Alacant	10,20
<b>Total</b>	<b>74,91</b>

Tiene una morfología irregular, una anchura en la dirección E-W que en su zona central alcanza los 6 km y se localiza inmediatamente al norte de la ciudad de Alicante, en una depresión constreñida, “sensu lato”, entre los afloramientos cretácicos del meridiano de Villafranqueza al oeste, la prolongación de los mismos hacia el noroeste, hasta el río Monnegre, los depósitos terciarios al norte y el mar Mediterráneo al este y sur.

El sistema de drenaje natural lo constituye el río Monnegre (también denominado Verde o Seco) que discurre por el sector septentrional y desemboca en las inmediaciones de la ciudad de El Campello.

El territorio está sujeto a continuas modificaciones, sobre todo en la franja más cercana a la costa, debido a la presión urbanística y la ocupación de suelo para actividades de ocio y turismo.

Los afloramientos permeables tienen una extensión próxima a los 70,47 km<sup>2</sup> y sobre ellos asientan los usos y/o aprovechamientos del suelo que se muestran en la Tabla nº 146.

**Tabla nº 146.- Usos del suelo sobre afloramientos permeables. Acuífero Cuaternario de San Juan-Campello**

Usos de suelo permeable	S (km <sup>2</sup> )
Agua	0,94
Bosque	0,14
Campos de Golf	0,67
Cultivos herbáceos de regadío	9,46
Cultivos herbáceos de secano	5,98
Espacios sin vegetación	0,34
Frutales regadío	5,15
Frutales secano	1,68
Improductivo	5,05
Matorral	12,54
Olivar regadío	0,11
Olivar secano	0,30
Invernaderos	2,18
Pastizales	1,22
Viñedo regadío	0,02
Zonas verdes urbanas	
Alicante	0,16
Mutxamel	0,05
Sant Joan d'Alacant	0,05
Urbano	
Alicante	10,97

Usos de suelo permeable	S (km <sup>2</sup> )
Busot	0,02
El Campello	4,77
Mutxamel	4,42
Sant Joan d'Alacant	4,26
<b>Total</b>	<b>70,47</b>

### 11.19.2 LITOLOGÍA Y GEOMETRÍA

La estructura general del sistema corresponde a un gran abanico aluvial Pliocuaternalio con ápice en el paraje Molí d'Enmig, situado en el contacto entre los afloramientos cretácicos y los pliocuaternalios. En la parte alta de estos cuerpos sedimentarios los depósitos corresponden a clastos no clasificados de granulometría heterométrica (con permeabilidad intrínseca baja), en la intermedia pueden aparecer lentejones de arenas y gravas (con permeabilidad moderada-alta) entre limos y en la zona distal depósitos más finos con gravas y arenas (permeables) asociadas a paleocanales de un antigua red drenaje con morfología anastomosada.

El acuífero está formado en su zona septentrional (al noroeste de la línea que une la rambla d'Orgègia y la playa de la Almadrava de El Campello) por depósitos pliocuaternalios y cuaternalios constituidos por arenas, gravas y limos, que pueden alcanzar los 40-50 m de espesor. La zona meridional está definida por los depósitos anteriores (entre ambas zonas suman 61,74 km<sup>2</sup>), además de por unos 40-50 m de areniscas del Plioceno (4,76 km<sup>2</sup>) aflorantes en el suroeste del acuífero, y por otros 60 m de calcarenitas del Paleógeno-Mioceno (4,21 km<sup>2</sup>) que aparecen en Cap de L'Horta y Playa de la Almadrava.

Tabla nº 147.- Extensión de formaciones aflorantes. Acuífero Cuaternalio San Juan-Campello

Formación	Edad	S (km <sup>2</sup> )
Margas, margocalizas arenosas con erizos	Albiense	0,29
Calizas, dolomías y brechas	Cenomaniense-Turoniense	0,03
Margocalizas y margas blancas rosadas	Senoniense	0,03
Margas con niveles de calcarenitas	Mioceno-Paleógeno	1,44
Calcarenitas		4,21
Areniscas y calcarenitas	Plioceno	4,76
Limos rojos, conglomerados y costras calcáreas		2,64
Arenas, gravas y limos rojos localmente encostrados. Glacis	Plioceno-Pliocuaternalio	59,57
Terrazas aluviales	Cuaternalio	0,48
Aluvial. Depósitos de fondo de valle		0,92
Arenas y gravas litorales		0,77
<b>TOTAL</b>		<b>74,91</b>

La base impermeable viene dada por las margas con calcarenitas del Mioceno en la zona septentrional, y, por las margas y brechas del Paleógeno en la zona meridional, situadas a muro de las calcarenitas del Paleógeno-Mioceno.

El límite oriental, abierto, coincide con la línea de costa (playa de Sant Joan), al igual que el borde sur, mientras que en el resto los límites se consideran cerrados y están definidos por las margas con niveles de areniscas del Mioceno y, en la zona noroccidental, por los afloramientos cretácicos constituidos por margas y margocalizas arenosas con erizos del Albiense y por margocalizas y margas blancas y rosadas del Senoniense.

### 11.19.3 PIEZOMETRÍA Y PARÁMETROS HIDRÁULICOS

La superficie piezométrica presenta cierta estabilidad, salvo en los pozos 2934-2-4 y 2934-6-3 y 2934-6-5. En el primero (pozo Vinclé) se observan descensos a partir de 1990 hasta situarse por debajo de la cota del mar. Este pozo, de 41 m de profundidad, se utiliza como fuente de suministro de la desaladora que la hortícola Bonnysa tiene en el municipio de El Campello (2,3 hm<sup>3</sup> extraídos en 1990). En el pozo 2933-6-3 también se deduce cierta tendencia de descensos entre 1990 y 2004 debido a la proximidad de otras captaciones y a la posible afección del 2934-2-4. En el punto 2933-6-5 también se observa una tendencia descendente, pero no tan acusada.

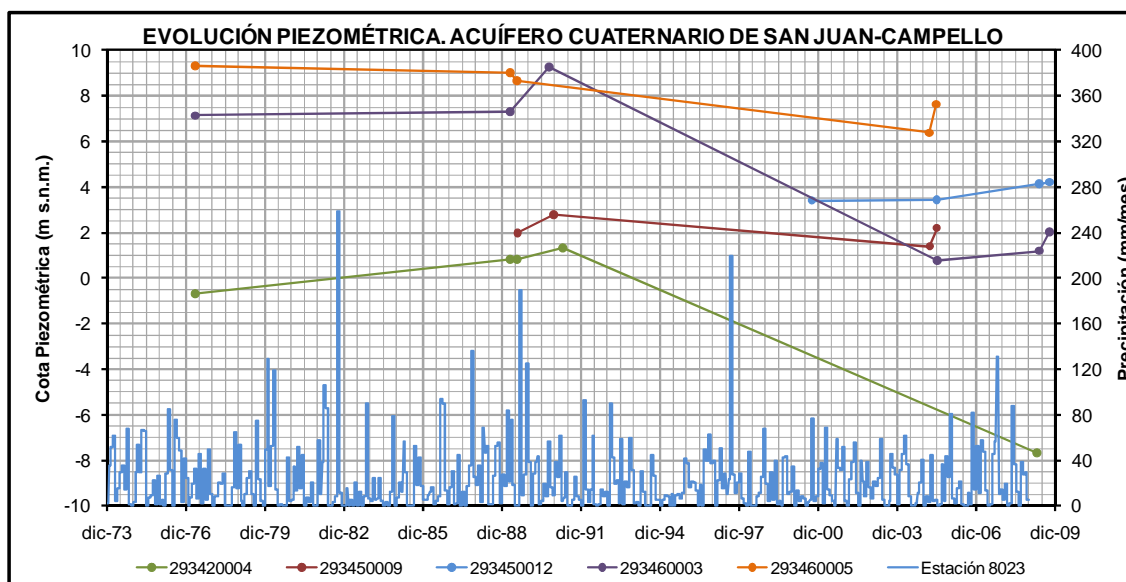


Figura nº 245.- Evolución piezométrica. Acuífero San Juan-Campello

Tal y como pone de manifiesto la morfología de la superficie piezométrica, la circulación del agua subterránea se realiza en el sentido NW-SE, hacia la zona de descarga localizada en el borde oriental y coincidente con la línea de costa. Sin embargo, se producen ciertas distorsiones debidas a la influencia de los bombeos, como por ejemplo en el entorno del

pozo Vincle donde las cotas llegan a ser negativas. Los máximos, que rondan los 85 m s.n.m., se sitúan en la zona noroccidental, en las proximidades del tramo norte del borde del acuífero. El gradiente hidráulico disminuye notablemente con el sentido de flujo al aumentar la permeabilidad (debido al cambio de facies sedimentaria que se produce en la zona central del abanico aluvial) y el espesor del acuífero (más potente al encontrarse bajo el abanico Pliocuaternalio las areniscas y calcarenitas del Plioceno y el Paleógeno-Mioceno).

### 11.19.1 FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA

La recarga del sistema tiene lugar por infiltración del agua de lluvia, retornos de los regadíos, fugas en las redes de agua de los núcleos urbanos que se asientan sobre el mismo y, posiblemente, alimentación del río Monnegre (de difícil cuantificación), que presenta facies sulfatado-cloruradas sódico-cálcicas o cálcico-sódicas y CE próximas a los 3.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (confluencia de los ríos Monnegre y La Torre), lo que condiciona la calidad natural del agua del acuífero. Se descarta que se produzca una transferencia lateral significativa de los cuaternarios que aparecen en el borde occidental, en concreto en el barranco de Juncaret, debido a la proximidad del la base impermeable, que origina la surgencia Balsa del Collado (2934-1-8).

La descarga, equivalente al volumen de la recarga, tiene lugar por los bombeos realizados para distintos usos (en su mayoría agrícolas), por drenaje al mar y por el que se produce a través de los manantiales Balsa de Peregrino (2934-5-2) y Balsa de Barranco de Orgègia (2934-5-18), el primero relacionado con el Pliocuaternalio y el segundo con las areniscas y calcarenitas del Plioceno que afloran en ambas márgenes del barranco.

Aunque se supone que existen excedentes que son drenados al mar, se producen efectos de intrusión marina cuando los bombeos se concentran en el espacio y el tiempo en las proximidades de la línea de costa (entorno del punto 2934-2-4), que también originan un deterioro de la calidad del agua del acuífero.

### 11.19.2 BALANCE HÍDRICO

#### 11.19.2.1 DETERMINACIÓN DE INFILTRACIÓN NATURAL

Su estimación se ha realizado aplicando sobre los afloramientos permeables no urbanizados (45,78  $\text{km}^2$  de 70,47  $\text{km}^2$ ) el balance hídrico de la estación 8026A (ver Tabla nº 148).

Tabla nº 148.- Estimación de infiltración de agua de lluvia. Acuífero Cuaternario San Juan-Campello

P (mm/año)	ETR (mm/año)	RAU (mm)	P <sub>o</sub> (mm)	Lluvia Útil (mm/año)			% Infil./P	S ( $\text{km}^2$ )	Entradas ( $\text{hm}^3/\text{año}$ )
				Infil.	Escorr.	Total			
288,8	241,7	50	35	39,5	6,5	46,0	13,7	45,78	1,81

### 11.19.2.2 ANÁLISIS DE USOS DE AGUA

Los puntos de agua inventariados se localizan en su mayoría en la mitad oriental del acuífero. Están situados en pequeñas propiedades privadas destinadas a segunda vivienda o en villas antiguas con extensiones apreciables de jardines.

La modificación del medio físico y el cambio de la actividad económica basada en la agricultura, a una actividad orientada casi exclusivamente al turismo, conlleva que las captaciones que existían en la zona dedicadas a la actividad agrícola hayan desaparecido, no se usen, estén desinstaladas, o se han incorporado a otras actividades y usos.

En el Tabla nº 149 se indican las características principales de los puntos inventariados en el acuífero San Juan-Campello.

**Tabla nº 149.- Puntos de agua inventariados. Acuífero Cuaternario de San Juan-Campello**

Código	Municipio	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Año	Q (l/s)	V (m <sup>3</sup> /año)	Uso
293410009	Mutxamel	Molino Nuevo	Pozo-galería	40	1973	60,0	150.000	Riego
293410010	Mutxamel	Carbonell Gosalvez	Pozo-galería	22	1973	10,0	15.000	Riego de frutales
293410011	Mutxamel	Molino Gosalvez	Pozo	40		-	-	Colapsado
293410017	Mutxamel	Marseta	Sondeo	40		-	-	Abandonado
293410018	Mutxamel	Viveros Muñoz	Pozo	20	2008	0,5	1.000	Riego
293420001	Campello	Casa Eduardo	Pozo	35	1973	7,0	6.000	Doméstico
293420002	El Campello	Finca de Eduardo	Pozo-galería	26		-	-	Colapsado
293420003	Campello	Colegio Salesianos 2	Pozo	20	2008	3,0	12.000	Zonas verdes y recreativas
293420004	Campello	Vincle	Sondeo	41	2008	80,0	10.000	En reserva. Desaladora
293420006	Campello	Finca Cerdá	Pozo-galería	25	1977	2,0	8.000	Riego
293420013	El Campello	Cantera	Pozo-galería	18		-	-	Abandonado
293420014	El Campello	Colegio Salesianos	Pozo	18		-	-	Colapsado
293420015	El Campello	Bonnysa	Pozo	20		-	-	Colapsado
293420016	El Campello	Sant Rafael	Pozo	?		-	-	Abandonado
293420017	El Campello	Sant Rafael	Sondeo	?		-	-	Sin instalar
293420019	El Campello	Edificio Carrer La Mar	Pozo	--		-	-	Sin uso
293450001	Mutxamel	Balsa de Pelegrino	Pozo-galería	30		20,0	--	Se desconoce
293450002	Mutxamel	Balsa de Pelegrino	Manantial	--	1973	3,0	94.608	Riego
293450003	Alicante	Partida de Condomina	Pozo-galería	25		7,0	--	Sin Uso
293450004	Alicante	Torres de Bojarich	Pozo	25		--	--	Tapado

Código	Municipio	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Año	Q (l/s)	V (m <sup>3</sup> /año)	Uso
293450005	Alicante	Balsa de la Administradora	Pozo	50	2008	2,0	30.000	Riego
293450006	Alicante	Finca Carreras	Pozo	?		--	--	Sin Uso
293450007	Alicante	Finca Carminach	Pozo	7	1973	3,0	7.000	Riego de 1 ha
293450008	Alicante	Las Rejas	Pozo	18	2008	2,0	7.000	Desconocido
293450009	Alicante	Casa Las Rejas	Pozo	20	1989	-	-	Colapsado
293450010	Alicante	Pizzería Romana	Pozo	15		-	-	Colapsado
293450012	Sant Joan	Hospital psiquiátrico	Sondeo	35	2008	1,5	4.000	Zonas verdes y Sistema contra-incendios
293450014	Alicante	Restaurante Las Rejas	Sondeo	21		-	-	Colapsado
293450015	Alicante	C. Atlético Montemar	Sondeo	20	2008	1,5	4.000	Riego
293450016	Alicante	Balsa de Nicolás	Sondeo	42	2008	8,0	20.000	Riego
293450017	Alicante	Restaurante Las Rejas	Sondeo	21	2008	1,5	1.200	Doméstico
293450018	Alicante	Orgègia	Manantial	--		12,0	378.432	Se desconoce
293460001	Campello	Urbanización La Mezquita	Pozo-galería	35	1973	7,0	7.000	Zonas verdes y recreativas
293460002	Sant Joan	Nazaret	Sondeo	30		--	--	Se desconoce
293460003	Alicante	Finca Santa Ana	Pozo-galería	48	2008	7,0	7.000	Doméstico y riego
293460004	Sant Joan	Villa La Viña	Pozo-galería	40		-	-	Colapsado
293460005	Sant Joan	Fabraquer	Pozo-galería	60	2008	1,0	7.000	Doméstico
293460006	Sant Joan	Finca Abril	Pozo-galería	60	2008	3,0	30.000	Riego
293460007	Sant Joan	Villa Princesa	Pozo	57		25,0	-	Sin uso
293460008	Sant Joan	Residencia Ferroviarios	Pozo-galería	50		-	-	Colapsado
293460009	Alicante	Albufereta	Pozo	?		35,0	--	Se desconoce
293460010	El Campello	Villa Marco	Pozo	30	2008	20	7.200	Zonas verdes y recreativas
293460011	Sant Joan	Polideportivo Sant Joan	Sondeo	26		-	-	Sin instalar
293460012	Sant Joan	Del Valenciano	Pozo	50		-	-	Abandonado
293460013	Sant Joan	El Trosset	Pozo	50		-	-	Sin uso
293460014	Alicante	Club Golf Alicante	Sondeo	44	2008	2,0	30.000	Sin instalar
293460015	Alicante	Club de Golf Alicante 2	Sondeo	45		-	-	Sin instalar

Código	Municipio	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Año	Q (l/s)	V (m <sup>3</sup> /año)	Uso
293460016	Alicante	Club de Golf Alicante 3	Sondeo	45	-	-	-	Sin instalar
293460017	Alicante	Club de Golf Alicante	Sondeo	325	-	-	-	Sondeo Inyección

La profundidad de los pozos inventariados oscila entre los 7 m (2934-5-13) y los 60 m (2934-6-5 y 6), con la excepción del 2934-6-17 que tiene 325 m y no es de explotación, sino de inyección de salmuera.

Una característica destacable es la existencia numerosos pozos con galerías para incrementar la zona filtrante y por ende, el caudal, por lo que puede suponerse que las características hidrogeológicas de los 50 metros superiores, no deben ser muy adecuadas para la obtención de caudales elevados.

Existen escasos datos de caudales de explotación o indirectos para poder estimar su magnitud. Los facilitados indican caudales comprendidos entre 1 y 10 l/s, sin embargo, se dispone de información de captaciones que podían extraer 20-35 l/s (2934-5-1, 2934-6-7, 9 y 10) y hasta 60-80 l/s (2934-1-9 y 2934-2-4).

En este acuífero el agua utilizada puede alcanzar los 2,6 hm<sup>3</sup>/año, considerando que el pozo 2934-6-4 mantiene su régimen de explotación, y se emplea para usos agrícolas y, en menor proporción (menos del 5%), para cubrir las necesidades de zonas verdes y recreativas. Su toma se realiza tanto por medio del bombeo en pozos y sondeos como por el aprovechamiento de los manantiales Balsa de Peregrino y Balsa de Barranco de Orgègia (unos 0,40 hm<sup>3</sup>/año).

Las extracciones anuales inventariadas hasta la fecha son las siguientes:

Año	Volumen (m <sup>3</sup> /año)
1973	279.608
1977	44.000
1989	60.600
1990	2.300.000*
2005	165.000
2008	170.400

\* Más de 2.000.000 corresponde al pozo 2934-2-4

### 11.19.2.3 BALANCE HÍDRICO

Como ya se ha comentado la alimentación principal del acuífero se produce por la infiltración de lluvia útil, por la infiltración de retornos de riego, por las pérdidas que se producen en las



redes de los abastecimientos de la zona y, posiblemente, por la infiltración de caudales circulantes por el río Monnegre.

La infiltración del agua de lluvia sólo es posible en las zonas no urbanizadas ya que en las zonas urbanizadas se origina únicamente escorrentía superficial que es evacuada directamente al mar a través de las redes municipales de aguas pluviales.

Siguiendo la metodología del epígrafe 9. USOS Y APROVECHAMIENTOS DEL SUELO de este documento, la alimentación por infiltración de pérdidas en las redes de abastecimiento de los municipios (ver Tabla nº 150) y retornos de riego (ver Tabla nº 151) es de 2,79 hm<sup>3</sup>/año.

**Tabla nº 150.- Estimación de recarga por pérdidas en abastecimientos. Acuífero San Juan-Campello**

Municipio	Superficie urbanizada (km <sup>2</sup> )		Rendimiento de red (%)	Volumen suministrado en 2008 (hm <sup>3</sup> )		Volumen infiltrado (hm <sup>3</sup> )
	Total	Sobre acuífero		Total	Sobre acuífero	
Alicante	49,40	11,13	90	25,34	5,71	0,57
Busot	2,70	0,02	55	0,50	0,00	0,00
El Campello	7,58	4,77	79	3,66	2,30	0,48
Mutxamel	7,92	4,47	80	1,40	0,79	0,16
Sant Joan	4,21	4,21	90	1,91	1,91	0,19
<b>Total/media</b>	<b>71,81</b>	<b>24,60</b>	<b>88</b>	<b>32,81</b>	<b>10,72</b>	<b>1,41</b>

**Tabla nº 151.- Estimación de recarga por retornos de riego. Acuífero Cuaternario San Juan-Campello**

Tipo de cultivo	Dotación (m <sup>3</sup> /ha/año)	Superficie sobre acuífero (km <sup>2</sup> )	Demanda (hm <sup>3</sup> /año)	Retornos (hm <sup>3</sup> /año)
Herbáceos	4.736	9,46	4,48	0,67
Frutales	5.875	5,15	3,03	0,45
Olivar	4.500	0,11	0,05	0,01
Viñedo	5.313	0,02	0,01	0,00
Invernaderos	4.356	2,18	0,95	0,14
Otros*	9.886	0,67	0,66	0,10
<b>Total/media</b>	<b>5.218</b>	<b>17,59</b>	<b>9,18</b>	<b>1,38</b>

\* Zonas verdes y campos de golf

Por tanto, el balance hídrico del acuífero sería el siguiente:

**Tabla nº 152.- Balance del acuífero de San Juan-Campello**

<b>Entradas (hm<sup>3</sup>/año)</b>	
Infiltración de agua de lluvia	1,81
Infiltración por retornos de riego	1,38
Infiltración por pérdidas en las redes de abastecimiento	1,41
<b>Total</b>	<b>4,60</b>
<b>Salidas (hm<sup>3</sup>/año)</b>	
Bombeos	2,60
Descargas en manantiales	0,40
Drenaje al mar	1,60
<b>Total</b>	<b>4,60</b>

#### 11.19.2.4 RECURSOS DISPONIBLES Y USOS DEL ACUÍFERO

La alimentación de todo el acuífero se estima en 4,6 hm<sup>3</sup>/año y el volumen medio anual aprovechado puede alcanzar los 3,0 hm<sup>3</sup>/año. La diferencia, 1,6 hm<sup>3</sup>/año, podría utilizarse antes de alcanzar el mar.

En la Síntesis del Estudio de la Viabilidad del Aprovechamiento de Acuíferos Costeros Provinciales en Usos Urbanos, publicado por la DPA en 2007 se definen las áreas más favorables tanto para la captación de pequeños caudales del acuífero como de agua de mar para su desalación y la inyección de salmueras y vertidos de E.D.A.R. (ver Figura nº 246).

En principio, según la síntesis realizada por la DPA existen escasas posibilidades de captar caudales importantes de agua de mar (superiores a los 50 l/s) para su desalación posterior, a través de las formaciones acuíferas que aparecen en el entorno o en profundidad en las proximidades de la línea de la costa o en el interior. Sin embargo es posible obtener caudales próximos a los 25 l/s del acuífero Plioceno que, en principio, debe estar conectado con el mar en la zona de la playa de Sant Joan (ver Figura nº 246). La captación tipo podría tener las siguientes características (ver Figura nº 247):

- Tipo: Sondeo de 150-200 m de profundidad con entubación de 250-350 mm
- Columna litológica: de 0 a 50-60 m: arenas, limos, arcillas y gravas del Cuaternario y de 50-60 a 150-170 m: calcarenitas del Plioceno
- Acondicionamiento: Cementación de tramos superiores para evitar la contaminación del acuífero Cuaternario
- Caudal esperado y profundidad del agua: 5-25 l/s y nivel estático
- Profundidad del Agua: 5-15 m

- Salinidad total del agua captada: 35.000-55.000 mg/l

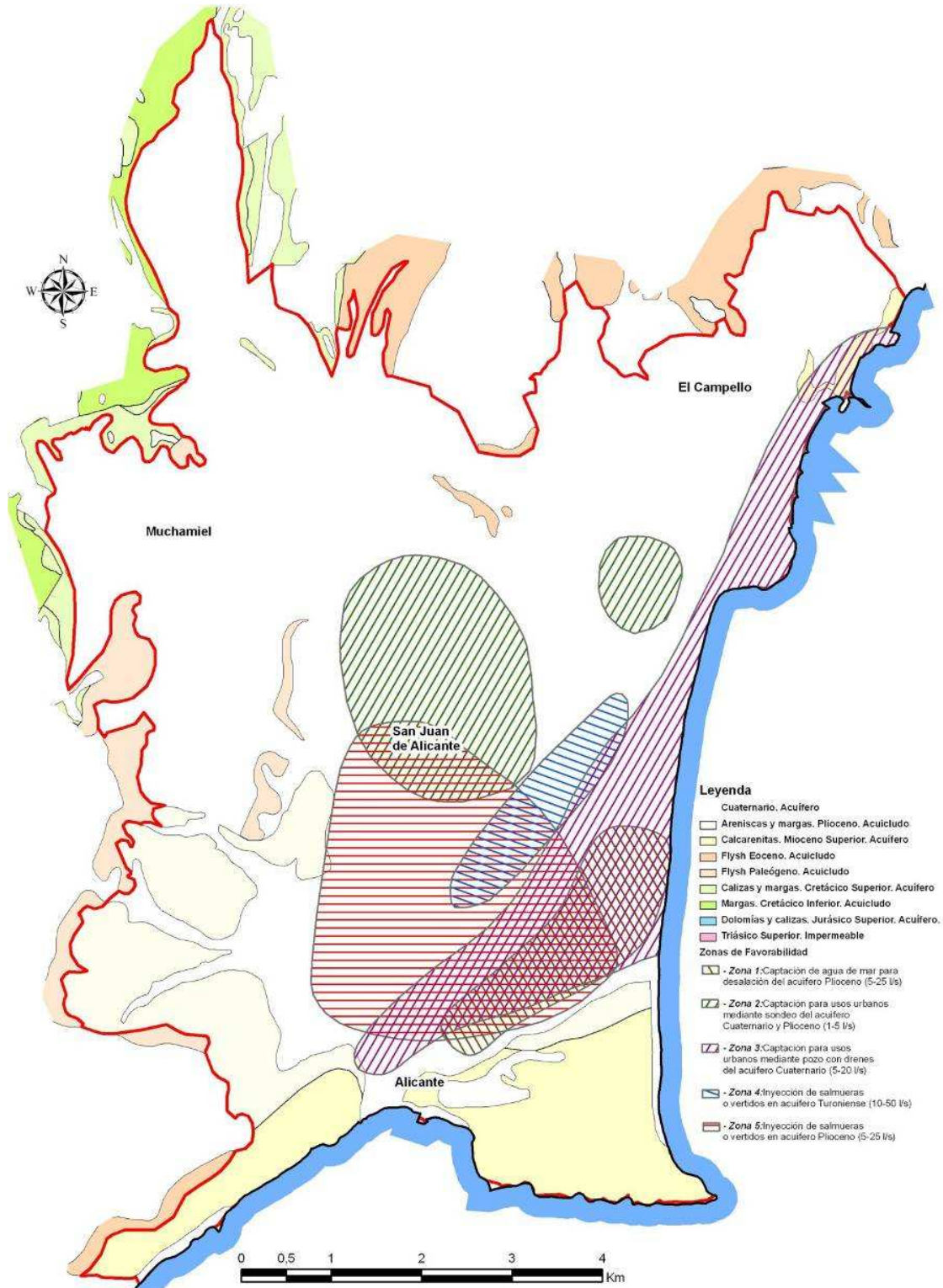
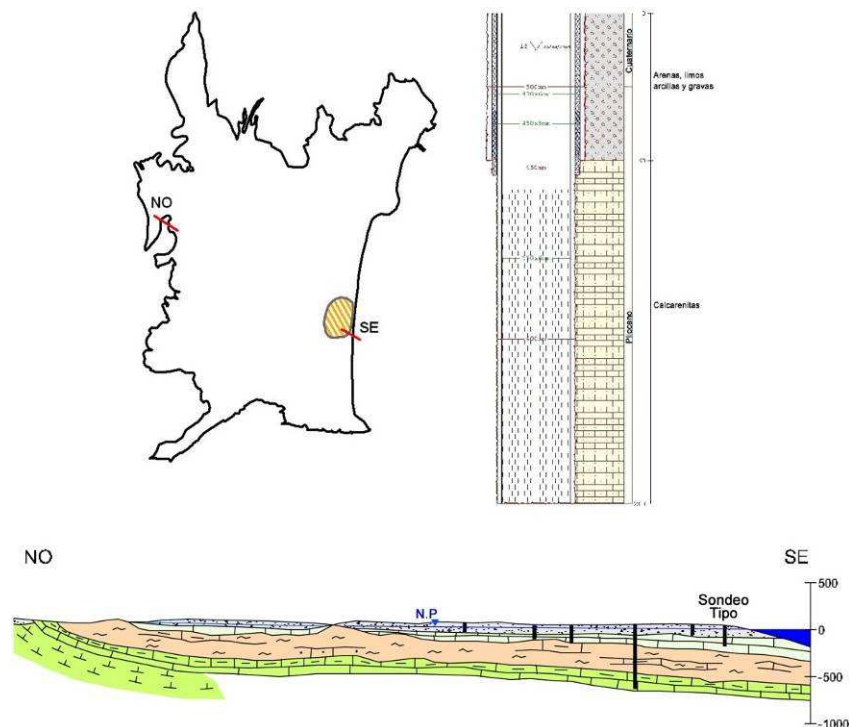


Figura nº 246.- Zonas de Favorabilidad de los Acuíferos de San Juan Campello (Fuente: DPA, 2007)



**Figura nº 247.- Esquema constructivo tipo de sondeo para captar agua de mar a través del acuífero de San Juna Campello (Fuente: DPA, 2007)**

Para captar pequeños caudales destinados a usos urbanos (de 1 a 25 l/s) con CE comprendidas entre los 4.000 y 8.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , bien para mezclarse con otras de mejor calidad (con el fin de utilizarse en el riego de jardines) o cubrir pequeñas demandas de la población (previo tratamiento de desalinización) o para usos recreativos (piscinas y parques acuáticos, por ejemplo) y otros usos urbanos como limpieza de calles, extinción de incendios, etc., la DPA plantea la realización de sondeos o pozos de gran diámetro con drenes radiales, dependiendo de las necesidades, que capten las formaciones del Cuaternario y/o del Plioceno, siempre y cuando su explotación no sobrepase las descargas al mar. Las características que indica la DPA de las captaciones tipo que propone serían las siguientes:

Sondeo (ver Figura nº 248):

- Características constructivas: 40-50 m de profundidad con entubación de 300 mm.
- Columna litológica: arenas, limos, arcillas y gravas del Cuaternario.
- Caudal esperado y profundidad del agua: 1-5 l/s y nivel estático a 5-20 m.
- CE del agua: 4.000-8.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Pozo con drenes radiales (Figura nº 249):

- Características constructivas: 30-40 m de profundidad de 1.500-2.000 mm de diámetro con drenes de 200-500 m de longitud (a definir en estudios previos)

- Columna litológica: arenas, limos, arcillas y gravas del Cuaternario
- Caudal esperado y profundidad del agua: 5-20 l/s y nivel estático a 5-20 m
- CE del agua: 4.000-8.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$

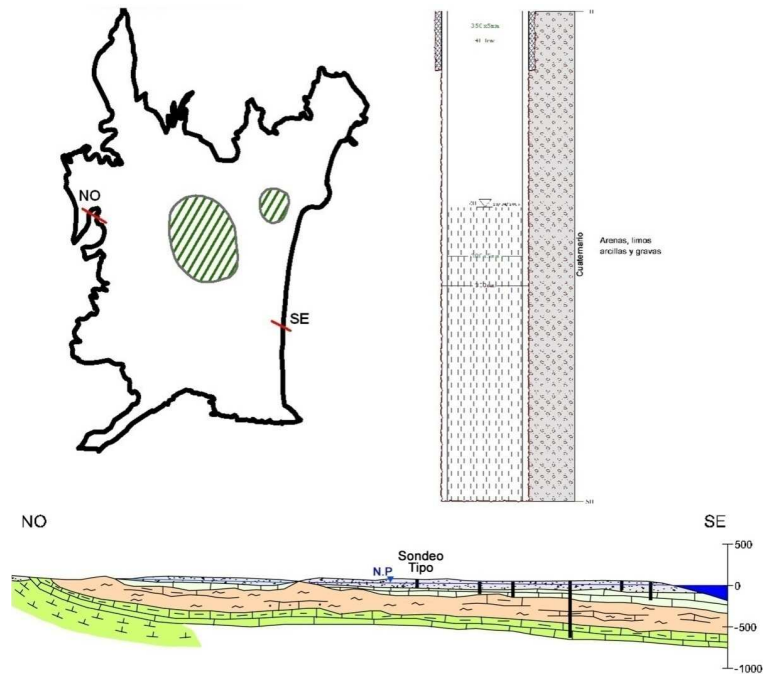


Figura nº 248.- Esquema constructivo tipo de sondeo para captar pequeños caudales del acuífero de San Juan-Campello (Fuente: DPA, 2007)

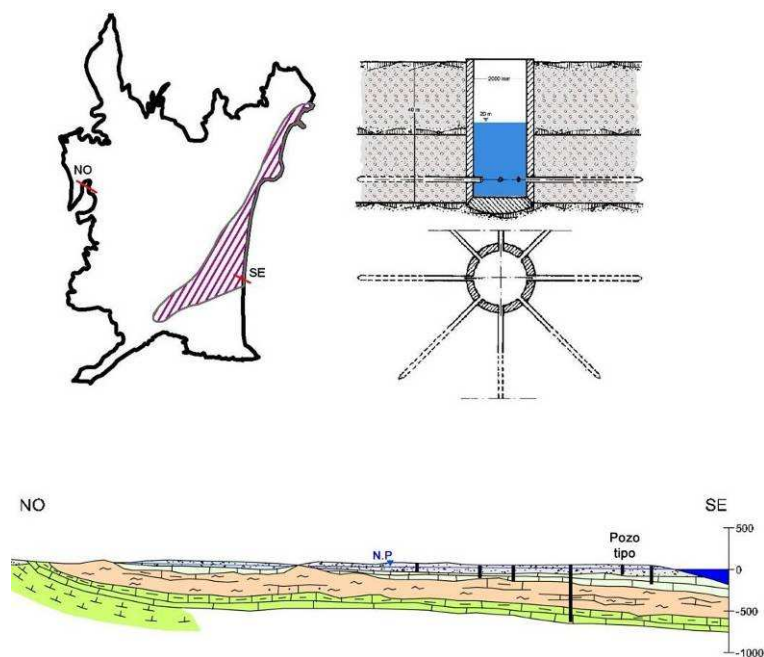
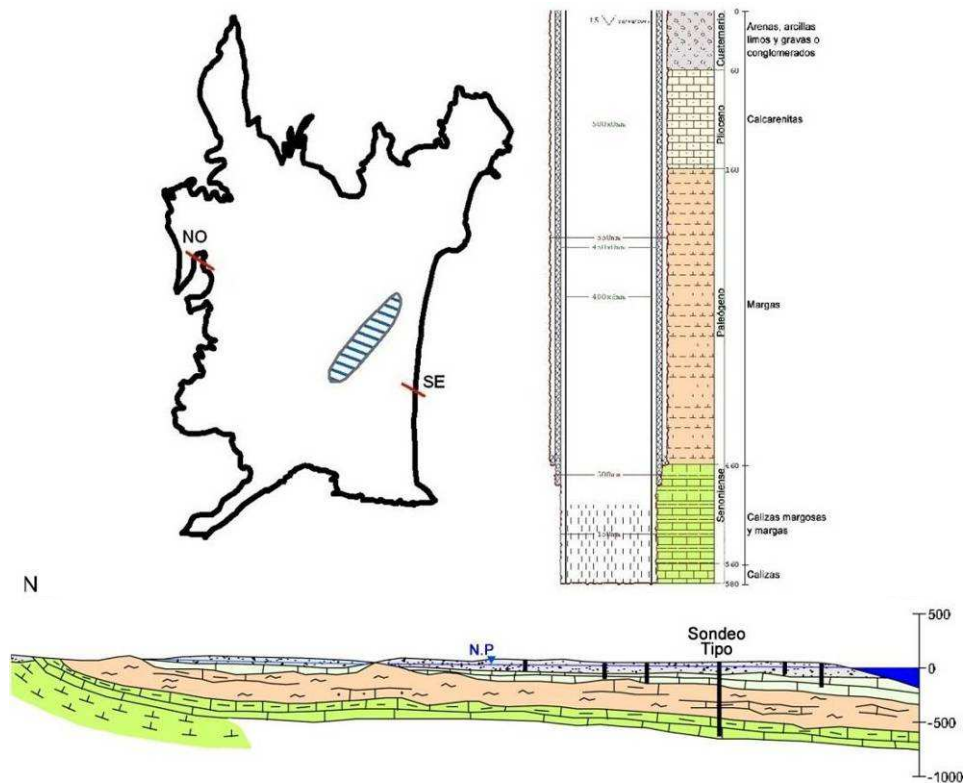


Figura nº 249.- Esquema constructivo tipo de pozo con drenes radiales para captar pequeños caudales del acuífero de San Juan-Campello (Fuente: DPA, 2007)

También, la DPA propone captar el acuífero Plioceno en la zona costera para evitar el avance de la intrusión hacia el interior por sobre-explotación, destinando los caudales bombeados a los mismos usos que se indican en el caso del acuífero Cuaternario. La captación tipo podría tener las siguientes características constructivas:

- Sondeo de 150-200 m de profundidad con entubación de 250-350 mm de diámetro
- Columna litológica: de 0 a 50-60 m: arenas, limos, arcillas y gravas del Cuaternario y de 50-60 a 150-170 m: calcarenitas del Plioceno
- Acondicionamiento: Cementación de tramos superiores para evitar la contaminación del acuífero Cuaternario
- Caudal esperado y profundidad del agua: 5-25 l/s y nivel estático a 5-15 m
- Salinidad total del agua: 35-55 g/l



**Figura nº 250.- Esquema constructivo tipo de sondeo de inyección en formaciones permeables del Turoniense bajo el acuífero de San Juan-Campello (Fuente: DPA, 2007)**

Por último, la DPA propone la inyección de salmueras y vertidos de EDAR en los acuíferos profundos de la zona, tanto los que corresponden a las calizas del Turoniense, que según las investigaciones geofísicas realizadas debería encontrarse por debajo de los 400 m de profundidad (esta formación aflora en el borde occidental del acuífero y debe prolongarse, en profundidad hacia el este) como del Plioceno, que aflora en el extremo suroccidental,

entre Loma Hermosa y Cabo de Huertas. En ambos casos recomienda llevar a cabo una investigación previa para determinar la existencia y profundidad de estas formaciones en el emplazamiento que finalmente se seleccione. Las características de las captaciones que propone la DPA serían las siguientes:

Sondeo de inyección del Turoniense (ver Figura nº 250):

- Características constructivas: 500-600 m (según zonas fracturadas, fisuradas o karstificadas) con entubación de 400 mm de diámetro.
- Columna litológica: de 0 a 50-60 m: arenas, arcillas, limos y gravas o conglomerados del Cuaternario; de 50-60 a 140-160 m: calcarenitas del Plioceno; de 140-160 a 230-460 m: margas del Terciario; de 230-460 a 330-560 m: calizas margosas y margas del Senoniense y de 330-560 a 360-580 m: calizas del Turoniense.
- Acondicionamiento: Cementación de tramos superiores para evitar la contaminación de acuíferos someros, en el caso de que se emboquille en el Cuaternario, y acidificación en el caso de que no se obtengan los caudales esperados.
- Caudal de inyección y profundidad del agua: 10-50 l/s y nivel estático a 5-15 m.
- Salinidad del agua: 5.000-55.000 mg/l.

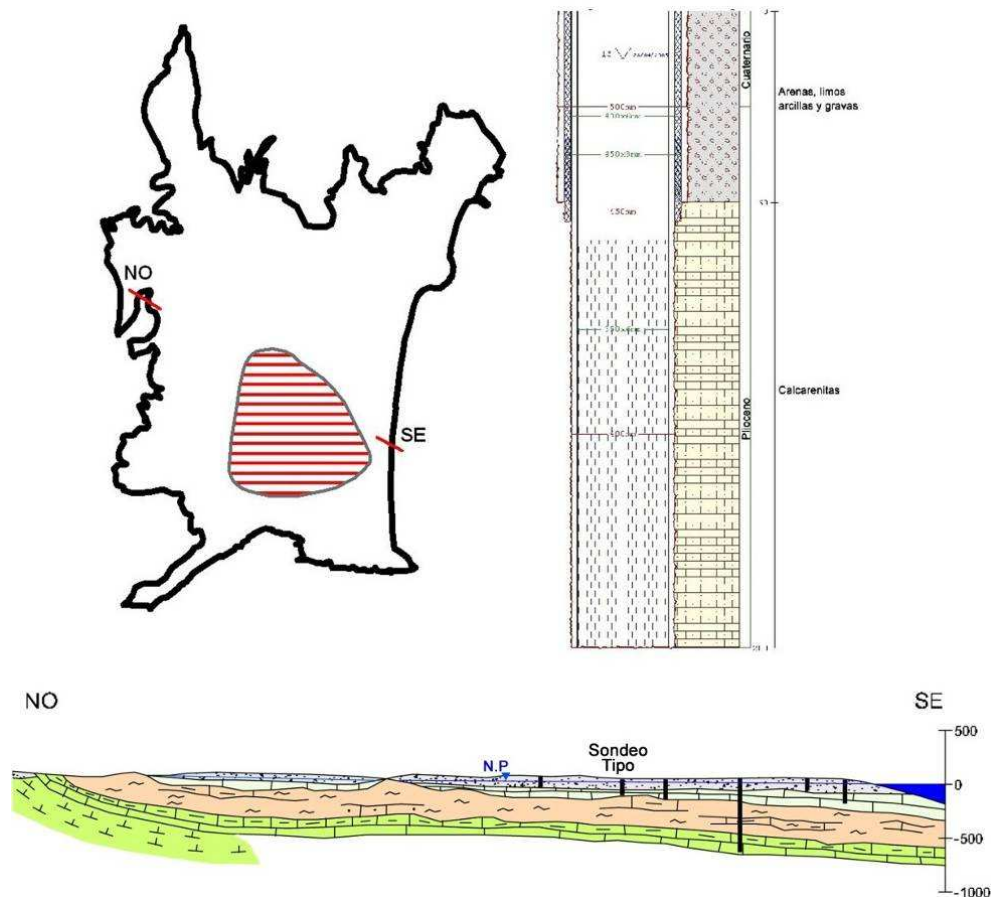


Figura nº 251.- Esquema constructivo tipo de sondeo tipo de inyección en el Plioceno del acuífero de San Juan-Campello (Fuente: DPA, 2007)

Sondeo de inyección del Plioceno (Figura nº 251):

- Características constructivas: 150-200 m de profundidad con entubación de 250-350 mm
- Columna litológica: de 0 a 50-60 m: arenas, limos, arcillas y gravas del Cuaternario y de 50-60 a 150-170 m: calcarenitas del Plioceno.
- Acondicionamiento: Cementación de tramos superiores para evitar la contaminación del acuífero Cuaternario.
- Caudal de inyección y profundidad del agua: 5-25 l/s y nivel estático a 5-15 m.
- Salinidad esperada del agua: 35-55 g/l.

### 11.19.3 HIDROQUÍMICA E ISÓTOPOS ESTABLES

#### 11.19.3.1 HIDROQUÍMICA

Las determinaciones realizadas en el acuífero durante las campañas de mayo y octubre de 2009 se incluyen en la Tabla nº 153.

**Tabla nº 153.- Resultados analíticos de 2009. Acuífero Cuaternario de San Juan-Campello**

Punto	Fecha	B (mg/l)	Br (mg/l)	Ca (mg/l)	Cl (mg/l)	CO <sub>3</sub> (mg/l)	CO <sub>3</sub> H (mg/l)	C (μS/cm)	DQO	F	K (mg/l)
293410017	02-06-09	0,462	0,817	124	1.060	0	148	3.874	3,6	0,982	13,0
293410017	20-10-09							5.620			
293410018	02-06-09	1,320	2,338	154	1.270	0	131	5.864	7,6	1,884	15,0
293410018	06-10-09	1,070	2,191	216	1.410	0	221	5.793	5,3	1,751	15,0
293420003	12-05-09	1,200	1,520	360	864	0	83	5.043	2,8	0,500	10,0
293420003	05-10-09	1,030	1,420	352	910	0	192	4.833	2,7	0,558	11,0
293420003	19-10-09							4.600			
293420004	15-04-09	2,500	2,971	410	1.110	0	155	6.644	4,0	2,307	19,0
293420019	02-06-09	2,110	14,110	650	5.320	0	78	19.314		1,587	360,0
293450012	13-05-09	0,785	0,550	85	368	0	125	2.683	1,4	1,100	8,0
293450012	07-10-09	0,468	0,437	144	206	0	328	1.901	0,6	1,154	8,0
293450012	19-10-09							2.120			
293450015	13-03-09	0,402	0,180	43	92	0	364	831	4,7	0,140	12,0
293450017	18-03-09	1,390	2,640	550	1.720	0	77	9.263	7,0	1,370	17,0
293450017	07-10-09	1,430	2,636	580	1.770	0	210	9.243	6,1	1,424	17,0



Punto	Fecha	B (mg/l)	Br (mg/l)	Ca (mg/l)	Cl (mg/l)	CO <sub>3</sub> (mg/l)	CO <sub>3</sub> H (mg/l)	C (μS/cm)	DQO	F	K (mg/l)
293450017	19-10-09							8.130			
293460003	14-05-09	1,910	1,800	354	1.170	0	71	6.453	3,1	0,840	14,0
293460003	05-10-09	1,640	1,887	424	1.150	0	138	6.163	3,3	0,871	13,0
293460010	08-10-09	1,900	2,041	444	1.330	0	73	6.803	5,3	0,861	12,0
293460012	27-03-09	1,080	0,910	196	632	0	71	4.673	2,8	0,580	9,0
293460015	27-03-09							9.200			

Punto	Fecha	Mg (mg/l)	Mn (mg/l)	Na (mg/l)	NO <sub>2</sub> (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/l)	pH	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	Sr (mg/l)	T (°C)
293410017	02-06-09	88		736	0,000	7	0,000	8,0	6,5	540	18,1	21,7
293410017	20-10-09											21,7
293410018	02-06-09	146		997	0,000	88	0,000	7,9	31,9	1.010	26,1	22,4
293410018	06-10-09	162		902	0,000	96	0,000	8,1	29,2	950	21,9	22,1
293420003	12-05-09	170	0,000	400	0,000	72	0,000	7,7	34,0	980	28,5	
293420003	05-10-09	160		483	0,000	0	0,000	7,8	33,3	1.160	27,5	24,0
293420003	19-10-09											20,9
293420004	15-04-09	260	0,000	765	0,000	164	0,000	7,7	28,0	1.800	36,0	
293420019	02-06-09	420		3.386	0,000	90	0,100	8,0	2,4	2.880	64,9	23,2
293450012	13-05-09	90	0,000	326	0,000	19	0,000	8,1	37,1	578	10,2	22,0
293450012	07-10-09	66		269	0,000	11	0,000	8,0	28,8	576	10,9	21,3
293450012	19-10-09											21,2
293450015	13-03-09	33	0,000	101	0,000	9	0,000	7,6	8,9	20	2,4	22,0
293450017	18-03-09	330	0,000	1.110	0,000	80	0,000	7,7	32,2	2.310	0,0	
293450017	07-10-09	340		1.137	0,000	54	0,000	7,8	31,6	2.440	48,2	21,0
293450017	19-10-09											21,0
293460003	14-05-09	240	0,000	785	0,000	80	0,000	7,7	32,8	1.590	29,8	22,0
293460003	05-10-09	256		756	0,000	96	0,000	7,8	32,3	1.830	30,6	21,1
293460010	08-10-09	284		848	0,000	144	0,000	8,0	34,0	2.050	30,8	23,1
293460012	27-03-09	188	0,000	430	0,000	88	0,000	7,9	45,1	1.040	19,6	21,0
293460015	27-03-09											

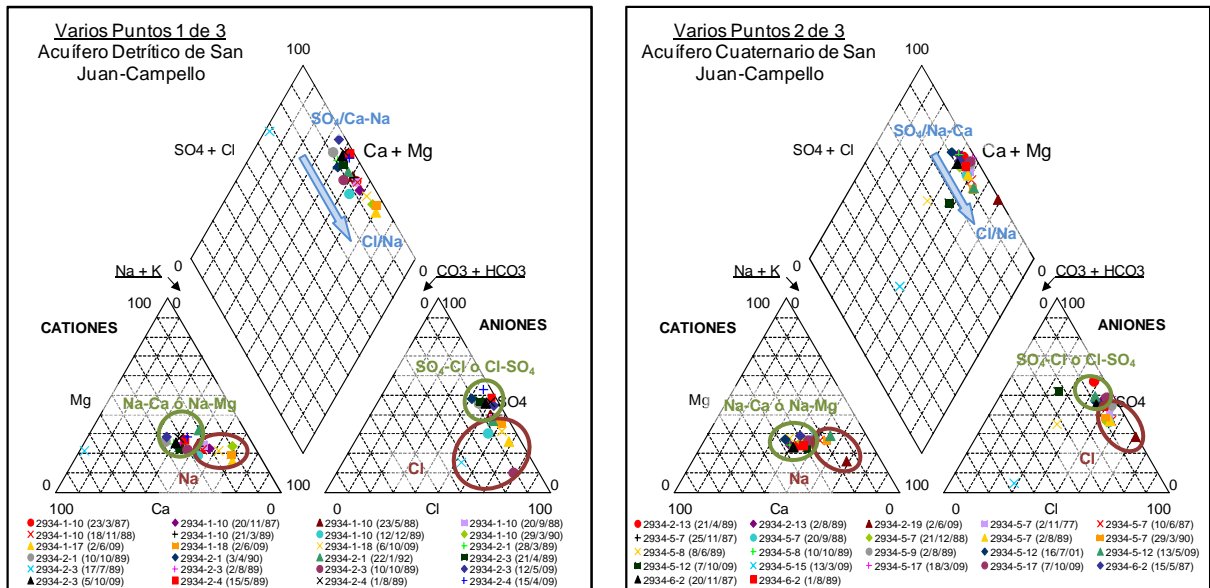


Figura nº 252.- Diagramas de Piper. Acuífero San Juan-Campello

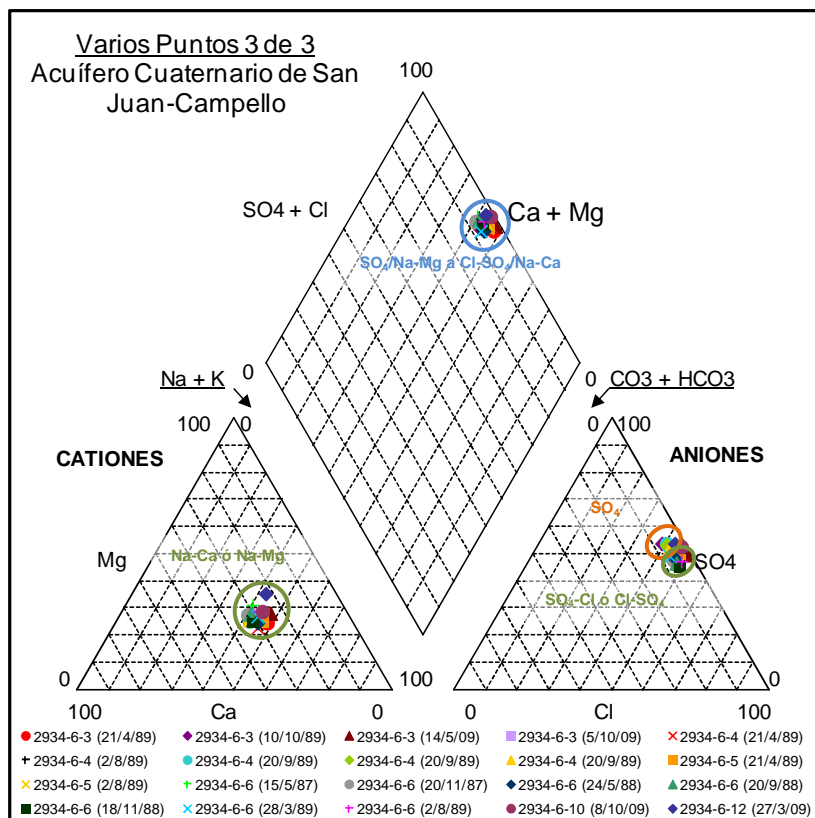


Figura nº 253.- Diagramas de Piper. Acuífero San Juan-Campello (bis)

Las aguas presentan facies hidroquímicas que van desde sulfatadas sódico-cálcicas o sódico-magnésicas a las cloruradas sódicas (ver Figuras nº 252 y 253). Adquieren

concentraciones elevadas en cloruros, sulfatos y sodio, normalmente en torno a 1.000, 1.500 y 500 mg/l, respectivamente, y CE que rondan los 5.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ver Figura nº 254). También se aprecian problemas de contaminación por nitratos, con concentraciones que superan los 50 mg/l y llegan a alcanzar los 200 mg/l en algunos casos. En consecuencia, no son aptas para consumo humano y presentan ciertas limitaciones para su aplicación a usos agrícolas.

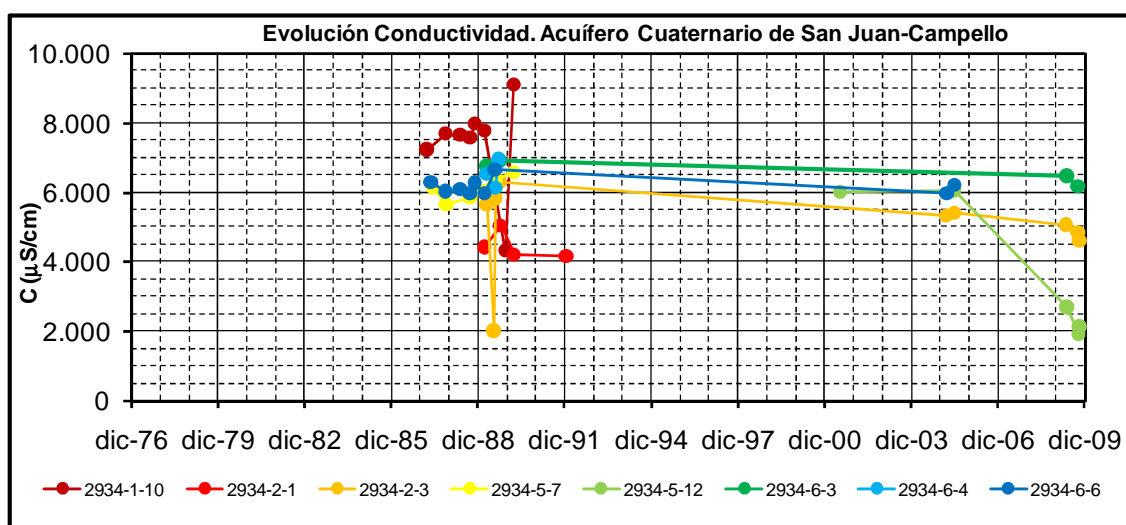


Figura nº 254.- Evolución de la CE. Acuífero Cuaternario San Juan-Campello

Los planos de isocontenidos elaborados a partir de los datos hidroquímicos obtenidos en las campañas de 2009 muestran que la CE aumenta en el sentido de flujo, hacia la costa, de valores que rondan los 3.000-4.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la zona occidental hasta los más de 15.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  que se alcanzan al norte de la desembocadura del río Monnegre o los 9.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  registrados en los llanos de La Condomina. También en ese mismo sentido aumentan los sulfatos (de unos 500 a 2.500 mg/l) y los cloruros (500 a más de 4.000 mg/l).

La distribución espacial de isocontenidos descrita en el párrafo anterior, confirma la elevada salinidad de las aguas del acuífero, ya puesta de manifiesto en los trabajos realizados por el ITGE hasta 1986 y en los posteriores que se llevaron a cabo en 1990 por el IGME (ver Figura nº 255), al igual que la probable recarga de las avenidas del río Monnegre y la existencia de una amplia zona de mezcla de agua dulce-agua salada debido a la escasa salida de agua dulce al mar por unidad de superficie.

Las variaciones iónicas originan también cambios en las facies hidroquímicas, tal y como se observa en el diagrama de Piper de la Figura nº 256, en la que además se incluyen los resultados obtenidos en la estación de aguas superficiales Molino Nuevo (JUO8720008), tanto el promedio del periodo 2006/2009 como los que corresponden a junio de 2009, y los del agua del mar Mediterráneo de Custodio, E (ver Tabla nº 154).

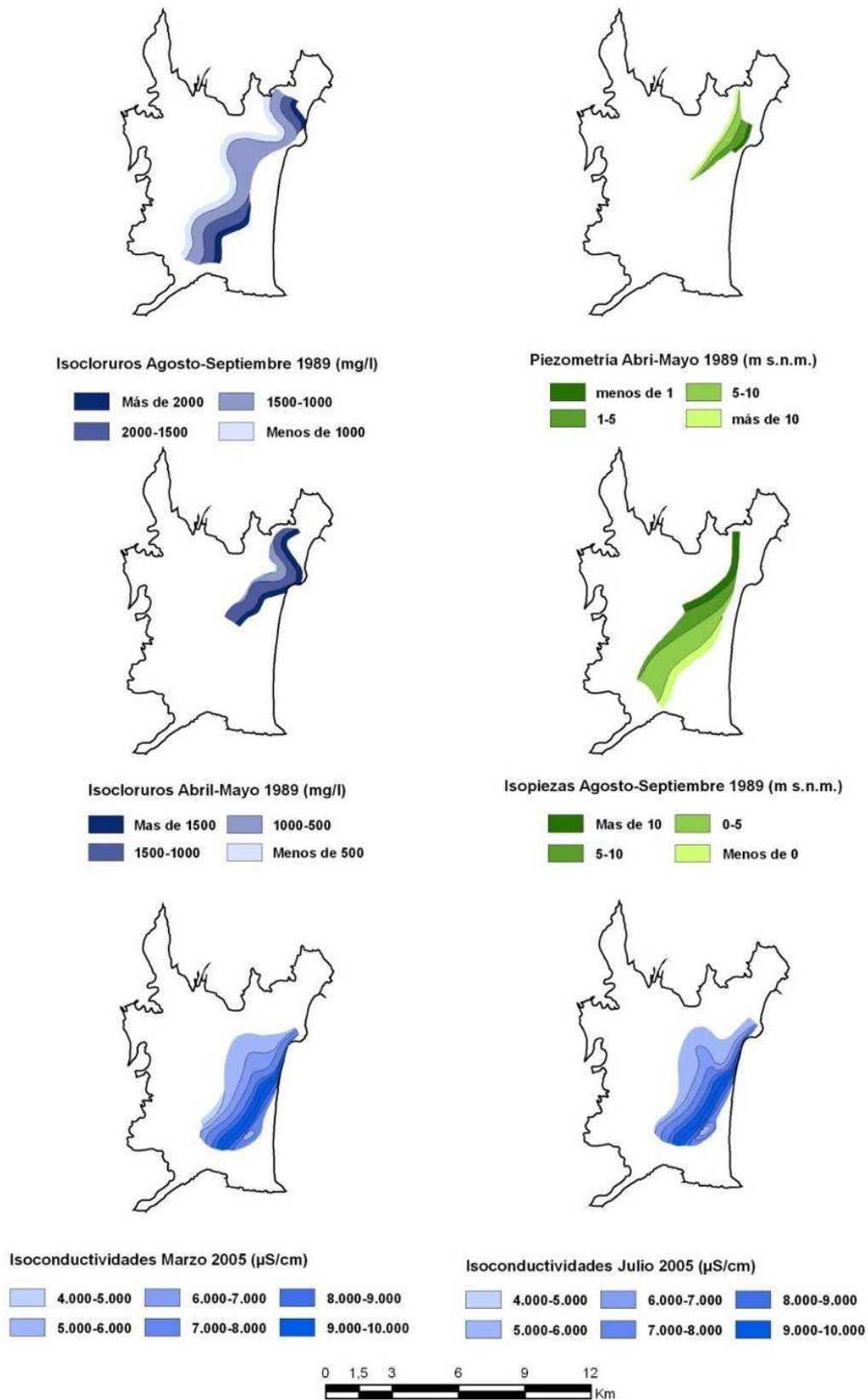


Figura nº 255.- Algunos isovalores del acuífero Cuaternario de San Juan-Campello (Fuente: DPA, 2005)

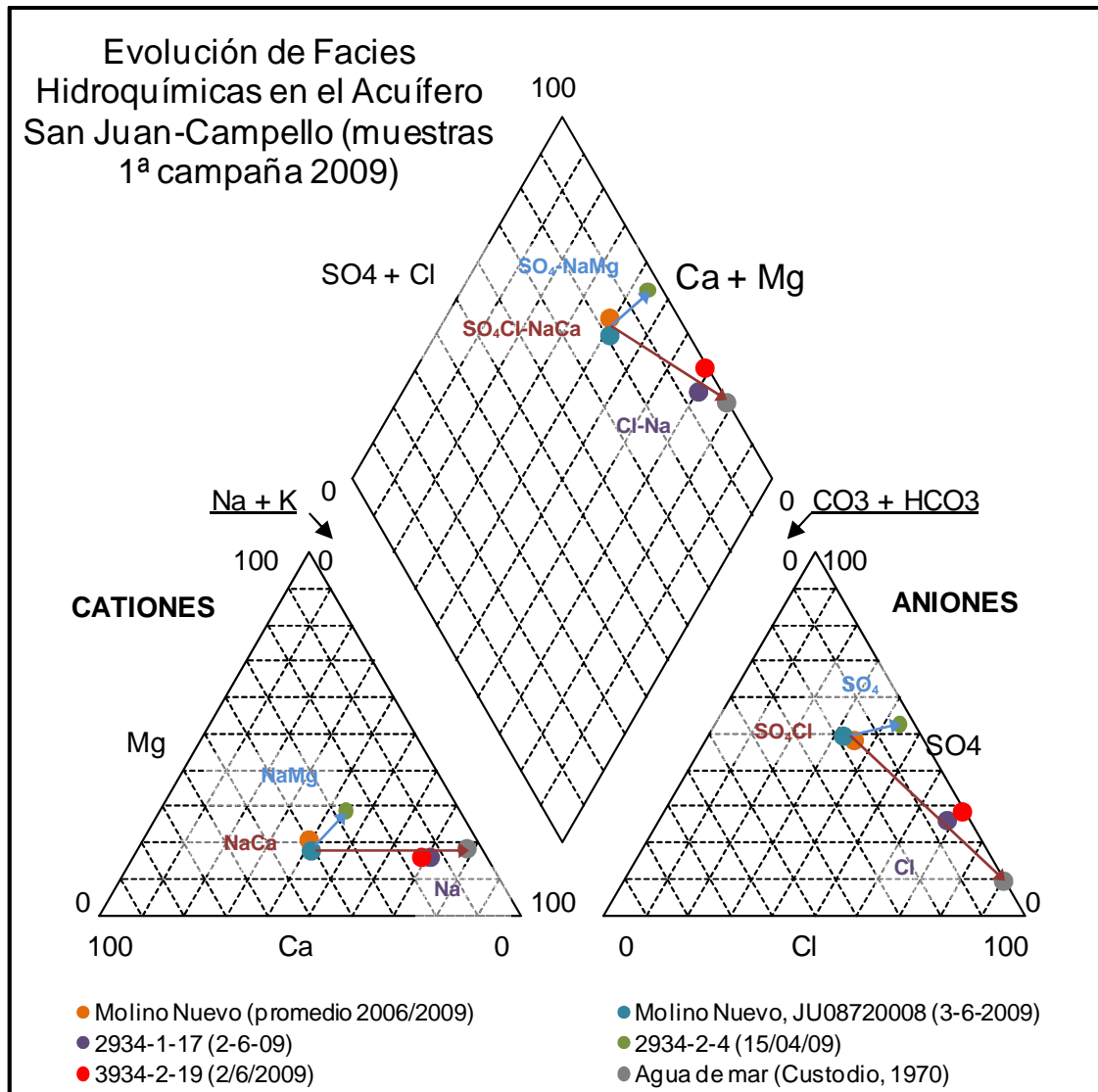


Figura nº 256.- Evolución espacial de facies (1ª campaña de 2009). Acuífero de San Juan-Campello

En el diagrama de Piper de la Figura nº 256 se observa que las facies hidroquímicas tanto en el punto 2934-1-17, situado a más de 5 km de la línea de costa, como en el 2934-2-19, que se encuentra muy próxima a ésta, son cloruradas sódicas y ponen de manifiesto la elevada salinidad de las aguas del acuífero debido a aguas salinas antiguas en proceso de lavado desde el último movimiento eustático y a procesos de intrusión salina (fenómenos descritos por el ITGE en los trabajos que llevó a cabo hasta 1986). Por el contrario, las facies de Molino Nuevo y el punto 2934-2-4 son muy parecidas (sulfatado-clorurada sódico-cálcica y sulfatada sódico-magnésica, respectivamente), lo que permite establecer dos tendencias en el entorno del río Monnegre. La primera de facies sulfatado-cloruradas sódico-cálcicas (agua superficial) a clorurado sódicas al circular el agua infiltrada por el acuífero y la segunda de sulfatado-cloruradas sódico-cálcicas a sulfatadas sódico-magnésicas en las zonas donde hay mayor alimentación de aguas superficiales.

**Tabla nº 154.- Analíticas adicionales para definir la evolución espacial de facies hidroquímicas. Acuífero Cuaternario de San Juan-Campello**

Fecha	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Ca <sup>++</sup> (mg/l)	Mg (mg/l)	C (μS/cm)	pH
<b>Estación: Molino Nuevo (JU08720008)</b>										
27-dic-06	370	825	446	19,0	325		298	91,0	3.080	7,9
27-mar-07	311	754	367	43,0	262		301	76,0	2.620	7,8
20-sep-07	409	613	364	3,6	332		227	70,0	2.530	8,2
17-dic-07	339	866	420	7,1	294		274	93,0	2.650	7,9
25-mar-08	325	795	406	4,7	325		298	101,0	2.970	8,2
25-jun-08	329	770	420	3,1	302		251	89,0	2.800	8,0
18-nov-08	265	660	460	6,6	321		267	84,0	2.900	7,9
10-dic-08	269	692	421	15,0	302		271	83,0	2.880	8,2
24-mar-09	261	746	409	5,3	273		249	86,0	2.900	8,5
3-jun-09	353	735	358	1,3	311		264	70,0	2.640	8,2
<b>Promedio</b>	<b>323</b>	<b>746</b>	<b>407</b>	<b>11</b>	<b>305</b>		<b>270</b>	<b>84</b>	<b>2.797</b>	<b>8,1</b>
<b>Agua de Mar (Custodio, 1970)</b>										
	164	2.910	21.050	5,8	11.750	440,0	450	1.425,0	47.500	8,1

La evolución espacial de las relaciones iónicas obtenidas a partir de las muestras descritas en el párrafo anterior (ver Tabla nº 155) indican posibles procesos de intrusión marina o lixiviado de sales marinas al aumentar en el sentido del flujo (desde el cauce del río Monnegre y hasta los puntos 2934-1-17, 2934-2-4 y 19) los ratios rMg/rCa, rCl/rHCO<sub>3</sub>, lcb, rNa/rCa, rNa/rMg y rNa/(Ca+Mg) y reducirse las relaciones rSO<sub>4</sub>/rCl, rCa/rCl, rMg/ rCl y rNa/rCl. También el aumento del ratio rCl/rHCO<sub>3</sub> puede corresponderse a procesos de precipitación de carbonatos.

**Tabla nº 155.- Relaciones iónicas. Acuífero Cuaternario de San Juan-Campello**

Fecha	rMg/ rCa	rCl/ rHCO <sub>3</sub>	rSO <sub>4</sub> / rCl	rK/ rNa	lcb	rCa/ rCl	rMg/ rCl	rNa/ rCl	rNa/ rCa	rNa/ rMg	rNa/ r(Ca+Mg)
<b>Molino Nuevo (JU08720008)</b>											
3-jun-09	0,22	1,74	0,76	0,000	-0,34	1,31	0,29	1,34	1,02	4,69	0,84
2006/2009	0,26	2,17	0,68	0,000	-0,16	1,18	0,30	1,16	0,98	3,82	0,78
<b>2934-1-17</b>											
2-jun-09	0,58	12,31	0,19	0,010	-0,08	0,21	0,12	1,07	5,16	8,84	3,26

Fecha	rMg/ rCa	rCl/ rHCO <sub>3</sub>	rSO <sub>4</sub> / rCl	rK/ rNa	lcb	rCa/ rCl	rMg/ rCl	rNa/ rCl	rNa/ rCa	rNa/ rMg	rNa/ r(Ca+Mg)
<b>2934-2-4</b>											
15-abr-09	0,52	12,31	0,60	0,015	-0,08	0,66	0,34	1,06	1,62	3,11	1,07
<b>2934-2-19</b>											
2-jun-09	0,53	117,20	0,20	0,063	-0,04	0,22	0,12	0,98	4,53	8,52	2,96
<b>Agua de Mar (Custodio, 1970)</b>											
	2,61	220,55	0,05	0,022	0,12	0,04	0,10	0,86	22,71	8,71	6,30

Según la clasificación del USLS (ver Figura nº 257) las aguas presentan una salinidad excesiva, y se desaconseja su uso o sólo pueden emplearse para cubrir las necesidades de los cultivos en casos excepcionales (suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad), y presentan riesgo de alcalinización alto o muy alto (tipos C5S2, C5S3, C6S3 y C6S4). Por su parte, según la clasificación de la FAO, no deben causar problemas de infiltración (ver Figura nº 258).

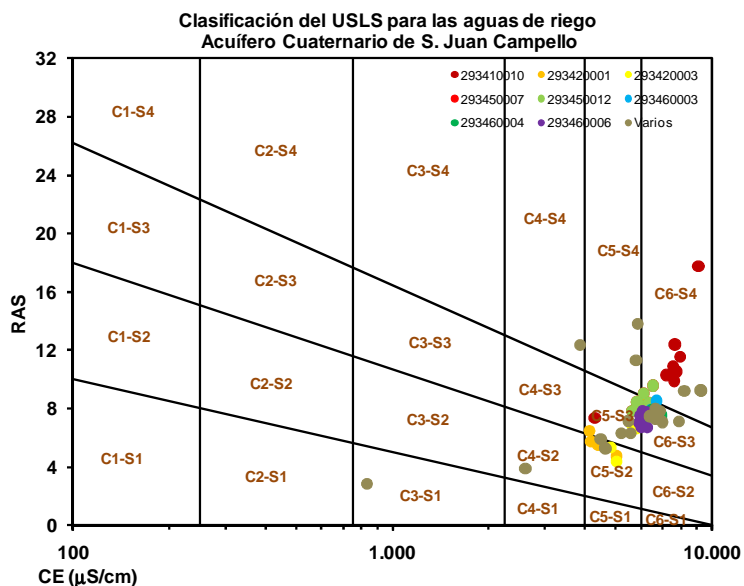


Figura nº 257.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Acuífero Cuaternario de San Juan-Campello

Las restricciones de uso agrícola por la toxicidad del Na (37,6 meq/l como promedio y 147,2 meq/l de valor máximo), Cl (38,4 meq/l de promedio y 149,9 meq/l de máximo) y NO<sub>3</sub> (75,0 mg/l de promedio) son severas y ligeras o moderadas las de HCO<sub>3</sub> (3,9 meq/l de promedio) y el B (1,3 mg/l de promedio).

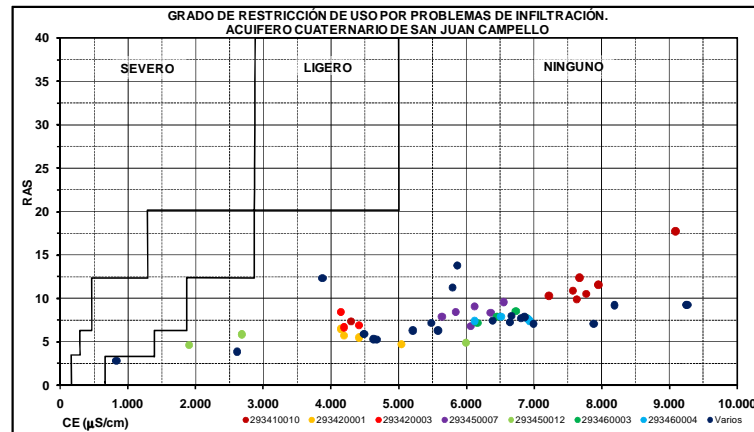


Figura nº 258.- Aptitud para riego según clasificación de la FAO. Acuífero Cuaternario de San Juan-Campello

De acuerdo con la relación Cl y ratio rCl/rBr (ver Figura nº 259), el origen de la salinidad del acuífero puede corresponder a la mezcla de agua de lluvia con aguas residuales, lavado de RSU o lixiviados de yesos aportaciones y/o mezcla de agua de lluvia con aguas marinas.

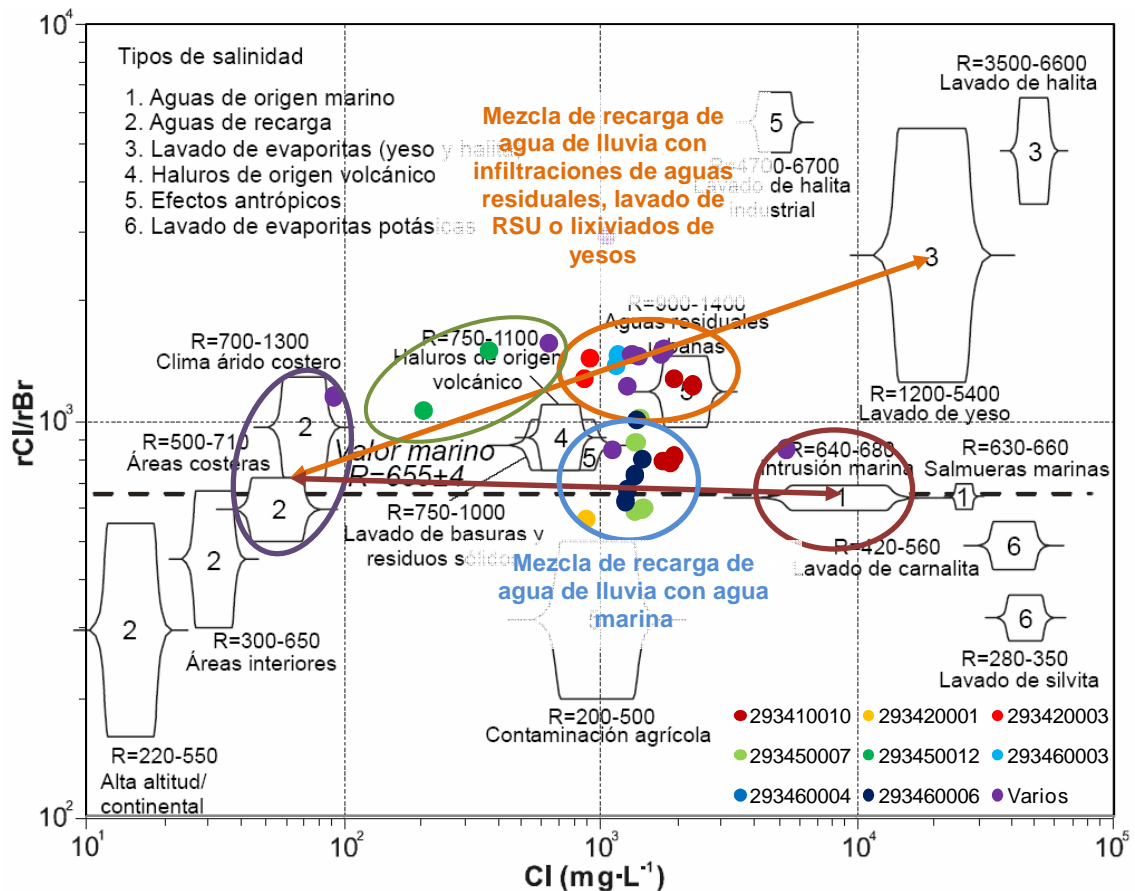
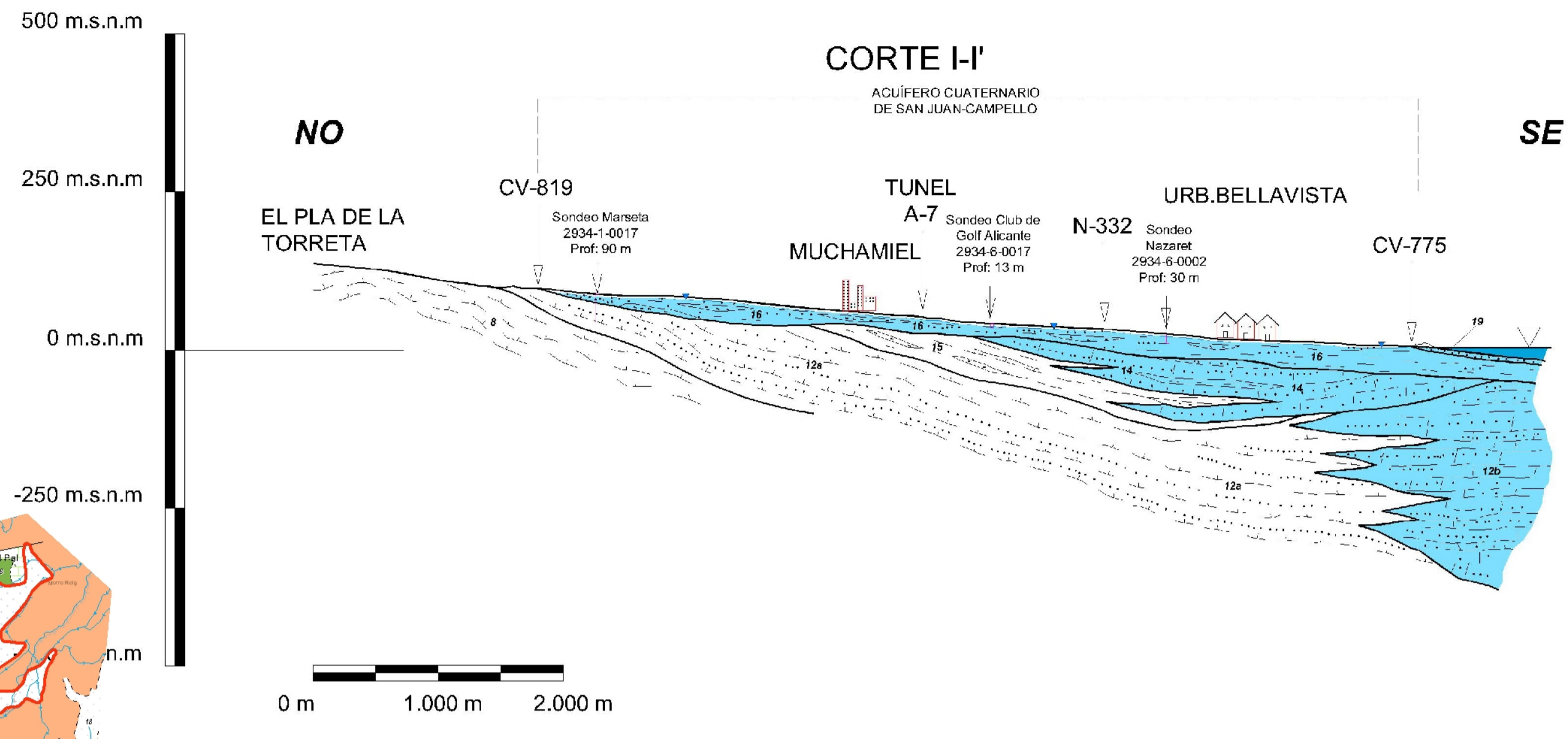
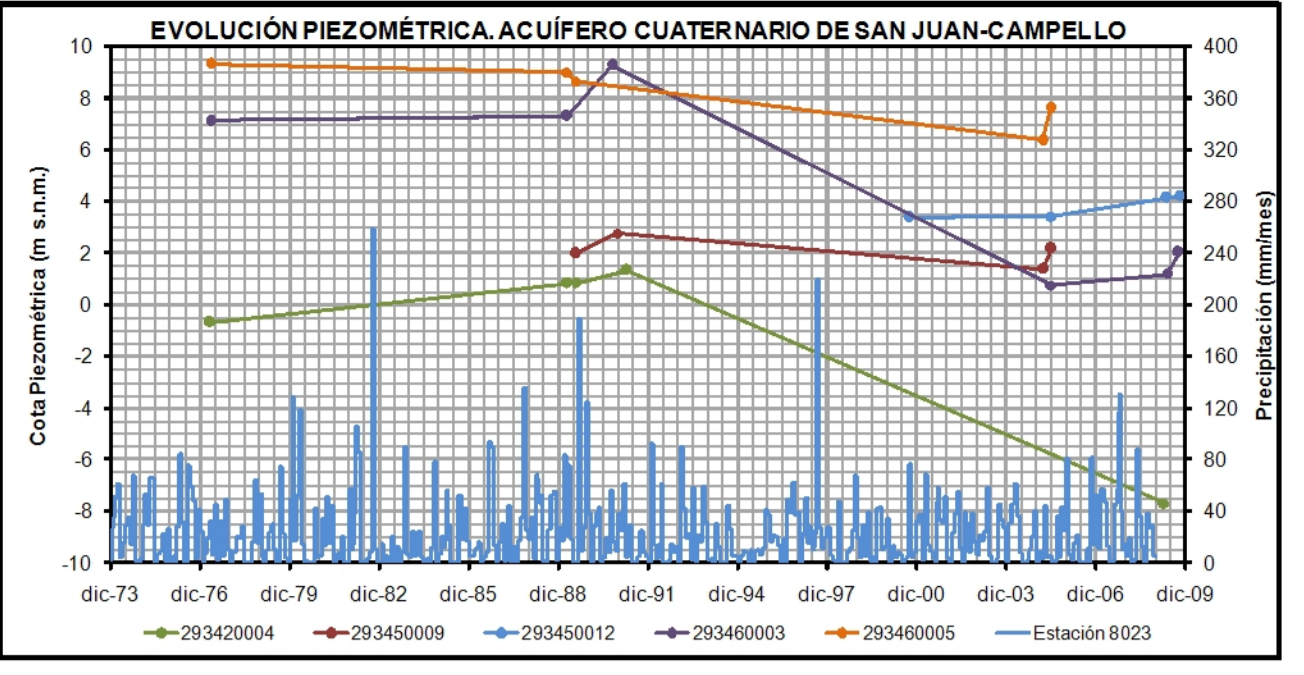
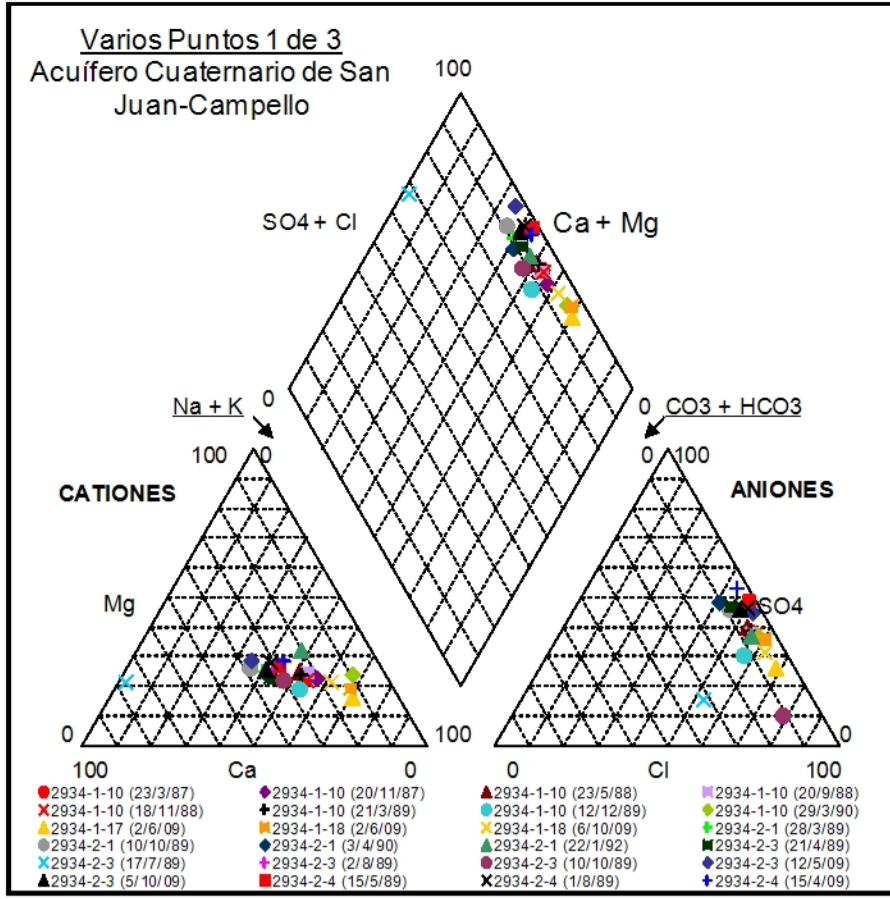
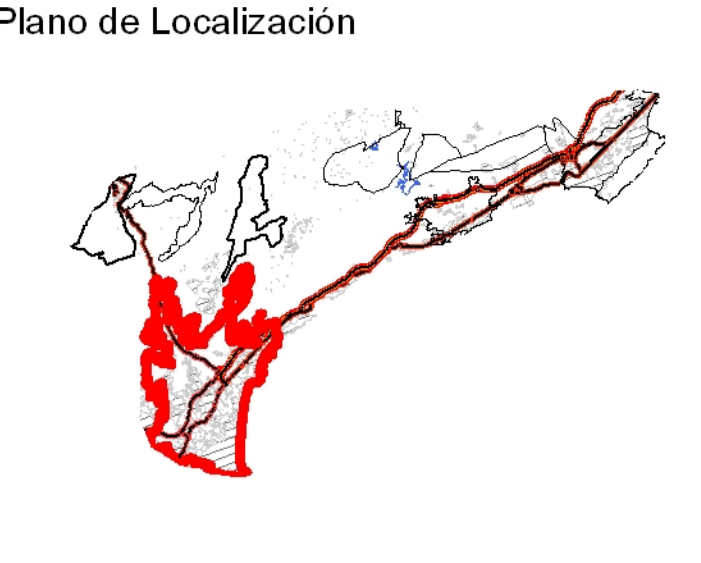
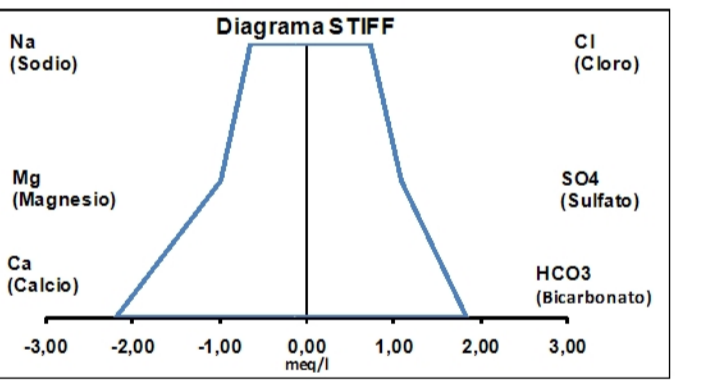


Figura nº 259.- Gráfico rCl/rBr vs. Cl. Acuífero Cuaternario de San Juan-Campello





- Simbología**
- Inventario de puntos de agua
    - Calidad
    - Explotación
    - Piezometría
    - Manantiales
  - Acuíferos límites
    - Límite de acuífero abierto
    - Límite de acuífero cerrado
    - Cortes geológicos
  - Contactos
    - Dirección y buzamiento
    - Estratificación invertida
    - Estratificación vertical
    - Anticlinal
    - Anticlinal tumbado
    - Sinclinal
    - Cabalgamiento
    - Cabalgamiento supuesto
    - Contacto concordante
    - Contacto difuso
    - Contacto discordante
    - Contacto mecánico
  - Carreteras
    - Autovía
    - Carreteras
    - Carreteras
    - Level 44
    - Level 46
    - Embalses
    - Zonas urbanas
    - Isopezas Oct-Nov 2009
    - Flujo subterráneo
  - Cartografía

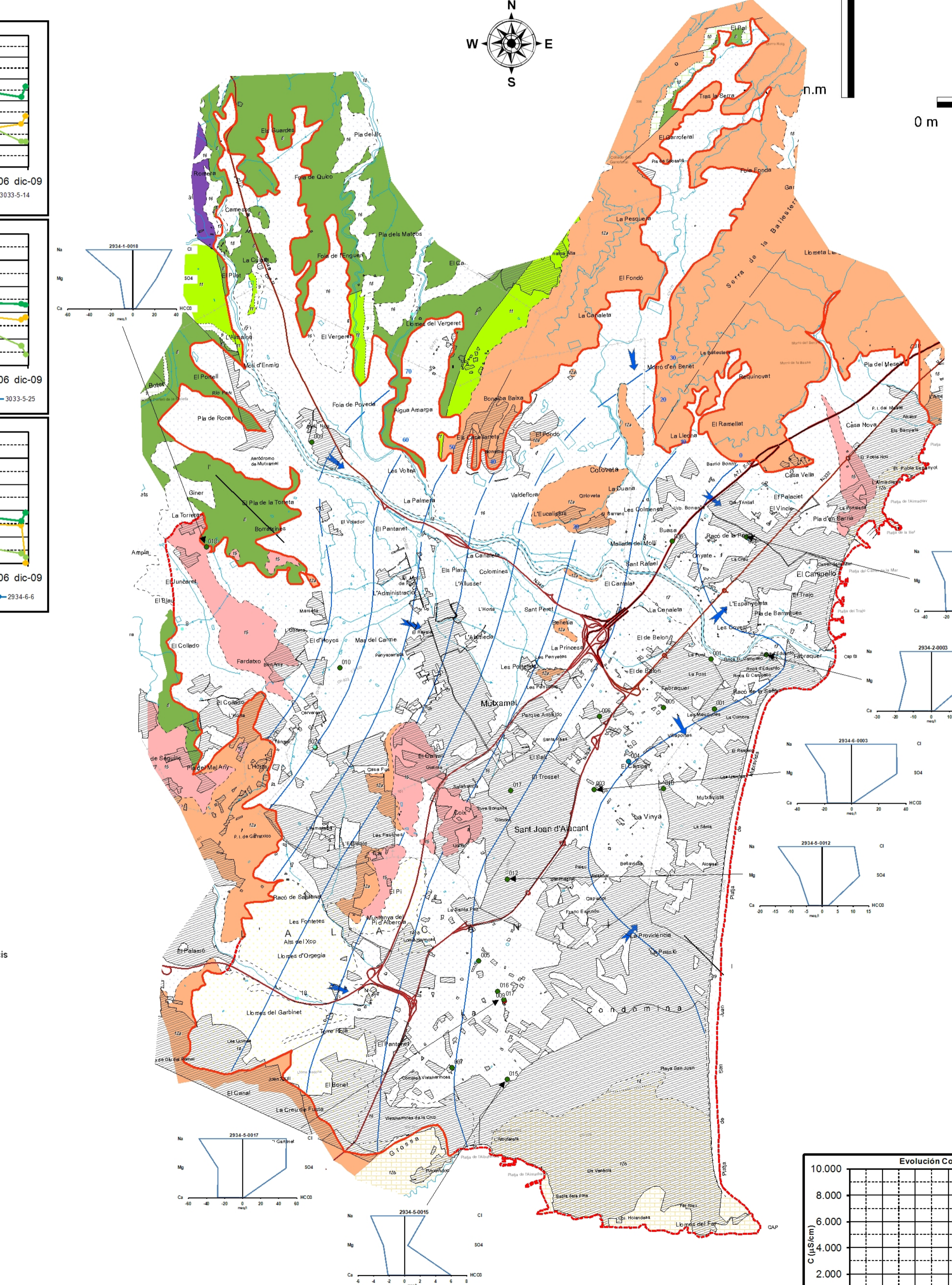


**LEYENDA**

**LITOLÓGICA**

CUATERNARIO		Permeable 19	Permeable 18	
TERCIARIO	NEÓGENO	Permeable	17	
		Permeable	16	
	MIOCENO	15	Permeable 14	
		12a	12b	Permeable
PALEÓGENO	13	12a	12b	
	10	Permeable	11	
CRETÁCICO	SUPERIOR	Permeable		
		9		
	INFERIOR	8		
		6	Permeable	7
JURÁSICO	MALM	Permeable		
		5		
	TITHONICO	4		
TRIÁSICO	HIMMERIDIENSE	Permeable		
		3		
		2		
		1		

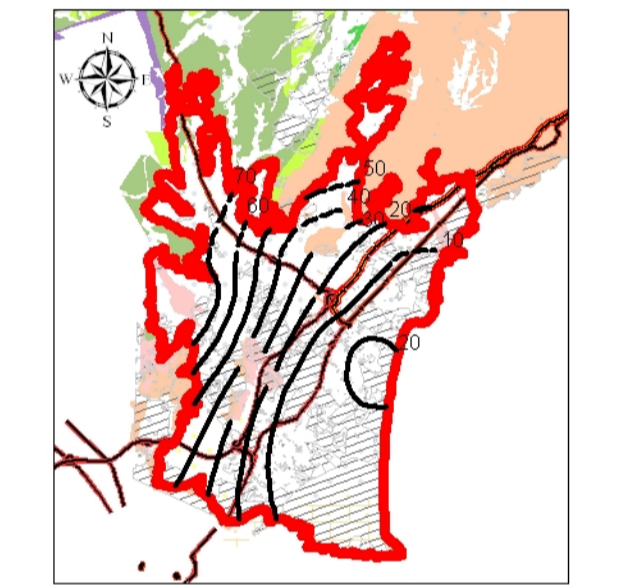
1. Arcillas vesiculolares con yesos y dolomías
2. Calizas grises
3. Calcarenitas
4. Margas margocalizas grises con Ammonites
5. Calcarenitas y areniscas
6. Calizas arrecifales con rudistas
7. Margas, calizas y calcarenitas
8. Margas y margocalizas arenosas con erizos
9. Calizas, dolomías y brechas
10. Calizas tableadas blancas
11. Margocalizas y margas blancas y rosadas
- 12a. Margas con niveles de calcarenitas
- 12b. Calcarenitas
13. Margas y brechas
14. Areniscas y calcarenitas
15. Limos rojos, conglomerados y costras calcáreas
16. Arenas, gravas y limos rojos localmente encostados. Glacis
17. Terrazas aluviales
18. Aluvial. Depósitos fondo de valle
19. Arenas y gravas litorales



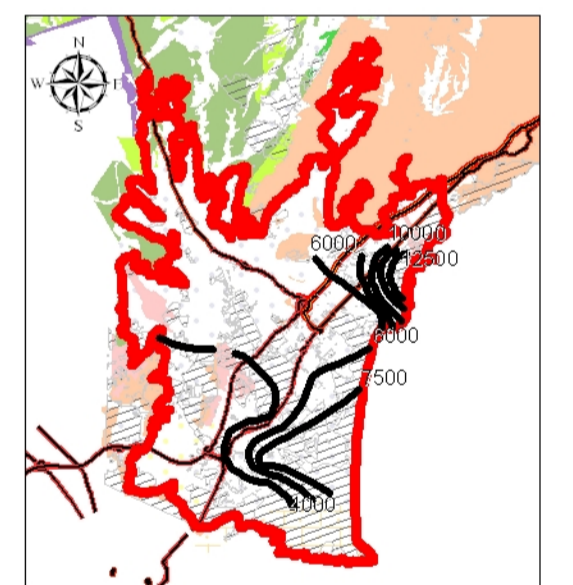
**Balace Hidrico**

Entradas					Salidas					Recursos (hm³/año)		
Llu	Rr	Pa	Sub	Total	Man	Bo	Sub	Rio	Mar	Total	Total	Utilizados
1,81	1,38	1,41	--	4,60	0,40	2,60	--	--	1,60	4,60	4,60	3,00

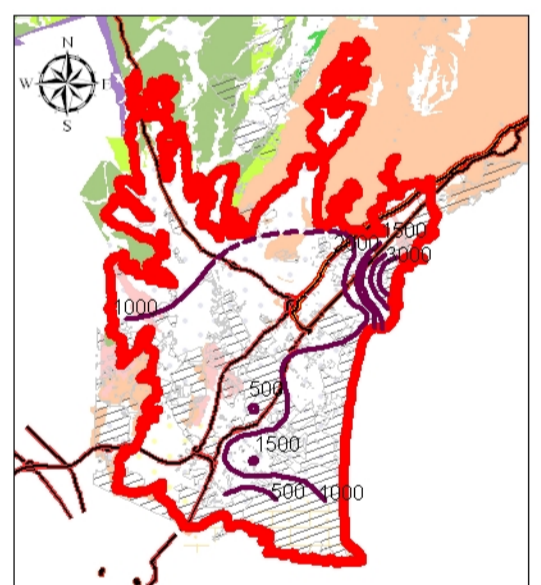
**Isopezas Feb-Mayo 2009**



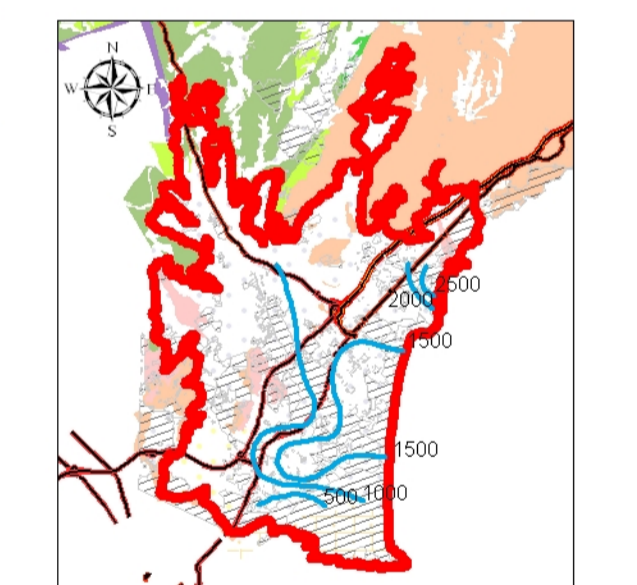
**Isoconductividades Oct-Nov 2009**



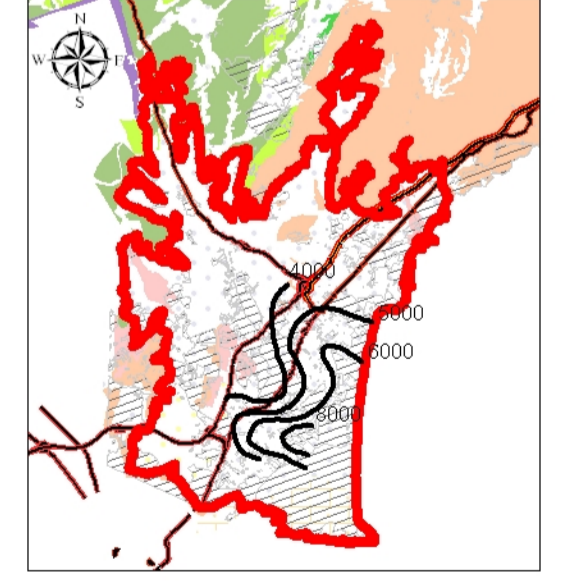
**Isocloruros Oct-Nov 2009**



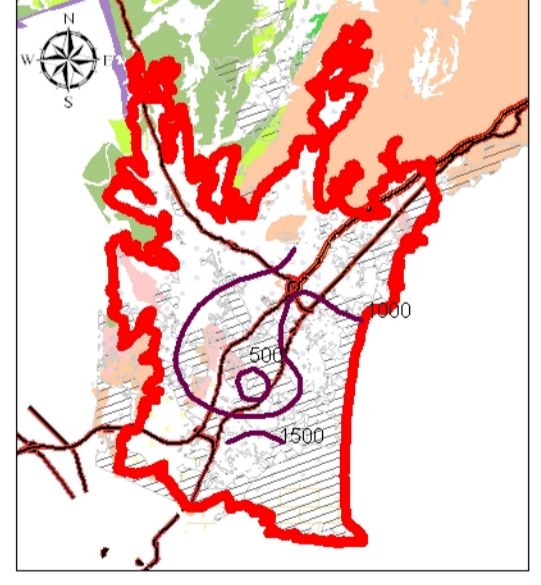
**Iso sulfatos Oct-Nov 2009**



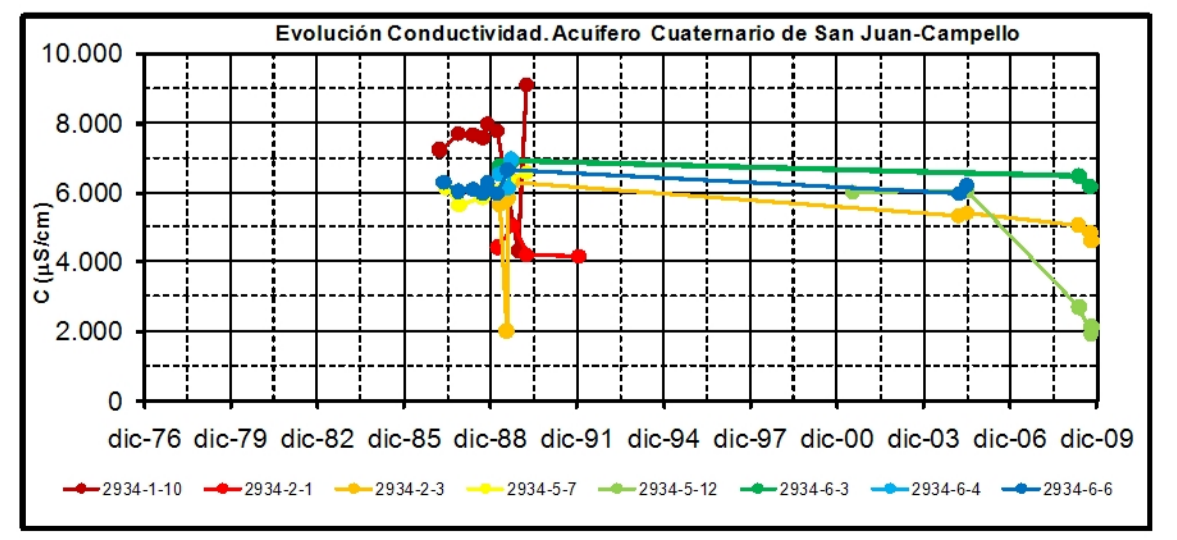
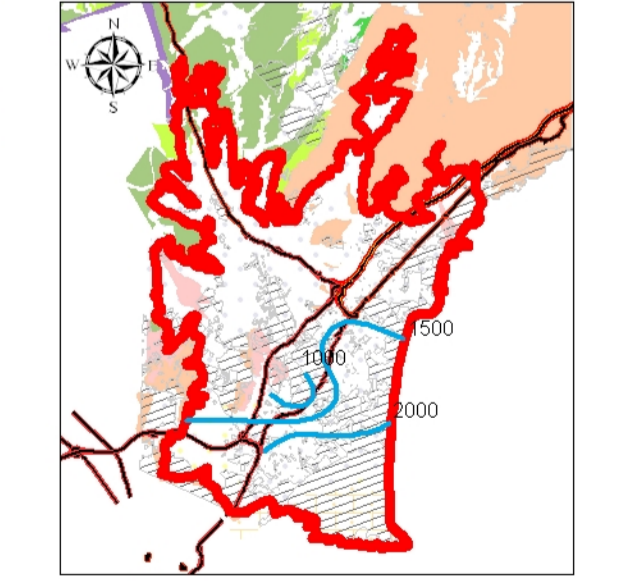
**Isoconductividades Feb-Mayo 2009**



**Isocloruros Feb-Mayo 2009**



**Iso sulfatos Feb-Mayo 2009**



GOBIERNO DE ESPAÑA, MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACION, Instituto Geológico y Minero de España, DIRECCIÓN GENERAL DE EVALUACIÓN Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS

TÍTULO DEL PROYECTO: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA UNIDAD DE ORCHETA, MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA 080.072 ORCHETA Y 080.073 SAN JUAN-BENIDORM EXPEDIENTE: 1540/08

ESCALA: 0 500 1.000 2.000 Metros

TÍTULO DEL PLANO: ACUÍFERO DE SAN JUAN CAMPELLO

DIRECCIÓN DEL PROYECTO: BRUNO J. BALLESTEROS NAVARRO, LUIS RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ

FECHA: DICIEMBRE 2009

ACUÍF. 10

HOJA 1 DE 1

### 11.19.3.2 ISÓTOPOS ESTABLES

En la Tabla nº 156 se presentan los resultados analíticos de los puntos muestreados en este acuífero.

**Tabla nº 156.- Puntos de muestreo isotópico. Acuífero Cuaternario de San Juan-Campello**

Punto	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Fecha Toma	Prof. Agua (m)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	d (‰)
2934-1-18	Marseta	Sondeo	40	20/10/09	16,27	-4,39	-29,91	-8,12	35,09
2934-2-3	Colegio Salesianos 2	Pozo	20	19/10/09	15,48	-9,17	-34,99	-5,65	10,23
2934-5-12	Hospital psiquiátrico	Sondeo	35	19/10/09	27,02	-11,72	-24,92	-2,72	-3,20
2934-5-17	Rest. Las Rejas	Sondeo	21	19/10/09	18,02	-11,10	-37,65	-5,02	2,55
2934-6-10	Villa Marco	Pozo	30	19/10/09	2,51	-9,80	-36,04	-3,49	-8,11

La relación  $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$  (ver Figura nº 141) indica que en los puntos 2934-2-3 y 2934-5-12, el agua ha sufrido evaporación previa a su infiltración y/o mezcla con aguas marinas, mientras que en los puntos 2934-5-17 y 2934-6-10 se sitúa en la zona de aguas evaporadas, que se asocia a la recarga de aguas superficiales o retornos de riego.

Los resultados del punto 2934-1-18 (que se encuentra muy próximo a la costa) se alejan de la línea meteórica y toma valores en exceso de deuterio de 35‰. Este valor se puede correlacionar con la infiltración de agua de lluvia procedente mayoritariamente del Mediterráneo y/o precipitaciones intensas y de corta duración, escasa humedad atmosférica y evaporación rápida.

En cuanto a los resultados de  $\delta^{13}\text{C}$  hay que decir que en el punto 2934-1-18 es de -4,39‰ debido a posibles procesos de disolución de carbonatos, al menos en los primeros. El resto de muestras tienen valores comprendidos entre -11,72 y -9,17‰.

## 11.20 FORMACIONES DE ESCASO INTERÉS HIDROGEOLÓGICO

### 11.20.1 OTRAS FORMACIONES CRETÁICAS DE ALMAENS

Se corresponden con los niveles calizos que aparecen entre los impermeables de base, del Albiense, y de techo, del Senoniense, que definen el acuífero de Almaens, en concreto con los niveles calizos que se intercalan en la ritmita del Albiense superior que se describe en el núcleo del anticlinal de ese acuífero (ver Figura nº 116) y los que pueden hacerlo entre las margocalizas y margas blancas y rosadas del Senoniense cartografiadas a la ladera septentrional de la Sierra de Almaens.

En total hay siete puntos inventariados (ver Tabla nº 157), de los que tres son manantiales con caudales inferiores a 1 l/s y el resto a pozos o sondeos, situados en el núcleo del anticlinal, que captan en total unos 50.000-60.000 m<sup>3</sup>/año.

Tabla nº 157.- Inventario de puntos de agua. Otras Formaciones Cretácicas de Almaens

Código	Municipio	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Q (l/s)	V* (m <sup>3</sup> /año)	Uso
293350007	Jijona	Espartal de Arriba	Sondeo	120,0	-	-	Colapsado
293350008	Jijona	Espartel de Abajo	Pozo-sondeo	87	4,0	50.000	Riego
293350009	Jijona	Picó	Pozo-galería	10	2,0	5.000	Riego 1 ha
293350010	Jijona	Fuente de Montoro	Manantial	--	1,0	31.536	Riego 10 ha
293350011	Jijona	Villa Carmen	Pozo	50,0	1,0	200	Doméstico
293350040	Jijona	Riu de La Torre 2	Manantial	--	0,2	6.307	Se desconoce
293360043	Jijona	Barranc dels Coloms	Manantial	--	0,5	15.768	Se desconoce

\* Los volúmenes que se indican corresponden a datos de inventarios anteriores

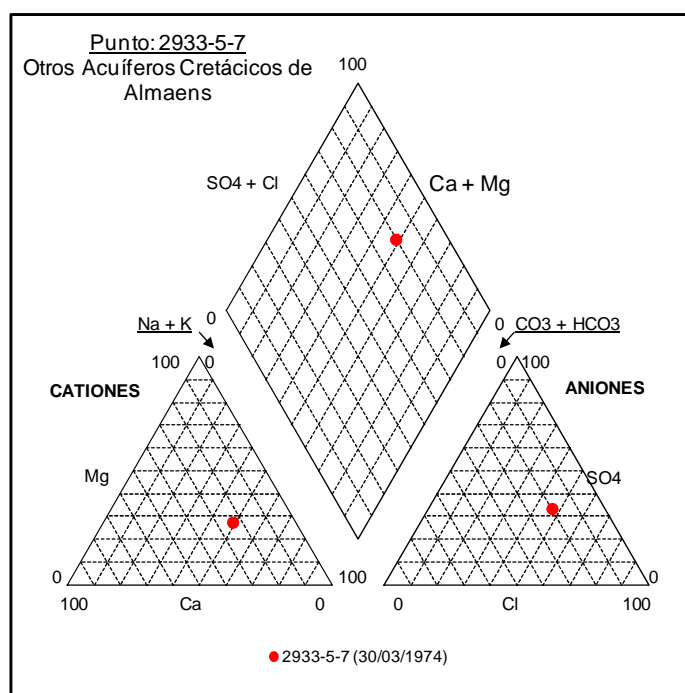


Figura nº 260.- Diagrama de Piper. Punto 2933-5-7

Del punto 2933-5-7 se dispone de la analítica de una muestra de agua de 1974 (ver Tabla nº 158). Los resultados muestran una facies hidroquímica clorurado-sulfatada sódico-magnésica (ver Figura nº 260), que las concentraciones de los iones Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>=</sup> y Na<sup>+</sup> sobrepasan los límites establecidos por el RD140/2003 (no es apta para consumo humano) y que según la clasificación USLS es del tipo C4S2 y sólo son aptas para algunos cultivos

debido a su salinidad (si los suelos son permeables y tienen buen drenaje) y presentan riesgo de alcalinización de medio a moderado.

**Tabla nº 158.- Resultados analíticos del punto 2933-5-7. Otras Formaciones Cretácicas de Almaens**

Fecha	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Ca <sup>++</sup> (mg/l)	Mg <sup>++</sup> (mg/l)	C (μS/cm)	pH	RS (mg/l)	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	T (°C)
30-03-74	348	454	479	17	323	10,0	136	95	2.260	8,1	1.375		17,0

### 11.20.2 PLIEGUES DEL BARRANCO DE LA UMBRÍA

Bajo esta denominación se incluyen las formaciones permeables de escaso interés hidrogeológico situadas al norte de los depósitos detríticos de San Juan-Campello entre los acuíferos de Almaens y Cabezón del Oro.

La estructura de esta zona corresponde a la sucesión de una anticlinal, al oeste, y un sinclinal, al este, con ejes de dirección general NNE. El flanco occidental del primero cabalga sobre el anticlinorio de Jijona y el oriental del segundo es la continuación del anticlinal de Cabezón del Oro.

Las formaciones permeables que afloran tienen escasa extensión y están definidas por las areniscas y calcarenitas, calizas arrecifales con rudistas y calizas del Albiense, las calizas, dolomías y brechas del Cenomaniense-Turonense, las areniscas que se intercalan entre las margas del Terciario y los depósitos del Pliocuaternario y Cuaternario.

Se han inventariado seis captaciones (ver Tabla nº 159), un pozo y seis surgencias.

**Tabla nº 159.- Inventario de puntos de agua. Pliegues del Barranco de la Umbría**

Código	Municipio	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Q (l/s)	V* (m <sup>3</sup> /año)	Uso
293350030	Jijona	Cova de Colomina	Pozo	5,0	-	-	Seco
293350032	Busot	Barranc de L'Ombria	Manantial	--	1,0	31.536	Se desconoce
293410019	Alicante	Vergeret	Manantial	--	1,0	31.536	Se desconoce
293410020	Alicante	Vergeret 2	Manantial	--	1,0	31.536	Se desconoce
293410021	Alicante	Agua Amarga	Manantial	--	3,0	94.608	Se desconoce
293410022	Jijona	Barranco Fondo	Manantial	--	0,5	15.768	Se desconoce

\* Los volúmenes que se indican corresponden a datos de inventarios anteriores

### 11.20.3 BASE DE LA DEPRESIÓN DE RELLEU

La zona ocupada por estas formaciones, situada entre los acuíferos de Cabezón del Oro y Anticlinales de Relleu y al norte del sinclinorio de Villajoyosa-Campello, coincide con la depresión de Relleu (ver epígrafe 10.3.2.6 DEPRESIÓN DE RELLEU), donde afloran las formaciones permeables constituidas por las areniscas que aparecen entre las margas del Terciario y, en sus bordes occidental y meridional, las areniscas y calcarenitas, calizas arrecifales con rudistas y calizas del Albiense y las calizas, dolomías y brechas del Cenomaniense-Turoniense.

En el área definida se han inventariado un total de 17 captaciones (9 manantiales y el resto pozos o sondeos), en su mayoría abandonadas (ver Tabla nº 160).

Tabla nº 160.- Inventario de puntos de agua. Base de la Depresión de Relleu

Código	Municipio	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Q (l/s)	V* (m <sup>3</sup> /año)	Uso
293360014	Aigües	Pla de Alberoles	Pozo-sondeo	35	--	--	Abandonado
293360020	Aigües	El Cantar del Vallés	Pozo	4	--	--	Seco
293360021	Aigües	Casa Nova	Pozo	28	--	--	Seco
293360022	Aigües	Gasparet	Manantial	--	--	--	Seco
293360040	Aigües	Pozo jardín	Sondeo	100,0	1,0	500	Doméstico
293360041	Relleu	Anxinal	Manantial	--	0,3	9.461*	Se desconoce
293360042	Relleu	Barranc Anxinal	Manantial	--	0,3	9.461*	Se desconoce
293370005	Aigües	Castellet	Pozo	12	--	--	Sin Uso
293370006	Aigües	Fuente del Castellet	Manantial	--	2,0	63.072*	Abastecimiento
293370007	Relleu	Fuente Figuerets	Manantial	--	1,0	31.536	Riego
293370008	Relleu	Fuente de la Senia	Manantial	--	1,0	31.536	Riego
293370015	Relleu	Casa del Torrero	Pozo	50,0	-	-	Sin instalar
293370016	Relleu	Barranc Font de la Figuera	Sondeo	?	2,0	-	Riego
293370017	Relleu	Les Carrasquetes	Pozo	?	-	-	Abandonado
293370019	Relleu	Fuente de la Figuera	Manantial	--	-	-	Seco
293370023	Aigües	La Venteta	Manantial	--	1,0	31.536*	Sin uso
293370024	Aigües	La Venteta 2	Manantial	--	0,2	6.307*	Sin uso

\* Los volúmenes que se indican corresponden a datos de inventarios anteriores

Los datos hidroquímicos disponibles (ver Tabla nº 161) muestran que la CE ronda los 3.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en los puntos del sector sur (2933-6-22 y 2933-7-5) y los 400-600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en las fuentes inventariadas en la zona norte (2933-7-7 y 8).

Tabla nº 161.- Resultados analíticos. Base de la Depresión de Relleu

Punto	Fecha	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Ca <sup>++</sup> (mg/l)	Mg <sup>++</sup> (mg/l)	C (μS/cm)	pH	RS (mg/l)	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	T (°C)
2933-6-22	28-02-74	171	1.056	426	135	241	18,0	433	120	3.108	7,9	1.951		16,0
2933-7-5	28-02-74	220	674	602	4	346	9,0	216	100	2.920	8,1	1.823		17,0
2933-7-7	31-03-74	256	63	35	11	22	2,0	86	16	615	8,0	342		16,0
2933-7-7	25-03-09	112	52	26	2	15	1,0	44	12	408	8,0		8,8	
2933-7-7	20-10-09	161	58	27	2	18	1,0	63	11	482	7,9		10,4	18,8
2933-7-8	25-03-09	111	59	36	5	19	2,0	43	16	461	7,4		13,9	21,0
2933-7-8	20-10-09	215	69	38	5	33	2,0	74	15	590	7,9		13,7	19,3

Las hidroquímicas de los puntos de la zona norte son bicarbonatado-sulfatadas cálcico-magnésicas o bicarbonatadas cálcicas y sulfatadas cálcico-sódicas o clorurado-sulfatadas sódico-cálcicas en la sur (ver Figura nº 261).

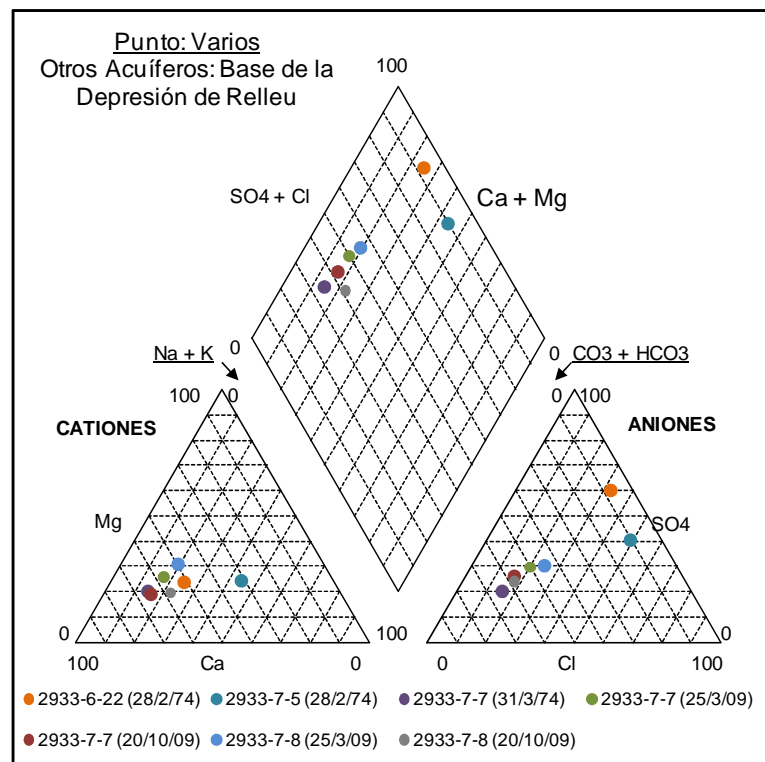


Figura nº 261.- Diagrama de Piper. Base de la Depresión de Relleu

En los puntos donde la salinidad es elevada (situados en el sector sur de la zona) las aguas no son aptas para consumo humano y según la clasificación USLS son del tipo C4S2 y sólo son aptas para algunos cultivos debido a su salinidad (si los suelos son permeables y tienen buen drenaje) y presentan riesgo de alcalinización de medio a moderado. En las fuentes del

sector norte los parámetros analizados no superan los límites que establece el RD140/2003 y son aptas para riego según la clasificación USLS (tipo C2S1).

El origen de la salinidad de las fuentes situadas en el borde septentrional se asocia a la infiltración de agua de lluvia de zonas interiores y/o costeras (ver Figura nº 262).

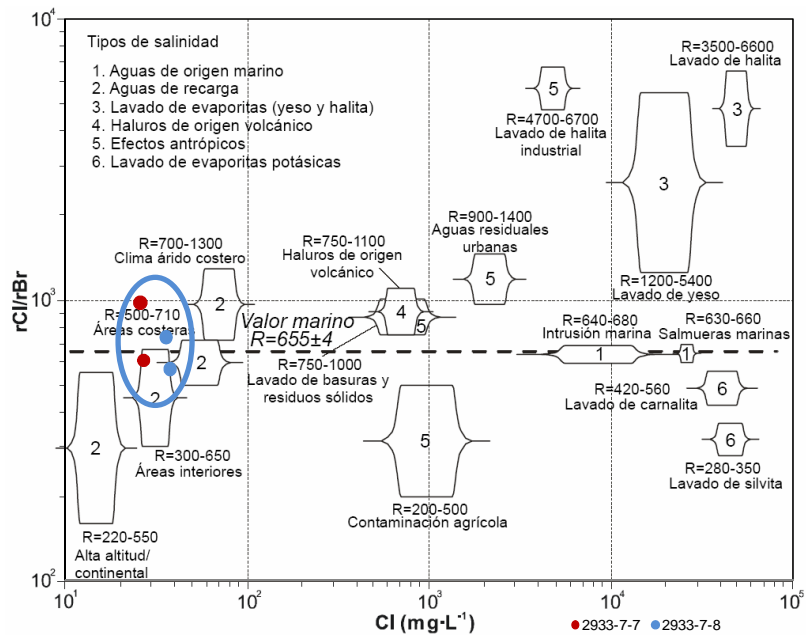


Figura nº 262.- Relación Cl versus rCl/rBr. Base de la Depresión de Rellou

Se tomaron muestras para conocer la composición isotópica del agua en los puntos que aparecen en la Tabla nº 162. Los resultados obtenidos permiten estimar una cota media del área de recarga de la surgencia Fuente de la Senia (2933-7-8) entre los 450 y 500 m s.n.m. La relación  $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$  (ver Figura nº 141) indica que en el punto 2933-7-7 el agua ha sufrido evaporación previa a su infiltración. El exceso de deuterio del punto 2933-7-8 toma un valor de 18,45‰, es decir, el agua de lluvia que se infiltra tiene un origen mediterráneo y, en menor proporción, atlántico. Los resultados de  $\delta^{13}\text{C}$  de las dos muestras adquieren valores que rondan -10‰.

Tabla nº 162.- Puntos de muestreo isotópico. Base de la Depresión de Rellou

Punto	Toponimia	Tipo	Fecha Toma	Cota Muestreo	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	d (‰)
2933-7-7	Fuente Figuerets	Manantial	20/10/2009	464	-10,80	-33,26	-4,48	2,60
2933-7-8	Fuente de la Senia	Manantial	20/10/2009	484	-9,47	-35,69	-6,77	18,45

### 11.20.4 DETRÍTICOS DE ORCHETA

Estas formaciones se emplazan entre los acuíferos Anticlinales de Rellou y Orxeta, al norte del embalse del Amadorio.

Los afloramientos permeables están representados por los niveles de calcarenitas que aparecen entre las margas del Terciario y por los depósitos de arenas y gravas del Pliocuatrnario y Cuaternario.

En la zona definida hay cuatro puntos de agua inventariados, tres pozos y un manantial (ver Tabla nº 163).

Tabla nº 163.- Inventario de puntos de agua. Detríticos de Orcheta

Código	Municipio	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Q (l/s)	V* (m <sup>3</sup> /año)	Uso
293380001	Orxeta	Santo Tomás	Pozo	20	2,0	--	Sin Uso
293380002	Orxeta	Viejo de Santo Tomás	Pozo	6	--	--	Sin Uso
293380040	Villajoyosa	Pozo Confederación	Pozo-galería	32	10,0	6.000*	Doméstico*
293380111	Orxeta	Font de Mira	Manantial	--	2,0	63.072*	Riego*

\* Los volúmenes que se indican corresponden a datos de inventarios anteriores

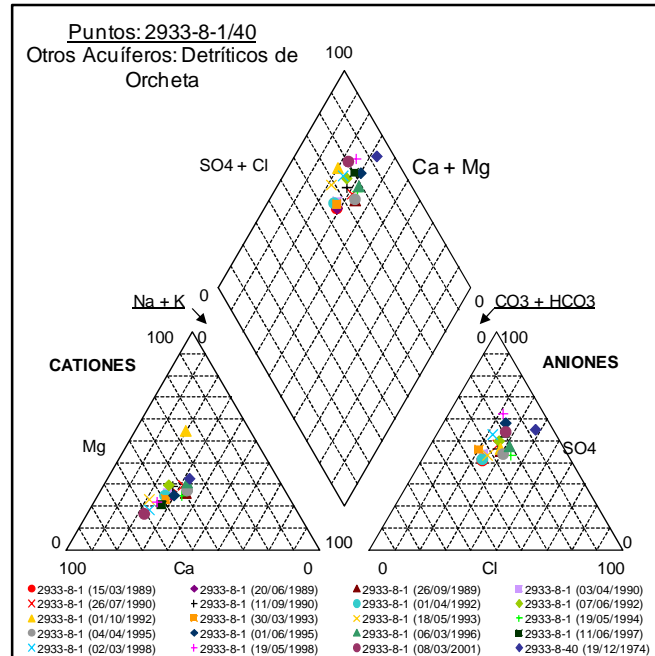


Figura nº 263.- Diagrama de Piper. Detríticos de Orcheta

Los datos hidroquímicos disponibles (ver Tabla nº 164) indican que la facies del punto 2933-8-1 son sulfatadas o sulfatado-bicarbonatadas o cloruradas cálcicas o cálcico-sódicas (ver Figura nº 263), la CE ronda los 600 µS/cm, las concentraciones de los iones sulfato y calcio



se incrementan en 1995 de 150-200 a 300-400 mg/l y de 50-90 a 100-200 mg/l, respectivamente (ver Figura nº 264) y según la clasificación USLS son agua de baja salinidad con bajo contenido en Na aptas para riego (tipo C2S1).

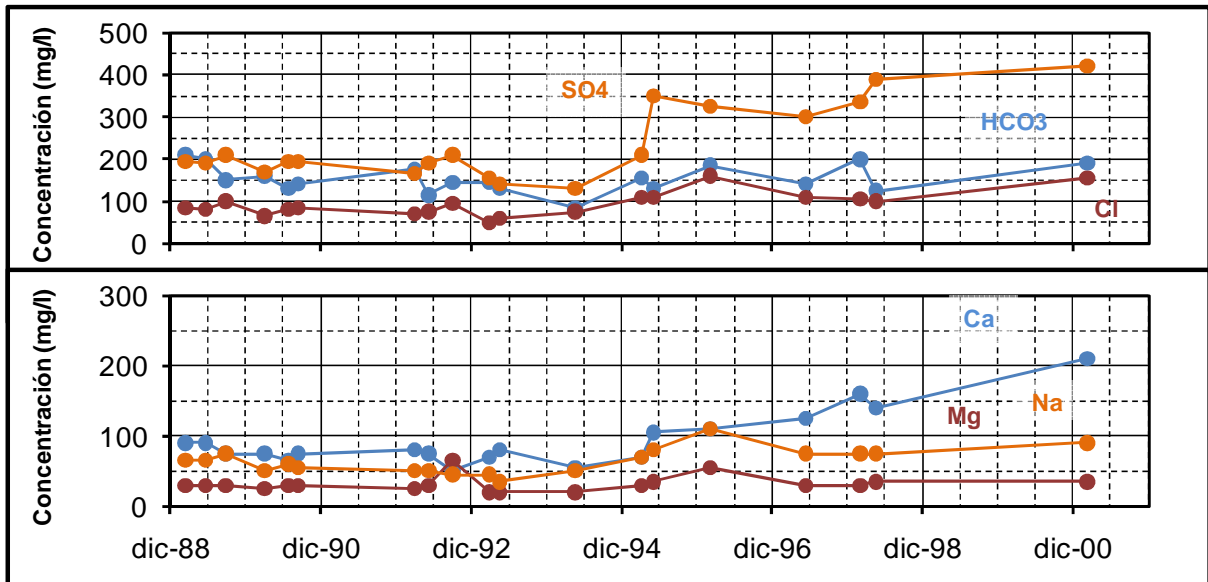


Figura nº 264.- Evoluciones de iones mayoritarios. Punto 2933-8-1

Tabla nº 164.- Resultados analíticos. Detrítico de Orcheta

Punto	Fecha	B (mg/l)	Ca (mg/l)	Cl (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	C (µS/cm)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	pH	SO <sub>4</sub> (mg/l)	T (°C)
2933-8-1	15-03-89		90	85	210		5,0	30	65	0,5		195	
2933-8-1	20-06-89		90	80	200		6,0	30	65	1,0		190	
2933-8-1	26-09-89		75	100	150		6,0	30	75	3,0		210	
2933-8-1	03-04-90		75	65	160		5,0	25	50	0,1		170	
2933-8-1	26-07-90		65	80	130		5,0	30	60	0,1		195	
2933-8-1	11-09-90		75	85	140		4,0	30	55	1,0		195	
2933-8-1	01-04-92		80	70	175		3,0	25	50	21,0		165	
2933-8-1	07-06-92		75	75	115		2,0	30	50	4,0		190	
2933-8-1	01-10-92		50	95	145		4,0	65	45	6,0		210	
2933-8-1	30-03-93	0,100	70	50	145	596	3,0	20	45	1,0	7,6	155	
2933-8-1	18-05-93	0,140	80	60	130	641	3,0	20	35	3,0	8,1	140	
2933-8-1	19-05-94		55	75	85		3,0	20	50	20,0		130	
2933-8-1	04-04-95		70	110	155		2,0	30	70	5,0	7,0	210	
2933-8-1	01-06-95		105	110	130		4,0	35	80	5,0	7,0	350	
2933-8-1	06-03-96		110	160	185		5,0	55	110	6,0		325	

Punto	Fecha	B (mg/l)	Ca (mg/l)	Cl (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	C (μS/cm)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	pH	SO <sub>4</sub> (mg/l)	T (°C)
2933-8-1	11-06-97		125	110	140		4,0	30	75	6,0		300	
2933-8-1	02-03-98		160	105	200		5,0	30	75	11,0		335	
2933-8-1	19-05-98		140	100	125		5,0	35	75	8,0		390	
2933-8-1	08-03-01		210	155	190		6,0	35	90	25,0		420	
2933-8-40	19-12-74		471	859	275	5.129	22,0	263	499	300,0	7,9	1.681	17,0

### 11.20.5 TERCIARIO DE VILLAJOYOSA

Se extiende por toda la franja costera situada al sur de la fractura principal del accidente de Finestrat, entre El Campello y Benidorm, y coincide con el sinclinorio de Villajoyosa-Campello, en cuyo núcleo afloran materiales terciarios, en concreto las margas con niveles de calcarenitas.

En la zona definida se han inventariado unas 60 captaciones, en su mayoría pozos y pozos con galería, que por lo general no superan los 20 m de profundidad y aportan caudales instantáneos que suelen rondar los 2 l/s (ver Tabla nº 165). La mayoría se han abandonado con el tiempo, aunque también se han perforado sondeos durante los últimos años. También hay algunas surgencias de las que únicamente se cuenta con datos históricos del caudal que drenan.

La mayor parte de los aprovechamientos corresponden a usos domésticos, aunque en ocasiones se riegan pequeñas parcelas de arbolado, en su mayoría cítricos, de escasa extensión (1-2 ha).

Tabla nº 165.- Inventario de puntos de agua. Terciario de Villajoyosa

Código	Municipio	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Q (l/s)	V (m <sup>3</sup> /año)	Uso
293370002	Orxeta	Fuente Ermita	Manantial	--	0,3	9.461	Riego de 0,4 ha
293370004	Orxeta	Camino Antequera	Pozo	10	2,0	5.000	Riego de 1 ha
293380003	Villajoyosa	Juan I	Sondeo	100	-	-	Negativo
293380004	Villajoyosa	Salado de León	Sondeo	100	-	-	Abandonado
293380005	Villajoyosa	Hoya del Hipotecario	Pozo-galería	74	10,0	--	Sin Uso
293380006	Villajoyosa	Pozo de la Balsa	Pozo	14	10,0	500	Doméstico
293380007	Villajoyosa	Pozo Balsa pequeña	Pozo	15,5	-	-	Desinstalado
293380009	Villajoyosa	Ramona	Pozo	15	16,6	7.000	Riego 1 ha
293380010	Villajoyosa	De Mayor	Pozo	10	20,0	8.000	Riego 2 ha
293380011	Villajoyosa	Soler	Pozo	20	2,0	2.000	Doméstico
293380012	Villajoyosa	Senda El Chena	Pozo	15	2,0	3.000	Riego 1 ha
293380015	Villajoyosa	EL Moro	Pozo	8	2,0	1.000	Doméstico

Código	Municipio	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Q (l/s)	V (m <sup>3</sup> /año)	Uso
293380019	Villajoyosa	Cuenca del Río	Pozo	20	--	--	Sin Uso
293380021	Villajoyosa	Los Corteses	Pozo	22	2,0	10.000	Doméstico
293380022	Villajoyosa	Pileta	Pozo	20	2,0	4.000	Doméstico
293380025	Villajoyosa	Polideportivo Maissa Lloret	Sondeo	48	-	-	Colapsado o tapado
293380030	Villajoyosa	Puntas	Pozo	15	-	-	Se desconoce
293380037	Villajoyosa	Cerámica Ronella	Pozo	8	--	--	Sin Uso
293380055	Villajoyosa	Rodacucos de CARSTNLYNG	Pozo	34	8,3	4.000	Doméstico
293380056	Villajoyosa	Abraixador	Sondeo	100	2,0	--	Sin Uso
293380058	Villajoyosa	La Setina (John Rock)	Pozo	19,5	10,0	3.000	Doméstico
293380059	Villajoyosa	La Setina (John Rock)	Sondeo	15	--	--	Sin Uso
293380060	Villajoyosa	El Sirero	Pozo	17	10,0	5.000	Doméstico
293380064	Villajoyosa	Fábrica de Hielo del Puerto	Pozo	24,2	4,0	--	Sin Uso
293380065	Villajoyosa	Torrero	Pozo	29,5	2,0	10.000	Riego (llenado de cisternas)
293380066	Villajoyosa	Senia de Mayoro	Pozo	18	--	--	Sin Uso
293380068	Villajoyosa	Partida Torres	Pozo	25	-	-	Abandonado
293380074	Villajoyosa	Las Torres 6	Sondeo	60	--	--	Negativo
293380076	Villajoyosa	Camping Hércules	Pozo	4	-	-	Sin instalar
293380079	Villajoyosa	Almiserans	Sondeo	100	20,0	30.000	Riego de 10 ha
293380082	Villajoyosa	La Balsa Centella	Pozo	19	--	--	Sin Uso
293380083	Villajoyosa	Serrano	Pozo	22	--	--	Sin Uso
293380087	Villajoyosa	Hermanos López Llonets	Pozo	18	10,0	10.000	Industrial
293380102	Villajoyosa	Rancallosa	Pozo	60	--	--	Se desconoce
293380109	Villajoyosa	Levantina	Sondeo	?	0,8	--	Se desconoce
293380110	Villajoyosa	Autopista	Pozo	17,6	2,0	--	Sin Uso
293380119	Villajoyosa	Club Tennis Villajoyosa	Sondeo	32	1,5	4.500	Zonas verdes y recreativas
293380127	Villajoyosa	Hacienda del Sol	Sondeo	100	-	-	Colapsado
293380128	Villajoyosa	Hacienda del Sol 2	Sondeo	100	1,0	10.000	Zonas verdes y recreativas
293380137	Villajoyosa	Solera	Sondeo	35	1,0	2.000	Doméstico
293380140	Villajoyosa	Tossal de Meno	Manantial	--	0,2	6.307	Riego
293420005	Campello	Lomas de Gigi	Manantial	--	--	--	Seco
293420011	Busot	Runal	Manantial	--	--	--	Seco
293420020	Busot	Serra de Busot	Pozo	5	-	-	Seco
293420021	Busot	La cava	Pozo	5	-	-	Seco
293430001	Villajoyosa	Molino Charco	Pozo	15	--	--	Sin Uso
293430002	Villajoyosa	Valdo	Pozo	5	2	1.000	Doméstico
293430003	Villajoyosa	La Coleta	Pozo	5	--	--	Sin Uso
293430004	Villajoyosa	Fuente del Carabasol	Manantial	--	3,0	94.608	Abrevadero

Código	Municipio	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Q (l/s)	V (m <sup>3</sup> /año)	Uso
293430005	Villajoyosa	Emeriscal	Pozo	7	--	--	Sin Uso
293430006	Villajoyosa	La Foya	Pozo	34	20	--	Sin Uso
293440001	Villajoyosa	Residencia BBV	Pozo	5,0	1,0	16.000	Zonas verdes y recreativas
293440002	Villajoyosa	Residencia BBV	Pozo	6	1,0	16.000	Zonas verdes y recreativas
293440003	Villajoyosa	Bounon	Pozo	5	2,0	1.000	Doméstico
293440004	Villajoyosa	Gavellets	Pozo	10	10,0	2.000	Doméstico
293440005	Villajoyosa	La Nina	Pozo	6	1,0	1.000	Doméstico
293440006	Villajoyosa	Montíboli	Sondeo	100	-	-	Abandonado
303350001	Benidorm	El Moralet	Sondeo	20	-	-	Colapsado
303350010	Benidorm	Moralet	Pozo-galería	10	--	--	Se desconoce
303350020	Benidorm	Barrina	Pozo-galería	15,3	--	--	Se desconoce
303360051	Benidorm	Paraje Cabut	Pozo	10		3.000	Riego

Las extracciones anuales inventariadas hasta la fecha son las siguientes:

Año	Volumen (m <sup>3</sup> /año)
1973	180.915
1977	113.376
1994	118.915
2005	118.415
2008	163.415
<b>Promedio</b>	<b>139.007</b>

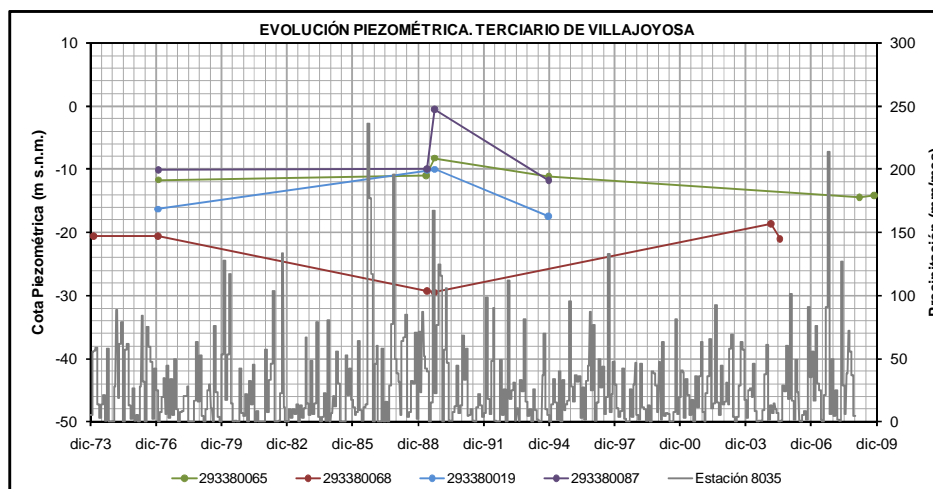


Figura nº 265.- Evoluciones piezométricas. Terciario de Villajoyosa

Hay algunos puntos que se encuentran en las proximidades de los bordes del acuífero Cuaternario de Villajoyosa que podrían captar los recursos de este último en aquellos casos en los que exista conexión hidráulica con los lentejones calcareníticos intercalados en las margas terciarias.

La cota de la superficie piezométrica se conoce en varios puntos, algunos con medidas de comienzos de los años setenta, pero sin apenas continuidad temporal. Del análisis de las series de datos se deduce una cierta estabilidad en los niveles para todo el acuífero (ver Figura nº 265).

Los datos hidroquímicos disponibles (ver Tabla nº 166) indican que la CE varía tanto en el espacio como en el tiempo (ver Figura nº 266) entre los 1.500 y 3.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pudiéndose alcanzar valores próximos a los 15.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en puntos localizados en las proximidades de la costa (2934-4-1 y 2).

Tabla nº 166.- Resultados analíticos. Terciario de Villajoyosa

Punto	Fecha	Br (mg/l)	Ca (mg/l)	Cl (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	C ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	pH	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)
293380004	15-05-00		237	212	160		6,4	58	137	6			629
293380004	21-05-01		206	174	176		5,7	50	111	10			520
293380006	14-01-74		182	539	409	3.411	13,0	174	444	47	8,0		902
293380009	14-02-74		130	426	244	3.350	12,0	177	345	18	8,5		875
293380019	15-02-74		160	298	250	2.150	7,0	80	221	29	7,7		514
293380019	24-04-89		195	310	233	2.250	8,0	104	226	68	7,9	13,2	716
293380019	28-09-89		245	313	338	2.640	12,0	117	252	84	8,2	13,7	790
293380021	29-05-87	2,900	90	500	380	3.490	12,0	180	450	30	7,1		1.045
293380021	30-09-87		145	450	430	3.380	12,0	165	430	24	7,3	16,0	1.030
293380021	01-12-87	2,800	180	480	410	3.310	9,0	170	405	50	7,2	17,0	960
293380068	22-02-74		138	396	329	2.607	7,0	77	421	113	8,0		610
293380068	24-04-89		112	527	150	2.730	5,0	108	402	240	8,3	17,3	524
293380068	28-09-89		224	380	350	2.830	7,0	111	299	130	7,7	15,7	678
293380076	11-03-09					2.980							
293380102	15-05-89		242	446	240	2.920	8,0	125	320	59	7,8	13,5	854
293380119	15-02-05					3.300							
293380119	13-07-05					3.290							
293380119	07-05-09	0,930	152	460	126	3.753	21,0	166	389	150	8,0	22,6	930
293380119	05-10-09	24,580	160	480	179	3.113	14,0	110	365	12	8,1	16,4	720
293380119	19-10-09					2.950							
293380127	15-02-05					3.210							
293380127	13-07-05					3.170							
293380128	15-02-05					3.180							
293380128	13-07-05					3.185							
293380128	07-05-09					2.980							

Punto	Fecha	Br (mg/l)	Ca (mg/l)	Cl (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	C (μS/cm)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	pH	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)
293380137	03-06-09	2,965	140	1.510	242	8.474	14,0	220	1.737	24	8,1	21,5	2.360
293430004	13-02-74		82	632	207	3.150	12,0	163	414	30	8,2		697
293440001	06-10-09	17,530	650	5.550	289	21.985	125,0	710	2.981	7	8,0	18,7	2.620
293440001	20-10-09					2.050							
293440002	03-06-09	13,530	380	4.960	123	16.744	100,0	480	2.955	20	8,0	21,8	1.860
293440002	20-10-09	5,200	148	4.740	218	16.323	108,0	208	3.210	98	8,0	22,2	1.430
303350001	22-08-89												
293380065	21-02-74		142	383	159	2.600	16,0	124	276	39	7,5		769
293380065	30-09-87		200	440	415	3.510	20,0	165	470	175	7,1		1.080
293380065	30-09-87		160	525	355	3.560	20,0	200	350	145	6,8	15,0	1.105
293380065	11-05-88	1,000	210	320	380	2.700	20,0	180	225	100	7,0	16,0	735
293380065	22-11-88	1,000	85	80	225	865	45,0	30	60	19	7,6	9,7	155
293380065	09-12-88	1,300	175	280	400	2.330	16,0	100	245	85	7,0	16,4	625
293380065	15-05-89		205	319	312	2.880	18,0	133	312	154	8,2	15,5	890
293380065	28-09-89		195	277	314	3.500	18,0	113	244	124	8,5	15,7	666
293380065	13-12-94		140	202	390	2.180	15,0	90	235	66	7,4		612
293380065	11-03-09					3.350							
293380087	25-02-74		122	280	153	2.236	20,0	92	245	89	8,0		566
293380087	29-05-87	1,000	180	165	240	1.490	10,0	60	120	65	7,2		350
293380087	30-09-87		100	130	275	1.230	8,0	45	115	40	7,8	1,0	260
293380087	11-05-88	1,050	200	250	305	2.130	10,0	90	205	100	7,1	13,2	560
293380087	22-11-88	1,000	110	120	315	1.365	12,0	50	125	55	7,2	13,6	300
293380087	09-12-88	1,100	130	160	345	1.640	11,0	60	155	60	7,6	14,3	395
293380087	25-04-89		180	329	248	2.730	17,0	121	296	184	8,2	13,8	744
293380087	28-09-89		275	413	316	3.490	18,0	174	370	192	8,6	18,6	1.200

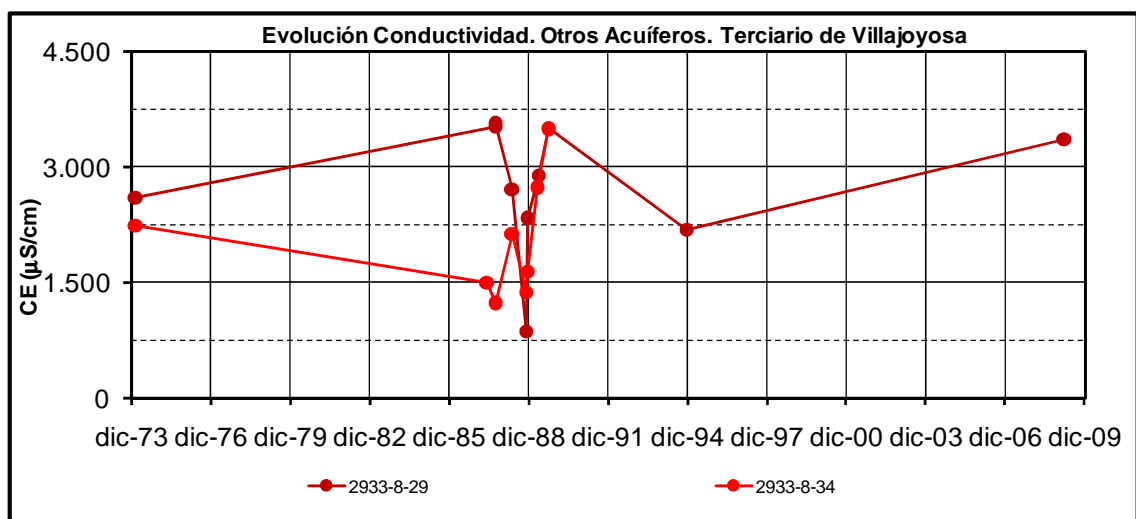


Figura nº 266.- Evolución de la CE. Terciario de Villajoyosa

Las facies hidroquímicas son sulfatado-bicarbonatadas sódico-cálcicas o sódico-magnésicas en puntos situados sobre el afloramiento Terciario situado entre los dos sectores del acuífero Cuaternario de Villajoyosa (2933-8-65 y 87) y en el resto del área presentan facies entre sulfatadas cálcicas (2933-8-4) y cloruradas sódicas (2934-4-1 y 2), dependiendo de la distancia a la que se encuentren de la costa (ver Figura nº 267).

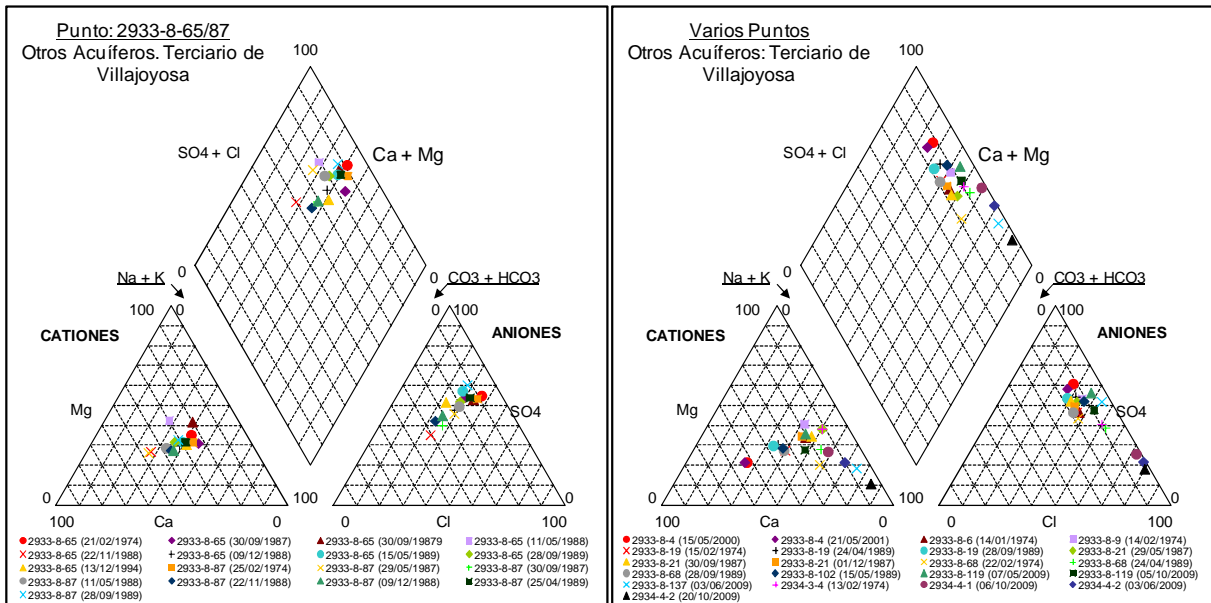


Figura nº 267.- Diagrama de Piper. Terciario de Villajoyosa

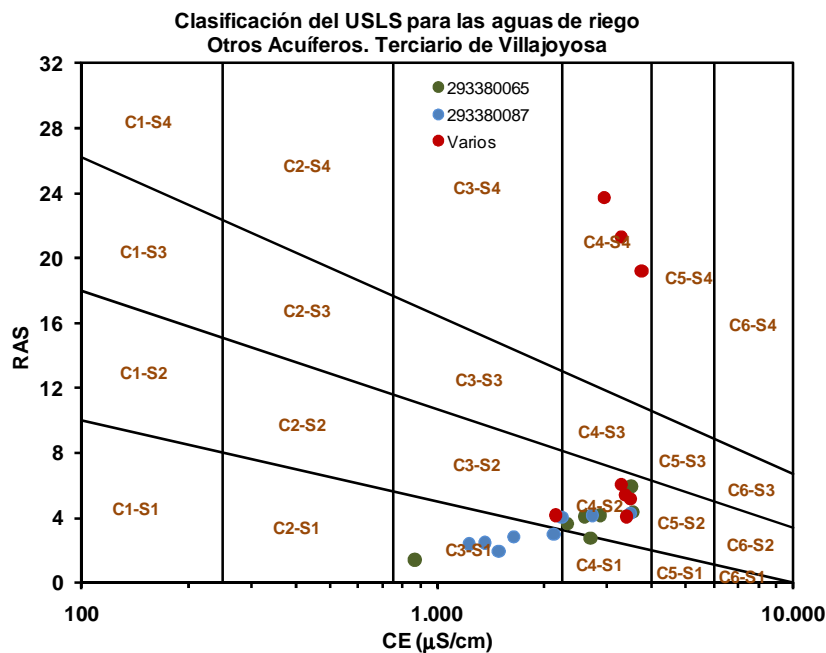


Figura nº 268.- Aptitud para riego según clasificación de USLS. Terciario de Villajoyosa

Adquieren concentraciones elevadas de sulfatos, cloruros y sodio, sobrepasando en la mayoría de los casos los límites que establece el RD140/2003. También se aprecian problemas de contaminación por nitratos, con concentraciones que suelen superar los 50 mg/l y que pueden alcanzar los 240 mg/l. En consecuencia, las aguas de este sistema no son aptas para consumo humano y presentan ciertas limitaciones para ser aplicadas en los cultivos de la zona, aunque se podrían utilizar en usos sin restricciones severas (ver Figura nº 268).

De acuerdo con la relación Cl y ratio rCl/rBr (ver Figura nº 269), el origen de la salinidad del acuífero puede corresponder a la mezcla de agua de lluvia con aguas residuales, lavado de RSU o lixiviados de yesos, aportaciones, mezcla de agua de lluvia con retornos de riego e incluso con agua de mar y/o mezcla de agua de lluvia con agua marina.

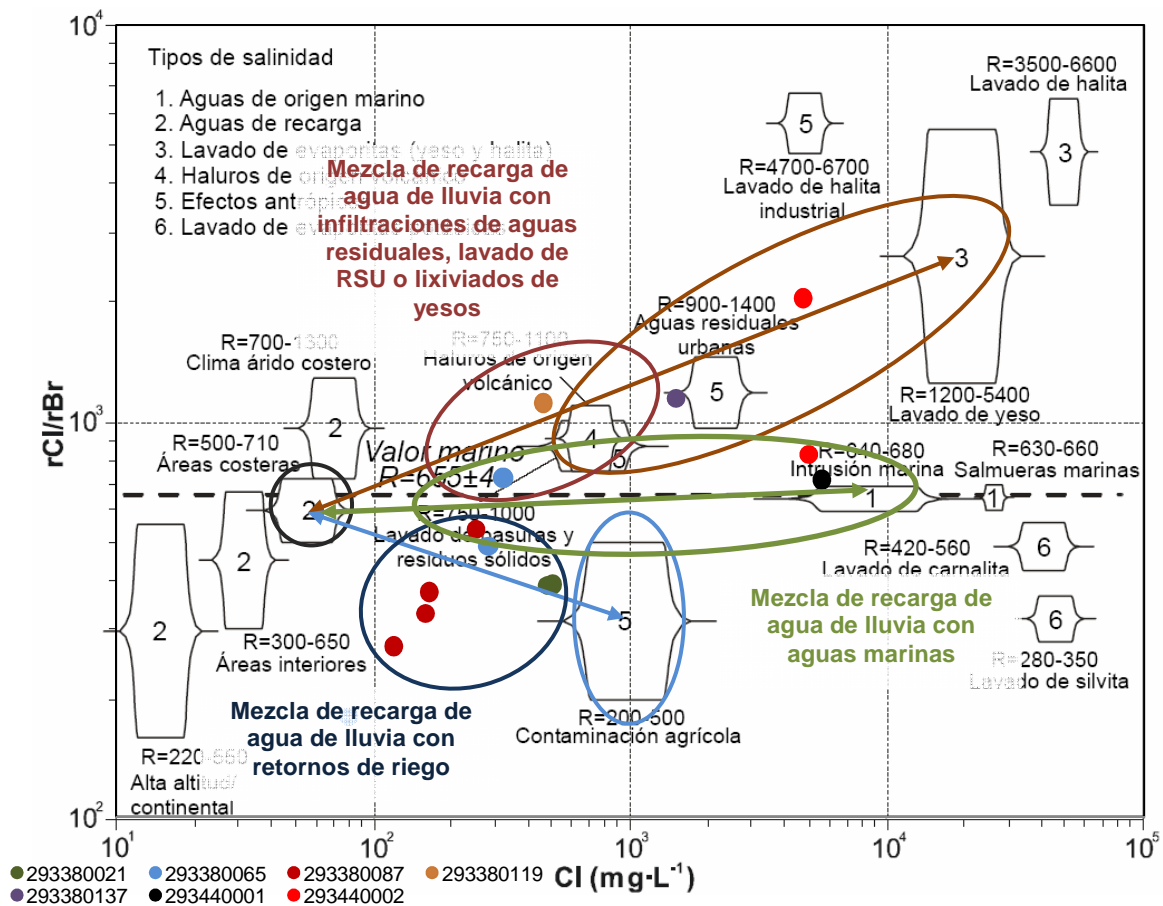


Figura nº 269.- Relación Cl versus rCl/rBr. Terciario de Villajoyosa

Se tomaron muestras en los puntos 2933-8-119 y 2934-4-1 y 2 para conocer la composición isotópica del agua (ver Tabla nº 167). Los resultados permiten interpretar una posible mezcla con agua de mar en el punto 2934-4-1 (ver Figura nº 141) y excesos de deuterio en los otros dos correlacionables con la infiltración de agua de lluvia procedente mayoritariamente del



Mediterráneo y/o precipitaciones intensas y de corta duración, escasa humedad atmosférica y evaporación rápida. Los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  de las tres muestras adquieren valores que rondan  $-10\text{‰}$ .

**Tabla nº 167.- Puntos de muestreo isotópico. Terciario de Villajoyosa**

Punto	Toponimia	Tipo	Prof. (m)	Fecha Toma	Prof. Agua (m)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	d (‰)
2933-8-119	Club Tenis Villajoyosa	Sondeo	32,0	19/10/2009	11,91	-9,05	-13,71	-5,60	31,07
2934-4-1	Residencia BBV	Pozo	5,0	20/10/2009	2,04	-10,22	-21,42	-3,53	6,83
2934-4-2	Residencia BBV	Pozo	6,0	20/10/2009	2,16	-10,11	-10,98	-5,14	30,11

## 12. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LAS MASUB

### 12.1 MASUB 080.183 ORCHETA

Se sitúa en una franja paralela a la costa que engloba las sierras de Cabezón, de Orcheta y Cerro Cortina, en la provincia de Alicante. Limita al norte con la Sierra de la Grana y la localidad de Jijona y al este con el cauce de los ríos Monnegre y Torremanzanas. El límite meridional se localiza en las Sierras de Bonalba, de la Ballestera y el embalse de Orcheta.

Tiene una superficie de 197,11 km<sup>2</sup>, que se extienden por las comarcas de la Marina Baixa y L'Alacantí ocupando de forma parcial o total los municipios que se muestran en la Tabla nº 168.

Tabla nº 168.- Extensión de municipios y comarcas. Masub 080.183 Orcheta

Municipio	S (Km <sup>2</sup> )
<b>Comarca de La Marian Baixa</b>	
Benidorm	1,76
Finestrat	8,99
Orcheta	16,27
Relleu	51,04
Sella	0,41
Villajoyosa/Vila Joiosa (La)	3,71
<b>Subtotal</b>	<b>82,18</b>
<b>Comarca de L'Alacantí</b>	
Aigües	9,98
Alacant/Alicante	12,8
Busot	30,37
Jijona/Xixona	60,32
Mutxamel	1,46
<b>Subtotal</b>	<b>114,93</b>
<b>Total</b>	<b>197,11</b>

Como se puede observar en la Tabla nº 169, la mayor parte del área que ocupa la Masub está cubierta por matorrales (150,53 km<sup>2</sup>).

**Tabla nº 169.- Usos del suelo. Masub 080.183 Orcheta**

<b>Usos del suelo</b>	<b>S (km<sup>2</sup>)</b>
<b>Cultivos de secano</b>	
Herbáceos	6,69
Frutales	27,59
Olivar	1,59
Viñedo	0,16
<b>Subtotal</b>	<b>36,03</b>
<b>Cultivos de regadío</b>	
Herbáceos	0,51
Frutales	3,76
Olivar	0,14
Viñedo	0,02
Invernaderos	0,22
Otros (Benidorm)*	0,26
<b>Subtotal</b>	<b>4,91</b>
<b>Zonas urbanas</b>	
Aigües	0,38
Alicante	0,28
Busot	2,67
Finestrat	0,43
Jijona	1,34
Mutxamel	0,01
Orcheta	0,34
Relleu	0,19
<b>Subtotal</b>	<b>5,64</b>
<b>Otros usos</b>	
Matorral	121,52
Bosque	19,48
Pastizales, prados y praderas	5,47
Otros	4,06
<b>Subtotal</b>	<b>150,53</b>
<b>Total</b>	<b>197,11</b>

La masa se encuentra limitada al norte por una de las fracturas del accidente de Finestrat (fractura de Relleu), que pone en contacto los materiales acuíferos con los materiales de baja permeabilidad del Terciario y Triásico. El límite meridional se establece por el contacto

con los conglomerados y areniscas del Mioceno de la Masub 080.184 San Juan-Benidorm. Al oeste limita con los materiales triásicos, localizados al norte de la población de Monnegre de Abajo, y con el cauce del río Monnegre.

La estructura viene determinada por una sucesión de pliegues N-S y fallas normales. Los materiales permeables están definidos por unos 70 m de calizas, dolomías y brechas del Cenomaniense-Turonense y/o por otros 50-100 m de calizas tableadas blancas del Cenomaniense-Senoniense, limitadas a muro por las margas y margas arenosas del Albiense superior, mientras que a techo lo están por las margocalizas y margas blancas y rosadas del Senoniense.

Aparecen también materiales jurásicos permeables del Malm (calizas y grises) y del Neocomiense (calcarenitas) que forman el acuífero de Cabezón de Oro, que constituye un anticlinal muy apretado de dirección N-S en contacto mecánico con los materiales cretácicos que le rodean. Son materiales carbonatados con un espesor de unos 250-320 m. El impermeable de base está formado por las arcillas y limolitas con bloques de dolomías y yesos del Triásico, mientras que el techo del mismo lo constituyen las margas y margocalizas grises con ammonites del Neocomiense-Aptiense.

**Tabla nº 170.- Extensión de formaciones geológicas aflorantes. Masub 080.183 Orcheta**

Formación	Edad	S (km <sup>2</sup> )
Aluvial. Depósitos de fondo de valle	Cuaternario	1,98
Terrazas aluviales		0,04
Arenas, gravas y limos rojos localmente encostrados. Glacis	Plioceno-Pliocuatnario	39,83
Margas con niveles de calcarenitas	Mioceno-Paleógeno	32,39
Margocalizas y margas blancas rosadas	Senoniense	30,64
Calizas tableadas blancas	Cenomaniense-Senoniense	8,24
Calizas, dolomías y brechas	Cenomaniense-Turonense	31,72
Margas, margocalizas arenosas con erizos		34,98
Margas, calizas y calcarenitas	Albiense	1,73
Calizas arrecifales con rudistas		0,4
Margas margocalizas grises con Ammonites	Neocomiense-Aptiense	4,7
Calcarenitas	Neocomiense	1,3
Calizas grises	Malm	8,84
Arcillas versicolores con yesos y dolomías	Triásico	0,32
<b>Total</b>		<b>197,11</b>

De oeste a este se han definido los siguientes acuíferos (ver Figura nº 270):

Tabla nº 171.- Acuíferos de la Masub 080.183 Orcheta

Acuífero/sector	Formación permeable	S (km <sup>2</sup> ) Total/Permeable
Pliegues Cretácicos de Jijona	Calizas, dolomías y brechas del Cenomaniense-Turoniense (100 m) y calizas tableadas blancas del Cenomaniense-Senoniense (50 m)	14,75/5,63
Almaens/Almaens	Calizas, dolomías y brechas del Cenomaniense-Turoniense (100 m)	6,35/5,81
Almaens/Romero		3,59/2,52
Jurásico de Cabezón del Oro	Calizas grises del Malm (250 m) y calcarenitas del Neocomiense (55-80 m)	13,57/10,27
Anticlinales de Relleu/Carcondo	Calizas, dolomías y brechas del Cenomaniense-Turoniense (70 m) y calizas tableadas blancas del Cenomaniense-Senoniense (100 m)	2,72/0,88
Anticlinales de Relleu/Pequerina		8,98/5,22
Anticlinales de Relleu/Amadorio		4,78/4,07
Peñacosta	Calizas, dolomías y brechas del Cenomaniense-Turoniense (70 m)	0,25/0,25
Orcheta	Calizas, dolomías y brechas del Cenomaniense-Turoniense (70 m) y calizas tableadas blancas del Cenomaniense-Senoniense (100 m)	6,47/5,66
Sierra Cortina/Benienzo	Calizas, dolomías y brechas del Cenomaniense-Turoniense (70 m) y calizas tableadas blancas del Cenomaniense-Senoniense (50 m)	7,74/3,82
Sierra Cortina/Murtal		3,63/1,89
<b>Total</b>		<b>72,83/46,02</b>

También se han identificado otras estructuras permeables de menor relevancia e interés hidrogeológico, que ocupan el resto de la superficie de la Masub (124,28 km<sup>2</sup>) y se han agrupado bajo las siguientes denominaciones:

- Otros Cretácicos de Almaens
- Pliegues del Barranco de las Umbrías
- Base de la Depresión de Relleu
- Detríticos de Orcheta

A partir de los aflors realizados en sondeos situados sobre la Masub se estiman transmisividades comprendidas entre los 10-100 m<sup>2</sup>/día de los acuíferos Cretácicos y los 1.000 m<sup>2</sup>/día del acuífero Jurásico de Cabezón del Oro (ver Tabla nº 172).

Las cotas piezométricas más elevadas se encuentran en los acuíferos situados en la zona occidental de la Masub (380-480 m s.n.m. de las surgencias inventariadas en el acuífero Pliegues Cretácicos de Jijona) y las menores en la oriental (100-120 m s.n.m. de Sierra Cortina). En el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro el nivel piezométrico se localiza a unos 120-140 m s.n.m. debido a la sobreexplotación del periodo 1963/1986. Los niveles se han mantenido prácticamente estables durante los últimos años en todos los acuíferos al estar muy condicionados por las precipitaciones (las evoluciones de los sectores Farella y Pequerina muestran durante tras los meses estivales y descensos en el estío), salvo en el caso del sector Amadorio debido a su conexión con el embalse.

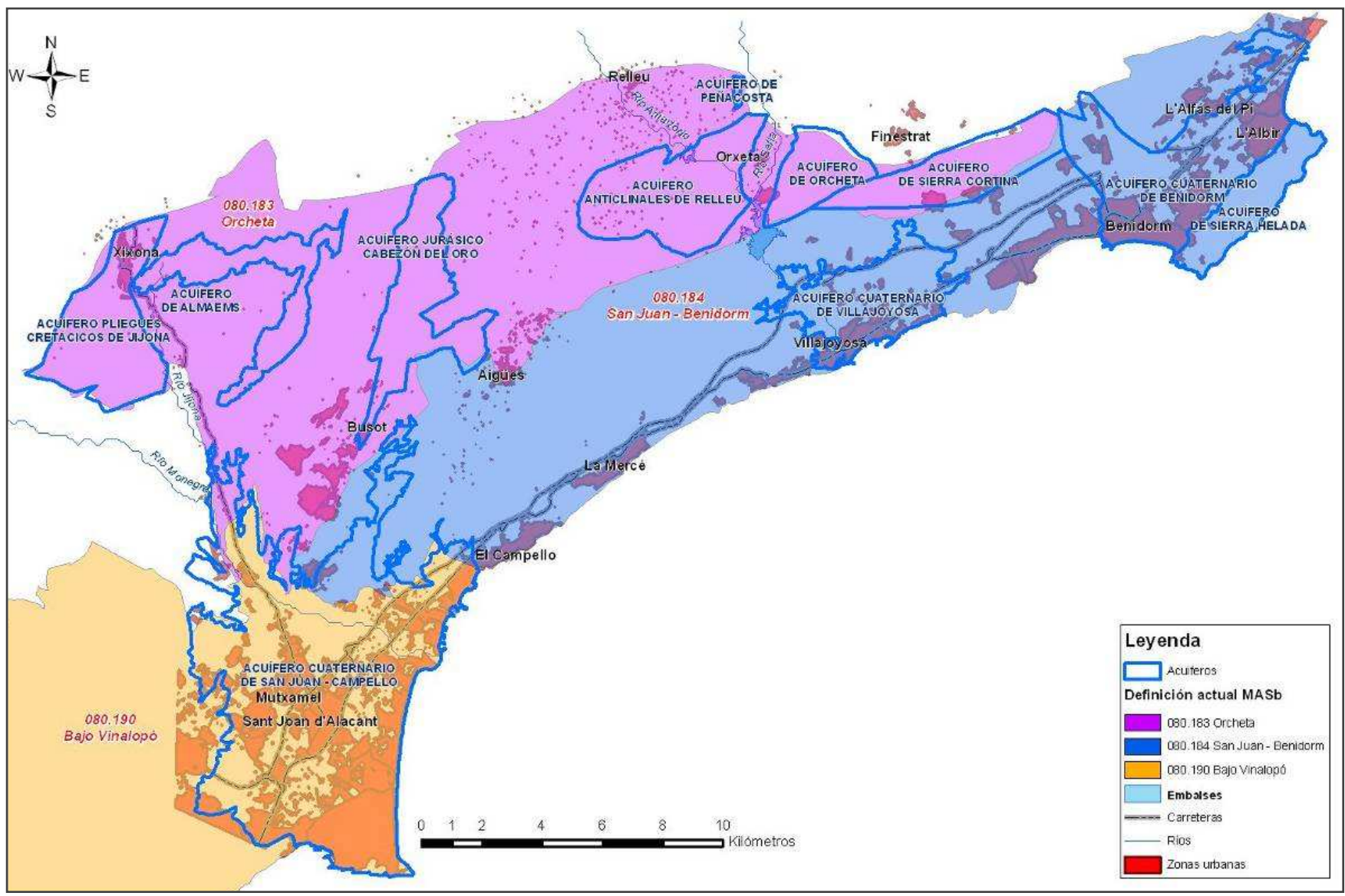


Figura nº 270.- Masas de agua subterránea y acuíferos

En todos los acuíferos hay una componente general de flujo N-S, hacia los cauces de la zona, salvo en el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro, donde no hay surgencias (ver Tabla nº 172).

Tabla nº 172.- Piezometría y parámetros hidráulicos. Acuíferos de la Masub 080.183 Orcheta

Acuífero/sector	Piezometría			Parámetros hidráulicos	Observaciones
	Sentido de flujo	Cotas (m s.n.m.)	Evolución		
Pliegues Cretácicos de Jijona	SW-NE, hacia red fluvial de la margen derecha del río Jijona	380-480 (surgencias)	----	----	Posible compartimentación del acuífero. No hay puntos de control
Almaens/Almaens	E-W, hacia el río Jijona (margen derecha del río Monnegre)	345-370 (surgencias)	----	----	No hay puntos de control
Almaens/Romero	NE-SW, hacia el barranco del Vergerel (margen derecha del río Monnegre)	345-400 (surgencias)	----	----	No hay puntos de control
Jurásico de Cabezón del Oro	N-S (desde el afloramiento principal hacia las zonas de captación)	120-140 (pozos de captación)	Entre 1963 y 1986 desciende 200-250 m. Actualmente está estable	T = 500-2.000 m <sup>2</sup> /día (aforos pozos) S = 3,5% (modelo matemático)	Q espec. ≈ 1 l/s/m (en algunos pozos desciende con el espesor saturado). En función de profundidad de circulación T del agua varía entre 40 y 30° C.
Anticlinales de Relleu/Carcondo	SE-NW, hacia el barranco de la Cova	----	----	----	No hay puntos de control
Anticlinales de Relleu/Pequerina	NW-SE, hacia sector Amadorio	200-280	Asciende tras periodo de lluvias y desciende en meses secos	T = 10-50 m <sup>2</sup> /día (aforos pozos) S = 10 <sup>-4</sup>	Q específico = 0,3-0,6 l/s/m (controlado dependiente de espesor saturado y proximidad del embalse). En pozos próximos a embalse se interpretan límites de recarga
Anticlinales de Relleu/Amadorio	NW-SE, hacia embalse del Amadorio	100-120 en pozos próximos a embalse y llenado del mismo ≥ 30%	Estabilizado si llenado de embalse ≥ 30%		
Peñacosta	Hacia sector Amadorio	----	----	----	No hay puntos de control
Orcheta	NE-SW, hacia embalse del Amadorio	150-180 en borde oriental y < 125 en	----	T = 100 m <sup>2</sup> /día (aforo)	Sólo se dispone de datos de un punto de agua

Acuífero/sector	Piezometría			Parámetros hidráulicos	Observaciones
	Sentido de flujo	Cotas (m s.n.m.)	Evolución		
		proximidades del Amadorio			
Sierra Cortina/Benienzo	NE-SW y NW-SE, hacia red ríos Anchero y Alfarelles	100-120 surgencias y pozos tras meses lluviosos y 65-90 en pozos tras estío		T = 150-250 m <sup>2</sup> /día (aforo)	T está muy condicionado por espesor saturado
Sierra Cortina/Murtal	N-S, hacia ladera meridional de la sierra				

La alimentación de los acuíferos (ver Tabla nº 173) se produce por la infiltración de agua de lluvia (unos 4,21-4,67 hm<sup>3</sup>/año), salvo en el sector Amadorio, donde además hay una aportación subterránea desde el sector Pequerina (unos 0,45 hm<sup>3</sup>/año).

Tabla nº 173.- Balance hídrico de los acuíferos de la Masub 080.183 Orcheta

Acuífero/sector	Entradas					Salidas					
	Llu	Rr	Pa	Sub	Total	Man	Bo	Sub	Río	Mar	Total
Pliegues Cretácicos de Jijona	0,63	--	--	--	0,63	0,63	--	--	--	--	0,63
Almaens/Almaens	0,39	--	--	--	0,39	0,39	--	--	--	--	0,39
Almaens/Romero	0,17	--	--	--	0,17	0,17	--	--	--	--	0,17
Jurásico de Cabezón del Oro	0,69-1,15	--	--	--	0,69-1,15	--	0,60	--	--	--	0,60
Anticlinales de Relleu/Carcondo	0,01	--	--	--	0,01	--	--	--	0,01	--	0,01
Anticlinales de Relleu/Pequerina	0,59	--	--	--	0,59	0,06	0,11	0,42	--	--	0,59
Anticlinales de Relleu/Amadorio	0,46	--	--	0,45	0,91	--	0,45	--	0,46	--	0,91
Peñacosta	0,03	--	--	--	0,03	--	--	0,03	--	--	0,03
Orcheta	0,64	--	--	--	0,64	--	--	--	0,64	--	0,64
Sierra Cortina/Benienzo	0,39	--	--	--	0,39	0,34	0,05	--	--	--	0,39
Sierra Cortina/Murtal	0,21	--	--	--	0,21	0,21	--	--	--	--	0,21
<b>Totales</b>	<b>4,21-4,67</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>0,45</b>	<b>4,66-5,12</b>	<b>1,80</b>	<b>1,21</b>	<b>0,45</b>	<b>1,11</b>	<b>--</b>	<b>4,57</b>

Llu: infiltración de agua de lluvia; Rr: retornos de riego; Pa: pérdidas en infraestructuras de abastecimiento; Man: surgencias naturales; Bo: bombeos en pozos y sondeos; Sub: transferencia subterránea; Río: transferencia a cauces; Mar: drenaje al mar



Una parte de los recursos de la Masub se extraen en pozos y/o sondeos (unos 1,21 hm<sup>3</sup>/año), en su mayoría situados en el sector Amadorio (0,45 hm<sup>3</sup>/año) y en el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro (0,60 hm<sup>3</sup>/año), el resto son drenados a través de surgencias (1,80 hm<sup>3</sup>/año) o de forma difusa a los cauces de la zona (1,11 hm<sup>3</sup>/año).

En total se aplican 1,61 hm<sup>3</sup>/año en aprovechamientos urbanos (1,19 hm<sup>3</sup>/año) y agrícolas (0,42 hm<sup>3</sup>/año) de la zona. El resto, 2,60-3,06 hm<sup>3</sup>/año, no se utilizan, al menos de forma directa, puesto que 1,10 hm<sup>3</sup>/año, procedentes del acuífero de Orcheta y el sector Amadorio, alcanzan el embalse del Amadorio, que se destina al riego y al abastecimiento en situaciones extraordinarias, a través del Consorcio de la Marina Baixa, de las ciudades de Benidorm y Villajoyosa.

**Tabla nº 174.- Usos y recursos no utilizados de la Masub 080.183 Orcheta**

Acuífero	Recursos (hm <sup>3</sup> /año)		Destino Recursos utilizados (hm <sup>3</sup> /año)		Inventario de puntos	
	Total	Utilizados	Urbano	Agrícola	Total	En uso
Pliegues Cretácicos de Jijona	0,63	0,00	0,00	0,00	9	0
Almaens	0,56	0,27	0,00	0,27	9	4
Jurásico de Cabezón del Oro	0,69-1,15	0,60	0,60	0,00	4	4
Anticlinales de Relleu	1,06	0,54	0,54	0,00	14	4
Peñacosta	0,03	0,00	0,00	0,00	0	0
Orcheta	0,64	0,00	0,00	0,00	2	0
Sierra Cortina	0,60	0,20	0,05	0,15	17	5
<b>Totales</b>	<b>4,21-4,67</b>	<b>1,61</b>	<b>1,19</b>	<b>0,42</b>	<b>55</b>	<b>17</b>

Los recursos subterráneos no utilizados de esta masa de agua pueden destinarse para cubrir las necesidades hídricas de cultivos deficitarios de la zona o usos no restringidos de los abastecimientos, o recreativos, al presentar elevadas concentraciones de algunos iones, que sobrepasan los límites establecidos en la reglamentación técnico-sanitaria vigente, en concreto los sulfatos. Los abastecimientos que tienen captaciones en esta Masub (Aigües y Busot con sondeos en el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro, Finestrat en sector Farella, Relleu en sector Pequerina y Villajoyosa en sector Amadorio) tratan o mezclan el agua bombeada con otras de mejor calidad antes de distribuirse a sus abonados (el contenido de sulfatos suele sobrepasar los límites máximos que establece el RD140/2003).

Las facies hidroquímicas dominantes suelen ser sulfatadas cálcicas (ver Tabla nº 175) y presentan CE que en algunos acuíferos pueden alcanzar valores próximos a los 4.500 µS/cm en sus bordes por la cercanía de terrenos salinos (sector Pequerina), aunque por lo general rondan los 1.000-2.500 µS/cm y excepcionalmente son inferiores (sector Benienzo).

También, se registran temperaturas excepcionalmente elevadas en el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro, entre los 30 y 40° C, dependiente de la profundidad de circulación y de la zona de captación.

Tabla nº 175.- Hidroquímica de los acuíferos de la Masub 080.183 Orcheta

Acuífero/sector	Facies Hidroquímica	CE (µS/cm)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	Origen salinidad	Limitaciones de usos	
								Agrícolas	Urbanos
Pliegues Cretácicos de Jijona	Bicarbonatada cálcica	500-1.000	No se dispone de analíticas						
Almaens	De sulfatadas a sulfatado-cloruradas y sulfatado-bicarbonatadas sódico-cálcicas	1.200-1.600	130-230	300-380	3-10	100-150	Lavado de terrenos salinos	No	Si
Jurásico de Cabezón del Oro	Sulfatada cálcica	1.500-2.500	50-100	500-1.200	0	40-120	Lavado de terrenos salinos por circulación profunda que eleva T	No	Si
Anticlinales de Relleu/Carcondo	De sulfatadas sódico-magnésicas a cloruradas cálcico-sódicas	No se dispone de analíticas							
Anticlinales de Relleu/Pequerina		1.000-4.500	500-700	300-800	0-10	400-500	Lavado de terrenos salinos	No	Si
Anticlinales de Relleu/Amadorio		1.000-2.200	50-100	200-300	10-30	50-150		No	Si
Peñacosta	Bicarbonatada cálcica	500-1.000	No se dispone de analíticas						
Orcheta	Clorurada sódico-cálcica	1.000	270	140	4	140	Lavado de terrenos salinos	No	Si
Sierra Cortina/Benienzo	De sulfatado-cloruradas sódico-cálcicas a cloruradas sódicas	500-850	100-150	100	< 10		Lavado de terrenos salinos	No	No
Sierra Cortina/Murtal	De bicarbonatadas cálcicas a cloruradas sódicas	650-4.000	500-1.000	150-250	15-25	300-500	Lavado de terrenos salinos y contaminación antrópica	No/Si	Si

## 12.2 MASUB 080.184 SAN JUAN-BENIDORM

Comprende la franja costera entre las poblaciones de Altea, al este y Alicante al oeste, dentro de la provincia de Alicante. Al noroeste limita la Sierra de Orcheta, la Sierra de Cabezón de Oro y con el embalse de Amadorio. Al sureste limita con el mar Mediterráneo.

Tiene una superficie de 179,06 km<sup>2</sup>, que se extienden por las comarcas de la Marina Baixa y L'Alacantí ocupando de forma parcial o total los municipios que se muestran en la Tabla 176.

**Tabla nº 176.- Extensión de municipios y comarcas.  
Masub 080.184 San Juan-Benidorm**

<b>Municipio</b>	<b>S (km<sup>2</sup>)</b>
<b>Comarca Marina Baixa</b>	
Alfaz del Pi	16,49
Altea	3,42
Benidorm	32,09
Finestrat	4,65
Nucia (La)	3,65
Orcheta	2,81
Villajoyosa	55,58
<b>Subtotal</b>	<b>118,69</b>
<b>Comarca L'Alacantí</b>	
Aigües	8,24
Alicante	0,40
Busot	3,65
Campello, El	43,95
Mutxamel	4,09
<b>Subtotal</b>	<b>60,33</b>
<b>Total</b>	<b>179,02</b>

Aunque la mayor parte del área de la Masub está cubierta por matorral, hay amplias extensiones ocupadas por cultivos, en su mayoría de riego, y zonas urbanas debido al impulso turístico de la zona (ver Tabla nº 177).

**Tabla nº 177.- Usos del suelo. Masub 080.184 San Juan-Benidorm**

<b>Usos del suelo</b>	<b>S (km<sup>2</sup>)</b>
<b>Cultivos de secano</b>	

Usos del suelo	S (km <sup>2</sup> )
Herbáceos	8,50
Frutales	2,56
Olivar	0,13
Viñedo	0,00
<b>Subtotal</b>	<b>11,19</b>
<b>Cultivos de regadío</b>	
Herbáceos	1,92
Frutales	17,01
Olivar	0,07
Viñedo	0,08
Invernaderos	2,15
Otras (zonas verdes urbanas)	
Aigües	0,01
Alfaz del Pi	0,13
Benidorm	2,00
Mutxamel	0,39
Villajoyosa	0,14
<b>Subtotal</b>	<b>23,90</b>
<b>Zonas urbanas</b>	
Aigües	0,17
Alicante	0,01
Alfaz del Pi	6,29
Altea	1,42
Benidorm	9,04
Busot	0,06
Campello, El	2,63
Finestrat	1,62
Mutxamel	0,49
Nucia (la)	1,02
Orcheta	0,01
Villajoyosa	5,09
<b>Subtotal</b>	<b>27,85</b>
<b>Otros usos</b>	
Matorral	80,36
Bosque	23,56
Pastizales, prados y praderas	0,58
Otros	11,58
<b>Subtotal</b>	<b>116,08</b>
<b>Total</b>	<b>179,02</b>

La estructura general de la Masub corresponde a un sinclinorio (Sinclinorio de Villajoyosa-Campello), que se extiende por toda la franja costera del área estudiada, entre El Campello y Benidorm, alojando en su núcleo exclusivamente a materiales terciarios. El sinclinorio comprende un conjunto de pliegues en relevo con ejes de directriz general N60E, delimitados, al norte, por la fractura principal del accidente de Finestrat. Su límite meridional se encuentra en el mar, en una hipotética fractura entre Sierra Helada y cabo de Huertas.

El límite noroeste se localiza en el contacto con los materiales carbonatados del Cretácico, pertenecientes al sistema de Orcheta. Al suroeste limita con el Bajo Vinalopó.

Los materiales permeables están definidos por unos 5-20 m de gravas, conglomerados, arenas y arcillas que forman parte de abanicos aluviales y depósitos de valle y litorales. También, en la estructura que define el monoclinal de sierra Helada afloran unos 235 m de calcarenitas y calizas del Aptiense superior y alrededor de 48 m de calizas arrecifales con rudistas del Aptiense superior-Albiense inferior.

**Tabla nº 178.- Extensión de formaciones aflorantes. Masub 080.184 San Juan-Benidorm**

Formación	Edad	S (km <sup>2</sup> )
Arenas y gravas litorales	Cuaternario	0,58
Aluvial. Depósitos de fondo de valle		4,5
Arenas, gravas y limos rojos localmente encostrados. Glacis	Plioceno-Pliocuatnario	66,99
Margas con niveles de calcarenitas	Mioceno-Paleógeno	96,54
Margas y brechas	Paleógeno	0,33
Margocalizas y margas blancas rosadas	Senoniense	1,68
Calizas tableadas blancas	Cenomaniense-Turonense	0,84
Calizas, dolomías y brechas		0,03
Margas, margocalizas arenosas con erizos	Albiense	0,55
Margas, calizas y calcarenitas		0,37
Calizas arrecifales con rudistas		1,88
Calcarenitas y areniscas		4,46
Margas margocalizas grises con Ammonites	Neocomiense-Aptiense	0,11
Calcarenitas	Neocomiense	0,12
Calizas grises	Malm	0,01
Arcillas versicolores con yesos y dolomías	Triásico	0,03
<b>Total</b>		<b>179,02</b>

De este a oeste se definen los siguientes acuíferos (ver Figura nº 270):

**Tabla nº 179.- Acuíferos incluidos en la Masub 080.184 San Juan-Benidorm**

Acuífero/sector	Formación permeable	S (km <sup>2</sup> ) Total/Permeable
Cuaternario de Villajoyosa/Villajoyosa	Gravas y arenas que se intercalan entre arcillas y limos del Cuaternario y Pliocuaternario (5-15 m)	7,59/7,46
Cuaternario de Villajoyosa/Torres	Gravas y arenas que se intercalan entre arcillas y limos del Cuaternario y Pliocuaternario (15-20 m)	4,79/4,68
Cuaternario de Benidorm	Gravas y arenas que se intercalan entre arcillas y limos del Cuaternario y Pliocuaternario (20 m)	24,67/24,36
Sierra Helada	Calcarenitas y calizas del Aptiense superior (235 m) y calizas arrecifales con rudistas del Aptiense superior-Albiense inferior (48 m)	7,94/6,38
<b>Total</b>		<b>44,99/42,88</b>

También se han identificado otras estructuras permeables de menor relevancia e interés hidrogeológico, que ocupan el resto de la superficie de la Masub (134,03 km<sup>2</sup>) y se han agrupado bajo la denominación Terciario de Villajoyosa.

A partir de los aforos realizados en el acuífero Cuaternario de Benidorm se estima una transmisividad comprendida entre los 700-1.500 m<sup>2</sup>/día y un coeficiente de almacenamiento de 0,01, valores que podrían extenderse al acuífero Cuaternario de Villajoyosa (ver Tabla nº 180).

Las cotas piezométricas más elevadas se encuentran en el borde septentrional de la Masub (40-60 m s.n.m.) y las menores en las proximidades de la línea de costa (0-5 m s.n.m.). Los niveles se mantienen prácticamente estables.

**Tabla nº 180.- Piezometría y parámetros hidráulicos de acuíferos. Masub 080.184 San Juan-Benidorm**

Acuífero/sector	Piezometría			Parámetros hidráulicos	Observaciones
	Sentido de flujo	Cotas (m s.n.m.)	Evolución		
Cuaternario de Villajoyosa	NNW-SSE, hacia el mar	50-60, borde septentrional, y 0-10 próximos a la costa	Niveles estables (se producen ascensos tras precipitaciones intensas)	--	Salvo en áreas muy concretas el muro del acuífero se sitúa por encima de la cota del mar
Cuaternario de Benidorm	N-S, hacia la playa de Levante de Benidorm y NW-SE hacia l'Albir	40-50, borde septentrional, y 0-6 próximos a la costa	Niveles estables (se producen ascensos tras precipitaciones intensas)	T = 700-1.500 m <sup>2</sup> /día S = 10 <sup>-2</sup>	Gradiente 1-1,5%
Sierra Helada	N-S y S-N, por divisoria de agua, hacia el mar	0 a 15-20	--	--	El fondo de los pozos está por debajo del nivel del mar

En todos los acuíferos hay una componente general de flujo N-S, hacia el mar (ver Tabla nº 180).

La alimentación de los acuíferos (ver Tabla nº 181) se produce por la infiltración de agua de lluvia (3,28 hm<sup>3</sup>/año), retornos de riego (0,91 hm<sup>3</sup>/año) y por las pérdidas en las redes de los abastecimientos de la zona (1,45 hm<sup>3</sup>/año).

**Tabla nº 181.- Balance hídrico de los acuíferos de la Masub 080.184 San Juan-Benidorm**

Acuífero/sector	Entradas					Salidas					
	Llu	Rr	Pa	Sub	Total	Man	Bo	Sub	Río	Mar	Total
Cuaternario de Villajoyosa/Villajoyosa	0,38	0,33	0,22	--	0,93	--	0,10	--	--	0,83	0,93
Cuaternario de Villajoyosa/Torres	0,29	0,13	0,03	--	0,45	--	0,10	--	--	0,35	0,45
Cuaternario de Benidorm	1,53	0,45	1,20	--	3,18	--	0,80	--	--	2,38	3,18
Sierra Helada	1,08	--	--	--	1,08	--	0,18	--	--	0,90	1,08
<b>Totales</b>	<b>3,28</b>	<b>0,91</b>	<b>1,45</b>	<b>--</b>	<b>5,64</b>	<b>--</b>	<b>1,18</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>4,46</b>	<b>5,64</b>

Llu: infiltración de agua de lluvia; Rr: retornos de riego; Pa: pérdidas en infraestructuras de abastecimiento; Man: surgencias naturales; Bo: bombeos en pozos y sondeos; Sub: transferencia subterránea; Río: transferencia a cauces; Mar: drenaje al mar

Sólo una parte de los recursos de la Masub se extraen en pozos y/o sondeos (1,18 hm<sup>3</sup>/año), en su mayoría del acuífero Cuaternario de Benidorm, el resto, unos 4,46 hm<sup>3</sup>/año, se drenan al mar.

En total se aplican 0,92 hm<sup>3</sup>/año en aprovechamientos urbanos o riego de zonas verdes y el resto sobre aprovechamientos agrícolas. Los recursos subterráneos no utilizados de esta masa de agua pueden destinarse para cubrir las necesidades hídricas de cultivos deficitarios de la zona o usos no restringidos de los abastecimientos, o recreativos, al presentar elevadas concentraciones de algunos iones, que sobrepasan los límites establecidos en la reglamentación técnico-sanitaria vigente, en concreto los relacionados con los sulfatos, cloruros, nitratos y sodio.

**Tabla nº 182.- Usos y recursos no utilizados de la Masub 080.184 San Juan-Benidorm**

Acuífero	Recursos (hm <sup>3</sup> /año)		Destino Recursos utilizados (hm <sup>3</sup> /año)		Inventario de puntos	
	Total	Utilizados	Urbano	Agrícola	Total	En uso
Cuaternario de Villajoyosa	1,38	0,20	0,10	0,1	80	50
Cuaternario de Benidorm	3,18	0,80	0,64	0,16	62	31
Sierra Helada	1,08	0,18	0,18	0,00	4	3
<b>Totales</b>	<b>5,64</b>	<b>1,18</b>	<b>0,92</b>	<b>0,26</b>	<b>146</b>	<b>84</b>

El único abastecimiento que capta recursos de esta Masub es el de L'Alfàs del Pi (cuenta con una captación en el acuífero Cuaternario de Benidorm para alimentar la desaladora de l'Albir). La previsión de ese municipio es incrementar la producción de la desaladora duplicando las extracciones mediante la incorporación de nuevas fuentes de suministro.

Las facies hidroquímicas dominantes varían entre las sulfatadas cálcicas y las cloruradas sódicas (ver Tabla nº 183) y presentan CE que en el acuífero de Sierra Helada han llegado a superar los 15.000  $\mu\text{S/cm}$ , aunque por lo general rondan los 3.000  $\mu\text{S/cm}$ .

Tabla nº 183.- Hidroquímica de los acuíferos de la Masub 080.184 San Juan-Benidorm

Acuífero/sector	Facies Hidroquímica	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	Origen salinidad	Limitaciones de usos	
								Agrícolas	Urbanos
Cuaternario de Villajoyosa/Villajoyosa	De sulfatadas mixtas a cloruradas sódicas	2.000-4.000	300-600	300-1.000	10-300	250-750	Lavado de terrenos salinos, mezcla con agua de mar, aguas residuales, retornos de riego, etc.	No/Si	Si
Cuaternario de Villajoyosa/Torres	De sulfatadas cálcico-sódicas a cloruradas sódicas								
Cuaternario de Benidorm	De sulfatadas cálcicas a cloruradas sódicas	3.000-3.500	400-600	200-1.000	50-250	200-700		No/Si	Si
Sierra Helada	Cloruradas sódicas	15.000-50.000	1.500-20.000	300-2.500	0-130	1.000-10.000	Mezcla con agua de mar	Si	Si

### 12.3 SECTOR ESTUDIADO DE LA MASUB 080.190 BAJO VINALOPÓ

Esta Masub corresponde a la cuenca baja de los ríos Vinalopó y Rambuchar en su desembocadura en el Mediterráneo. Se extiende desde la localidad de La Marina, al sur, hasta la localidad de Alicante, al norte. Limita al oeste con las Sierras de Argallet y Crevillente, y al este con el mar Mediterráneo. Se encuentra en su totalidad en la provincia de Alicante. Al norte limita con las localidades de Agost y Novelda, y las Sierras del Cid y del Ventós.

El sector estudiado de esta masa de agua representa el 7,74% de su superficie total (62,09 de 802,7 km<sup>2</sup>). Se corresponde con el acuífero Cuaternario de San Juan-Campello, que tiene una extensión total 74,91 km<sup>2</sup> y también ocupa parte de las Masub 080.183 Orcheta y 080.184 San Juan-Benidorm. El acuífero alcanza una anchura máxima en la dirección E-W de unos 6 km y se extiende por varios municipios de L'Alacantí, en concreto Alicante (23,39



km<sup>2</sup>), Busot (1,01 km<sup>2</sup>), El Campello (13,32 km<sup>2</sup>), Muchamiel (26,99 km<sup>2</sup>) y San Juan de Alicante (10,20 km<sup>2</sup>).

El acuífero está formado en su zona septentrional por depósitos pliocuaternarios y cuaternarios constituidos por arenas, gravas y limos, que pueden alcanzar los 40-50 m de espesor. La zona meridional está constituida por los depósitos anteriores (entre ambas zonas suman 61,74 km<sup>2</sup>), además de por unos 40-50 m de areniscas del Plioceno (4,76 km<sup>2</sup>) aflorantes en el suroeste del acuífero, y por otros 60 m de calcarenitas del Paleógeno-Mioceno (4,21 km<sup>2</sup>) que aparecen en Cap de L'Horta y Playa de la Almadrava.

La base impermeable viene dada por las margas con calcarenitas del Mioceno en la zona septentrional, y, por las margas y brechas del Paleógeno en la zona meridional situadas a muro de las calcarenitas del Paleógeno-Mioceno.

El límite oriental, abierto, coincide con la línea de costa (playa de San Juan), al igual que el borde sur, mientras que en el resto los límites se consideran cerrados y están definidos por las margas con niveles de areniscas del Mioceno y, en la zona noroccidental, por los afloramientos cretácicos constituidos por margas y margocalizas arenosas con erizos del Albiense y por margocalizas y margas blancas y rosadas del Senoniense.

La superficie piezométrica presenta cierta estabilidad, salvo en los pozos 2934-2-4 y 2934-6-3 y 2934-6-5. En el primero (pozo Vincle) se observan descensos a partir de 1990 hasta situarse por debajo de la cota del mar. Este pozo, de 41 m de profundidad, se utiliza como fuente de suministro de la desaladora que la hortícola Bonnysa tiene en el municipio de El Campello (2,3 hm<sup>3</sup> extraídos en 1990). En el pozo 2933-6-3 también se deduce cierta tendencia de descensos entre 1990 y 2004 debido a la proximidad de otras captaciones y a la posible afección del 2934-2-4. En el punto 2933-6-5 también se observa una tendencia descendente, pero no tan acusada.

La morfología de la superficie piezométrica pone de manifiesto que la circulación del agua subterránea se realiza en el sentido NW-SE, hacia la zona de descarga localizada en el borde oriental y coincidente con la línea de costa. Sin embargo, se producen ciertas distorsiones debidas a la influencia de los bombeos, como por ejemplo en el entorno del pozo Vincle donde las cotas llegan a ser negativas. Los máximos, que rondan los 85 m s.n.m., se sitúan en la zona noroccidental, en las proximidades del tramo norte del borde del acuífero. El gradiente hidráulico disminuye notablemente con el sentido de flujo al aumentar la permeabilidad (debido al cambio de facies sedimentaria que se produce en la zona central del abanico aluvial) y el espesor del acuífero (más potente al encontrarse bajo el abanico Pliocuaternario las areniscas y calcarenitas del Plioceno y el Paleógeno-Mioceno).

La recarga del sistema, evaluada en 4,6 hm<sup>3</sup>/año, tiene lugar por infiltración del agua de lluvia (1,82 hm<sup>3</sup>/año), retornos de los regadíos (1,38 hm<sup>3</sup>/año), fugas en las redes de agua de los núcleos urbanos que se asientan sobre el mismo (1,40 hm<sup>3</sup>/año) y, posiblemente, alimentación del río Monnegre (de difícil cuantificación), que presenta facies sulfatado-cloruradas sódico-cálcicas o cálcico-sódicas y CE próximas a los 3.000 µS/cm (confluencia de los ríos Monnegre y La Torre), lo que condiciona la calidad natural del agua del acuífero.

La descarga, equivalente al volumen de la recarga, tiene lugar por los bombeos realizados para distintos usos (en su mayoría agrícolas: 2,6 hm<sup>3</sup>/año), por drenaje al mar (1,6 hm<sup>3</sup>/año) y por el que se produce a través de los manantiales (0,40 hm<sup>3</sup>/año) Balsa de Peregrino (2934-5-2) y Balsa de Barranco de Orgègia (2934-5-18), el primero relacionado con el Pliocuatnario y el segundo con las areniscas y calcarenitas del Plioceno que afloran en ambas márgenes del barranco.

Aunque se supone que existen excedentes que son drenados al mar, se producen efectos de intrusión marina cuando los bombeos se concentran en el espacio y el tiempo en las proximidades de la línea de costa (entorno del punto 2934-2-4), que también originan un deterioro de la calidad del agua del acuífero.

En este acuífero el agua utilizada puede alcanzar los 2,6 hm<sup>3</sup>/año, considerando que el pozo 2934-6-4 mantiene su régimen de explotación, y se emplea para usos agrícolas y, en menor proporción (menos del 5%), para cubrir las necesidades de zonas verdes y recreativas. Su toma se realiza tanto por medio del bombeo en pozos y sondeos como por el aprovechamiento de los manantiales Balsa de Peregrino y Balsa de Barranco de Orgègia (unos 0,40 hm<sup>3</sup>/año).

Las aguas presentan facies hidroquímicas que van desde las cloruradas sódicas a las sulfatadas sódico-cálcicas o sódico-magnésicas. Adquieren concentraciones elevadas en cloruros, sulfatos y sodio, normalmente en torno a 1.000, 1.500 y 500 mg/l, respectivamente, y CE que rondan los 5.000 µS/cm. También se aprecian problemas de contaminación por nitratos, con concentraciones que superan los 50 mg/l y llegan a alcanzar los 200 mg/l en algunos casos. En consecuencia, no son aptas para consumo humano y presentan ciertas limitaciones para su aplicación a usos agrícolas.

### 13. ORDENACIÓN DE RECURSOS Y PROPUESTA DE GESTIÓN Y CONTROL

Conforme a los objetivos establecidos, el estudio realizado ha definido la geometría y estructura de la Unidad Hidrogeológica de Orcheta, y otros acuíferos del área de estudio, mediante la realización de una cartografía geológica e hidrogeológica de detalle, que ha permitido conocer el comportamiento hidrogeológico de las formaciones geológicas y diferenciar las distintas subunidades.

Se ha aportado nueva información. En concreto, se ha definido un nuevo acuífero, denominado como Pliegues Cretácicos de Jijona, situado al suroeste del núcleo urbano de Jijona, que se alimenta por la infiltración del agua de lluvia ( $0,63 \text{ hm}^3/\text{año}$ ) y se descarga a través de surgencias naturales (a cotas muy dispares indicativas de su compartimentación) que alcanzan la red fluvial de la margen derecha del río Jijona.

La superficie permeable cartografiada del acuífero Almaens es menor que la considerada en los trabajos realizados por el IGME y la DPA en 2004 y 2006, lo que permite estimar una alimentación por infiltración de agua de lluvia que se aproxima notablemente a las salidas consideradas en 1976 ( $0,44 \text{ hm}^3/\text{año}$ ), partiendo de una tasa de infiltración del 20%, semejante a la utilizada en el acuífero de Carrasqueta (en los estudios anteriores para ajustar el balance se considera una tasa de infiltración muy baja, del 12%).

Por otra parte, la investigación pone de manifiesto que el termalismo registrado en el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro se debe a la profundidad a la que circula el agua antes de alcanzar los puntos de captación (mayor en la zona de Aigües, de ahí la diferencia de  $6-8^\circ \text{ C}$  con la de Busot) y que puede existir cierto retardo de la respuesta piezométrica tras eventos lluviosos de cierta entidad, aunque los datos e información disponible no permiten confirmar este hecho.

También se ha realizado una nueva definición del sistema Anticlinales de Orcheta, diferenciándose de oeste a este los acuíferos Anticlinales de Relleu y sus sectores Carcondo, Pequerina y Amadorio, Peñacosta, Orxeta y Sierra Cortina con sus sectores Benienzo y Murtal, así como algunas estructuras permeables de menor relevancia e interés hidrogeológico de la Base de la Depresión de Relleu y Detríticos de Orcheta. Los recursos de estos acuíferos, debidos a la infiltración de agua de lluvia, son escasos ( $2,33 \text{ hm}^3/\text{año}$ ) y sólo una parte se utilizan en aprovechamientos urbanos de la zona ( $0,61 \text{ hm}^3/\text{año}$ ). El resto se drena al embalse del Amadorio o a la red fluvial del río Torres y otros cauces situados entre este último y el núcleo urbano de Benidorm.

En el sector Amadorio se ha puesto de manifiesto la conexión del acuífero con el embalse cuando este último se encuentra por encima del 30% de su capacidad, mientras que el sector Pequerina el comportamiento de los niveles depende de las precipitaciones, detectándose que tras un evento lluvioso se registra un ascenso del nivel, al que le sigue un descenso progresivo del mismo hasta la siguiente precipitación, significativo de su escasa capacidad de regulación, con un drenaje rápido al río Amadorio en el Cañón de la Sierra de

Relleu, o al sector Amadorio, cuando el nivel supera la cota del impermeable de base en la charnela del anticlinal de Relleu.

Los datos hidroquímicos del acuífero Anticlinales de Relleu muestran una evolución de facies entre la zona septentrional del sector Pequerina, donde se encuentra el Keuper, y los pozos de abastecimiento a Villajoyosa, que captan la mezcla de aguas del acuífero y del embalse del Amadorio.

En el sector Benienzo sucede algo parecido a lo descrito en el sector Pequerina, si bien en este caso la mayor parte de la descarga se produce hacia la red fluvial del río Torres mediante surgencias naturales.

En los acuíferos Cuaternarios de Benidorm, Villajoyosa y San Juan-Campello se ha estimado la alimentación debida a retornos de riego y pérdidas en las redes de los abastecimientos de la zona, que superan el 60% de los recursos totales de estos sistemas.

La reordenación de los recursos no utilizados de los acuíferos estudiados pasa también por su mejor aprovechamiento. En este sentido se hacen las siguientes recomendaciones.

En el acuífero Pliegues Cretácicos de Jijona existe la posibilidad de disponer de algunos de sus recursos para su aplicación en usos de la zona (al menos agrícolas o no restringidos del abastecimiento de Jijona), utilizando el agua drenada por los manantiales o mediante sondeos para regular los caudales de acuerdo con la estacionalidad de la demanda.

En el acuífero de Almaens se plantea derivar los volúmenes no utilizados antes de alcanzar los cauces de la zona y/o perforar nuevos sondeos para regular los caudales de acuerdo con la estacionalidad de la demanda. Los recursos no utilizados se pueden aplicar en usos agrícolas o no restringidos del abastecimiento de Jijona (riego de zonas verdes, baldeo de calles, recreativos, etc.) si no se tratan previamente al superar el límite máximo que establece el RD140/2003 en lo referente a sulfatos ( $> 320$  mg/l frente a los 250 mg/l del RD).

Los recursos del Acuífero Jurásico de Cabezón del Oro se destinarían para garantizar el suministro de los abastecimientos de Aigües y Busot estimado en ese horizonte, aunque sería necesario contar con fuentes alternativas e incrementar la disponibilidad de caudales con nuevas perforaciones situadas sobre el acuífero, hasta que se disponga de aportaciones de otros orígenes.

Los recursos no captados por los pozos y/o sondeos de los acuíferos Anticlinales de Relleu y Orcheta alcanzan el embalse del Amadorio, cuyos volúmenes se destinan al riego y, a través del Consorcio de la Marina Baixa y en situaciones extraordinarias, al abastecimiento de las ciudades de Benidorm y Villajoyosa, por lo que se puede decir que los excedentes del acuífero ya se aprovechan de forma indirecta en otros usos agrícolas y urbanos de la zona. También es posible captar esos recursos para cubrir parte de las demandas futuras de los municipios de Orxeta, Relleu y Villajoyosa, lo que reduciría las aportaciones medias al embalse del Amadorio a unos  $0,18$  hm<sup>3</sup>/año.

Del acuífero de Sierra Cortina sólo se aprovechan  $0,2$  hm<sup>3</sup>/año de sus recursos ( $0,6$  hm<sup>3</sup>/año). La diferencia,  $0,4$  hm<sup>3</sup>/año, se drena a cauces a través de surgencias situadas en

la ladera de la sierra. Unos 0,13 hm<sup>3</sup>/año alcanzan la red fluvial del río Torres, donde la Comunidad de Regantes de las Huertas de Villajoyosa dispone de un azud de derivación (Azud de Aixihuilis) y el resto, 0,27 hm<sup>3</sup>/año, al mar a través de los cauces situados entre el río La Torre y el núcleo urbano de Benidorm (barrancos de La Cala, La Tapia, El Moralet y Foia del Vedader). Los recursos no utilizados pueden destinarse para cubrir las necesidades del abastecimiento de Finestrat o usos no restringidos de otros abastecimientos de la zona.

La mayor parte de los recursos del acuífero Cuaternario de Benidorm se drenan al mar (2,38 de 3,18 hm<sup>3</sup>/año). Sólo 0,80 hm<sup>3</sup>/año se aprovechan, siendo el destino principal la desaladora de l'Albir del abastecimiento de L'Alfas del Pi (0,64 hm<sup>3</sup>/año). El ayuntamiento de ese municipio ha proyectado la puesta en marcha de una segunda línea de tratamiento, con lo que se incrementarían las extracciones en otros 0,64 hm<sup>3</sup>. El resto de recursos no utilizados podrían destinarse a otros usos urbanos como el riego de jardines, baldeo de calles, prevención de incendios, usos recreativos y ornamentales (fuentes), o cubrir pequeñas demandas de la población, con y sin tratamiento de desalinización.

A través del acuífero de Sierra Helada se puede captar agua de mar para su desalación. También es posible la inyección de salmueras y vertidos de E.D.A.R. en las calizas del Jurásico superior, que afloran en los acantilados de Sierra Helada y deben encontrarse bajo el Cretácico de la llanura Benidorm, aunque para ver su viabilidad tendrían que hacerse los estudios complementarios oportunos.

Los recursos no captados del acuífero Cuaternario de Villajoyosa (1,18 de 1,38 hm<sup>3</sup>/año) debido a la CE que presentan (2.500-4.000 µS/cm), podrían mezclarse con otros de mejor calidad con el fin de utilizarse en el riego de jardines, cubrir pequeñas demandas de la población (previo tratamiento de desalinización) o para usos recreativos (piscinas y parques acuáticos, por ejemplo) y otros usos urbanos como limpieza de calles, extinción de incendios, etc. También es posible la captación masiva de agua de mar para desalación y la inyección de salmueras y vertidos de E.D.A.R. en los niveles permeables que puedan aparecer en profundidad bajo el Cuaternario (calizas del Turoniense).

En el acuífero Cuaternario de San Juan-Campello también parte de los recursos se drenan al mar (1,6 de 4,6 hm<sup>3</sup>/año). Estos pueden captarse mediante pozos o sondeos, bien para mezclarse con otras de mejor calidad con el fin de utilizarse en el riego de jardines o cubrir pequeñas demandas de la población (previo tratamiento de desalinización) o para usos recreativos (piscinas y parques acuáticos, por ejemplo) y otros usos urbanos como limpieza de calles, extinción de incendios, etc. También se pueden utilizar las formaciones permeables del Cuaternario y del Plioceno para captar agua de mar en zonas próximas a la línea de costa o inyectar salmueras y vertidos de E.D.A.R., incluyéndose en este último uso las calizas del Turoniense que pueden encontrarse en profundidad.

Para mejorar el conocimiento y la gestión de las aguas subterráneas, se propone una red de observación basada en la información obtenida de los puntos de control que se han mantenido operativos durante la realización del estudio y aquellos que mantiene activos actualmente la DPA. Se trata de una red de control en la que se pretende que tanto la

calidad química y el control hidrométrico como el piezométrico tengan el mismo peso, debido fundamentalmente a que una parte de los acuíferos se encuentran en régimen natural y, por otro lado, el criterio adoptado de controlar los puntos que son utilizados en el abastecimiento de los núcleos de población existentes. El control piezométrico está localizado en los sectores de explotación, o bien, en acuíferos donde esta información es importante para entender su funcionamiento hidrogeológico. En cuanto a los puntos de control de explotaciones se han incluido la totalidad de sondeos o pozos que mantienen un régimen de explotación más o menos continuo y que están vinculados al abastecimiento público.

Los puntos seleccionados aparecen en la Tabla nº 184 indicando el acuífero al que pertenecen, situación y cota, y naturaleza del punto. También se indica su pertenencia a redes previas y el control que se realiza.

En síntesis, la zona estudiada puede controlarse adecuadamente mediante el control piezométrico de 27 sondeos y/o pozos, control hidrométrico de 11 manantiales, una red de calidad de 30 puntos y la explotación en un máximo de 16 sondeos (ver Tabla nº 185).

Tabla nº 184.- Propuesta de control de la zona de estudio

Código	Nombre	X UTM	Y UTM	Cota	Nivelado	Naturaleza	Acuífero/Sector	Perteneencia a redes previas			Propuesta control	Observaciones	
								Piezometría	Hidro	Calidad			Explotación
<b>Masub 080.183 Orcheta</b>													
293350012	Fuente del Salt	718.616	4.268.121	370	NO	Manantial	Almaens/Almaens				Hidrometría y calidad	Adecuación de punto y nivelación	
293350029	Fte. Cort. Romero	722.495	4.266.279	345	NO	Manantial	Almaens/Romero				Hidrometría y calidad	Adecuación de punto y nivelación	
293350035	Parque La Ereta	717.563	4.268.705	419	NO	Manantial	Pliegues Cretácicos Jijona				Hidrometría y calidad	Adecuación de punto y nivelación	
293360002	Racó Amplé	729.348	4.266.234	427,7	SI	Sondeo	Jurásico Cabezón del Oro	DPA Manual y telecontrol		DPA y Aquagest	Calidad, piezometría y explotación		
293360008	Etasa 2	729.391	4.266.385	428	NO	Sondeo	Jurásico Cabezón del Oro			Aquagest	Calidad, piezometría y explotación	Nivelación	
293360027	Balneario Aigües	729.381	4.265.605	411	NO	Sondeo	Jurásico Cabezón del Oro	DPA Manual y telecontrol		DPA	DPA	Calidad, piezometría y explotación	Reparación equipo de telecontrol
293370010	Amadorio	737.812	4.271.023	130	NO	Sondeo	Anticlinales de Relleu/Amadorio	Aquagest. Manual		Aquagest	Aquagest	Calidad, piezometría y explotación	Nivelación
293370011	Pequerina	735.916	4.272.160	288	NO	Sondeo	Anticlinales de Relleu/Pequerina	DPA Manual y telecontrol		DPA	DPA	Calidad, piezometría y explotación	
293380001	Santo Tomás	738.388	4.272.034	180	NO	Pozo	Sin definir/Cuaternario de Orcheta				Piezometría y calidad	Nivelación	
293380038	Nozal	738.087	4.270.659	130,39	SI	Sondeo	Anticlinales de Relleu/Amadorio	Aquagest. Manual		Aquagest	Aquagest	Calidad, piezometría y explotación	
293380039	Román	738.217	4.270.627	121,74	SI	Sondeo	Anticlinales de Relleu/Amadorio	Aquagest. Manual		Aquagest	Aquagest	Calidad, piezometría y explotación	
293380096	Fuente de Benienzo	742.884	4.270.893	120	NO	Manantial	Sierra Cortina/Benienzo				Hidrometría y calidad	Adecuar punto de control y acceso	
293380112	Farella	743.736	4.270.760	142,73	SI	Sondeo	Sierra Cortina/Benienzo	Aquagest. Manual y Telecontrol		Aquagest	Aquagest	Calidad, piezometría y explotación	

Código	Nombre	X UTM	Y UTM	Cota	Nivelado	Naturaleza	Acuífero/Sector	Pertenencia a redes previas			Propuesta control	Observaciones
								Piezometría	Hidro Calidad	Explotación		
293380113	Els Cremats	741.900	4.271.645	230	NO	Sondeo	Orcheta				Piezometría	Nivelación. Es de un particular
293380138	Barranco Alfarelles	743.731	4.270.580	142	NO	Sondeo	Sierra Cortina/Benienzo				Hidrometría y calidad	Adecuar punto de control. Nivelación
293420012	Samitre Ayunt.	726.780	4.264.595	430,86	SI	Sondeo	Jurásico Cabezón del Oro	DPA Manual		DPA	Calidad, piezometría y explotación	
293420018	Samitre Muchavista	727.152	4.265.473	434,96	SI	Pozo	Jurásico Cabezón del Oro				Calidad, piezometría y explotación	
303350002	Fuente del Murtal 1	748.601	4.272.045	100	NO	Manantial	Sierra Cortina/Murtal				Hidrometría y calidad	Adecuar punto de control. Nivelación
303350052	Fuente del Murtal 2	747.508	4.271.164	100	NO	Manantial	Sierra Cortina/Murtal				Hidrometría y calidad	Adecuar punto de control. Nivelación
Nuevo	Embalse					Sondeo	Orcheta					Perforación de nuevo sondeo en borde occidental
Masub 080.184 San Juan-Benidorm												
293380027	Nasía	740.249	4.267.262	60	NO	Pozo-galería	Cuaternario de Villajoyosa/Villajoyosa				Piezometría	Nivelación
293380029	Chocolates Valor	741.363	4.266.439	33,4	SI	Pozo	Cuaternario de Villajoyosa/Villajoyosa				Piezometría y calidad	
293380065	Torrero	743.172	4.266.705	30	NO	Pozo	Sin definir/Terciario de Villajoyosa				Piezometría	Nivelación
293380075	Camping Hércules	744.511	4.267.001	10	NO	Pozo	Cuaternario de Villajoyosa/Torres				Calidad y explotación	Nivelación
293380077	Torre Hércules	744.508	4.267.013	10	NO	Pozo	Cuaternario de Villajoyosa/Torres				Piezometría	Nivelación
293380107	Romá-Pileta	740.420	4.266.950	50	NO	Manantial	Cuaternario de Villajoyosa/Villajoyosa				Hidrometría y calidad	Adecuación de punto de control y nivelación
303350011	Camping Armanello	751.998	4.270.729	25	NO	Pozo	Cuaternario de Benidorm				Calidad, piezometría y explotación	Nivelación
303350053	Lavapiés 2	752.227	4.269.123	2	NO	Sondeo	Sierra Helada	Aquagest. Manual		Aquagest	Piezometría y explotación	



Código	Nombre	X UTM	Y UTM	Cota	Nivelado	Naturaleza	Acuífero/Sector	Pertenencia a redes previas			Propuesta control	Observaciones	
								Piezometría	Hidro	Calidad			Explotación
303350054	Lavapiés 1	752.227	4.269.123	2	NO	Sondeo	Sierra Helada	Aquagest. Manual		Aquagest	Piezometría y explotación		
303360004	La Angelita	755.042	4.273.834	11,88	SI	Pozo-galería	Cuaternario de Benidorm	Aquagest. Manual y Telecontrol		Aquagest	Aquagest	Calidad, piezometría y explotación	
303360019	Susi	755.244	4.273.643	12	NO	Sondeo	Cuaternario de Benidorm	DPA Manual y telecontrol				Piezometría	
Nuevo							Sierra Helada					Piezometría y calidad	Realizar sondeo en parte central de ladera de Sierra Helada
<b>Zona estudiada de la Masub 080.190 Bajo Vinalopó</b>													
293410008	Balsa de Collado	719.753	4.255.886	97	NO	Manantial						Calidad, hidrometría	Adecuación de punto de control y nivelación
293410009	Molino Nuevo	721.375	4.258.239	120	NO	Pozo-galería						Piezometría, calidad y explotación	Nivelación
293420003	Colegio Salesianos 2	727.078	4.255.572	16,90	SI	Pozo						Calidad	
293420004	Vinle	726.825	4.257.050	30	NO	Sondeo	Cuaternario de San Juan-Campello					Piezometría, calidad y explotación	Nivelación
293450001	Balsa de Pelegrino	721.417	4.254.410	60	NO	Pozo-galería						Calidad, hidrometría	Nivelación
293450012	Hospital psiquiátrico	723.826	4.252.755	31	NO	Sondeo						Piezometría	Nivelación
293450018	San Juan	721.201	4.251.254	36	NO	Manantial						Calidad, hidrometría	Adecuación de punto de control y nivelación
293460003	Finca Santa Ana	724.914	4.253.881	30	NO	Pozo-galería						Piezometría	Nivelación

Tabla nº 185.- Síntesis de puntos a controlar por acuíferos

Acuífero/Sector	Código	Nombre	Piezometría	Hidrometría	Calidad	Explotación
Pliegues Cretácicos de Jijona	293350035	Parque La Ereta		X	X	
Almaens/Almaens	293350012	Fuente del Salt		X	X	
Almaens/Romero	293350029	Fuente Cortijo Romero		X	X	
Jurásico Cabezón del Oro	293360002	Racó Amplé	X		X	X
	293360008	Etasa 2	X		X	X
	293360027	Balneario de Aigües	X		X	X
	293420012	Samitre Ayuntamiento	X		X	X
	293420018	Samitre Muchavista	X		X	X
Anticlinales de Rellou/Pequerina	293370011	Pequerina	X		X	X
Anticlinales de Rellou/Amadorio	293370010	Amadorio	X		X	X
	293380038	Nozal	X		X	X
	293380039	Román	X		X	X
Orcheta	293380113	Els Cremats	X			
	Nuevo		X			
Sierra Cortina/Benienzo	293380096	Fuente de Benienzo		X	X	
	293380112	Farella	X		X	X
	293380138	Barranco Alfanelles		X	X	
Sierra Cortina/Murtal	303350002	Fuente del Murtal i		X	X	
Sierra Cortina/Murtal	303350052	Fuente del Murtal 2		X	X	
Sin definir/Cuaternario de Orcheta	293380001	Santo Tomás	X		X	
Cuaternario de Benidorm	303350011	Camping Armanello	X		X	X
	303360004	La Angelita	X		X	X
	303360019	Susi	X			
Sierra Helada	303350053	Lavapiés 2	X			X
	303350054	Lavapiés 1	X			X
	Nuevo		X		X	
Cuaternario de Villajoyosa/Torres	293380075	Camping Hércules			X	X
	293380077	Torre Hércules	X			
Cuaternario de Villajoyosa/Villajoyosa	293380027	Nasía	X			
	293380029	Chocolates Valor	X		X	
	293380107	Romá-Pileta		X	X	
Sin definir/Terciario de Villajoyosa	293380065	Torrero	X			
Cuaternario de San Juan-Campello	293410008	Balsa de Collado		X	X	
	293410009	Molino Nuevo	X		X	X
	293420003	Colegio Salesianos 2			X	
	293420004	Vinle	X		X	X
	293450001	Balsa de Pelegrino		X	X	
	293450012	Hospital psiquiátrico	X			
	293450018	San Juan		X	X	
293460003	Finca Santa Ana	X				
<b>Puntos totales a controlar</b>	<b>40</b>		<b>27</b>	<b>11</b>	<b>30</b>	<b>17</b>

## 14. CONCLUSIONES

El estudio realizado ha permitido alcanzar un razonable grado de conocimiento sobre diferentes aspectos de los acuíferos que integran la zona de estudio, especialmente los relativos a su definición geométrica, funcionamiento hidrodinámico y balance hídrico. La cartografía hidrogeológica realizada con el apoyo de un inventario de puntos de agua y las campañas de campo de control piezométrico, hidroquímico e isotópico ha permitido identificar 15 acuíferos y sectores. Se ha mejorado, por tanto, la caracterización de las masas de aguas subterráneas en este territorio, tema de especial interés que constituye una de las grandes líneas maestras definidas en la Directiva Marco del Agua.

Los principales resultados obtenidos se sintetizan a continuación.

La bibliografía existente ha sido objeto de un especial análisis y tratamiento para procurar su oportuna referenciación. En el capítulo correspondiente se enumeran los estudios y trabajos relacionados con la zona de trabajo. Siempre que ha sido posible se ha efectuado un contraste de los datos aportados por trabajos previos, haciendo especial hincapié en aquellos relacionados con los balances hídricos.

Partiendo de los datos disponibles en estaciones foronómicas y de calidad controladas por la CHJ se han definido, en el capítulo de hidrología superficial, las relaciones río-acuífero y se ha valorado la afección de la calidad de las aguas superficiales sobre las subterráneas. Además de la información anterior, se han utilizado los inventarios de surgencias realizados por la guardería fluvial de la CHJ en los Sistemas de Explotación de la Marina Baja y Bajo Vinalopó-Alicantí. A la vista de las observaciones realizadas es de destacar la similitud química de las aguas superficiales y subterráneas, el drenaje de los acuíferos Anticlinales de Relleu y Orcheta al Embalse del Amadorio, así como de los acuíferos Pliegues Cretácicos de Jijona, Almaens y Sierra Cortina a las redes fluviales de la zona, y la transferencia de parte del caudal circulante por el río Monnegre al acuífero Cuaternario de San Juan-Campello.

En el capítulo de climatología y balance hídrico del suelo se han analizado las variables precipitación, temperatura y evapotranspiración potencial de 23 estaciones climatológicas con datos a nivel diario. La relación de la altitud con los datos reales de precipitación medios anuales registrados en el periodo 2000-2008, así como los planos de isoyetas elaborados ponen de manifiesto que no hay una clara correlación entre altitud y precipitación al estar condicionada esta última por la latitud.

Para estimar la infiltración de agua de lluvia se ha asignado a cada acuífero una estación climatológica con datos reales y/o interpolados por la DPA en el periodo 1980/1998. En concreto, a los acuíferos calizo-dolomíticos Pliegues Cretácicos de Jijona, Almaens, Cabezón del Oro, Anticlinales de Relleu, Peñacosta, Orcheta y Sierra Cortina la estación 8029 Jijona, al acuífero Cuaternario de San Juan-Campello la estación 8026 A, al acuífero Cuaternario de Villajoyosa la 8035 y al acuífero de Sierra Helada y al acuífero Cuaternario

de Benidorm el régimen de precipitaciones de la estación 8038 y los registros de temperatura de la estación 8035.

En el capítulo de infraestructura hidráulica, además de incluirse el inventario de puntos de agua de la zona de estudio se han descrito los sistemas de abastecimiento y de riego, así como otros aprovechamientos de la zona (recreativos e industriales), definiéndose en cada uno de ellos el origen de los recursos utilizados y, en el caso de los primeros, las previsiones de la demanda futura considerando el crecimiento poblacional de los últimos años. Como era de esperar, las mayores demandas de agua se concentran en las proximidades a la costa.

El análisis de los usos y demandas de agua ha sido abordado teniendo en cuenta los abastecimientos públicos y el uso agrícola, lo que ha permitido estimar la alimentación de los acuíferos estudiados debido a pérdidas en las infraestructuras de los abastecimientos y por retornos de riego, que en la Masub 080.184 San Juan-Benidorm suponen más del 40% de sus recursos (5,64 hm<sup>3</sup>/año) y en el acuífero Cuaternario de San Juan-Campello el 60% (2,78 de 4,6 hm<sup>3</sup>/año).

El capítulo de geología se centra en el análisis de la estratigrafía y tectónica en el ámbito de estudio, y responde a la disposición de las formaciones geológicas plasmada en cartografía geológica a escala 1:25.000 realizada expresamente en este estudio y los correspondientes cortes interpretativos. Para profundizar en el conocimiento de la zona se han levantado 11 columnas estratigráficas y se han tomado 17 muestras para datación mediante el estudio de nannoplancton. Con toda la información obtenida y la consultada en diferentes publicaciones, se ha propuesto un análisis correlacional y un modelo tecto-sedimentario del área que ha supuesto nuevas aportaciones a la cartografía preexistente del Mapa Geológico Nacional. En términos generales, se considera que la cartografía geológica ha permitido una definición adecuada de los acuíferos e la interpretación de su disposición geométrica y funcionamiento.

La caracterización hidrogeológica ha sido objeto de un capítulo independiente que incluye la descripción de los acuíferos definidos y de las formaciones permeables de escaso interés hidrogeológico. Se han actualizado o inventariado de nuevo un total de 194 puntos de agua (71 revisados y 123 de nuevo inventario). En relación con el balance hídrico para toda la zona cabe indicar que la recarga procedente de la infiltración de la precipitación ha sido cifrada en 9,3-9,8 hm<sup>3</sup>/año, y la debida a pérdidas en las redes de abastecimiento y retornos de riego en 2,9 y 2,3 hm<sup>3</sup>/año, respectivamente, la explotación por bombeo en 5,0 hm<sup>3</sup>/año, las salidas a través de manantiales o drenajes ocultos a la red fluvial en 3,3 hm<sup>3</sup>/año y el drenaje al mar en 6,1 hm<sup>3</sup>/año.

Se ha intentado estimar la infiltración de agua de lluvia mediante el método de balance de cloruros, obteniéndose resultados coherentes únicamente en el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro, utilizando los contenidos medios de este ión del agua de goteo de la cavidad kárstica de la Cueva de Canelobre (antes de alcanzar la zona saturada del acuífero). Como consideración respecto a la aplicabilidad del método de balance químico

para evaluar la recarga de los acuíferos de esta región, se apunta que podría resultar no adecuada a causa de los elevados gradientes de deposición de cloruros por la cercanía de la costa, la existencia de variaciones importantes de unos años a otros y la salinidad de los suelos.

Se ha estimado la temperatura del agua subterránea a partir de geotermómetros empíricos en el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro, ya que es el único que presenta una clara anomalía térmica positiva. Los resultados obtenidos corroboran las diferencias de temperatura medidas "in situ" entre los pozos de Aigües y Busot (unos 10° C), que se debe a la profundidad de circulación del agua antes de alcanzar las zonas de captación (unos 200-300 m), a su vez condicionada por la estructura geológica.

La caracterización hidroquímica de las aguas subterráneas se ha efectuado a partir de las analíticas incluidas en las bases de datos del IGME y la DPA, así como de dos campañas de muestreo realizadas, la primera de ellas, entre marzo y junio de 2009 (43 muestras), y, la segunda, en octubre-noviembre de 2009 (37 muestras). Además, se ha tomado una muestra del embalse del Amadorio y nueve muestras de agua de lluvia. Las aguas subterráneas presentan ciertas variaciones desde el punto de vista hidroquímico. Las facies tienden a ser, por lo general, sulfatadas cálcicas en la zona septentrional, donde se localizan los acuíferos calizo-dolomíticos (salvo Sierra Helada) y cloruradas sódicas en la meridional. También la CE toma valores medios de 1.000-2.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 2.000-4.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente. En general estas salinidades se deben al lixiviado de terrenos salinos y/o mezclas con agua de mar, retornos de riego, infiltración de aguas residuales.

La investigación isotópica se ha realizado a partir de las de terminaciones de  $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$  en muestras tomadas a mediados del mes de noviembre de 2009 (final del estiaje). En la mayoría de los puntos de los acuíferos calizo-dolomíticos se obtienen altitudes coherentes con las zonas de recarga, a diferencia de los puntos de los acuíferos Cuaternarios debido a la infiltración de agua de diferentes procedencias (lluvia, retornos de riego, pérdidas en redes de abastecimiento, etc.). En el acuífero Cuaternario de San Juan-Campello la relación de  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$  indica evaporación previa a su infiltración, correlacionable con recarga de aguas superficiales o a retornos de riego, y en algunos puntos de los acuíferos Cuaternarios de Benidorm y Villajoyosa se interpreta que se puede producir la mezcla de agua de mar. Por su parte, el exceso de deuterio indica que el agua de lluvia que se infiltra en los acuíferos tiene origen mediterráneo y, en menor proporción, atlántico. Los resultados  $^{13}\text{C}$  hacen suponer en el acuífero Jurásico de Cabezón del Oro un prolongado tiempo de contacto agua-formación acuífera.

Así mismo, y con toda la información y resultados obtenidos, se han propuesto unas recomendaciones para la reordenación y mejora del aprovechamiento de los recursos utilizables de los acuíferos de la zona.

Por último, para actividades futuras con un carácter de investigación se pueden aportar, entre otras, las siguientes recomendaciones:

- Profundizar en la determinación del rango de validez de aplicación de los diferentes métodos de evaluación de la recarga en “acuíferos-tipo” y las posibilidades de extrapolación a acuíferos del entorno de características similares.
- Estudiar la evolución de niveles del acuífero Jurásico Cabezón del Oro, en concreto el posible retardo del ascenso de nivel con respecto la precipitación y la inercia del sistema.
- Seguimiento de la calidad de las surgencias localizadas en la ladera sur de Sierra Cortina debido a un posible cambio de funcionamiento hidrodinámico del acuífero al incrementarse las extracciones.
- Ejecución de sondeos de investigación entre los sectores Pequerina y Amadorio, para tratar de establecer su relación hidráulica entre ambos. En el borde meridional del acuífero de Orcheta, para intentar verificar la conexión con el embalse del Amadorio, en la ladera septentrional de Sierra Helada, para conocer la posible conexión entre los acuíferos detríticos y calizos, y en el sector meridional del acuífero San Juan-Campello con el fin de conocer la estratigrafía de la zona.
- Realizar periódicamente controles hidrométricos e hidroquímicos en las surgencias principales del sector Benienzo del acuífero de Sierra Cortina.
- Ensayos de trazadores para determinar tiempos de tránsito.