



ACUÍFEROS DE SIERRA MARIOLA Y SU GESTIÓN

COLECCIÓN
EL AGUA EN ALICANTE



MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



DIPUTACIÓN
PROVINCIAL
DE ALICANTE



DIPUTACIÓN
DE ALICANTE

ÍNDICE

1

2

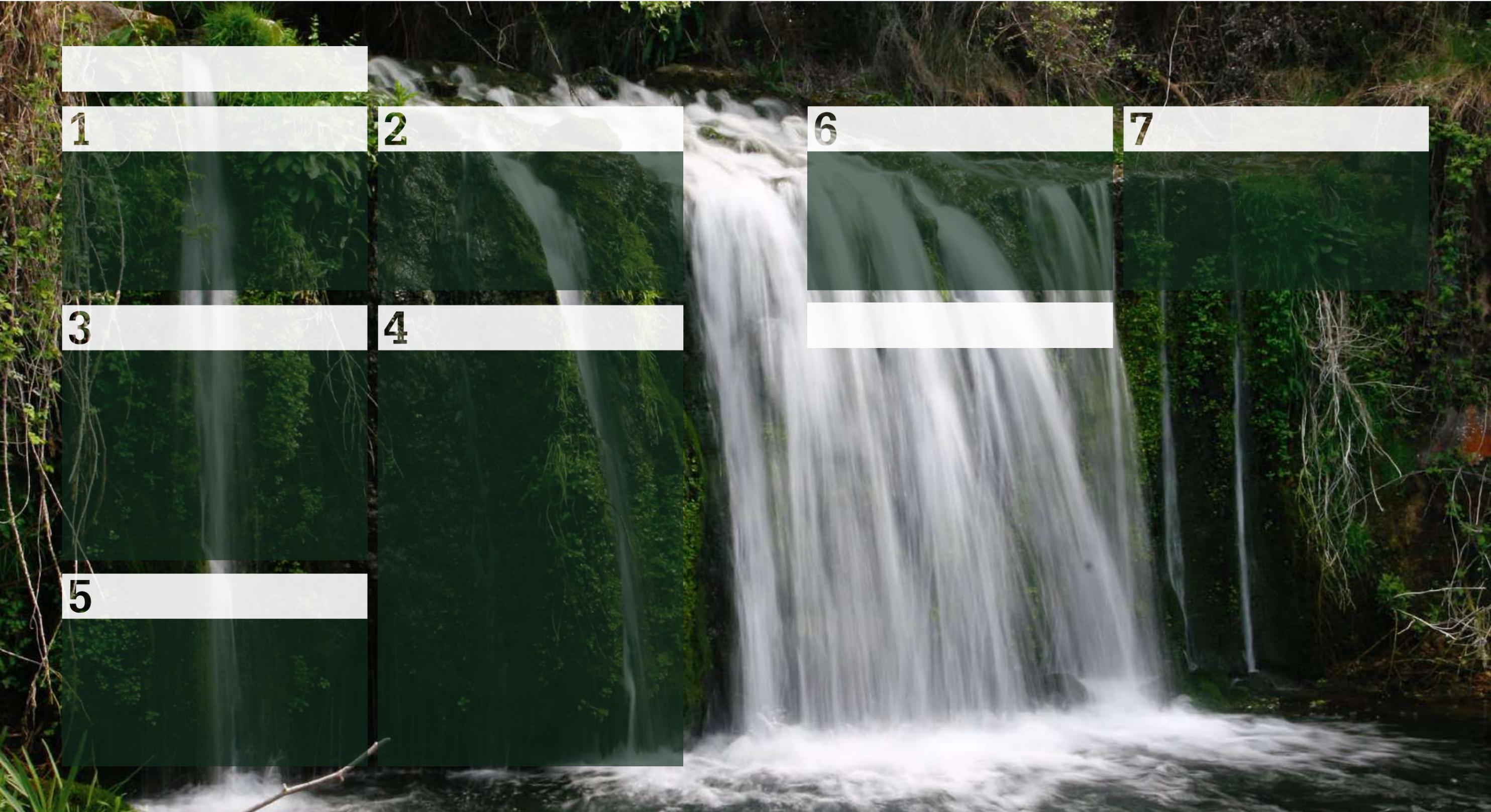
6

7

3

4

5



EQUIPO DE TRABAJO

Diputación Provincial de Alicante. Ciclo Hídrico

Luis Rodríguez Hernández
Juan Antonio Hernández Bravo
Miguel Fernández Mejuto

Instituto Geológico y Minero de España. IGME

Bruno J. Ballesteros Navarro
Julio López Gutiérrez
Olga García Menéndez
José Antonio Domínguez Sánchez
Elisabeth Díaz Losada
Raquel Morales García
Leticia Vega Martín

Aljibe Consultores, S.L.L.

Emilio Castillo Pérez
Alberto Padilla Benítez
José Manuel Gómez Fontalva

Azarbe Ingeniería, S.L.

Alicia Vela Mayorga
Josefina Muñoz Alonso

Universidad de Alicante

Jesús Miguel Soria Mingorance

Coordinación

Juan Antonio López Geta. *IGME*

Colaboradores

Juan José Rodes Martínez. *Rodes, Ingeniería de recursos naturales S.L.P.*
Adrián Caruana Sala. *Ciclo Hídrico*
Rebeca Palencia Rocamora. *Ciclo Hídrico*
Luis Solís García-Barbón. *INTECSA-INARSA*

© Diputación de Alicante, 2014
© IGME, 2014

Edita: Diputación Provincial de Alicante.
Departamento de Ciclo Hídrico.
Diseño y maquetación: Tábula Comunicación
Impresión: Quinta Impresión
ISBN: 978-84-15327-44-8
Depósito legal: A 439-2014

PRESENTACIÓN



Luisa Pastor Lillo
Presidenta de la Diputación de Alicante

El presente volumen es el cuarto de la colección *El agua en Alicante* con la que la Diputación de Alicante, conjuntamente con el Instituto Geológico y Minero de España, pretende dar a conocer de forma sintética, a la vez que actualizada y rigurosa, el funcionamiento hidrológico de las distintas comarcas alicantinas.

En esta ocasión se dedica a un territorio singular de la provincia de Alicante, la sierra de Mariola, Parque Natural donde nacen los ríos Vinalopó y Serpis, que está enclavada en la zona denominada *Comarcas de La Montaña* y se encuentra rodeada de las poblaciones con más tradición industrial de la provincia, abastecidas exclusivamente con agua subterránea.

El tomo sintetiza los conocimientos adquiridos por la Diputación de Alicante y el Instituto Geológico y Minero de España, en más de treinta años de trabajo conjunto, sobre la hidrología y gestión del agua en los acuíferos de Sierra Mariola. En los distintos capítulos se describen los embalses subterráneos abastecedores, sus recursos, aprovechamientos, calidad del agua,

reservas, estado actual y evolución previsible, para finalizar con unas directrices para la gestión sostenible y alternativas concretas de acción para corregir los desequilibrios hídricos y asegurar la plena garantía de suministro a largo plazo, lo que incluye la propuesta de operaciones específicas.

Nuestra intención es que este libro no se convierta en un objeto decorativo en las estanterías o que sea un estudio de interés limitado a una pequeña comunidad de científicos, sino en una herramienta útil para el planificador y para los usuarios; esto es, dirigido no únicamente a especialistas sino, fundamentalmente, a los agricultores, industriales, empresas gestoras de los abastecimientos, alcaldes, ediles, comunidades de usuarios del agua, ambientalistas, urbanistas, incluso, ciudadanos interesados en la naturaleza y sus misterios; en definitiva, para todos los agentes implicados en el uso y disfrute del agua y en la planificación, gestión y ordenación del territorio. Con este fin, hemos intentado hacer un texto lo más divulgativo posible, a la par que riguroso y concreto en sus conclusiones y propuestas. Esperamos haberlo conseguido.

PRESENTACIÓN



Jorge Civis Llovera
Director del Instituto Geológico
y Minero de España

Volvemos a felicitarnos por cuarta vez, en menos de cinco años, por la publicación de un nuevo libro de la Colección *El agua en Alicante*, en la que se describen las principales características de los acuíferos de la provincia de Alicante, de forma sistemática y comprensible, especialmente para una amplia parte de la sociedad, ajena a esta ciencia pero sí conocedora de la importancia del agua como recurso natural escaso y responsable de su buen uso, y consciente de que ese buen uso debe ser a su vez sostenible en el tiempo tanto para esta generación como para las futuras.

En esta ocasión, el objeto de la publicación es la Sierra de Mariola, enmarcada en la Comarca de la Montaña alicantina, y en la que se asientan una serie de acuíferos, cuyos recursos hídricos subterráneos son utilizados para cubrir una gran parte de las demandas existentes tanto de origen urbano, agrícola como industrial de la Comarca.

La publicación va cerrando el puzzle que constituye el enjambre de los diferentes acuíferos que se extienden por toda la provincia, y cuyo conocimiento contribuirá de forma eficaz a que los gestores de los recursos hídricos y los responsables de la ordenación urbanística y del uso del territorio, dispongan de información adecuada para desarrollar su labor.

Es una información útil y práctica, tanto para la Diputación de Alicante que la aplica en el cumplimiento de

una de sus misiones como es asesorar a los municipios y suministrarles agua en las mejores condiciones de cantidad y calidad, como para el Instituto Geológico y Minero de España donde es manejada para el cumplimiento de sus funciones como Organismo Público de Investigación (OPI) y Servicio Geológico de España creador de infraestructura geológica, minera e hidrogeológica y de asesoramiento a las diferentes administraciones públicas, no sólo como es en este caso con la Diputación de Alicante, cuyos resultados comunes se han ido poniendo de manifiesto a lo largo de más de 30 años de colaboración con resultados altamente positivos, sino con otras Instituciones nacionales, autonómicas y locales.

Deseamos seguir en esta línea de colaboración con las administraciones españolas y en especial con esta Diputación. Para ello tenemos que seguir con la implementación de nuestra formación, especializando a nuestros licenciados e ingenieros en las herramientas científicas más actuales y de mejora del conocimiento experto en materias como la geológica e hidrogeológica y poniendo a disposición de los usuarios esa información a través de las bases de datos y del Centro de documentación del Instituto.

Por último felicitar a todas las personas que han intervenido en la elaboración de este libro y esperar que, al igual que los anteriores, su aceptación por parte de todos los interesados sea tan buena.

1

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Sierra Mariola es uno de los principales accidentes geográficos de la provincia de Alicante. Se trata de una sierra de materiales carbonatados intensamente tectonizados, que configuran un grupo de acuíferos de gran interés tanto por ser origen de los ríos Vinalopó y Serpis como por abastecer importantes poblaciones de las provincias de Alicante y Valencia.

Son numerosos los estudios y trabajos parciales que se han llevado a cabo sobre diferentes aspectos de la hidrogeología de la zona de estudio. Estos estudios pusieron de manifiesto la necesidad de proceder a un análisis integral que mejorara su caracterización al tiempo que actualizara el conocimiento sobre sus recursos y grado de aprovechamiento. Con el fin de solucionar estas carencias y resolver, además, algunas incertidumbres existentes respecto a su delimitación y modo de funcionamiento, desde el Departamento de Ciclo Hídrico (DCH) de la Diputación de Alicante, y en convenio con el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), se ha promovido durante la última década toda una serie de estudios cuyos resultados ahora se sintetizan en esta monografía.

La síntesis aborda el análisis integral de los acuíferos existentes en la Unidad Hidrogeológica (UH) 08.40. Sierra Mariola, que coincide aproximadamente con las Masas de Agua Subterránea (MASUB) 080.171 Sierra Mariola, 080.170 Salt San Cristóbal y 080.169 Muro de Alcoy. El trabajo presenta la caracterización hidrogeológica e hidroquímica actualizada, cuantificando los recursos junto con su grado de aprovechamiento actual según los tipos de uso, y evaluando la garantía de suministro de las demandas para distintos escenarios climáticos. Ello ha permitido diagnosticar el estado de los embalses subterráneos y proponer estrategias de gestión y medidas correctoras que posibiliten la sostenibilidad de las masas de agua y del territorio abastecido.

La Unidad Hidrogeológica Sierra Mariola, que se encuentra al noroeste de la provincia de Alicante y al sur de la de Valencia, incluye parcialmente los términos municipales de Biar, Onil, Ibi, Banyeres de Mariola, Alfafara, Agres, Alcoy, Muro de Alcoy, Cocentaina, L'Alqueria d'Asnar y Bocairent, comprendiendo territorio de las comarcas de L'Alcoiá, Alto Vinalopó y El Comtat.



Panorámica de la Sierra Mariola y del valle alto del Serpis. En primer término Alcoy y en el extremo de la derecha el cerro de San Cristóbal, en Cocentaina.

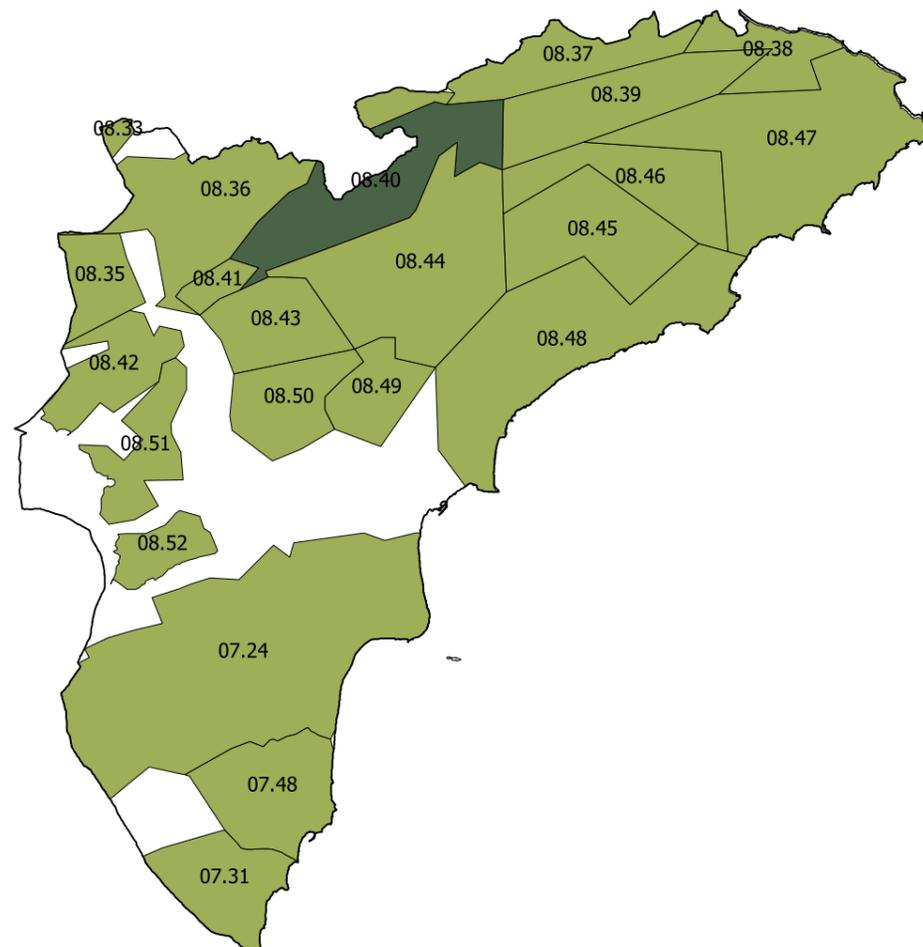


Figura 1.1. Situación de la UH Sierra Mariola (08.40) en la provincia de Alicante

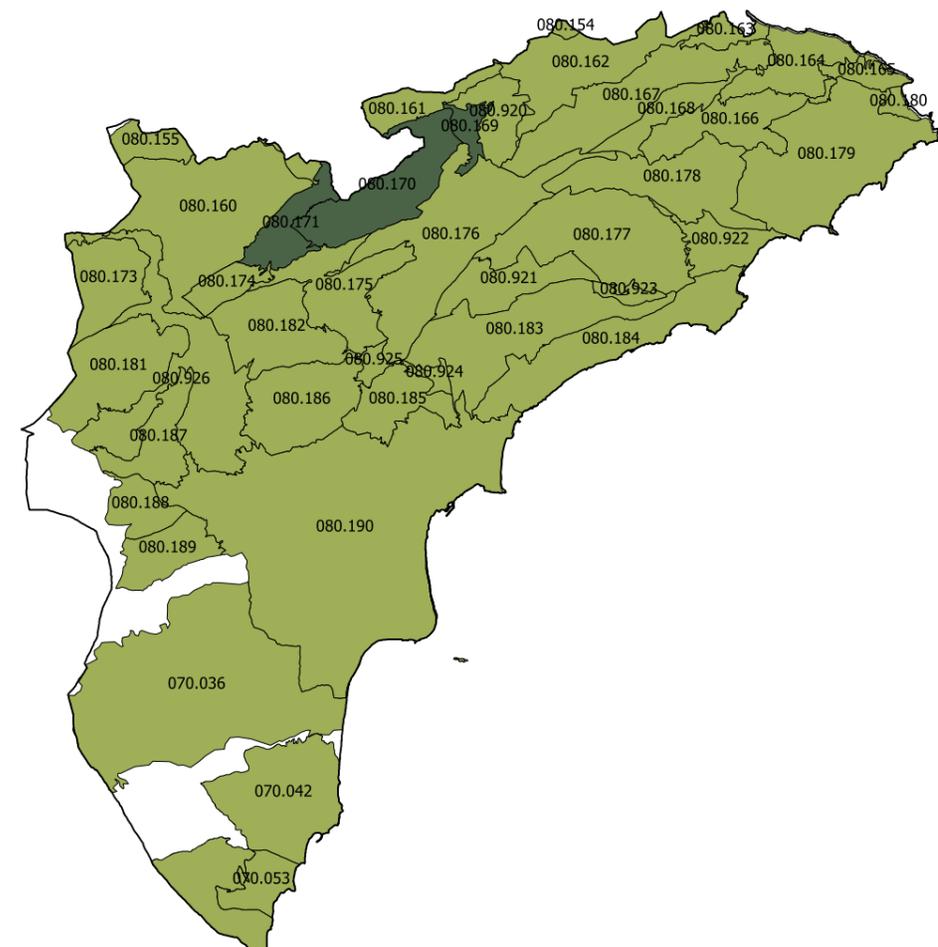


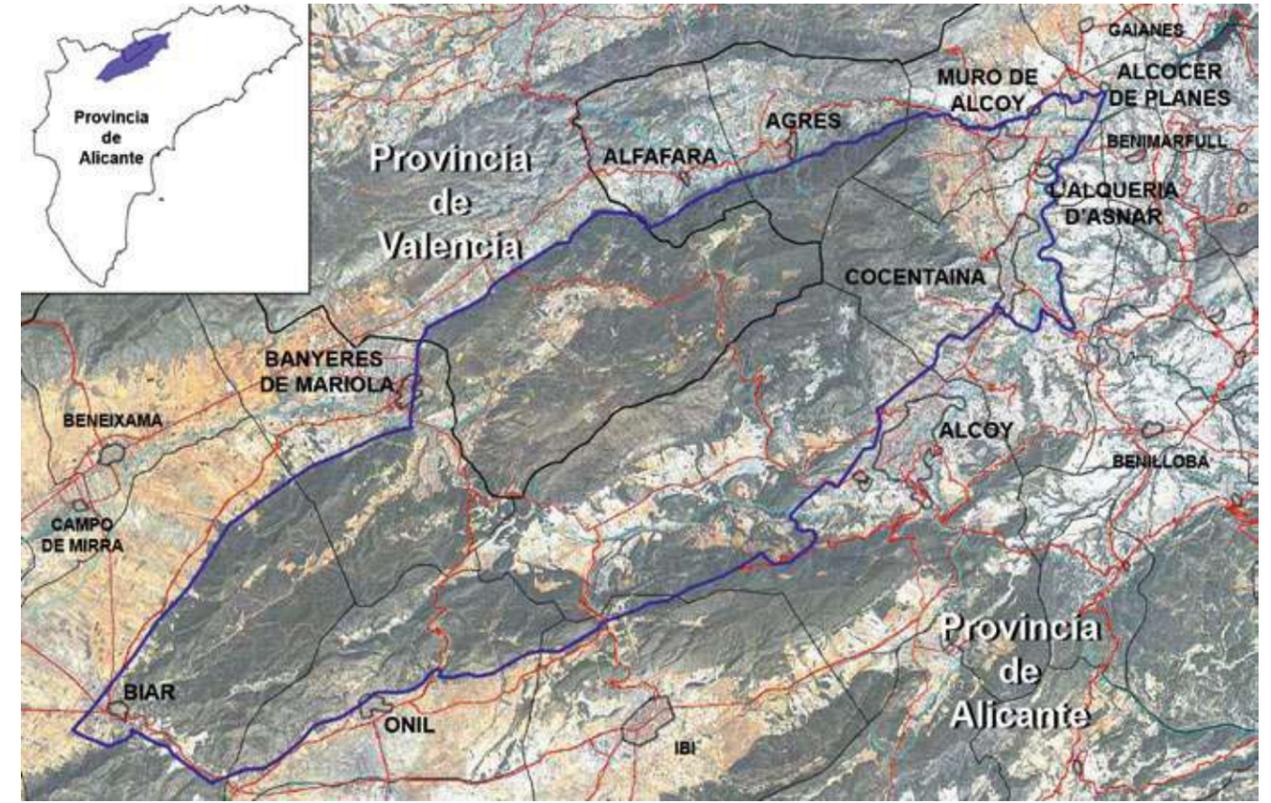
Figura 1.2. Situación de las MASUB 080.171 Sierra Mariola, 080.170 Salt San Cristóbal y 080.169 Muro de Alcoy



Río Polop en Els Canalons

En la Unidad se sitúan las cabece-
ras de los ríos Polop-Serpis, Verde
y Vinalopó. El río Polop drenaba las
aportaciones del manantial de Barxell
antes de su regulación en el año 1978;
no obstante, el caudal, equivalente al
actualmente extraído por el pozo, se
sigue incorporando al caudal base del
río Serpis, aunque como efluente de la
EDAR de Alcoy. El río Vinalopó, eje que
vertebra buena parte de la provincia
de Alicante, tiene su nacimiento en el
acuífero Pinar de Camús, entre Bocai-
rent y Banyeres de Mariola.

Abarca una superficie de unas 26.350
ha y engloba a los acuíferos de Fon-
tanella-Laler, Banyeres, San Jaime,
Agres, Cabranta, Pinar de Camús-
Rosario, Cocentaina, Muro de Alcoy,
Reconco, Pinar de la Umbría, Onil,
Favanella, Biscoy, Salt-San Cristóbal,
Baradello, El Estrecho y Terciario de
Cocentaina. Además, se ha consi-
derado imprescindible incluir los de
Muro de Alcoy y Margen Izquierda del
Cuaternario del Serpis por su íntima
relación con los de Agres, Cabranta y
Cocentaina.



Mapa de situación del área de estudio

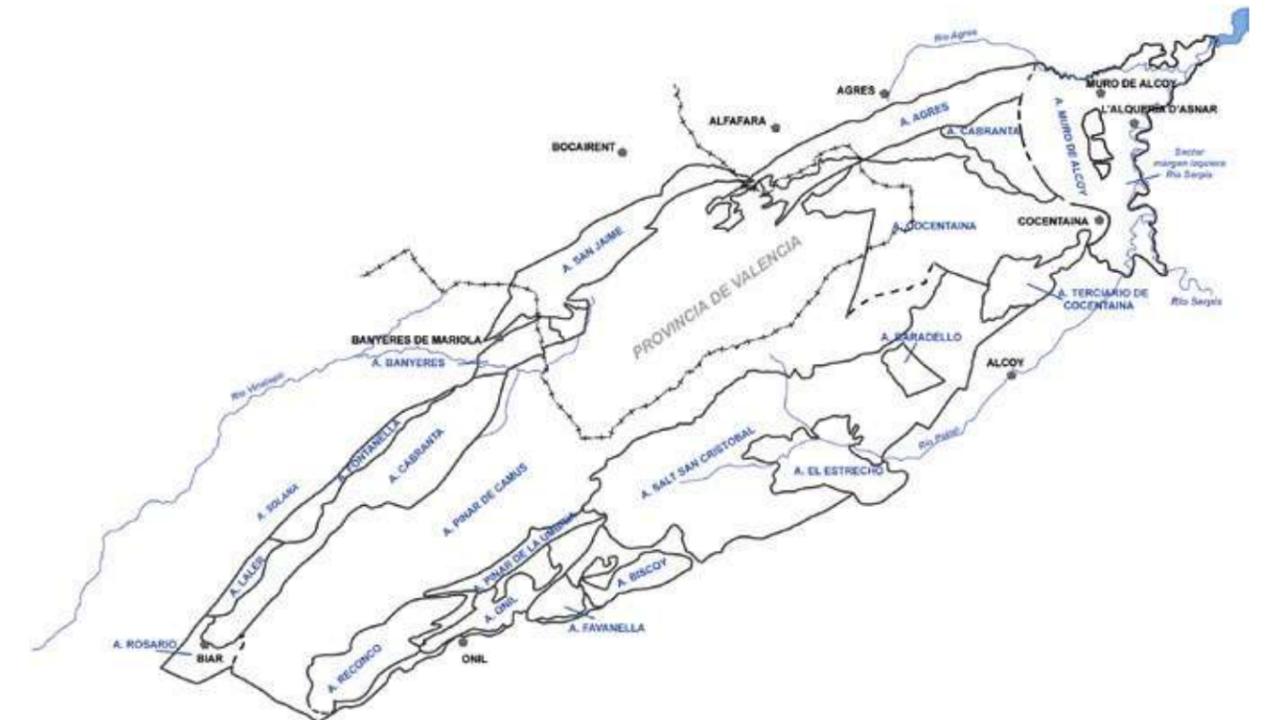


Figura 1.3. Mapa de situación de los acuíferos

2

CLIMATOLOGÍA

Uno de los aspectos básicos para la caracterización de Sierra Mariola es su climatología. En este trabajo se ha realizado un estudio climatológico que abarca un período de 50 años comprendido entre los años hidrológicos 1955/56 y 2004/05. Se ha partido de 30 estaciones, 17 pluviométricas y 13 termopluviométricas (Cuadro 2.1 y Figura 2.1) de la Agencia Española de Meteorología, de las que se han elegido 18 por su mayor representatividad. Todos estos datos se encuentran en el Sistema de Información Hidrológico Provincial del DCH. Para este trabajo se han empleado series diarias, completadas las lagunas que pudiera haber por interpolación con las series de las estaciones más cercanas.

CÓDIGO	X	Y	Z	NOMBRE	TIPO*
8001D	708479	4291716	880	BOCAIRENT MARIOLA	PT
8002	703669	4288012	816	BANYERES DE MARIOLA	PT
8003	694780	4286200	595	BENEJAMA	PT
8003 A	693470	4285400	580	BENEJAMA	PT
8004	695489	4277596	628	BIAR	P
8004I	686774	4277726	505	VILLENA 'COLEGIO PUBLICO'	P
8005C	692795	4294897	639	FONTANARS DELS ALFORINS	P
8005I	686903	4292844	660	FONTANARES CASA FERRIOL	P
8007	685309	4278310	505	VILLENA	PT
8007E	684500	4278600	504	VILLENA C H JUCAR	P
8028	710720	4278080	730	IBI C H JUCAR	PT
8028B	712800	4280250	800	IBI H S	P
8028C	708630	4273370	580	CASTALLA SARGANELLA	PT
8032	725210	4279335	980	TORREMANZANAS SANATORIO	PT
8059 A	719440	4286000	585	ALCOY C H JUCAR	P
8059B	719880	4287530	575	ALCOI JUAN XXIII	P
8059E	720500	4288500	560	COCENTAINA 'P.BOMBEROS'	PT
8061	726187	4282448	734	BENIFALLIM	P
8061E	724330	4283940	700	BENIFALLIN CARRASCALET	PT
8063	729990	4289390	545	GORGA	P
8064	715770	4295800	722	AGRES	P
8064 A	715790	4295100	722	AGRES ALQUERIA S VICENTE	P
8064B	715837	4294781	722	AGRES CONVENTO	P
8064C	716730	4296700	600	AGRES 'FRUTOS EVA'	P
8065	722678	4291112	434	COCENTAINA	PT
8065E	722700	4295800	390	MURO DE ALCOY	PT
8066	729840	4293740	586	ALMUDAINA	P
8067	730000	4300000	296	PANTANO DE BENIARRES	P
8283	707694	4300457	350	ONTINYENT	PT
8289B	683883	4297093	536	LA FONT DE LA FIGUERA-CAMARA AGRARIA LOCAL	P

* P, estaciones pluviométricas y PT pluviotermométricas. En verde más oscuro se indican las estaciones seleccionadas para el estudio.

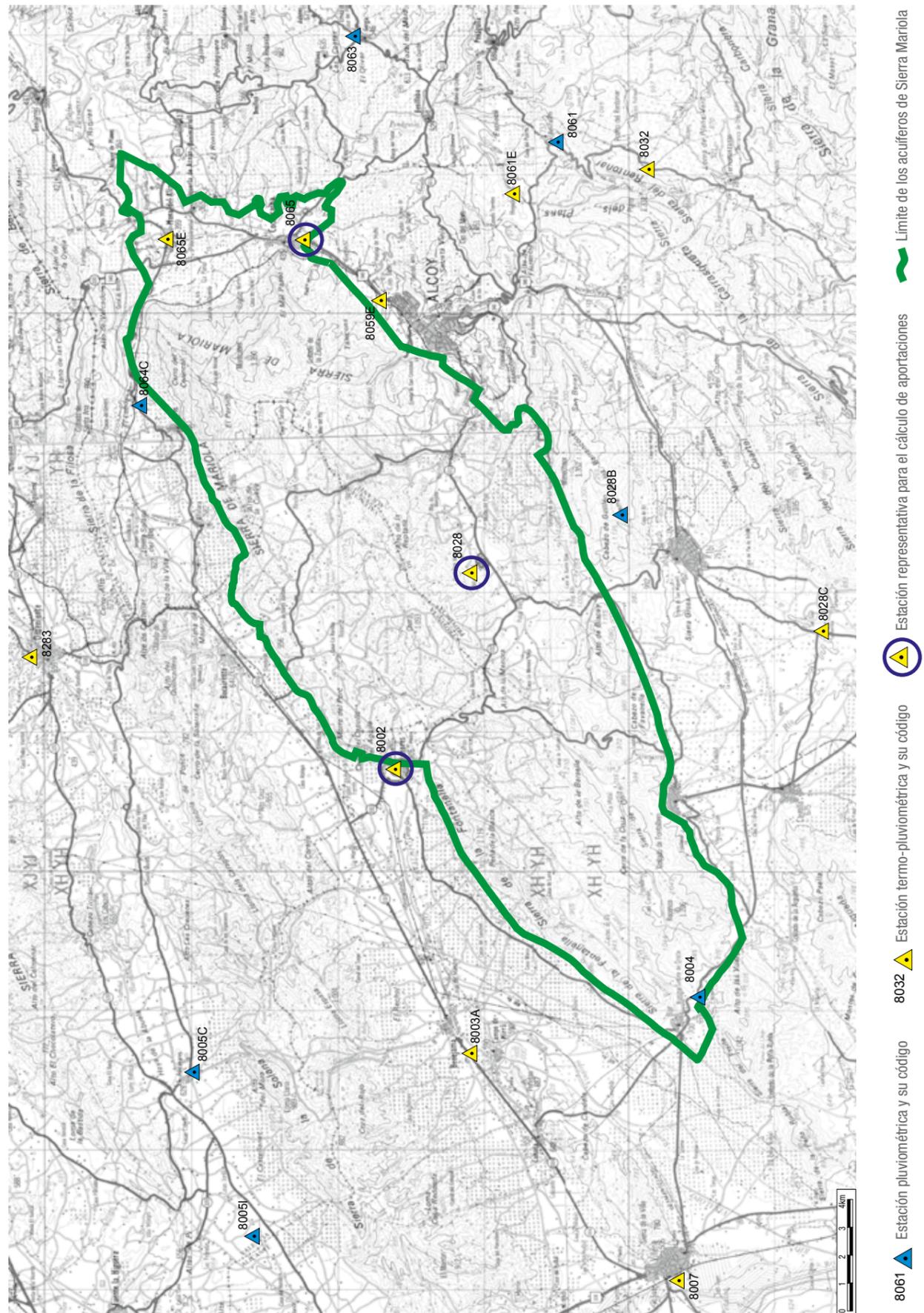


Figura 2.1. Situación de las 18 estaciones meteorológicas seleccionadas para el estudio climático



Panorámica de Montcabrer, cima más alta de la Sierra Mariola, sobre Muro de Alcoy en el valle del Serpis

La media aritmética de la precipitación anual es de 476 mm y su distribución temporal es muy irregular. El rango de variación es de 757 mm (159% de la media), entre la máxima de 1003 mm (1958-59) y la mínima de 246 mm (1999-00). La desviación típica es de 144 mm.

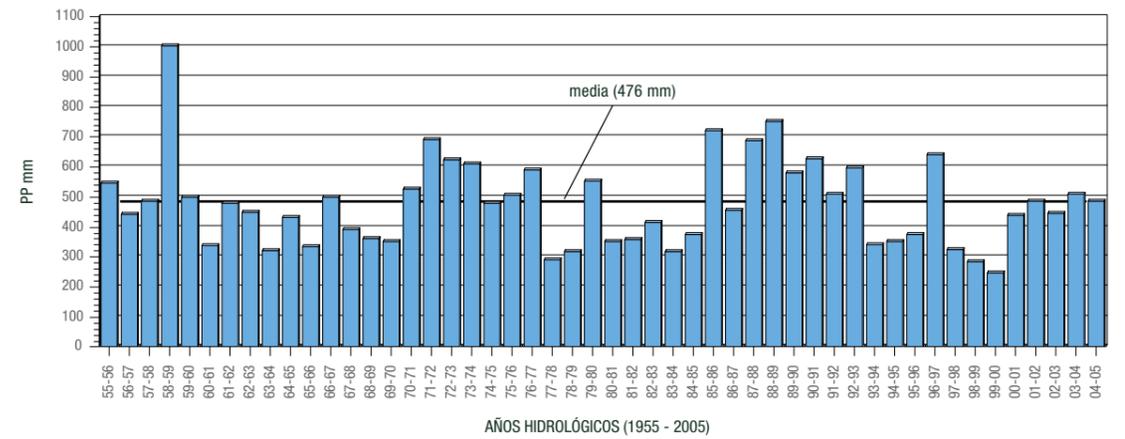


Figura 2.2a. Distribución anual de la media aritmética de la precipitación

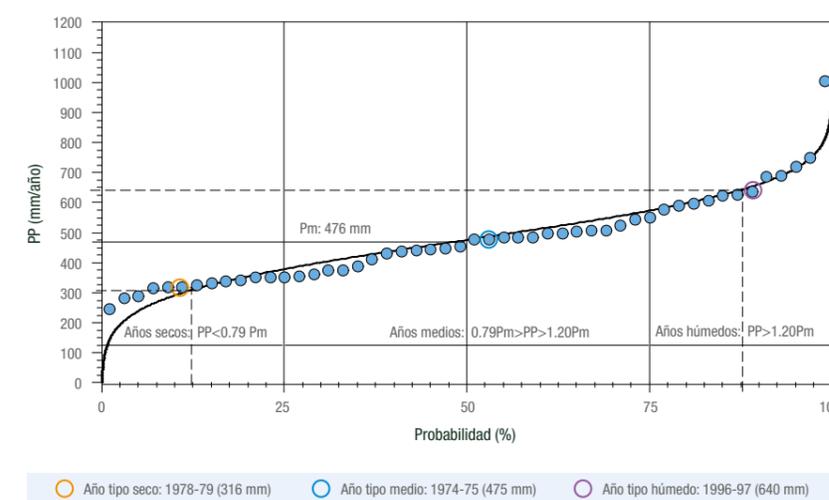


Figura 2.2b. Distribución de la precipitación anual media y ajuste a una distribución Normal (línea continua)

Las precipitaciones anuales se ajustan bien a una distribución normal con media y desviación típica igual a la muestra seleccionada (476 mm y 144 mm, respectivamente). A partir de ella se consideran como años húmedos (probabilidad superior al 75% de la curva de distribución acumulada) aquellos cuyas precipitaciones son superiores a 572 mm; años medios (probabilidad entre el 25% y 75%) los de precipitaciones comprendidas entre 379 y 572 mm; y secos (probabilidad inferior al 25%) en los que ésta es inferior a 379 mm (ver Figura 2.2b).



Figura 2.3. Desviaciones acumuladas de la precipitación anual respecto a la media

Según la distribución ajustada, las precipitaciones extremas y los valores representativos más cercanos a los años tipo serían los siguientes:

- Año más seco: 1999-00 con 246 mm
- Año *tipo seco*: 1978-79 con 316 mm (más próximo al 12,5% de probabilidad)
- Año *tipo medio*: 1974-75 con 475 mm (más próximo al 50% de probabilidad)
- Año *tipo húmedo*: 1996-97 con 640 mm (más próximo al 87,5% de probabilidad)
- Año más húmedo: 1958-59 con 1003 mm

y la altitud. Se han realizado mapas de isoyetas para el año medio (período 1955-2005) (Figura 2.5) y para cada uno de los años extremos más característicos de la serie histórica: año *tipo húmedo* (1996-97) y año *tipo seco* (1978-79). Existe una importante variación espacial de la precipitación en el sector, cuantificada en 250 mm (entre 600 y 350 mm) en el año medio, de 150 mm (entre 400 y 250 mm) para el año *tipo seco* y de 300 mm (entre 800 y 500 mm) para el año *tipo húmedo*. En general la precipitación aumenta hacia el este, concen-

trándose las máximas precipitaciones en las alineaciones montañosas de las sierras de la Solana, Fontanella, Onil y Mariola. La superficie aflorante del conjunto de los acuíferos de Sierra Mariola es del orden de 263 km². Los valores medios de precipitación obtenidos han sido los siguientes:

- Año medio (período 1955-05) 487 mm (128,1 hm³)
- Año *tipo húmedo* (1996-97) 646 mm (169,9 hm³)
- Año *tipo seco* (1978-79) 333 mm (87,5 hm³)

La estimación de la precipitación media aplicable en el área de estudio se deberá realizar a partir de los mapas de isoyetas. La evolución de la precipitación a lo largo de la serie de 50 años se deduce de las desviaciones acumuladas respecto a la media que se representan en la Figura 2.3. Se observa que la duración de los periodos secos está entre 7-9 años, mientras que la de los húmedos es algo menor, 6-7 años.

La distribución media de las precipitaciones a lo largo del año se representa gráficamente en el climograma de la Figura 2.4 junto con la temperatura media mensual obtenida como promedio de las estaciones termométricas analizadas.

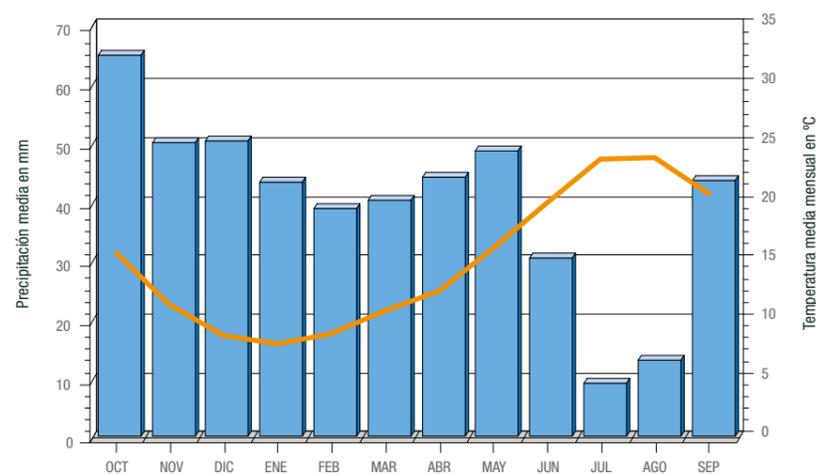


Figura 2.4. Climograma representativo de la zona de estudio: precipitaciones medias mensuales de las 18 estaciones seleccionadas y promedio de las temperaturas medias mensuales de las estaciones termométricas

En el sector estudiado no existe una clara relación entre la precipitación

ACUÍFERO	SUPERFICIE TOTAL AFLORANTE (km ²)	SUPERFICIE PERMEABLE AFLORANTE (km ²)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm) Período 1955-05
FONTANELLA-LALER	5,90	5,44	448
BANYERES	1,25	1,25	472
SAN JAIME	9,23	5,32	537
AGRES	10,01	9,10	578
CABRANTA	19,74	8,89	474
PINAR DE CAMÚS-ROSARIO	105,34	82,12	472
COCENTAINA	22,89	10,67	575
MURO DE ALCOY-CUATERNARIO DEL SERPIS	19,72	19,00	590
RECONCO	6,84	6,10	417
PINAR DE LA UMBRÍA	2,83	2,83	425
ONIL	4,04	2,80	425
FAVANELLA	1,50	1,50	417
BISCOY	3,05	3,00	417
SALT SAN CRISTÓBAL	38,06	13,00	462
BARADELLO	1,60	0,80	482
EL ESTRECHO	7,84	6,93	443
TERCIARIO DE COCENTAINA	3,72	1,20	544
TOTAL	263,55	179,95	476

Cuadro 2.2. Superficie de materiales permeables aflorantes y precipitación media en los acuíferos de Sierra Mariola

Para el cálculo de la precipitación media estimada, que se produce sobre cada acuífero de la unidad de Sierra Mariola, se ha procedido sobre la base de la cartografía geológica realizada y se han extraído los afloramientos permeables con significación hidrogeológica. Mediante el planimetrado de las superficies aflorantes sobre el mapa de isoyetas medias (Figura 2.5) se ha calculado la precipitación media caída en cada uno de los acuíferos definidos (Cuadro 2.2).

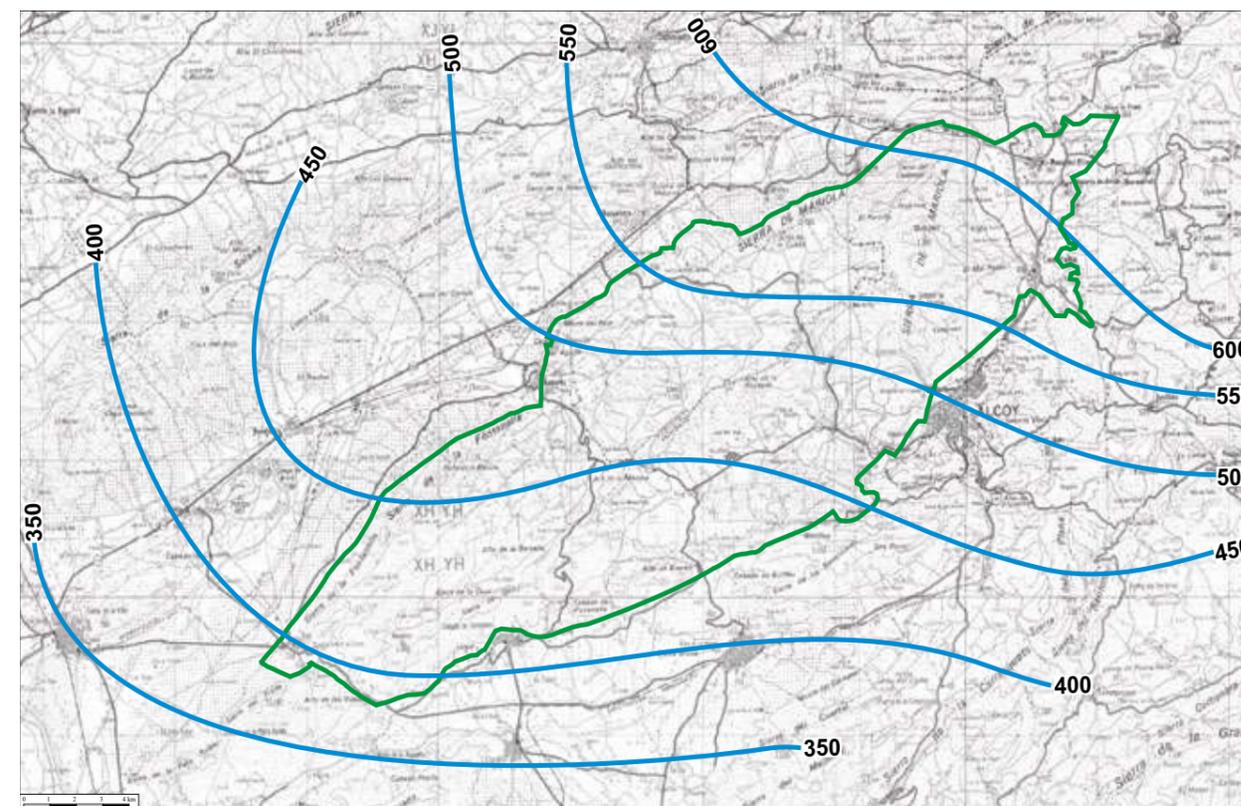


Figura 2.5. Plano de isoyetas medias (mm) para el período 1955-05 y límite exterior de los acuíferos de Sierra Mariola

3

CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA UNIDAD

[3.1] HIDROGEOLOGÍA

El río Vinalopó y el Polop (denominado Serpis aguas abajo de Alcoy), que definen las dos cuencas hidrográficas de mayor extensión de la provincia de Alicante, tienen su nacimiento en Sierra Mariola. El río Vinalopó nace en los manantiales de Pinar de Camús y se alimenta también de las descargas de los acuíferos de Banyeres y San Jaime. El río Serpis nace en la zona centro-meridional de la sierra, e incorporaba aguas del acuífero Pinar de Camús a través de su afluente el Barchell y de Salt-San Cristóbal. Aguas abajo, drena el acuífero cuaternario de Muro de Alcoy (que a su vez tiene alimentación lateral desde Agres, Cabranta y Cocentaina).

El conjunto está deformado por esfuerzos compresivos que lo pliegan en un gran anticlinal con eje SO-NE (algo rotado al oeste respecto a la dirección bética general) y lo fracturan generando una serie de estructuras cabalgantes paralelas al eje del pliegue, que independizan acuíferos según esta dirección. En algún caso, como ocurre en la terminación oriental de Sierra Mariola, los pliegues están cortados por fallas transversales, como la de Cocentaina-Muro, que limita la depresión de Alcoy, y condiciona la existencia de un valle fluvial y el acuífero de materiales detríticos cuaternarios asociados al mismo (Figura 3.1).

Sierra Mariola está formada por una alternancia de materiales carbonatados de origen marino, con potentes formaciones de calizas, calcarenitas y dolomías que definen unidades acuíferas, que alternan con formaciones margosas y arcillosas que constitu-

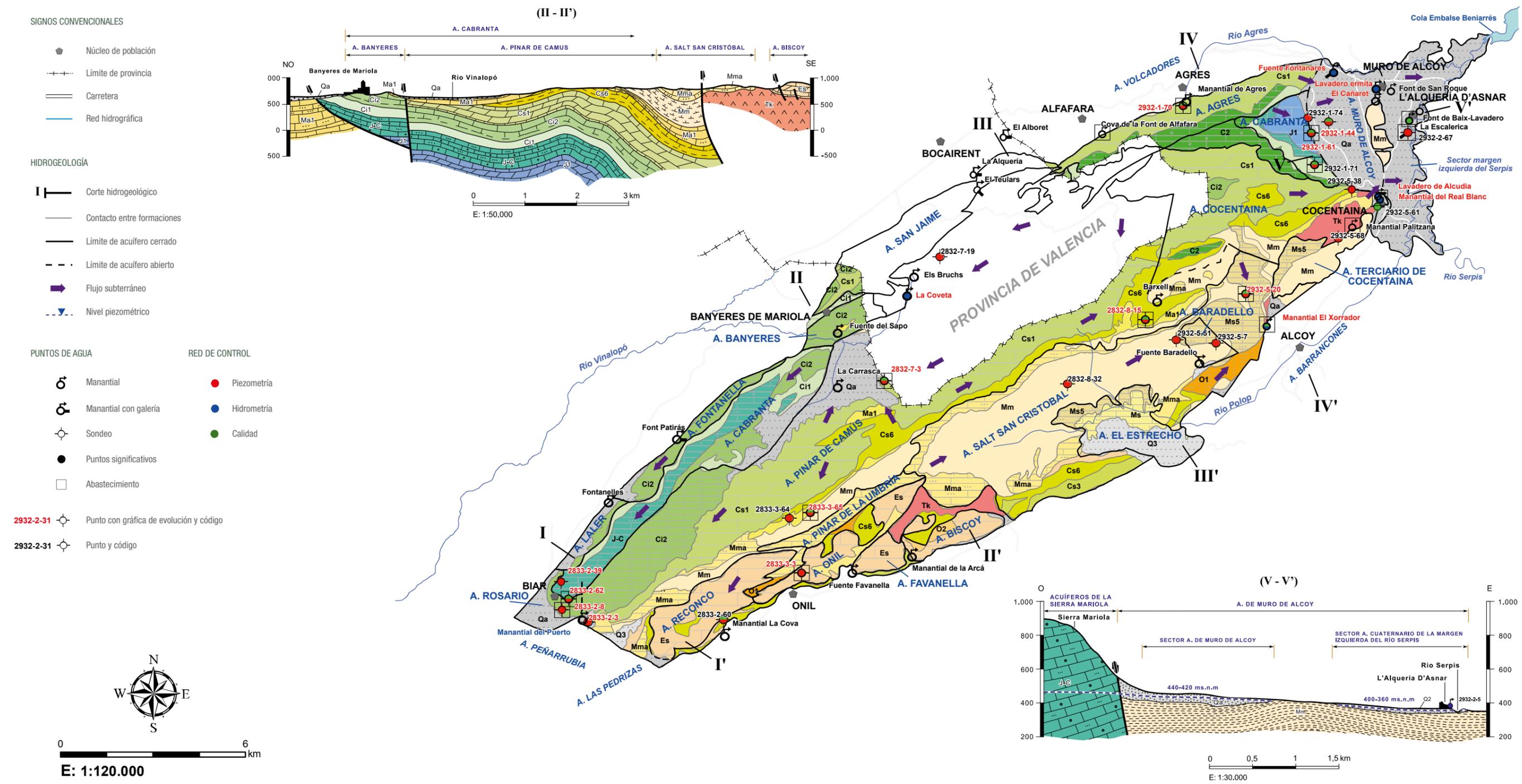


Figura 3.1. Mapa hidrogeológico. Los cortes transversales I-I', III-III' y IV-IV' se recogen en las figuras 4.1 y 4.2 (páginas 33 y 34)

La Sierra de Mariola, por tanto, es un anticlinal que limita:

- Al Norte, por medio de un cabalgamiento, con la cuenca de los ríos Vinalopó y Agres rellenada por materiales Miocenos en facies margosas del Tap.
- Al Sur por los materiales arcillosos del Trías de la Hoya de Castalla, inyectados y que sirven de material de despegue, reforzados en muchos sectores por formaciones impermeables del Paleógeno y del Mioceno.
- Al Este por la cuenca de Alcoy condicionada por la fractura Alcoy-Cocentaina, que pone en contacto los materiales permeables del

Cretácico y del Jurásico con una serie margosa miocena de gran espesor. Sobre esta serie se desarrolla un acuífero aluvial cuaternario que recibe aportes laterales de los acuíferos carbonatados.

- Al Oeste por el puerto de Biar, que la separa, por medio de una fractura que hunde la serie hacia el SO, de la Sierra de la Peñarrubia.

Los dos acuíferos principales del conjunto, y que condicionan el esquema hidrogeológico general, son Cabranta y Pinar de Camús. El primero es el acuífero más profundo del sistema y lo forman los materiales calizo-dolomíticos del Jurásico superior y la base del Cretácico. Hacia el S, Cabranta se hunde bajo los mate-

riales impermeables del Hauteriviense-Barremiense. El acuífero Pinar de Camús lo conforman varios tramos del cretácico suprayacente (del Barremiense-Aptiense al Senoniense). De forma más local existen formaciones acuíferas de interés en el Paleógeno, en especial en el Eoceno, y en el Mioceno y Pliocuaternario.

La definición de los acuíferos de Mariola tiene cierta complejidad debido a la ausencia de afloramientos continuos del impermeable de base del Cretácico que explique la posición de algunas surgencias principales. Es por ello que en algunos casos los límites son trazados en base a la posición aproximada de las divisorias piezométricas, límites de flujo nulo, pero con carácter móvil.

[3.2] RECARGA

En una unidad compleja, como es Sierra Mariola, con gran número de acuíferos, algunos conectados entre sí, resulta imprescindible para poder realizar una gestión sostenible, el establecimiento detallado de los balances medios anuales de recursos para cada acuífero, además de contar con herramientas de modelación adecuadas para realizar el análisis detallado de cada serie temporal.

En este sentido el presente apartado presenta los resultados de una estimación de las entradas por recarga de agua de lluvia a los acuíferos de la zona. Se ha utilizado un modelo de balance hidrometeorológico para cada uno de los acuíferos. Estas cifras no han de ser consideradas como valores precisos de recarga al acuífero, sino que se trata de

una aproximación a su cálculo que, más adelante, se utilizan para contrastar los resultados obtenidos por otras metodologías más completas. La comparación de varias estimaciones sirve para orientar respecto a las horquillas de precisión de las mismas.

El método utilizado ha sido el siguiente:

- Para cada acuífero, a partir de los mapas de isoyetas (Figura 2.5) se ha calculado el valor de precipitación media anual representativa para toda el área del mismo. Este valor, multiplicado por su superficie, representa el volumen anual medio de precipitación sobre el acuífero.
- Se ha realizado un balance de tipo Thornthwaite modificado para es-

timar la infiltración. Este balance se ha realizado para tres estaciones meteorológicas, que tenían series de buena calidad y que se distribuyen espacialmente de forma que abarcan la mayor cantidad de territorio posible en la unidad. Para todas ellas se han utilizado los mismos valores para los parámetros de almacenamiento en el suelo, calibrados en los acuíferos para los que existen modelos detallados de flujo.

- Cada acuífero se asocia a una de las tres estaciones utilizadas como referencia y se le aplican los valores de infiltración obtenidos, de acuerdo a la relación existente entre la precipitación media anual para la estación y para el acuífero.

Este cálculo se ha calibrado para los acuíferos de Pinar de Camús y Cabranta, los más representativos de la zona de estudio y para los que existen modelos de flujo detallado. Estos acuíferos tienen una superficie permeable aflorante en materiales carbonatados mesozoicos. Los parámetros de almacenamiento en el suelo provienen de la calibración en estos dos acuíferos, por lo que resultan apropiados para acuíferos con suelos semejantes, pero no lo son tanto para aquellos desarrollados sobre otros materiales como los calcáreos cenozoicos o los cuaternarios.

De esta forma, se han seleccionado como representativas las estaciones de Banyeres de Mariola (8002), Cocentaina (8065) e Ibi CH Júcar (8028) (Figura 2.1). Atendiendo a la precipitación media anual y a su localización se ha asignado su representatividad a los acuíferos diferenciados (Cuadro 3.1) y se han calculado las aportaciones en cada acuífero.

A continuación se presentan los balances diarios de la serie de 50 años en las 3 estaciones representativas ya mencionadas, mediante el método de Thornthwaite modificado para estimar la lluvia útil (LLU) y mediante el propuesto por el Soil Conservation Service de los EE.UU para la infiltración (IN). Los valores de los parámetros necesarios para calcular el balance hídrico a nivel diario por el método de Thornthwaite, en los acuíferos carbonatados, han sido: $R_{max} = 75$ mm, $R_{min} = 50$ mm (intervalo de la reserva de agua en el suelo entre el que se produce LLU) y $P_o = 20$ mm (umbral a partir del cual se produce escorrentía superficial). Los valores medios anuales se recogen en el Cuadro 3.2 y anualmente se representan en los histogramas de la Figura 3.2.

ACUÍFERO	PP MEDIA (MM)	ESTACIÓN REPRESENTATIVA Y PP MEDIA (MM)
FONTANELLA-LALER	448	8028 Ibi CH Júcar (436 mm)
BANYERES	472	8002 Banyeres (489 mm)
SAN JAIME	537	8002 Banyeres (489 mm)
AGRÉS	578	8065 Cocentaina (581 mm)
CABRANTA	474	8002 Banyeres (489 mm)
PINAR DE CAMÚS-ROSARIO	472	8002 Banyeres (489 mm)
COCENTAINA	575	8065 Cocentaina (581 mm)
MURO DE ALCOY-CUATERNARIO SERPIS	590	8065 Cocentaina (581 mm)
RECONCO	417	8028 Ibi CH Júcar (436 mm)
PINAR DE LA UMBRÍA	425	8028 Ibi CH Júcar (436 mm)
ONIL	425	8028 Ibi CH Júcar (436 mm)
FAVANELLA	417	8028 Ibi CH Júcar (436 mm)
BISCOY	417	8028 Ibi CH Júcar (436 mm)
SALT SAN CRISTÓBAL	462	8028 Ibi CH Júcar (436 mm)
BARADELLO	482	8028 Ibi CH Júcar (436 mm)
EL ESTRECHO	443	8028 Ibi CH Júcar (436 mm)
TERCIARIO DE COCENTAINA	544	8065 Cocentaina (581 mm)
TOTAL	480	

Cuadro 3.1. Estaciones pluviométricas asignadas a los acuíferos para el cálculo de la infiltración procedente de la precipitación

ESTACIÓN	VALOR DE LOS PARÁMETROS	PP (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)	LLU (mm)	ESC (mm)	IN (mm)	% IN/PP
8002 BANYERES	RMAX = 75 MM RMIN = 50 MM PO = 20 MM	489,1	760,5	324,4	164,7	15,2	149,5	30,6
8065 COCENTAINA	RMAX = 75 MM RMIN = 50 MM PO = 20 MM	581,3	802,2	338,5	242,7	33,8	208,9	35,9
8028 IBI CH JÚCAR	RMAX = 75 MM RMIN = 50 MM PO = 20 MM	435,7	752,2	207,9	127,9	9,8	118,1	27,1

PP, precipitación; ETP y ETR evapotranspiración potencial y real; LLU, lluvia útil; ESC, escorrentía e IN, infiltración

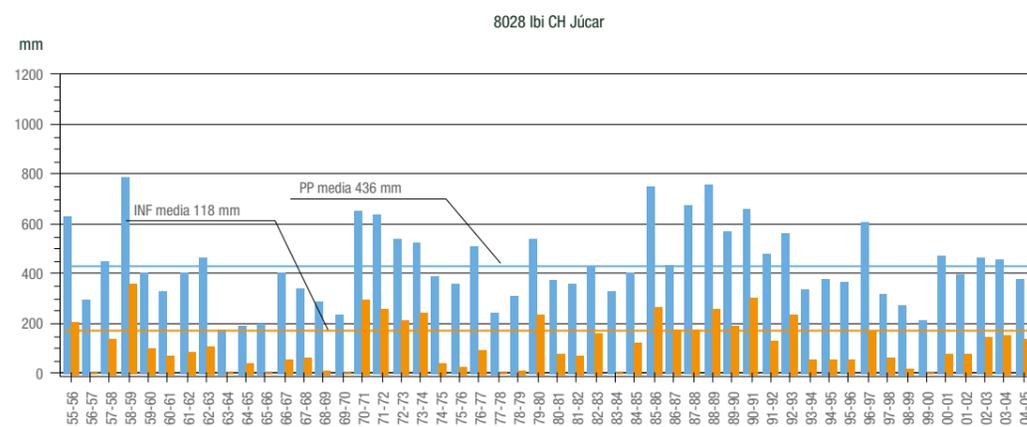
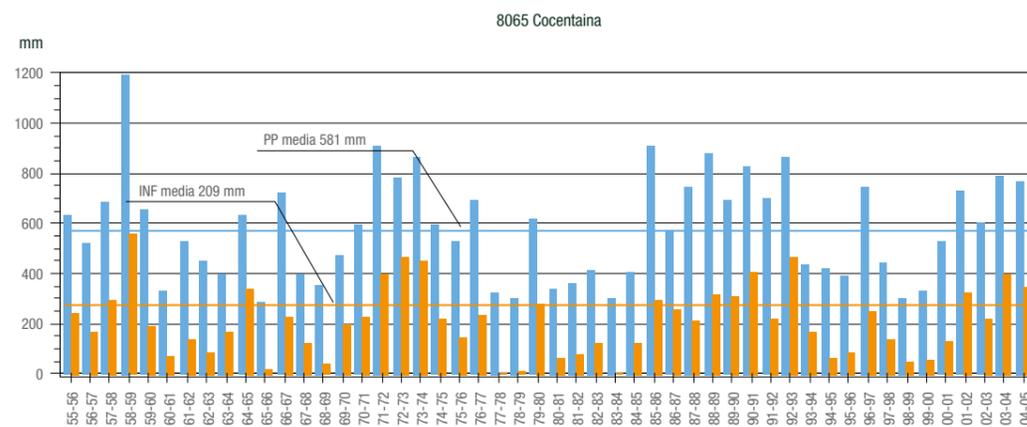
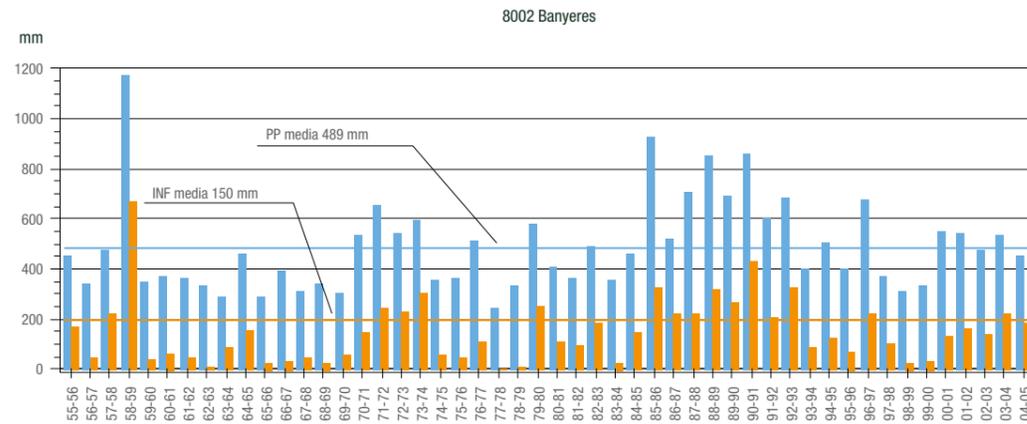
Cuadro 3.2. Valores medios anuales de los términos del balance hídrico del suelo obtenidos en tres estaciones representativas mediante la aplicación del método de Thornthwaite a nivel diario

Con los parámetros utilizados, la infiltración obtenida oscila entre un mínimo del 27% y un máximo del 36%. Este porcentaje aumenta con la precipita-

ción, por lo que, según la distribución de isoyetas en el sector, aumentaría hacia oriente.

Las aportaciones totales estimadas en los acuíferos estudiados han sido 27,6 hm³/año. Entre ellos destaca el acuífero de Pinar de Camús-Rosario

con 11,86 hm³/año, y los altos porcentajes de infiltración (36%) en los acuíferos de Cocentaina y Muro de Alcoy (Cuadro 3.3).



ACUÍFERO	SUP. PERM. KM ²	PP MEDIA MM/AÑO	COEF. INFILTRACIÓN*	INFILTRACIÓN MM/AÑO	APORTACIÓN HM ³ /AÑO
FONTANELLA-LALER	5,44	448	0,271 ⁽³⁾	121,4	0,660
BANYERES	1,25	472	0,306 ⁽¹⁾	144,4	0,181
SAN JAIME	5,32	537	0,306 ⁽¹⁾	164,3	0,874
AGRES	9,10	578	0,306 ⁽¹⁾	176,9	1,610
CABRANTA	8,89	474	0,306 ⁽¹⁾	145,0	1,289
PINAR DE CAMÚS-ROSARIO	82,12	472	0,306 ⁽¹⁾	144,4	11,861
COCENTAINA	10,67	575	0,359 ⁽²⁾	206,4	2,203
MURO DE ALCOY-CUATERNARIO DEL SERPIS	19,00	590	0,359 ⁽²⁾	211,8	4,024
RECONCO	6,10	417	0,271 ⁽³⁾	113,0	0,689
PINAR DE LA UMBRÍA	2,83	425	0,271 ⁽³⁾	115,2	0,326
ONIL	2,80	425	0,271 ⁽³⁾	115,2	0,322
FAVANELLA	1,50	417	0,271 ⁽³⁾	113,0	0,170
BISCOY	3,00	417	0,271 ⁽³⁾	113,0	0,339
SALT SAN CRISTÓBAL	13,00	462	0,271 ⁽³⁾	125,2	1,628
BARADELLO	0,80	482	0,271 ⁽³⁾	130,62	0,105
EL ESTRECHO	6,93	443	0,271 ⁽³⁾	120,0	0,832
TERCIARIO DE COCENTAINA	1,20	544	0,359 ⁽²⁾	195,3	0,234

* coeficiente de infiltración calculado en la estación más representativa del acuífero: (1), 8002 Banyeres; (2), 8065 Cocentaina; y (3), 8028 Ibi Ch Júcar

Cuadro 3.3. Valores medios anuales de las aportaciones debidas a la infiltración de agua de lluvia en los principales acuíferos de Sierra Mariola

Los valores obtenidos con esta metodología son orientativos, y constituyen el valor esperado y aceptado en ausencia de otros datos. Como se verá, no siempre se ajustan exactamente a los adoptados en los balances de los distintos acuíferos, pues la calibración de los modelos numéricos de simulación del flujo, los datos de surgencias, de explotación y de evolu-

ción piezométrica, o la diferenciación cualitativa de las distintas litologías aflorantes, dan como resultado balances ajustados con porcentajes de infiltración ligeramente distintos. Estas diferencias son más importantes en aquellos acuíferos con características litológicas diversas a las de los acuíferos utilizados como referencia.

Figura 3.2. Precipitación anual e infiltración calculada en las tres estaciones representativas por el método de Thornthwaite con Rmax=75 mm, Rmin=50 mm y Po=20 mm

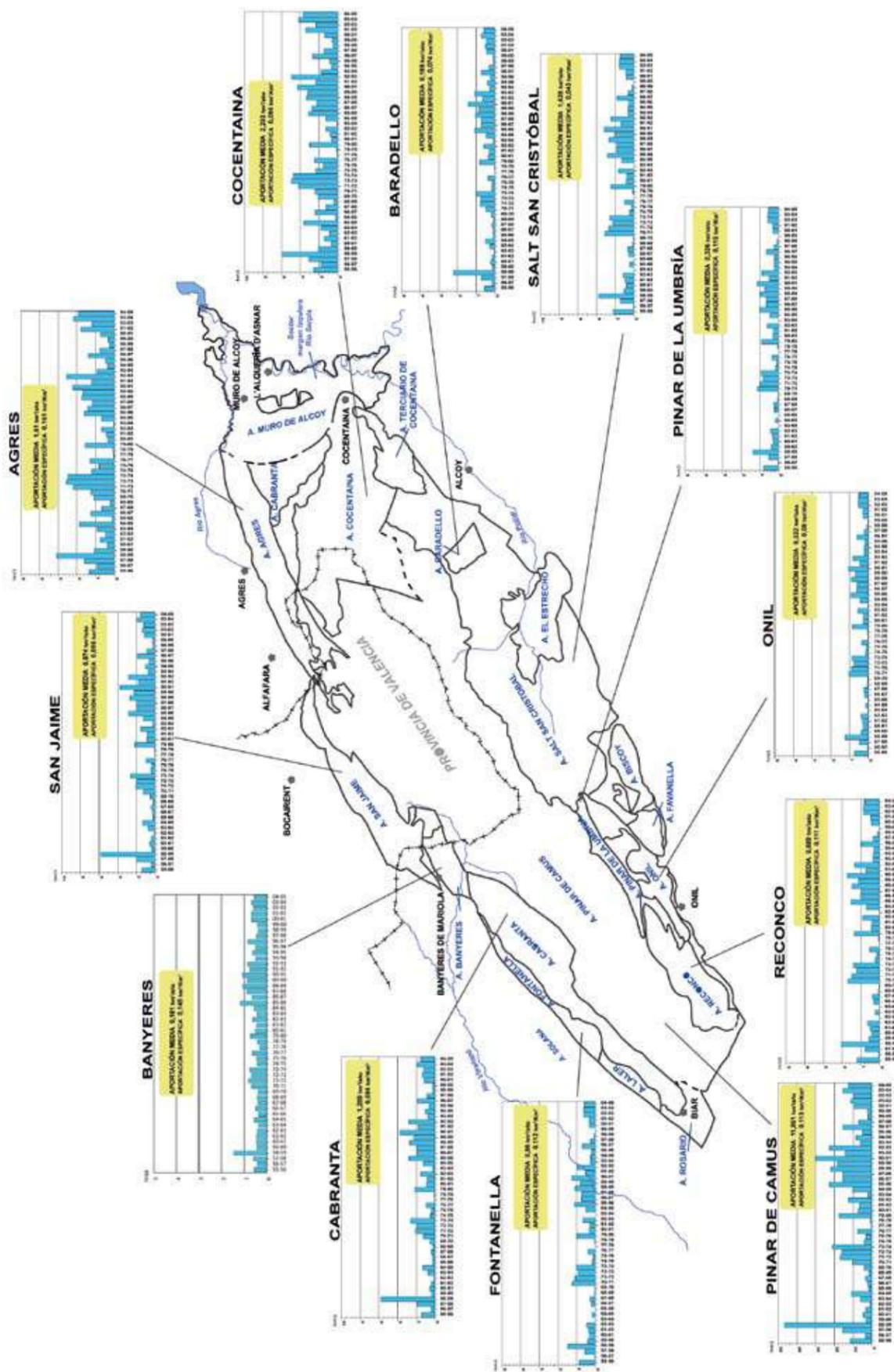


Figura 3.3. Aportaciones anuales debidas a la infiltración de la lluvia estimadas en los principales acuíferos carbonatados de Sierra Mariola

[3.3] MANANTIALES, POZOS Y SONDEOS

Sierra Mariola, debido a sus características hidrogeológicas y al uso intensivo que se ha realizado históricamente de sus aguas tiene una gran cantidad de puntos de agua. En este trabajo se ha revisado el inventario, y se han identificado 181 puntos de agua activos que se distribuyen por acuíferos como muestra el Cuadro 3.4.

ACUÍFERO	Nº de puntos inventariados	Naturaleza
FONTANELLA-LALER	5	2 MANANTIALES 1 GALERÍA 1 MANANTIAL CON GALERÍA 1 SONDEO
BANYERES	1	1 SONDEO
SAN JAIME	8	6 MANANTIALES 2 SONDEOS
AGRES	5	4 MANANTIALES 1 SONDEO
CABRANTA	12	12 SONDEOS
PINAR DE CAMÚS-ROSARIO	36	5 MANANTIALES 1 MANANTIAL CON GALERÍA 2 GALERÍA 1 POZO CON GALERÍA 27 SONDEOS
COCENTAINA	13	6 MANANTIALES 5 GALERÍAS 1 POZO EXCAVADO 1 SONDEO
MURO DE ALCOY-CUATERNARIO DEL SERPIS	55	10 MANANTIALES 6 GALERÍAS 17 POZOS EXCAVADOS 1 POZO CON GALERÍA 21 SONDEOS
RECONCO	2	1 GALERÍA 1 SONDEO
PINAR DE LA UMBRÍA	1	1 MANANTIAL
ONIL	11	2 MANANTIALES 1 GALERÍA 8 SONDEOS
FAVANELLA	1	1 MANANTIAL
BISCOY	1	1 MANANTIAL
SALT SAN CRISTÓBAL	16	7 MANANTIALES 9 SONDEOS
BARADELLO	6	1 MANANTIAL 5 SONDEOS
EL ESTRECHO	8	5 MANANTIALES 3 SONDEOS
TERCIARIO DE COCENTAINA	6	1 MANANTIAL 5 SONDEOS
TOTAL	181	

Cuadro 3.4. Distribución de los puntos inventariados según el acuífero captado

4

ACUÍFEROS

En Mariola se han delimitado 18 acuíferos. La definición de lo que es acuífero o sector en entornos como este, hidrogeológicamente complejos, no es estricta y puede variar entre diferentes autores o publicaciones. Entre algunos de estos acuíferos existen conexiones que pueden hacer

que se consideren acuíferos interconectados o bien sectores del mismo acuífero.

A continuación se esquematizan las interpretaciones hidrogeológicas que sustentan la delimitación de algunos de los acuíferos.

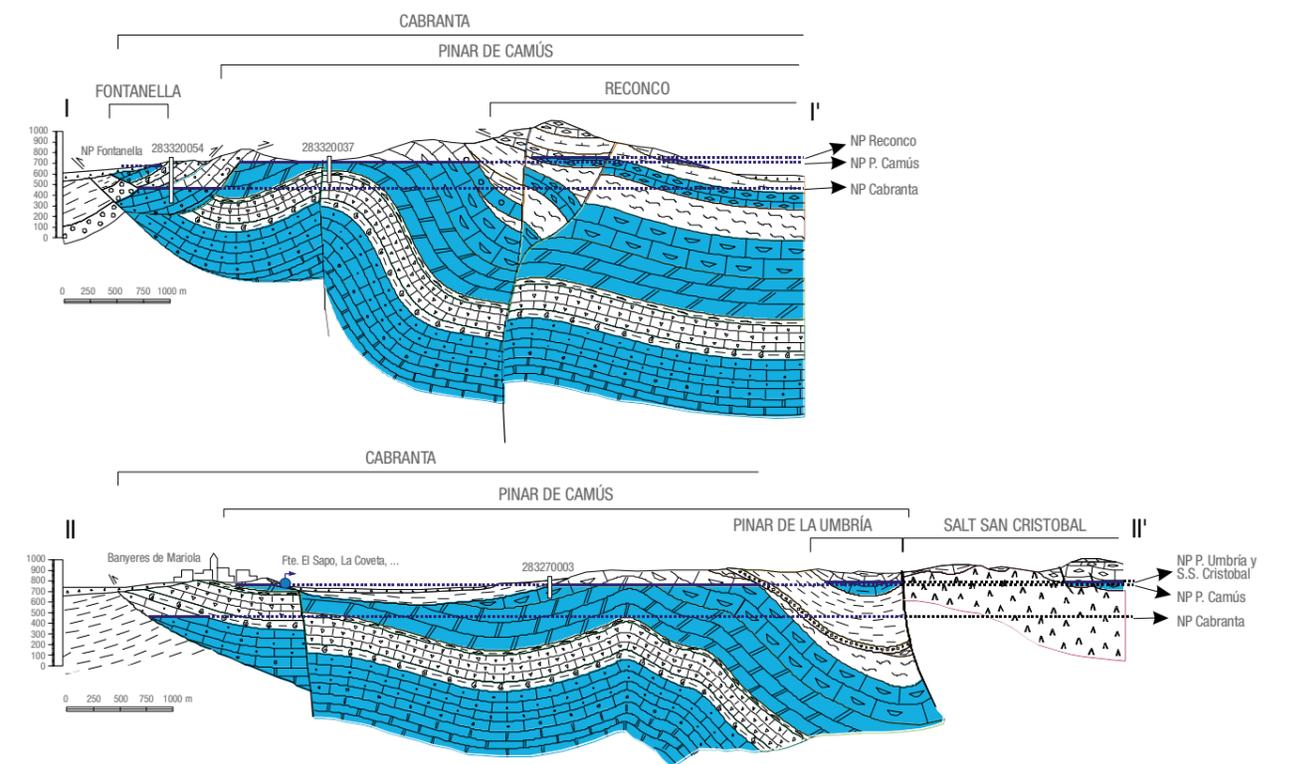


Figura 4.1. Cortes I-I' y II-II'. Posición aproximada de los niveles piezométricos en profundidad en cortes transversales a la estructura principal. (Se incluyen los sondeos más cercanos a los cortes, aunque no se sitúen sobre los mismos) Los cortes se sitúan en la Figura 3.1

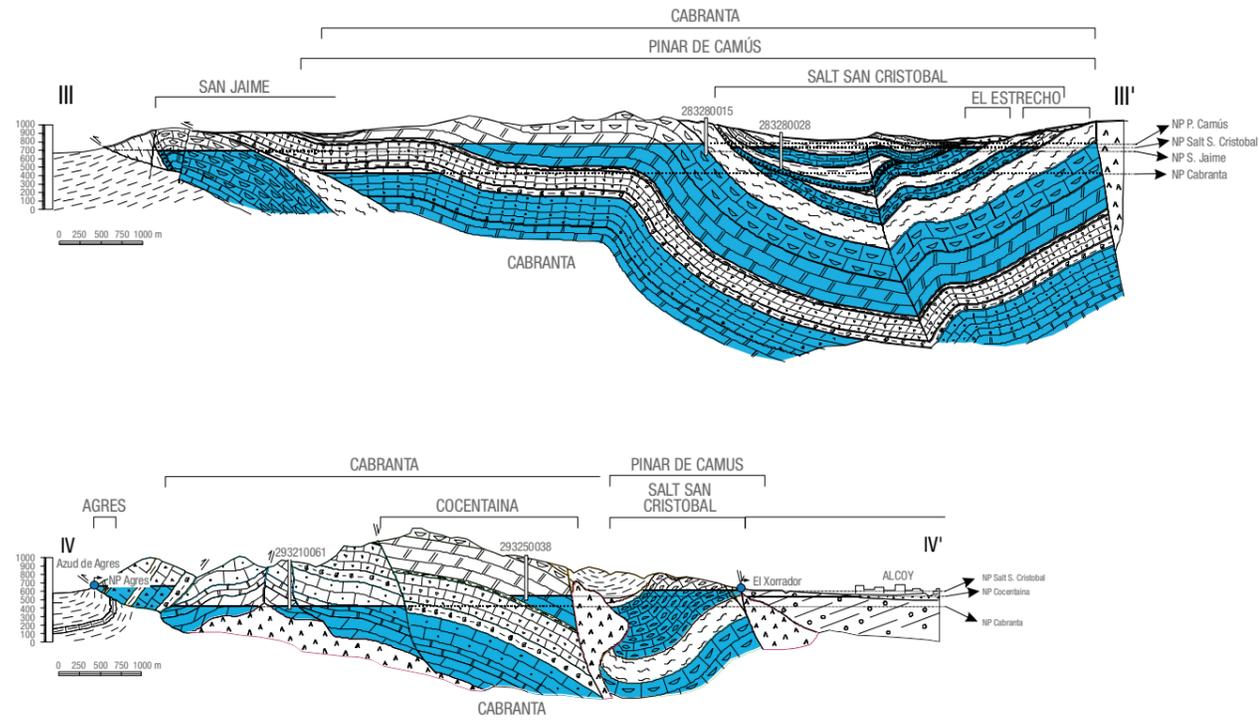


Figura 4.2. Cortes III-III' y IV-IV'. Posición aproximada de los niveles piezométricos en profundidad en cortes transversales a la estructura principal. (Se incluyen los sondeos más cercanos a los cortes, aunque no se sitúan sobre los mismos) Los cortes se sitúan en la Figura 3.1



En primer término, municipio de Banyeres de Mariola, con la sierra de Fontanella del otro lado del valle que atraviesa el cauce del río Vinalopó. Al fondo anticlinal Pinar de Camús-Cabranta

FONTANELLA-LALER

El acuífero de Fontanella-Laler, localizado en la sierra homónima al noreste de la población de Biar, presenta una forma alargada de dirección SO-NE y comprende una superficie total de 9,58 km². Su superficie aflorante es de 5,90 km², de los cuales constituyen materiales permeables 5,44 km², es decir, un 92% del total.

Está constituido por las calizas oolíticas Aptienses y las calizas algales del Oligoceno. El impermeable de base lo conforman las margas con Ammonites del Cretácico inferior (Barremiense).

Todos sus límites hidrogeológicos son cerrados: el septentrional de dirección suroeste-noreste es el cabalgamiento

de la unidad Mariola sobre las margas del Tap 2; el meridional contacta, con la misma orientación, con las margas del impermeable de base, y por el extremo noreste y suroeste contacta con los materiales del cuaternario bajo los que se encuentran las facies impermeables del Tap (Mioceno). Este acuífero se considera formado

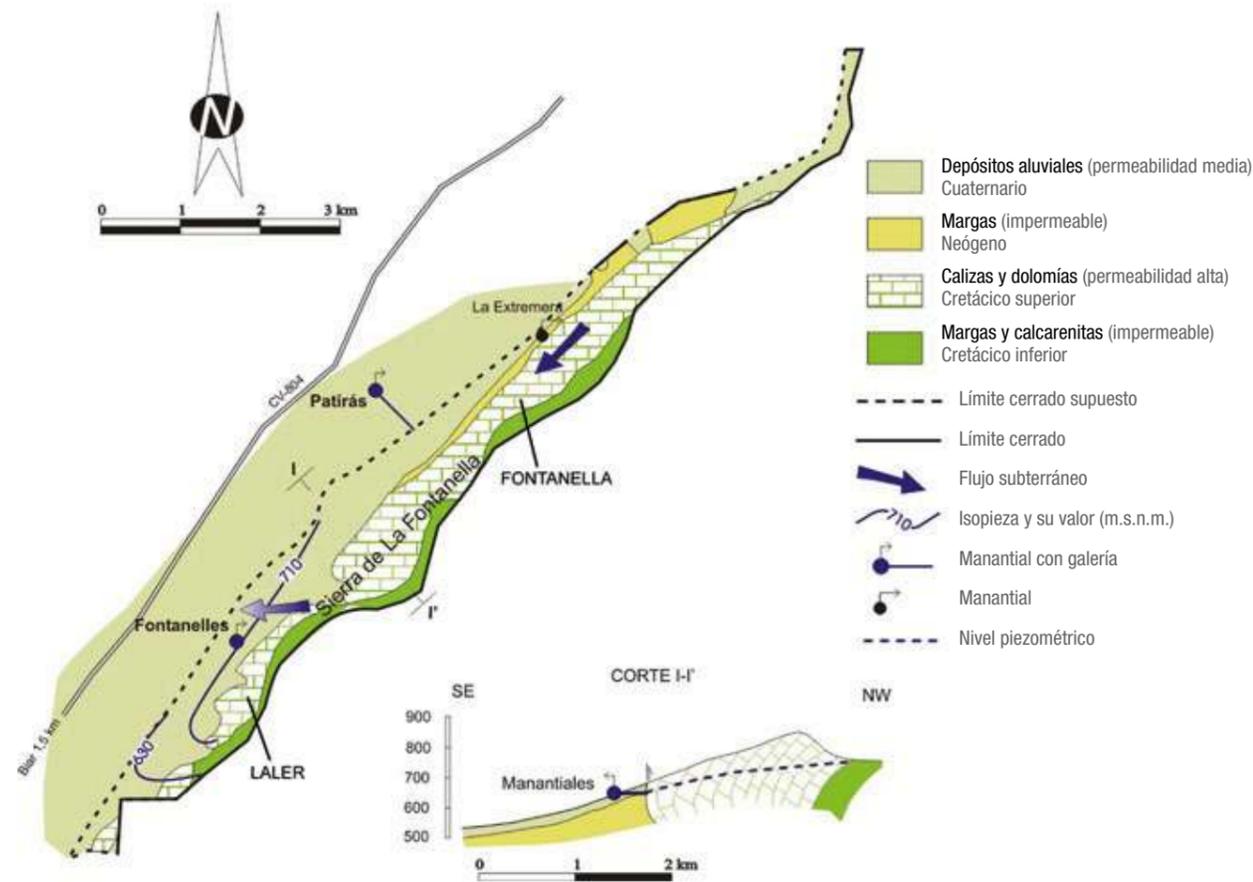
por dos sectores: Laler al suroeste que tendría sus salidas principales por el manantial de Fontanelles y por Fontanella al noreste drenado por la Font de Patirás y el manantial de Extremera.

Cretácico de Fontanella, visto desde el norte, delimitando el valle de Biar



La precipitación media para el periodo citado es de 448 mm/año, de los cuales se infiltran 86,4 mm/año (el 19% de la precipitación media), y la aportación media total se cuantifica en 0,47 hm³/año. Este dato es casi un 29% menor que el resultado obtenido con el cálculo hidrometeorológico del epígrafe 3.2 debido al recubrimiento cuaternario, principalmente en Laler.

Como ya se ha indicado, las descargas naturales se producen por la galería Font Patirás (2832 6 0003), a 692 m.s.n.m., y por el manantial de Fontanelles (2833 2 0041) que surge a 671 m.s.n.m., que difieren una cota altitudinal de 21 metros. Esta diferencia de cotas se debe al impermeable de base que divide la estructura en los dos sectores (que, por este motivo, en otros trabajos se han considerado dos acuíferos diferenciados): Fontanella y Laler.



Esquema hidrogeológico de Fontanella-Laler

En conjunto, la recarga media, por infiltración de la lluvia, supone la entrada de 0,47 hm³/año y las únicas salidas se deben a surgencias utilizadas en regadío en el Alto Vinalopó, que se estiman también en 0,47 hm³/año.

Se utilizan unos 50.000 m³/año medio del acuífero Fontanella. En

el de Laler se aprovechan del orden de 12.000 m³/año en suministro a alguna casa del entorno con pequeño regadío.

La facies hidroquímica del agua es bicarbonatada-cálcica y cálcico-magnésica y se trata de un agua de buena calidad para abastecimiento y riego.



Font Patirás del acuífero Fontanella en la salida a la balsa de riego



Manantial de Fontanelles

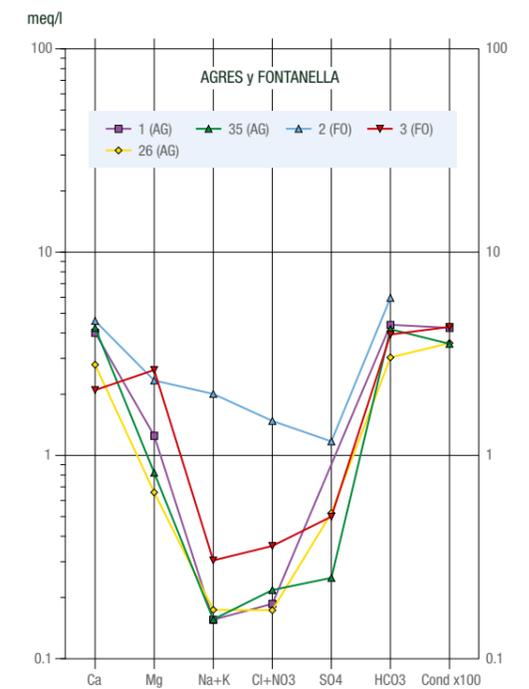
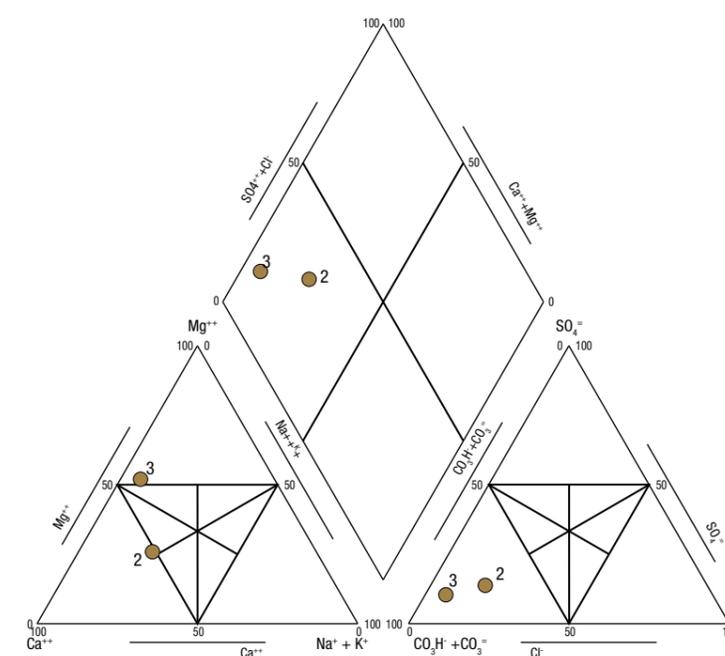


Figura 4.3. Diagrama de Piper y diagrama logarítmico de los análisis de aguas del acuífero de Fontanella



Castillo de Banyeres



Fuente del Sapo

BANYERES

Se trata de una pequeña estructura de 1,25 Km² formada por las calizas y dolomías del Aptiense-Albiense que descansan sobre el impermeable de base Barremiense que constituye el límite cerrado del acuífero de Banyeres, excepto en el sector meridional donde permite la descarga hacia el Cuaternario del Vinalopó.

La piezometría viene representada por el nivel de agua en el pozo 2832 7 0004 Pantanets, antiguo abastecimiento a Banyeres y oscila entre 740 y 766 m.s.n.m.

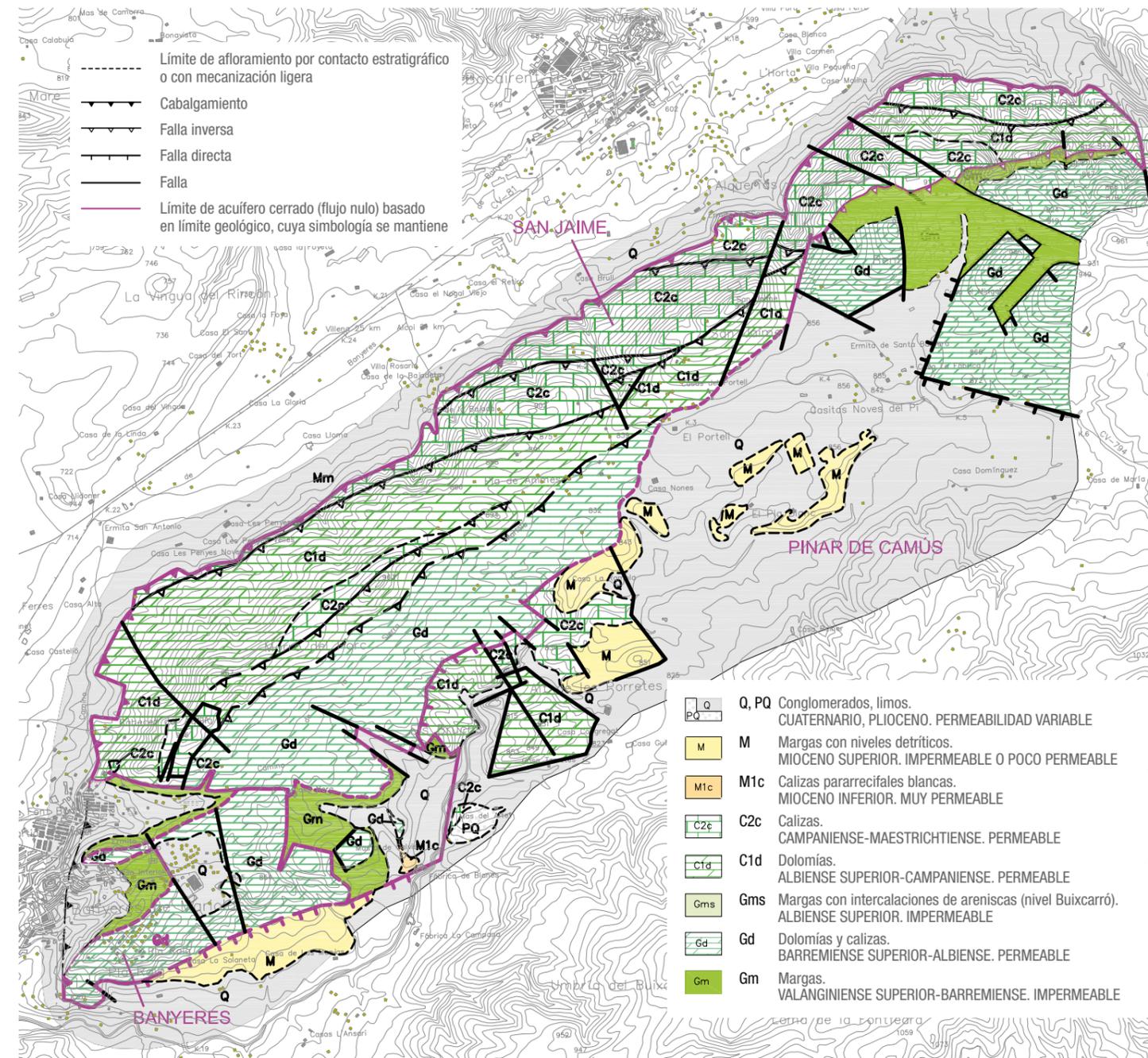
Según el estudio hidrometeorológico, la recarga media por infiltración de lluvia alcanzaría 0,18 hm³/año que alimentan de forma difusa al Cuaternario del Vinalopó. La calidad del agua es excelente para todo uso.

SAN JAIME

El acuífero de San Jaime se encuentra en la sierra que hay al noreste de Banyeres de Mariola y al suroeste de Alfafara. Se extiende entre las localidades de Banyeres de Mariola y Agres, al sur de la localidad de Bocai-

rent, ya en la provincia de Valencia, donde presenta su mayor extensión. La superficie de materiales aflorantes es de 9,23 km², de los cuales un 57,6% son permeables (5,32 km²).

Figura 4.4. Mapa hidrogeológico de los acuíferos de Banyeres y San Jaime



Litológicamente se compone de calizas y dolomías Aptiense-Senonienses (Cretácico) y un pequeño afloramiento de calizas pararecificales blancas del Aquitaniense (Mioceno inferior), que cabalgan sobre los materiales margosos en facies Tap 2 (Mioceno superior), que hacen de impermeable de base. Éste, además de por las citadas margas blanquecinas del Serravaliense (Tap 2), está constituido por los materiales margosos y arcillosos del Barremiense y del Keuper subaflorante.

El sistema está fuertemente tectonizado por cabalgamientos de vergencia norte y por numerosas fallas normales.

Sus límites hidrogeológicos son: por el norte y este la superficie de cabalgamiento de la unidad de Sierra Mariola, de dirección suroeste-noreste, que pone en contacto los materiales acuíferos con una potente formación margosa en facies Tap miocena (cerrado), y por las bandas meridional y occidental por el afloramiento o subafloramiento de materiales cretácicos margosos del impermeable de base.

La piezometría está representada por el manantial de La Alquería (2832 4 0020) situado a 680 m.s.n.m. con 15 L/s, El Alboret (2832 4 0021) a 618 m.s.n.m. de 2 L/s y la Fuente dels Roblars (2832 7 0021) a 739 m.s.n.m. que aporta 2 L/s,

todos los caudales corresponden a febrero de 2005. Con ellos se determina una dirección de flujo de SO a NE.

Sobre su superficie permeable la precipitación media caída en el periodo 1955-05 es de 537 mm/año, de los que 242,5 mm/año se infiltran (45%). La aportación total al acuífero es de 1,29 hm³/año. Las únicas salidas se deben a surgencias, que se estiman también en 1,29 hm³/año.

La utilización del agua se produce en la provincia de Valencia, si bien hay sobrantes de manantiales que se incorporan al río Marchal afluente del Vinalopó.



Aspecto de los relieves cretácicos del acuífero desde el valle del río Agres



Fotografía aérea en dirección noreste-suroeste en las que se observan las alineaciones prebélicas. En primer término afloramientos de los acuíferos de San Jaime y Banyeres, separados de los de Fontanella por el valle del río Vinalopó en el que se asienta la población de Banyeres de Mariola

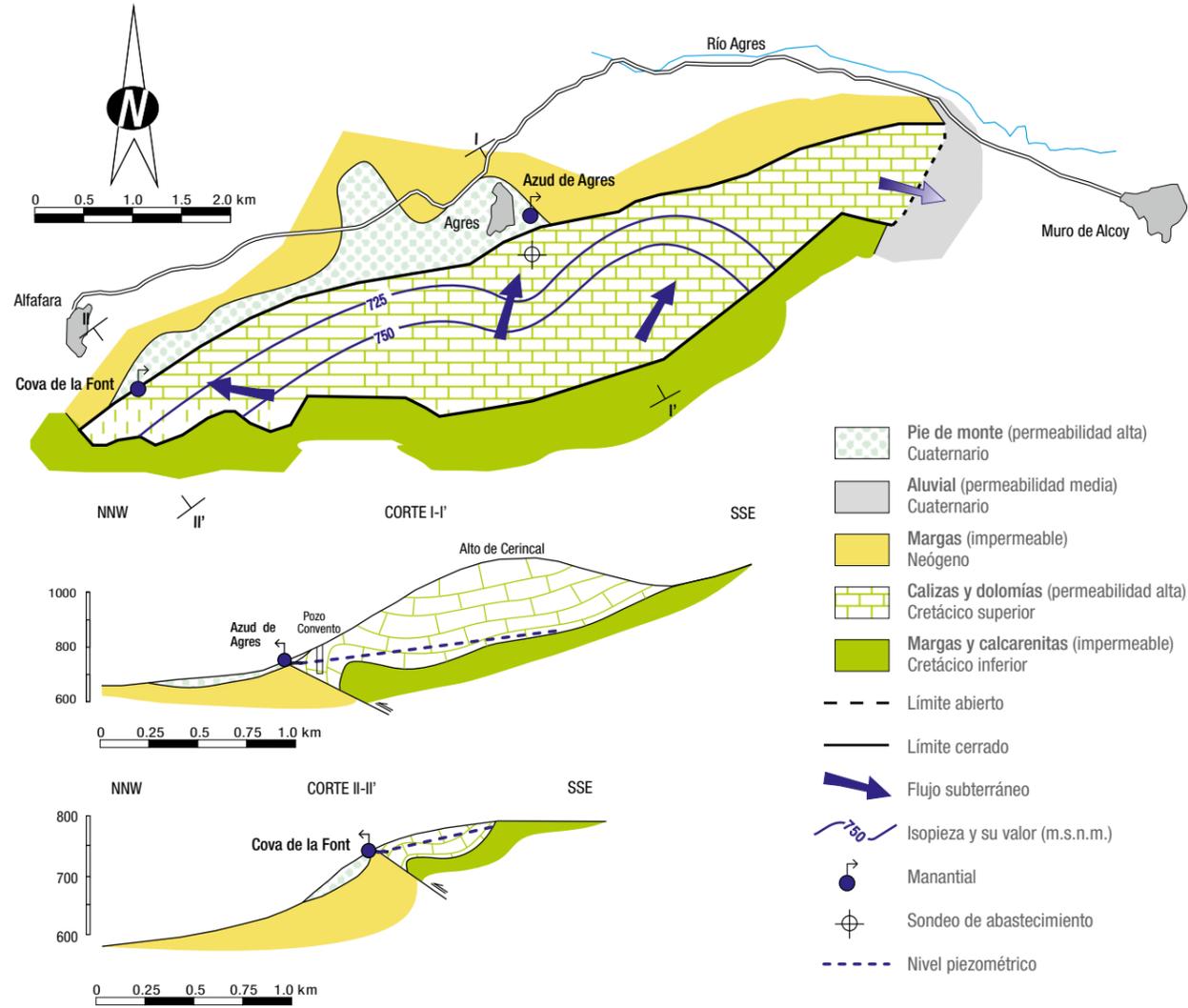
AGRES

El acuífero tiene una extensión de 10 km², de los cuales 9,1 km² están formados por afloramientos permeables.

Los materiales que integran el acuífero son las dolomías y calizas del Aptiense-Senoniense. El muro impermeable está compuesto por las formaciones margosas del Cretácico inferior.

El límite norte está determinado por el cabalgamiento frontal de Mariola sobre las margas en facies Tap, los límites sur y oeste están constituidos por el afloramiento de los materiales margosos del Cretácico inferior y, por

último, en el límite este se encuentra la falla Cocentaina-Querola, que pone en contacto el Cretácico superior con las margas Tap miocenas de la cuenca alta del Serpis, pero a través del que existe conexión hidráulica subterránea con los materiales detríticos del acuífero cuaternario de Muro de Alcoy. Este límite es, por lo tanto, abierto.

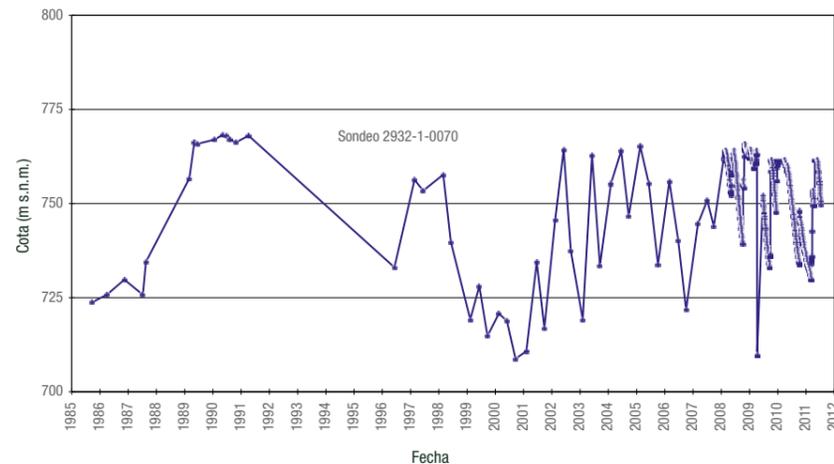


Azud de la Cova de la Font

La recarga del acuífero se produce por infiltración de lluvia. La descarga, por los manantiales situados en su límite septentrional, siendo los principales los de abastecimiento Cova de la Font de Alfafara (2832 4 0019) y manantial de Agres o Font de L'Assut (2832 1 0002), a cotas 750 y 740 m.s.n.m. respectivamente, por bombeo en el pozo Convento, de abastecimiento a Agres, y por transferencia lateral subterránea al acuífero de Muro de Alcoy.

La precipitación media es de 578 mm/año, de los que 170,3 mm/año se infiltran. La aportación media total al acuífero es de 1,55 hm³/año (29% de la precipitación media). La estimación de estos valores, deducidos de las extracciones, surgencias y salidas laterales, es muy similar a la obtenida con la metodología hidrometeorológica.

La evolución piezométrica presenta oscilaciones superiores a 50 m, pero con tendencia estable a largo plazo.



Evolución piezométrica del acuífero de Agres



Font de L'Assut



Lavadero de Agres



Cova de la Font



Convento de Agres

El balance hídrico medio se indica en la continuación:

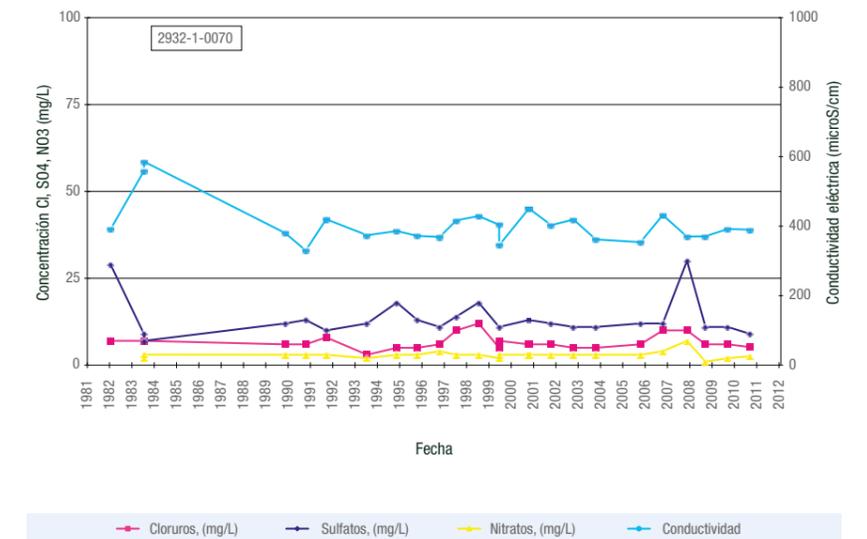
Entradas (hm ³ /año)	
Infiltración de lluvia.....	1,55
Total entradas	1,55

Salidas (hm ³ /año)	
Cauces y surgencias.....	0,54
Bombes.....	0,07
Transferencias laterales	0,94
Total salidas	1,55

El agua se utiliza en el abastecimiento de Agres y Alfafara y en riego. El regadío se produce a partir de los manantiales, tanto de forma directa como desde el río Agres que los drena.

Sus aguas tienen una facies claramente bicarbonatada cálcica con un contenido iónico muy homogéneo y con una conductividad eléctrica en torno a 400 µS/cm. Los bajos contenidos en especies nitrogenadas indican que el acuífero no está afectado por actividades agrícolas. Por tanto, su agua

es de excelente calidad química para abastecimiento público, cumpliendo con las condiciones establecidas en la normativa vigente (RD 140/2003, de 7 de febrero). También, de buena calidad para usos agrícolas.



Evolución de la calidad del acuífero de Agres

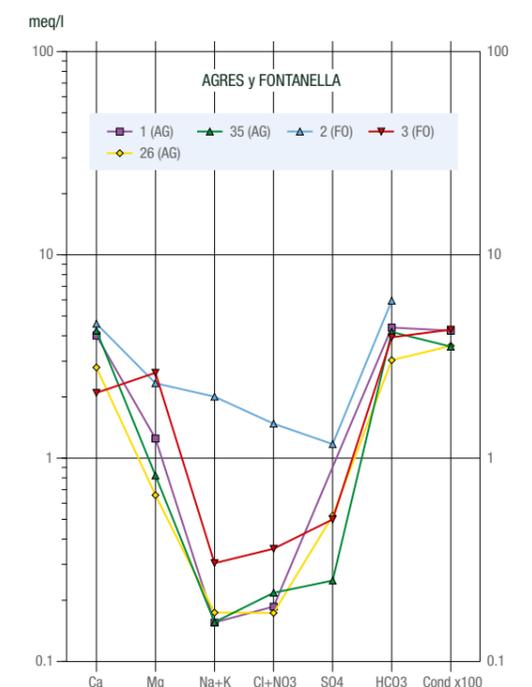
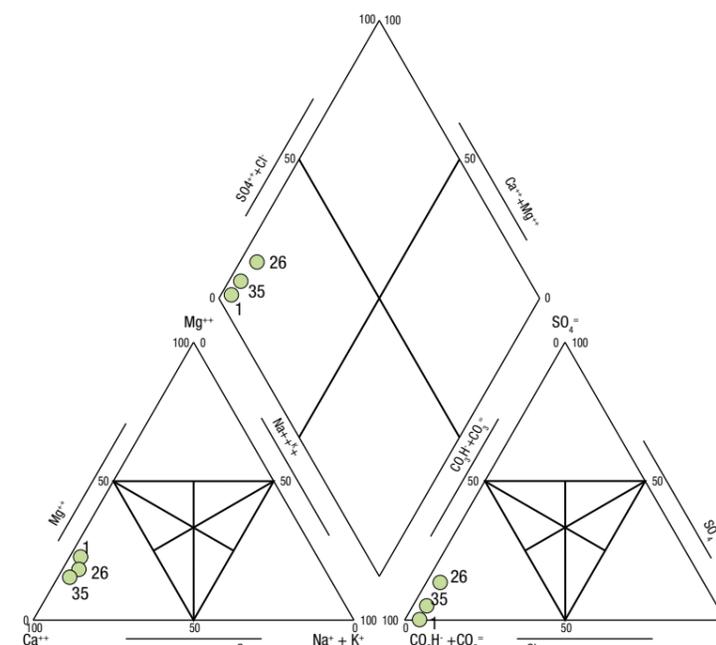
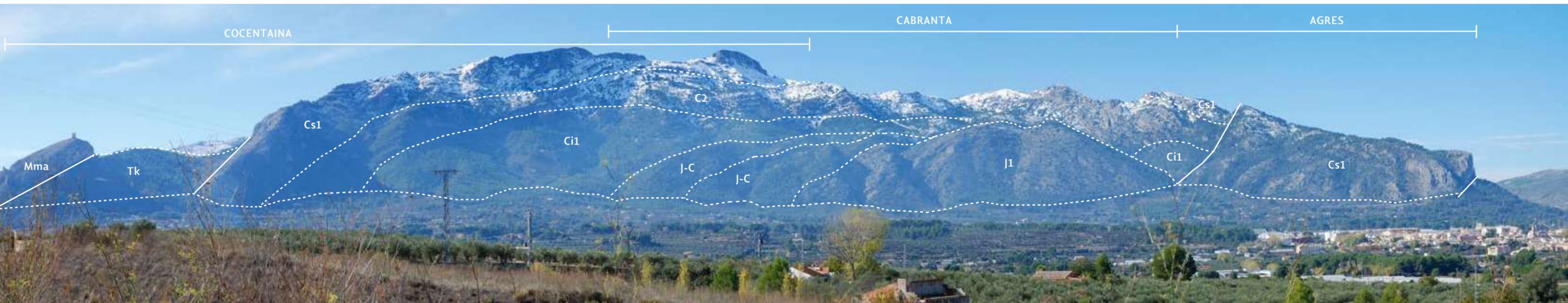


Figura 4.5. Diagrama de Piper y diagrama logarítmico de los análisis de aguas del acuífero de Agres



Mariola desde L'Alqueria d'Asnar. Afloramiento de los tramos jurásicos y cretácicos, en disposición anticlinal. Al pie, cuaternarios de Muro de Alcoy y del margen izquierdo del río Serpis

CABRANTA

Situado entre Biar y Cocentaina, el acuífero de Cabranta se extiende por una superficie de unos 212 km² de forma subyacente a las distintas formaciones geológicas y acuíferos de la unidad, y únicamente aflora en superficie una extensión de 19,74 km², de la cual solo el 45% (8,89 km²) corresponde a materiales permeables que se presentan en dos áreas separadas: una entre Biar y Banyeres y otra al norte de Cocentaina.

Este acuífero presenta una estructura anticlinal con el flanco sur buzando suavemente, pero el norte se puede encontrar vertical o invertido. Litológicamente, y de muro a techo, se pueden distinguir tres tramos del Kimmeridgiense superior-Portlandiense: dolomías cristalinas y calizas dolomíticas de carácter masivo o estratificadas en grandes bancos, de estructura oquerosa (carniolas) a bréchicas, con una potencia que supera los 200 m y alta permeabilidad; encima, biomicritas,

con escasos bioclastos, que a techo pasan a calizas gravelosas y areniscas alcanzando una potencia superior a 300 m; coronando el conjunto de permeabilidad media 90 m de margas. Sobre estos, un tramo del Berriasiense-Valanginiense formado por calizas cristalinas bioclásticas y oolíticas bien estratificadas, seguidas de calizas arenosas; el espesor total puede alcanzar los 200 m y presenta permeabilidad media.

El impermeable de base lo constituyen las margas y margocalizas del Kimmeridgiense medio. El impermeable de techo está formado por los materiales margosos que dan lugar al impermeable de muro del acuífero Pinar de Camús.

El límite norte del acuífero es cerrado por cabalgamiento de la sierra sobre materiales impermeables de diversas edades (Trías, Cretácico-Paleógeno y Mioceno). Por el sur, está limitado

por afloramientos o subafloramientos de arcillas y margas del Trías-Keuper, siendo en consecuencia cerrado. Al este, contacta con materiales margosos del Mioceno y detríticos cuaternarios del acuífero de Muro de Alcoy, por lo que es abierto a partir de cierta cota del agua. Por el oeste, los materiales permeables del acuífero limitan con arcillas y yesos del Keuper debido a una falla que interrumpe la estructura.

De acuerdo con los datos existentes sobre la piezometría, en condiciones naturales el nivel se mantiene en 460 m.s.n.m. en el sector oriental y 500 m.s.n.m. en el sector occidental. En estas condiciones el flujo del acuífero tendría una componente principal suroeste-noreste, con un gradiente muy pequeño que variaría entre el 0,1 y el 0,5%. Así, el acuífero descargaría de forma subterránea hacia el acuífero detrítico de Muro de Alcoy, ya que no se conocen salidas visibles del mismo.

Desde 1976 se registra una tendencia descendente, agudizada a partir de 1992, dado que el volumen promedio de explotación existente entre 1989 y 1998 se situaba en 4,5 hm³/año, de

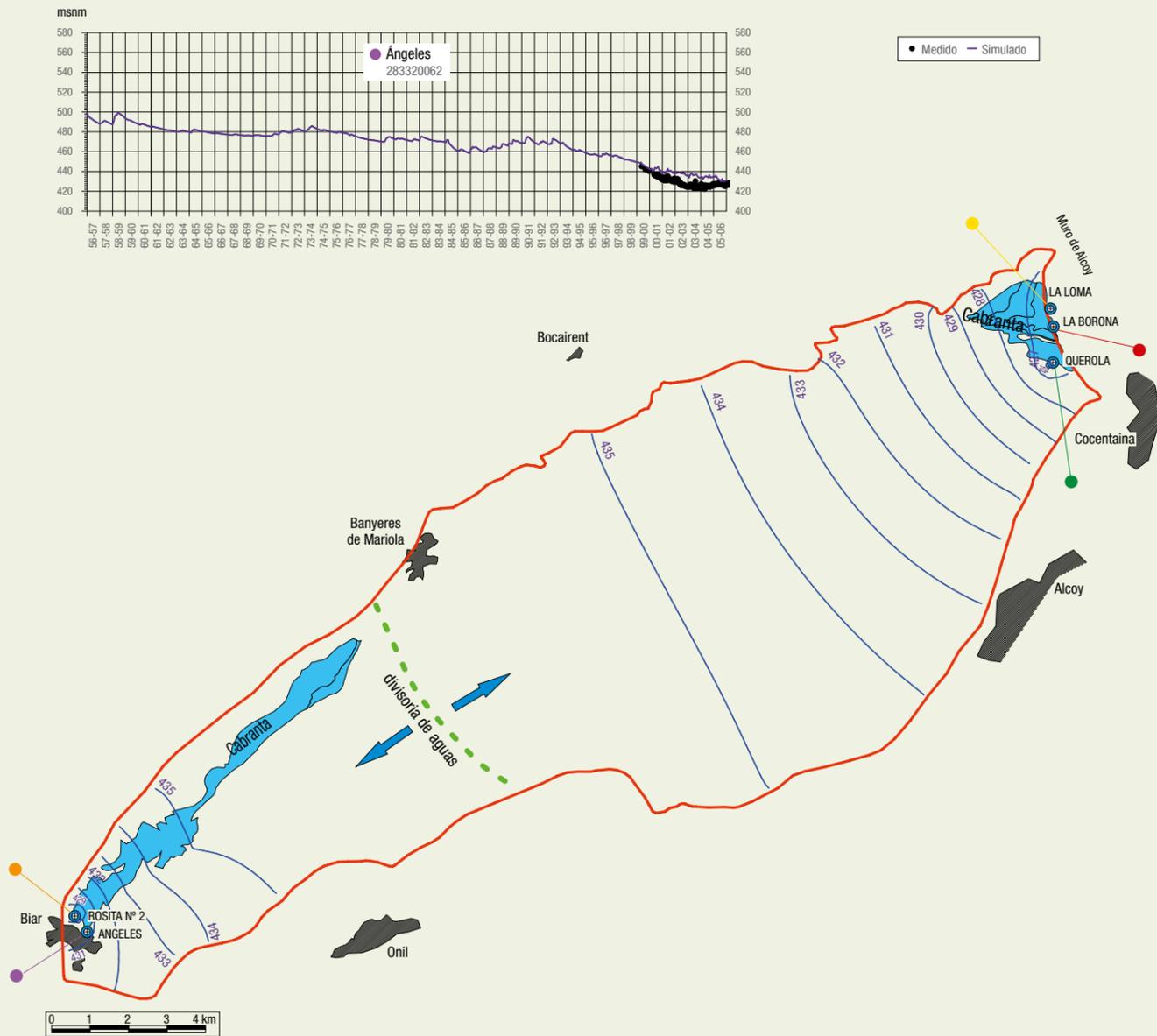
tal manera que los niveles en el acuífero decrecen de forma generalizada tanto en el sector oriental como occidental, debido a que las explotaciones superaban la recarga. La explotación

media anual para el período 2000-06 asciende a 5,14 hm³, lo que supone un aumento de la media anual de 0,64 hm³ con respecto al período 1989-98 por lo que los valores mínimos (420 m.s.n.m.) se alcanzan en el periodo 2006-07 en el sector occidental; para el oriental, los mínimos comienzan a registrarse ya en el año 2001. En el modelo numérico realizado en 2008 se ha considerado la cota 450 m.s.n.m. como la cota a partir de la que se interrumpe la descarga lateral hacia el acuífero de Muro de Alcoy.

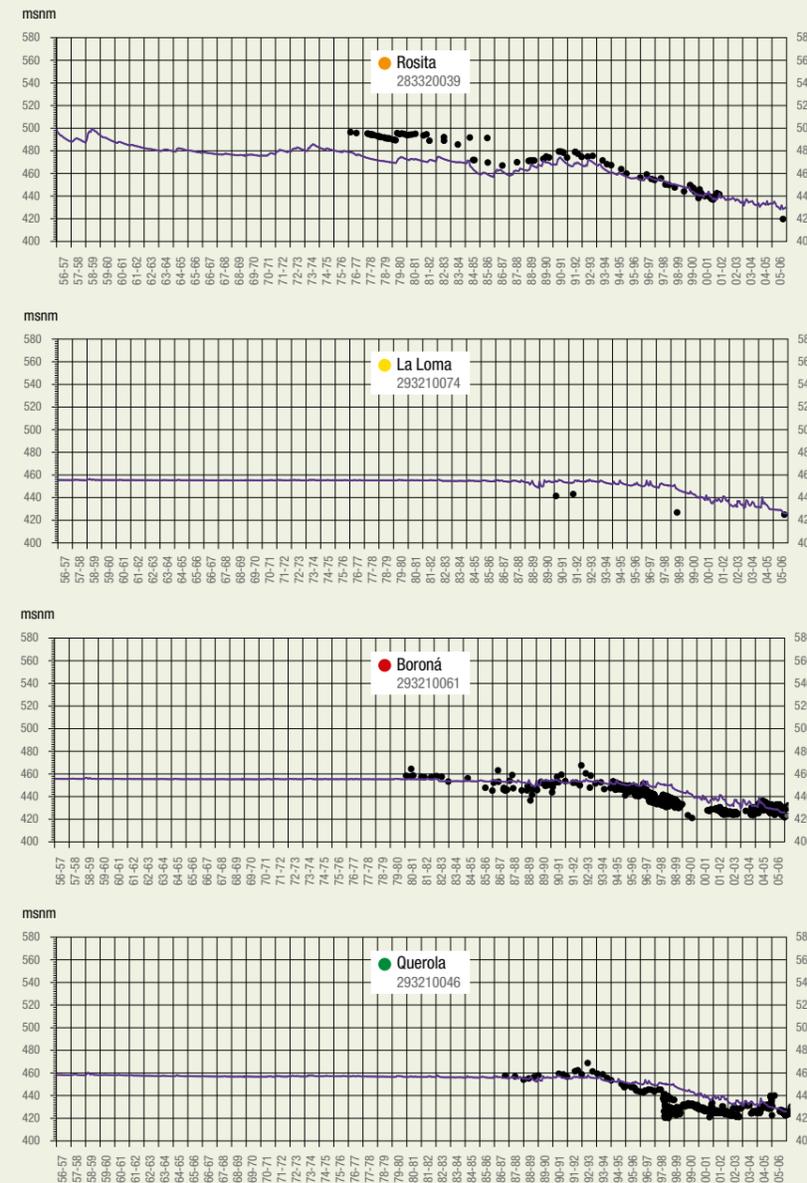
A partir de 2007, con el inicio del período húmedo, comienza una paulatina recuperación de los niveles, más acentuada en el sector oriental, que se ve favorecido por la anulación de las salidas laterales al acuífero Muro de Alcoy y por la disminución de explotaciones para abastecimiento al municipio del mismo nombre, al entrar en servicio la nueva captación en el acuífero Volcadores.



Evolución piezométrica del acuífero de Cabranta



Evolución piezométrica obtenida en el acuífero de Cabranta en régimen transitorio (1956-06) teniendo en cuenta el régimen histórico de explotación. Plano de isopiezas al final del período simulado (9/2006).



El modelo numérico de flujo del acuífero de 2008, obtuvo una calibración satisfactoria como se aprecia en la figura adjunta, en la que se observa la divisoria piezométrica creada por la explotación que divide el flujo hacia Muro de Alcoy y hacia Biar.

En cuanto al balance hídrico, el acuífero de Cabranta recibe recursos por infiltración de la lluvia a través de los dos afloramientos carbonatados, y de forma subterránea desde el acuífero suprayacente de Pinar de Camús.

Según los resultados del modelo numérico citado para el periodo 1955-05 se infiltran 140,6 mm/año, para una precipitación media de 474 mm/año (30% de la precipitación media). Con ello la aportación total al acuífero es de 1,25 hm³/año. Estos valores son prácticamente coincidentes a los obtenidos a través de la metodología hidrometeorológica expuesta en el epígrafe 3.2, lo que sirve de validación de los mismos.

No tiene salidas naturales visibles conocidas, por lo que todas las salidas en régimen no influenciado se producen, como se ya se ha indicado, hacia el Cuaternario de Muro de Alcoy. En la actualidad las salidas principales del acuífero se realizan mediante sondeos de explotación. En los cuadros siguientes se presentan los balances según los resultados del modelo numérico de flujo disponible.

ACUÍFERO	CONCEPTO	ENTRADAS	SALIDAS	BALANCE
CABRANTA	Recarga (PP)	1,25		1,25
	Laterales (Pinar C.)	1,41		1,41
	Laterales (Muro A.)		2,66	-2,66
	Total	2,66	2,66	0,00

Cuadro 4.1. Balance hídrico en régimen natural (1956/06) en el acuífero de Cabranta. Valores en hm³/año

ACUÍFERO	CONCEPTO	ENTRADAS	SALIDAS	BALANCE
CABRANTA	Recarga (PP)	1,25		1,25
	Laterales (Pinar C.)	1,79		1,79
	Extracciones		4,70	-4,70
	Laterales (Muro A.)		0,00	0,00
Total	3,04	4,70	-1,66	

Cuadro 4.2. Balance hídrico en régimen influenciado (1956/06, con explotaciones medias del período 1996/06) del acuífero de Cabranta. Valores en hm³/año

En régimen influenciado se han anulado las descargas hacia el acuífero cuaternario de Muro de Alcoy procedentes del acuífero de Cabranta. Puede observarse que en régimen influenciado se incrementa ligeramente la recarga proveniente de Pinar de Camús, que debiera ser prácticamente invariante, debido a ajustes en la calibración de los modelos numéricos. La recarga media por infiltración de lluvia resulta en el modelo ligeramente inferior a la calculada por métodos hidrometeorológicos.

El balance hídrico medio con las explotaciones actuales indicado a continuación muestra que existe un vaciado de reservas estimado en un valor medio de 0,96 hm³/año.

Entradas (hm³/año)

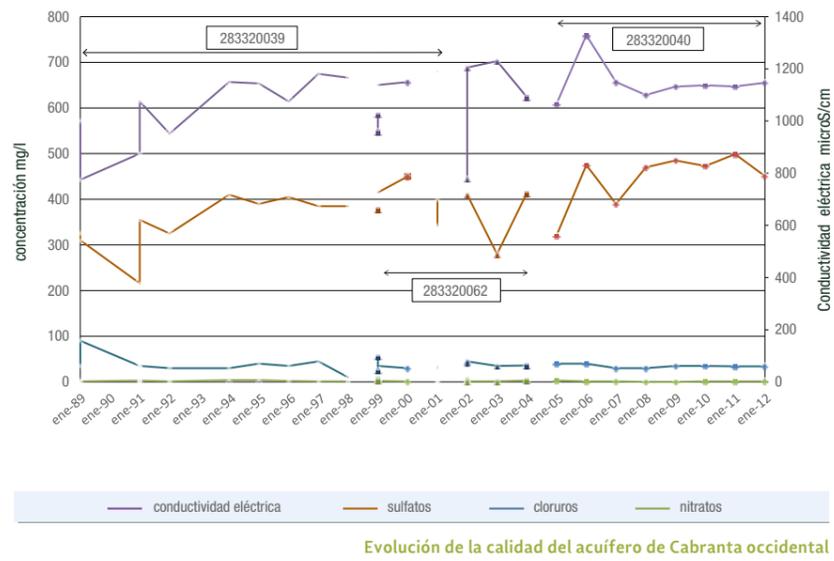
Infiltración de lluvia.....	1,25
Laterales (Pinar C.).....	1,79
Total entradas	3,04

Salidas (hm³/año)

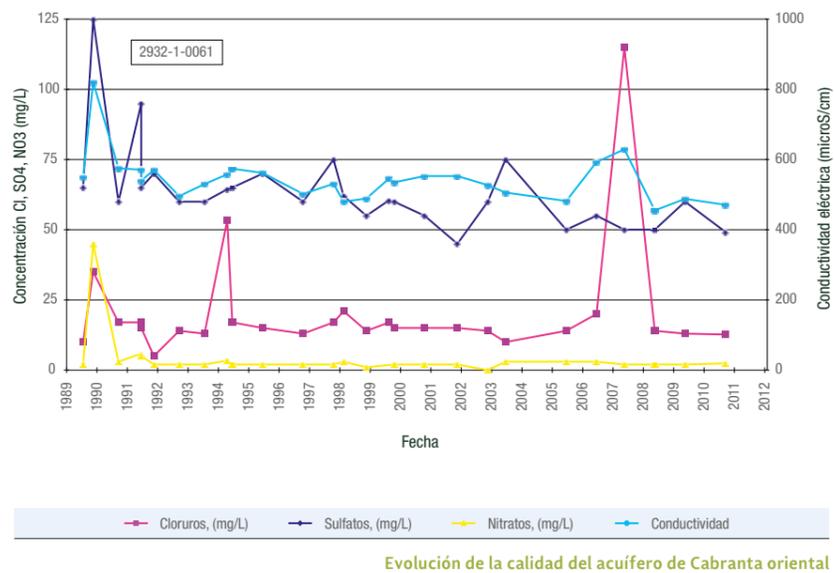
Extracciones.....	4,00
Laterales (Muro A.).....	0,00
Total salidas.....	4,00

Del agua extraída, unos 2 hm³/año se utilizan para uso agrícola en el Alto Vinalopó y el resto para uso urbano e industrial en Muro de Alcoy, Biar y Cocentaina.

El agua presenta dos facies, en el extremo oriental es bicarbonatada-cálcica y la conductividad eléctrica es de 500 µS/cm y en el extremo occidental es sulfatada-cálcica con valores de conductividad superiores a 1.000 µS/cm. La calidad química del agua del acuífero para consumo humano es, por tanto, buena en el extremo oriental y algo más limitada en el occidental por concentración en sulfatos superior a la reglamentaria. Su calidad es adecuada para riego.



Evolución de la calidad del acuífero de Cabranta occidental



Evolución de la calidad del acuífero de Cabranta oriental

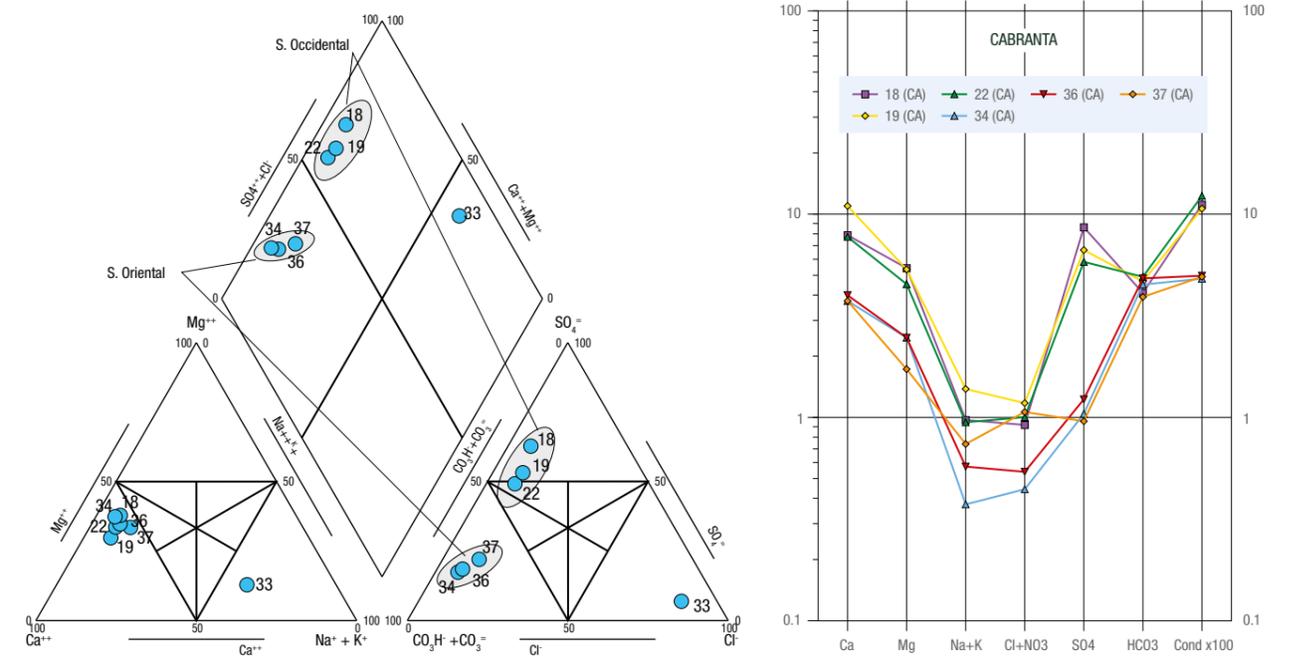
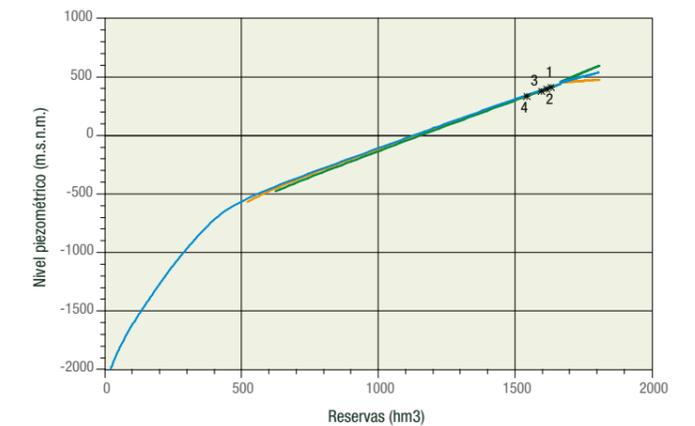
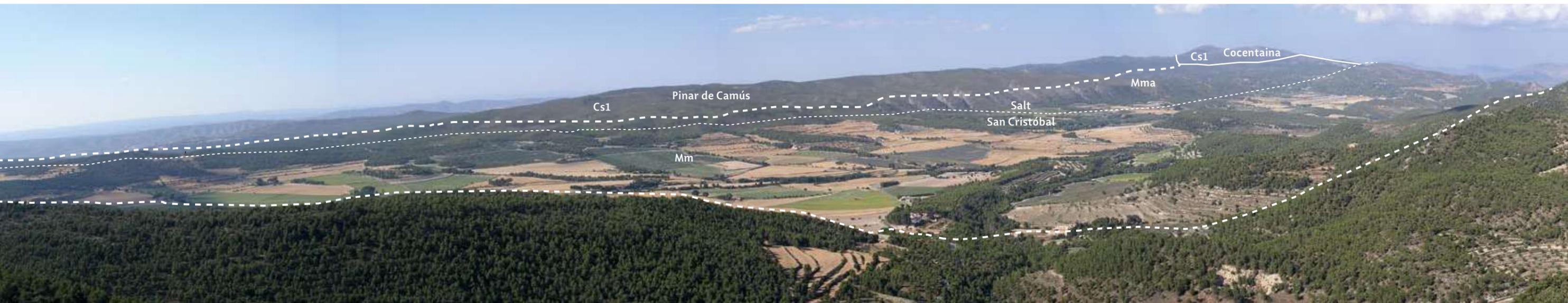


Figura 4.3. Diagrama de Piper y diagrama logarítmico de los análisis de aguas del acuífero de Cabranta

En la figura adjunta se representan las curvas de llenado/vaciado del acuífero obtenidas a partir del modelo de flujo. Si bien las reservas totales del acuífero son muy elevadas, las útiles, entendidas como el volumen máximo de agua explotable, sin contar con la recarga en el período, que no cause afección significativa a ninguna captación relevante considerando las actuales infraestructuras, ascenderían a unos 200 hm³, que corresponden al vaciado del acuífero hasta la cota 385 m.s.n.m. a partir de la cual comenzarían los fallos en la garantía de suministro a las poblaciones.



Curvas de llenado para los puntos de control considerados en el acuífero de Cabranta. 1: fallo del pozo Ángeles (cota 385). 2: Fallo de los pozos Querola, Boroná y Aguas de la Plana (cota 370)



Salt San Cristóbal desde Biscoy. Al fondo, cretácicos de Pinar de Camús y Cocentaina

PINAR DE CAMÚS-ROSARIO

El acuífero de Pinar de Camús ocupa la banda central de la Unidad que comienza al este de Biar, que se ensancha hacia el noreste y llega hasta el pie suroeste de los relieves del Alto de Mariola. Tiene forma alargada, con una longitud de 28,5 km y una anchura media de 4,7 km. Se extiende en un área de 134 km² (aflorando en superficie 105,34 km²), de los cuales 79,65 km² están en la provincia de Alicante y el resto en la de Valencia.

De la superficie aflorante del acuífero, 82,12 Km² corresponden a afloramientos de materiales permeables. Sobre ellos la precipitación media caída en el periodo 1955-05 es de 472 mm/año, de los que 127 mm/año se infiltran. La aportación total al acuífero es de 10,43 hm³/año, el 27% de la precipitación media. Estas cifras, obtenidas del modelo numérico de simulación del flujo, son en torno a un 12% inferiores a las expresadas en el epígrafe 3.2, calculadas por el método hidrometeorológico.

La formación permeable está constituida por un potente paquete carbonatado de unos 500 m de potencia máxima. En su parte inferior el conjunto está formado por las calizas biodestríticas del Aptiense inferior seguidas de las margocalizas del Aptiense superior y de la unidad dolomítica del Albiense-Cenomaniense que agrupa varios conjuntos litológicos caracterizados por dolomitización de diferente grado, y que puede alcanzar una potencia de 200 a 250 m. Este último tramo presenta elevada permeabilidad. Suprayacente a ésta se sitúa la unidad de calizas crema con globotruncanas del Turoniense-Maastrichtiense superior, compuesta por biomicritas de color crema u ocasionalmente amarillentas, que en campo se presentan en bancos gruesos con techo y muro netos y con tendencia a desarrollar epikarst cuando se exponen subhorizontales. La potencia de esta unidad puede superar los 250 m, encontrándose dolomitizadas al muro. En la zona sur, las calizas Senonienses se muestran arcillosas.

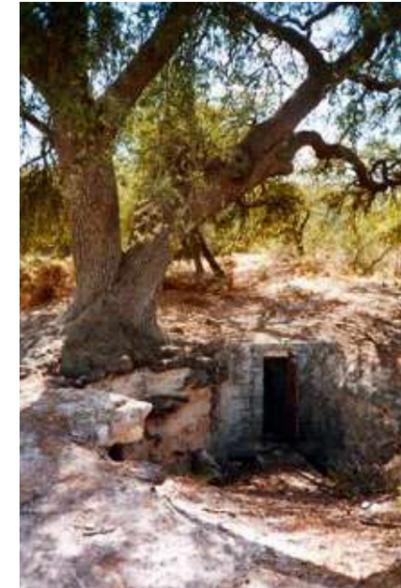
Debajo de los materiales que componen el acuífero se sitúa un potente paquete de margas, margocalizas y calizas margosas del Hauteriviense-Barremiense que constituyen el muro impermeable. Cuando los materiales permeables no afloran, a techo se sitúan, sobre éstos, formaciones del Paleoceno superior-Maastrichtiense superior, cuya potencia puede sobrepasar los 150 m y que están compuestas por margas limosas de color verde o amarillento con altos contenidos puntuales de arcilla, o materiales del Serravaliense (Facies Tap 2), constituidos por margas blanquecinas con espesor variable.

El límite meridional es impermeable debido a la presencia de arcillas y margas arcillosas pertenecientes a la facies Keuper, inyectadas a través de fallas normales o formando una *suela* de un corrimiento como ocurre en la base del Terciario de Onil. El límite oriental lo constituye el subafloramiento de las facies margosas

del Aptiense superior que delimitan el acuífero Cocentaina. En profundidad, la gran falla Muro-Cocentaina que pone en contacto el Aptiense inferior con las margas facies Tap de la plana de Muro. El límite occidental queda definido por la falla de Biar. Salvo en el entorno de sierra Fontanella donde probablemente contacta con las calizas jurásicas del acuífero de Cabranta (límite abierto), el límite septentrional es cerrado por aflorar o subaflorar a lo largo de toda su longitud el impermeable de base.



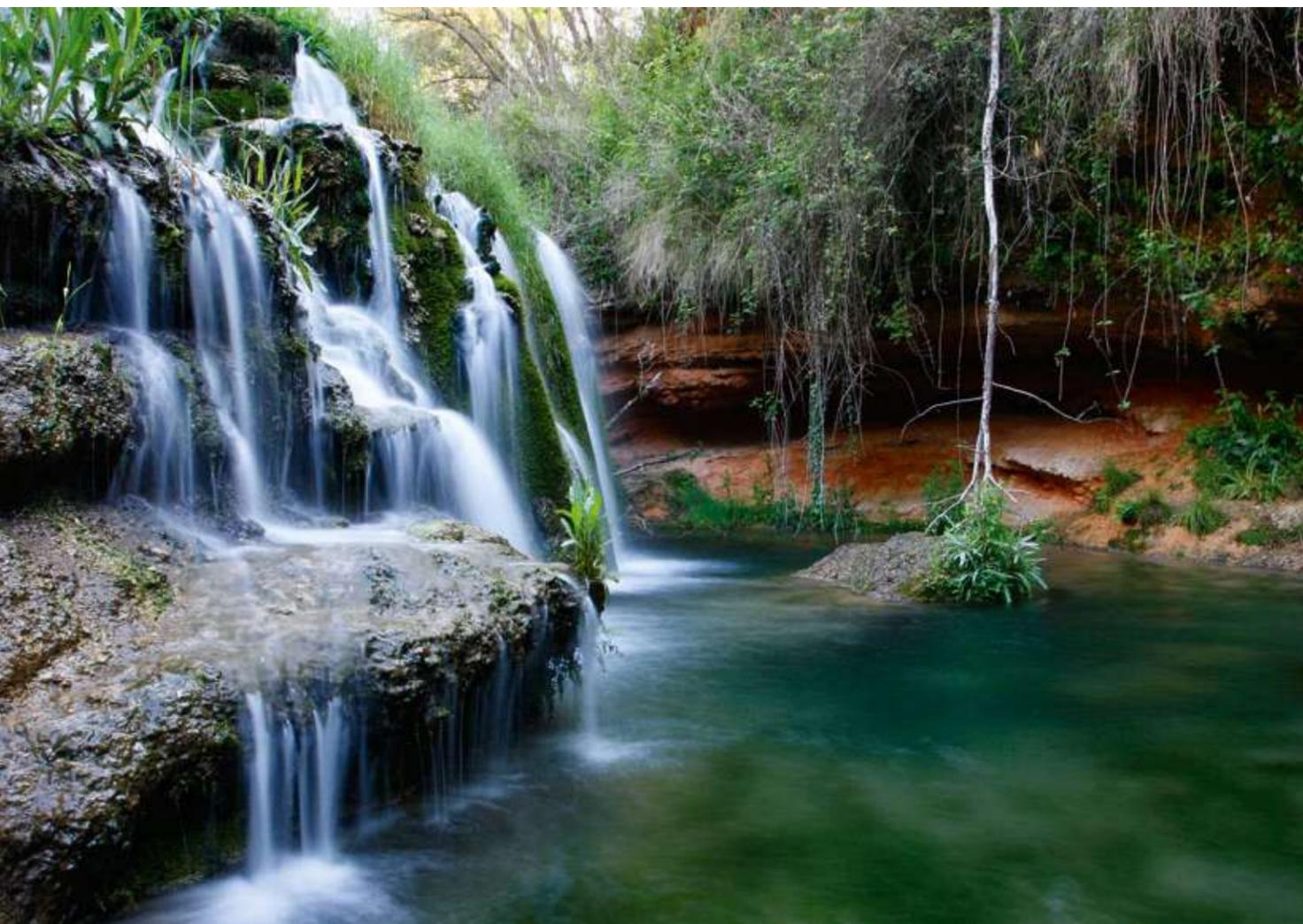
Aspectos del cauce del Vinalopó en el paraje conocido como Toll Blau



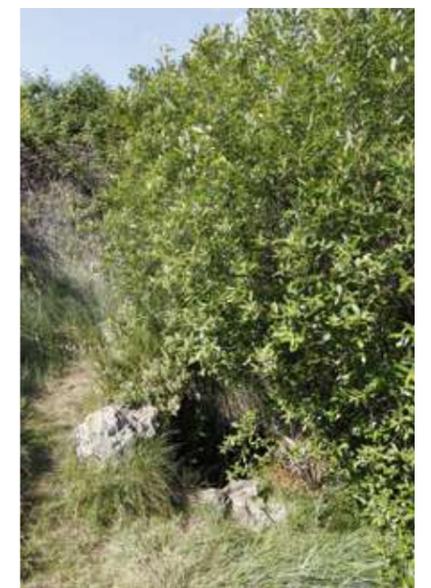
Font de La Carrasca (2832 7 0008)



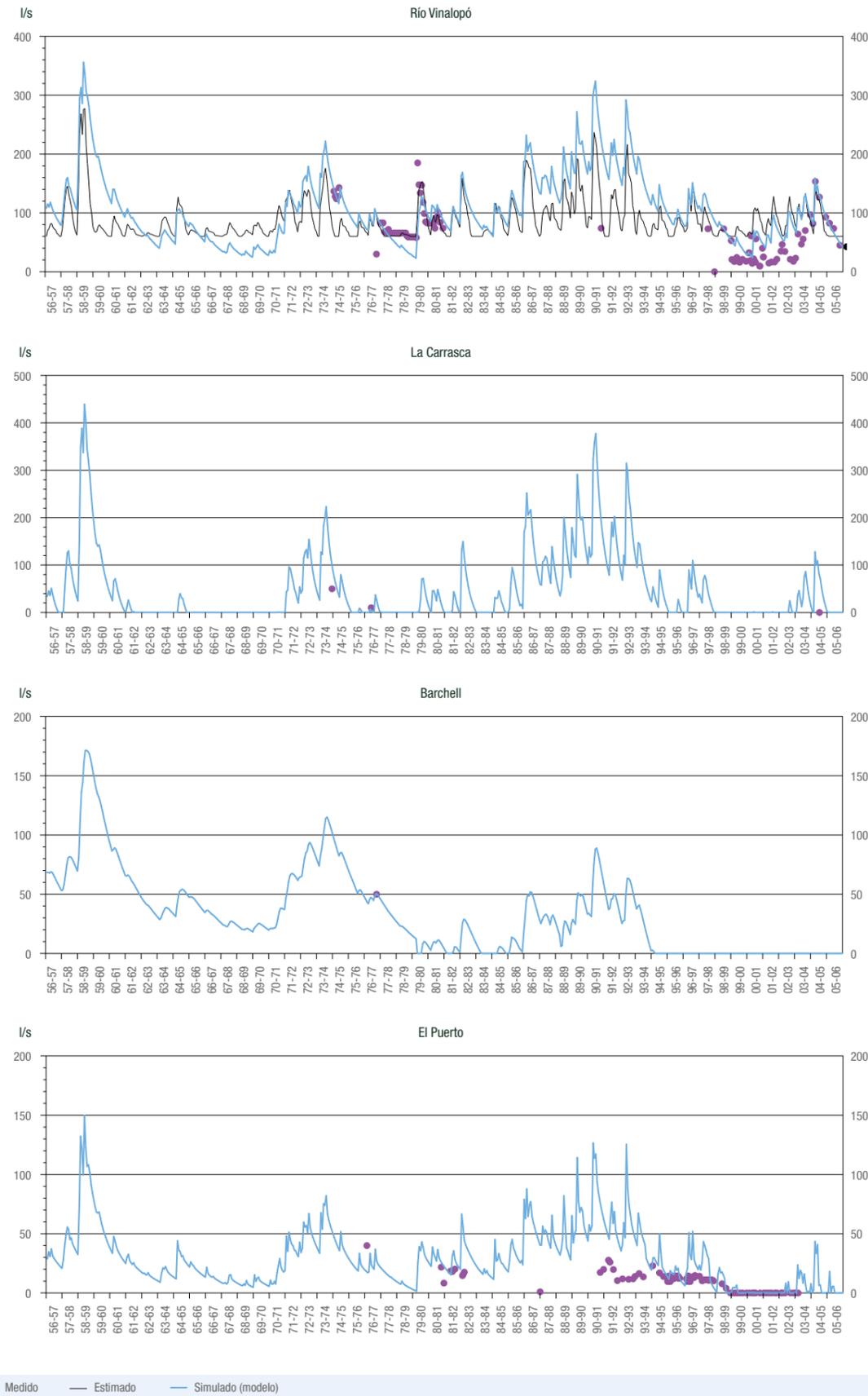
Nacimiento del río Vinalopó



El acuífero de Pinar de Camús tiene salidas naturales visibles que permiten establecer el flujo en régimen natural. En su extremo suroeste, el manantial del Puerto o El Figueral (2833 2 0038) a una cota de 740 m.s.n.m.; en la mitad septentrional, las salidas del nacimiento del río Vinalopó Fuente del Sapo (2832 7 0012) a 750 m.s.n.m., Font de la Coveta (2832 7 0002) a 770 m.s.n.m., Els Brulls (2832 7 0001) a 785 m.s.n.m. y La Carrasca a 808 m.s.n.m., y en su extremo sudoriental, el manantial Barxell (2832 8 0001) a 790 m.s.n.m. Además, cabe citar otro punto de surgencia, el Manantial dels Teulars o Galería de Bocairente (2832 4 0030) a 810 m.s.n.m., que presenta un minado horizontal de más de 1453 m con el que se capta este acuífero a pesar de encontrarse geográficamente en el de San Jaime, donde la boca de la galería se sitúa a 735 m.s.n.m.



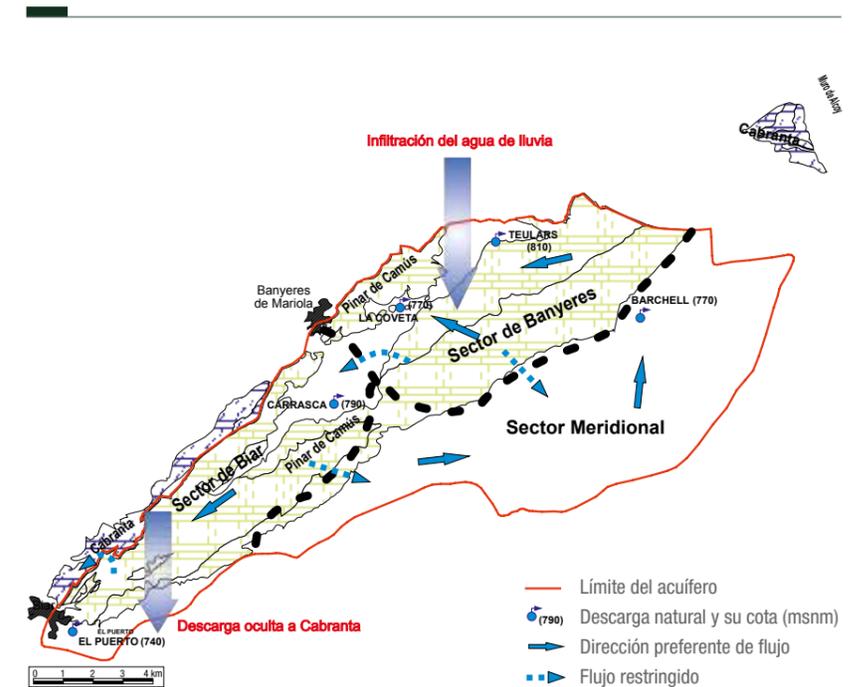
Font dels Brulls



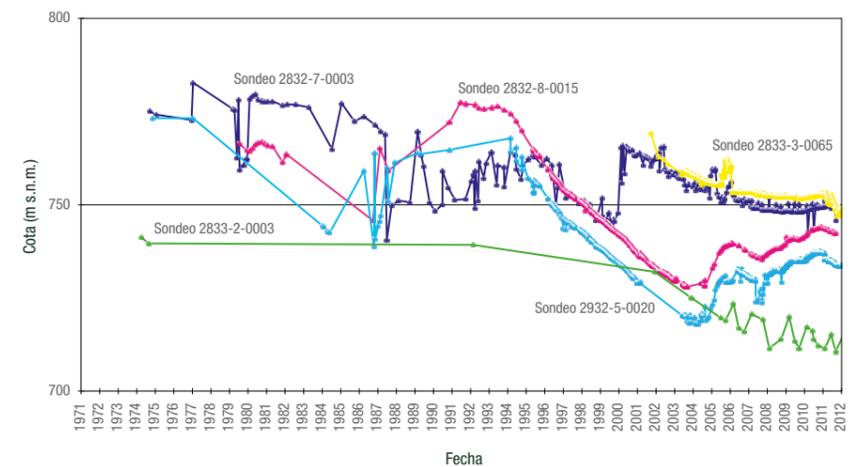
Evolución hidrométrica simulada y real de las salidas naturales del acuífero con registro de caudal, periodo (1956-2006). Se indican los aforos directos, las aportaciones simuladas con modelo numérico de flujo distribuido y, en el caso de la cabecera del río Vinalopó, las estimadas mediante modelo de deconvolución según precipitaciones y aforos en la surgencia de la Font de la Coveta

En condiciones naturales el flujo principal del acuífero es noreste-suroeste, desde cotas superiores a las del manantial de Barxell, en torno a los 800-810 m.s.n.m., hasta las del Puerto (740 m.s.n.m.), pasando por las del nacimiento del Vinalopó con cotas comprendidas entre 808 y 750 m. El gradiente en este sector suroccidental del acuífero sería del 0,2%. No se descarta que pudiera existir un umbral piezométrico entre Barxell y el nacimiento del Vinalopó, algo por encima de los 800 m.s.n.m., que provocaría las descargas naturales por los extremos septentrional y meridional del acuífero.

La evolución piezométrica permite determinar que las explotaciones han provocado unos descensos generalizados desde 1979 que se pueden estimar en torno a los 30-38 m en el sector meridional de las Nieves-Ull de Canals-Barxell-Barranco del Sinc y entre 20 y 30 m en el sector del manantial del Puerto, extremo occidental. Los mínimos piezométricos se alcanzaron en la sequía de los ochenta y en el año 2004, con descensos acumulados de 25 m y 55-58 m, respectivamente, en el sector meridional. Los niveles se recuperaron en los años noventa. Actualmente, se registra un segundo ciclo de recuperación en el sector meridional debido al período húmedo. A causa de estos descensos se han secado todos los manantiales excepto los localizados a menor cota situados en el nacimiento del Vinalopó (La Coveta), siendo este sector por el único que en la actualidad descarga naturalmente el acuífero de Pinar de Camús. No obstante, se siguen manteniendo los principales flujos del acuífero existentes en régimen natural aunque con un gradiente mucho más acentuado.

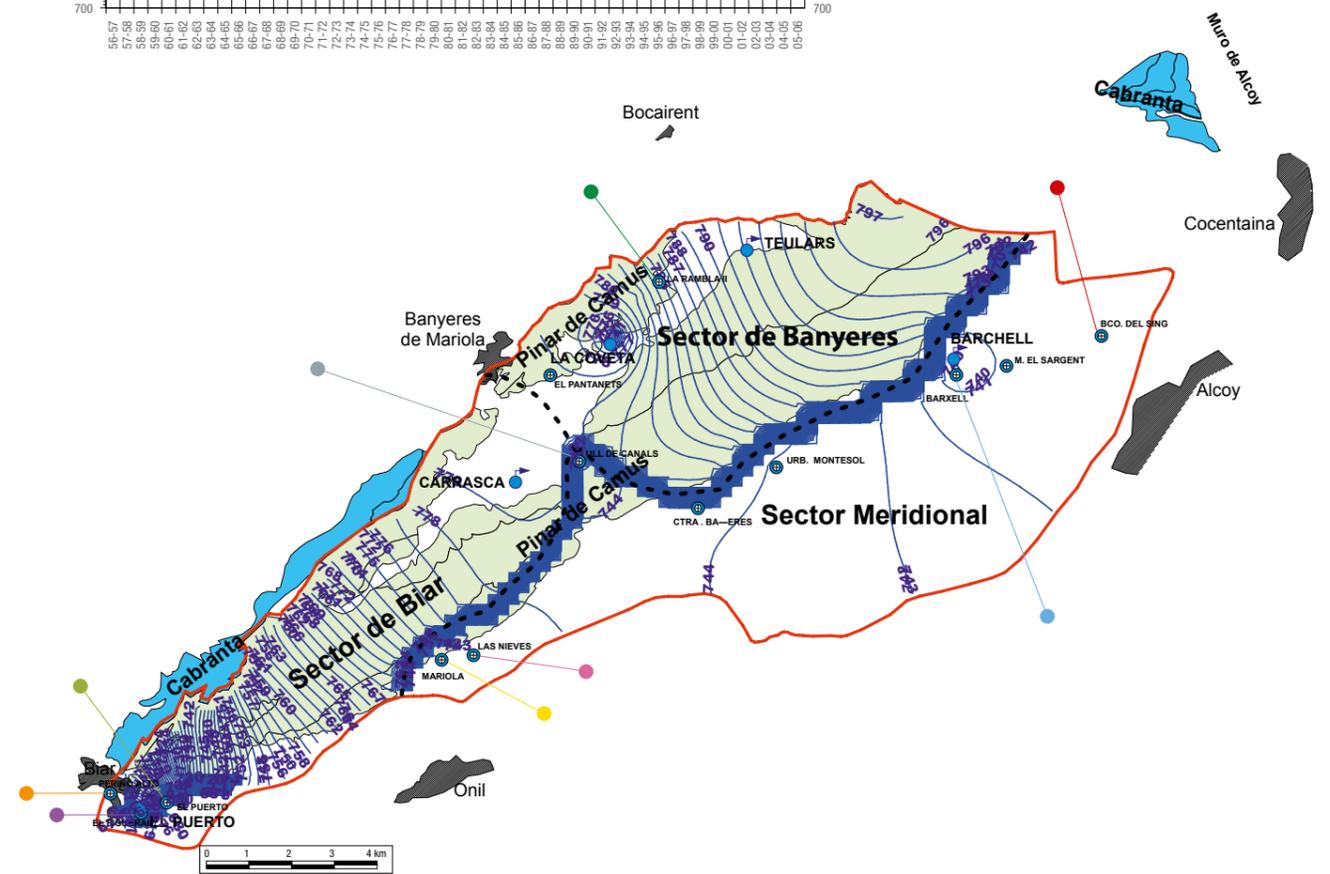
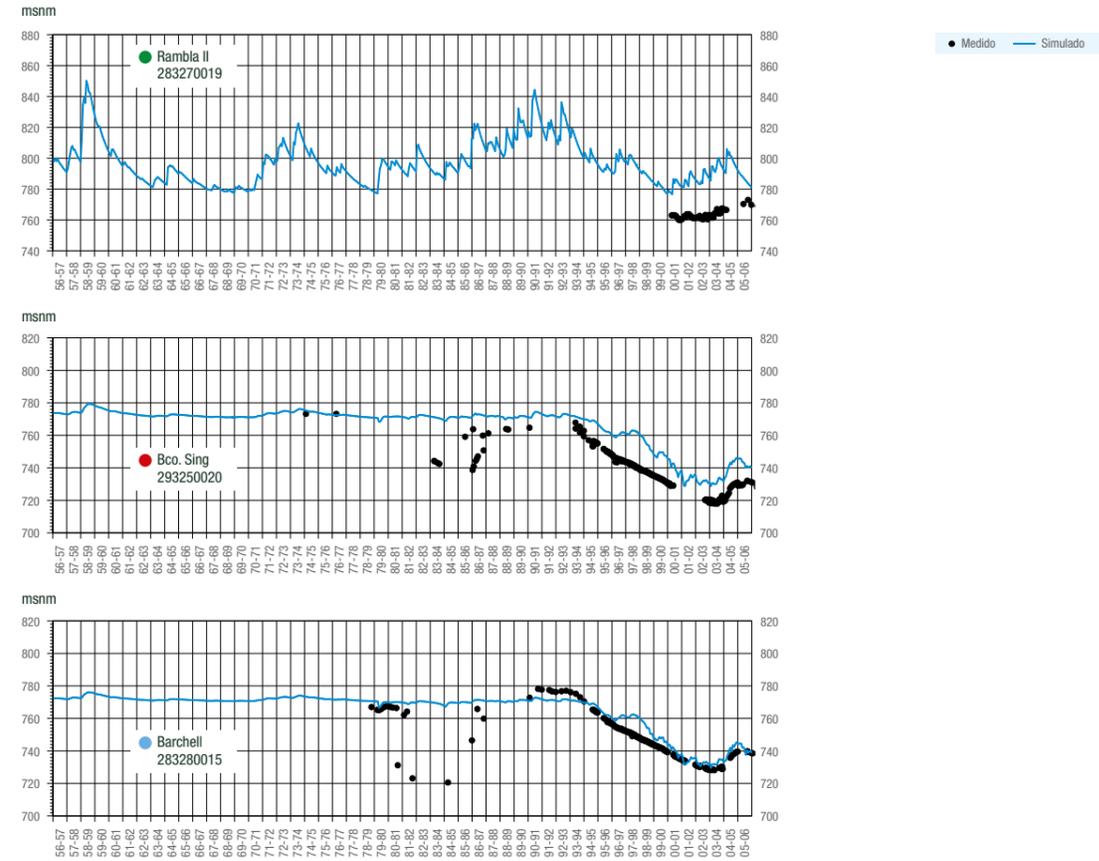
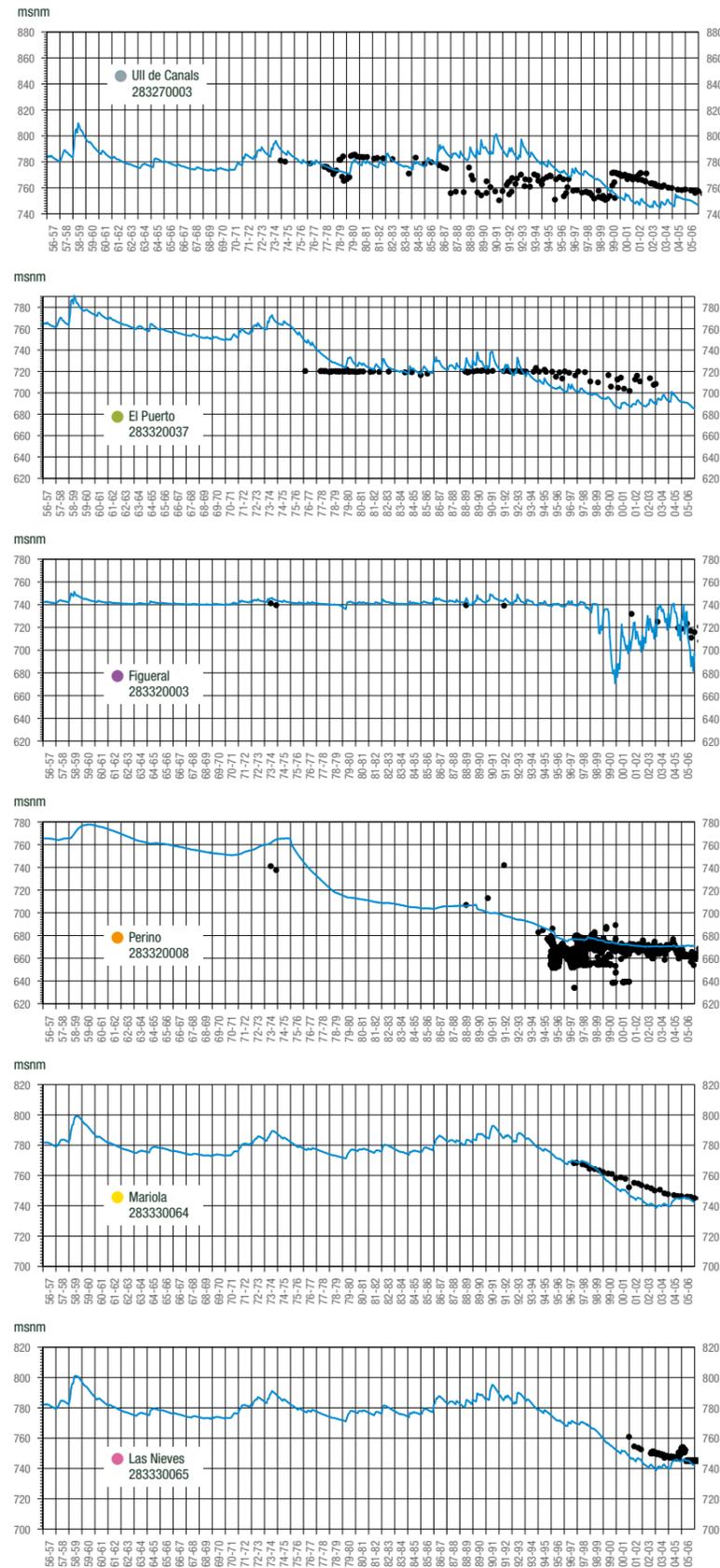


Esquema del funcionamiento hidráulico del acuífero



Evolución piezométrica del acuífero de Pinar de Camús

Se ha realizado por parte de la Diputación de Alicante un modelo matemático de flujo de los acuíferos de Pinar de Camús, Cabranta y Cocentaina. El proceso de ajuste de los mismos ha obligado a considerar una banda de muy baja permeabilidad localizada a lo largo del borde meridional del afloramiento de las calizas cretácicas de Pinar de Camús. Esta franja desconectaría parcialmente o dificultaría el flujo entre el acuífero libre del sector del anticlinal de Pinar y el confinado del sinclinal del valle del río Polop. Circunstancia que parece confirmar la diferente evolución piezométrica de los sondeos del sector de Barchell (2932 5 0020 y 2833 8 0015) del resto que se sitúan en el extremo occidental y septentrional.



Evolución piezométrica obtenida en el acuífero de Pinar de Camús en régimen transitorio (1956-06) teniendo en cuenta el régimen histórico de explotación. Se incluye el plano de isopiezas obtenido al final del período simulado (9/2006)



Aforo del pozo de Las Nieves de abastecimiento a Onil

La explotación principal en el acuífero Pinar de Camús se realiza desde 7 pozos: 2832 7 0003 (Ull de Canals), 2832 7 0019 (La Rambla II), 2832 8 0015 (Barxell), 2833 2 0003 (El Figueiral), 283320008 (Perino, en el sector Rosario), 283330065 (Las Nieves) y 2932 5 0020 (Barranc del Sinc). El punto con mayor explotación en todo el acuífero es del ayuntamiento de Alcoy (2832 8 0015) y se usa para abastecimiento.



La alimentación al acuífero procede de la infiltración de agua de lluvia y las salidas en régimen natural se producían a través de los manantiales y de forma subterránea hacia el acuífero infra-yacente de Cabranta. Aunque ambos acuíferos están diferenciados hidráulicamente por una potente formación margosa, su conexión se pone de manifiesto sobre todo por el déficit en el balance hidráulico del acuífero de Pinar de Camús en contraposición con el superávit del acuífero de Cabranta. No obstante, se desconoce por donde se produce esta conexión, aunque es posible que se realice en forma de “cascada” por el contacto entre los materiales carbonatados jurásicos y cretácicos que tiene lugar en el extremo suroccidental de la sierra de Mario-la (ver corte geológico I-I', figura 4.1). En la actualidad las salidas principales del acuífero se realizan mediante los sondeos de explotación citados.

A continuación se resume el **balance hídrico** resultante del modelo numérico de simulación, con el régimen de explotación actual.

Entradas (hm³/año)

Infiltración de lluvia..... 10,23
Total entradas 10,23

Salidas (hm³/año)

Cauces y surgencias..... 3,80
 Galerías y bombeos urbanos y agrícolas..... 4,64-3,54 (*)
 Transferencias laterales al acuífero de Cabranta..... 1,79
Total salidas 10,23

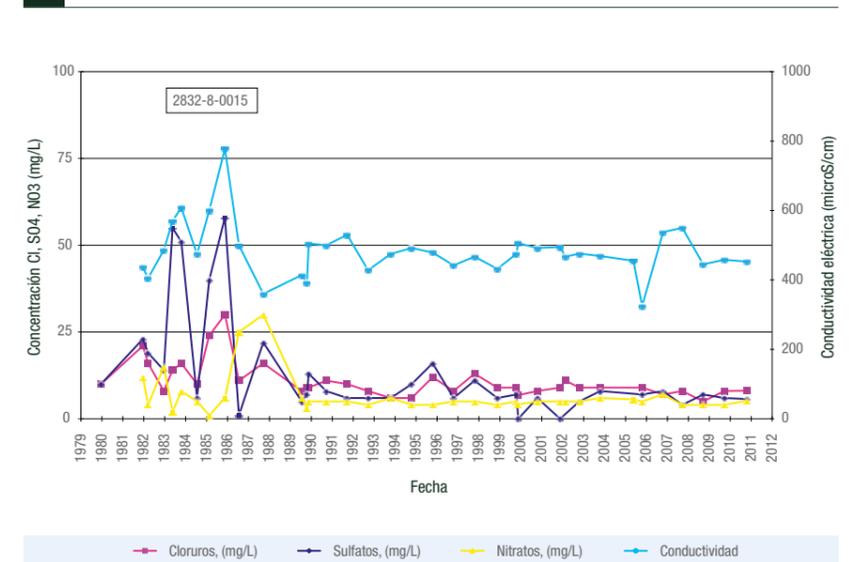
(*) Bombeos en ciclos húmedos

Se detecta que la recarga media por infiltración de lluvia resulta en el modelo ligeramente inferior a la expresada anteriormente, calculada por métodos hidrometeorológicos.

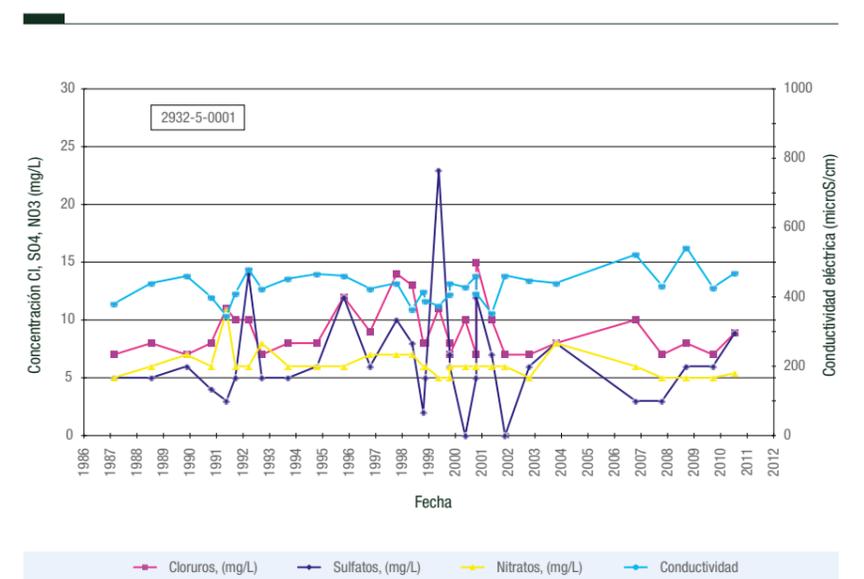
Aunque el acuífero, en su conjunto, se encuentra en equilibrio, en períodos secos los descensos en los sectores meridional y occidental son importantes.

El acuífero se utiliza para abastecimiento público de los municipios de Alcoi, Banyeres, Onil, Bocairent y Biar (sector Rosario) y para riego en el Alto Vinalopó.

La facies hidroquímica del agua subterránea es, en casi todas las muestras analizadas, bicarbonatada cálcico-magnésica o magnésico-cálcica y las conductividades eléctricas están en torno a 300 y 500 mS/cm. Las aguas del acuífero presentan buena calidad química tanto para el abastecimiento urbano como para regadío. En las gráficas adjunta se observa un ligero incremento de la salinidad en el pozo Barxell en los dos años más extremos del período seco 1978-85.



Evolución de la calidad del acuífero de Pinar de Camús



Evolución de la calidad del acuífero de Pinar de Camús

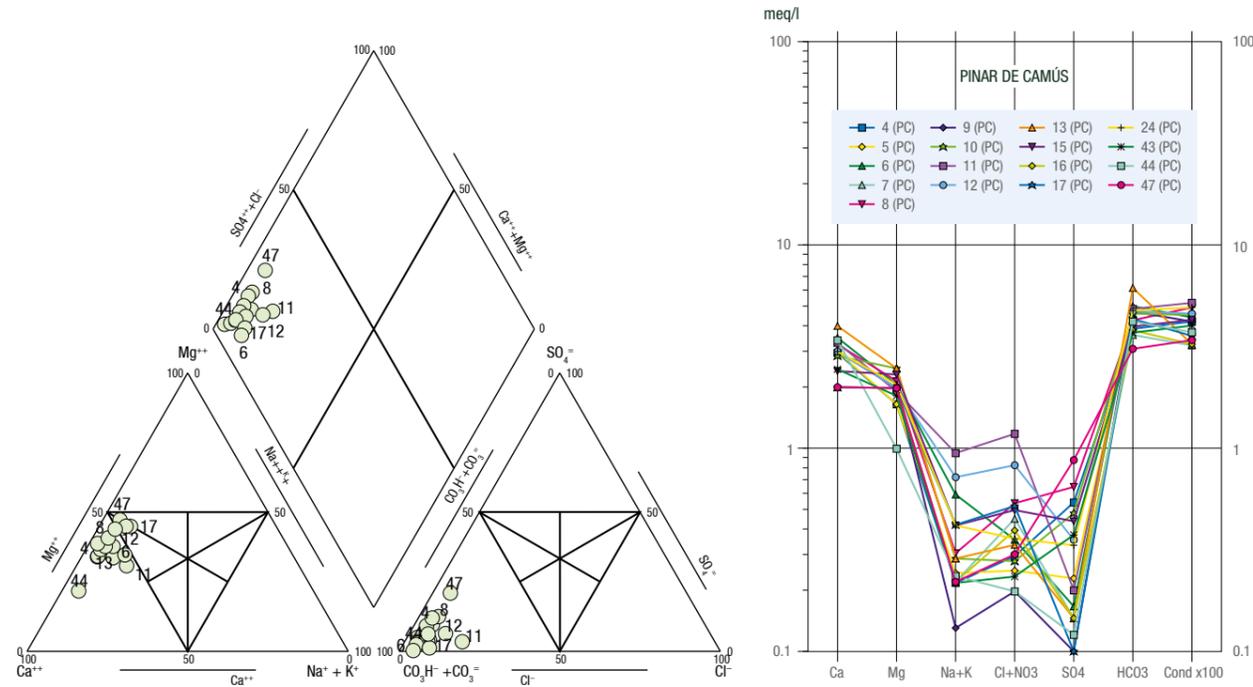


Figura 4.6. Diagrama de Piper y diagrama logarítmico de los análisis de aguas del acuífero de Pinar de Camús

Aunque las reservas totales del acuífero son elevadas, las útiles, considerando las infraestructuras y equipamientos actuales, son más reducidas. En la figura adjunta puede observarse que no superan los 30 hm³ sin que se produzcan fallos en el suministro desde alguna captación de abastecimiento.

Sector acuífero Rosario



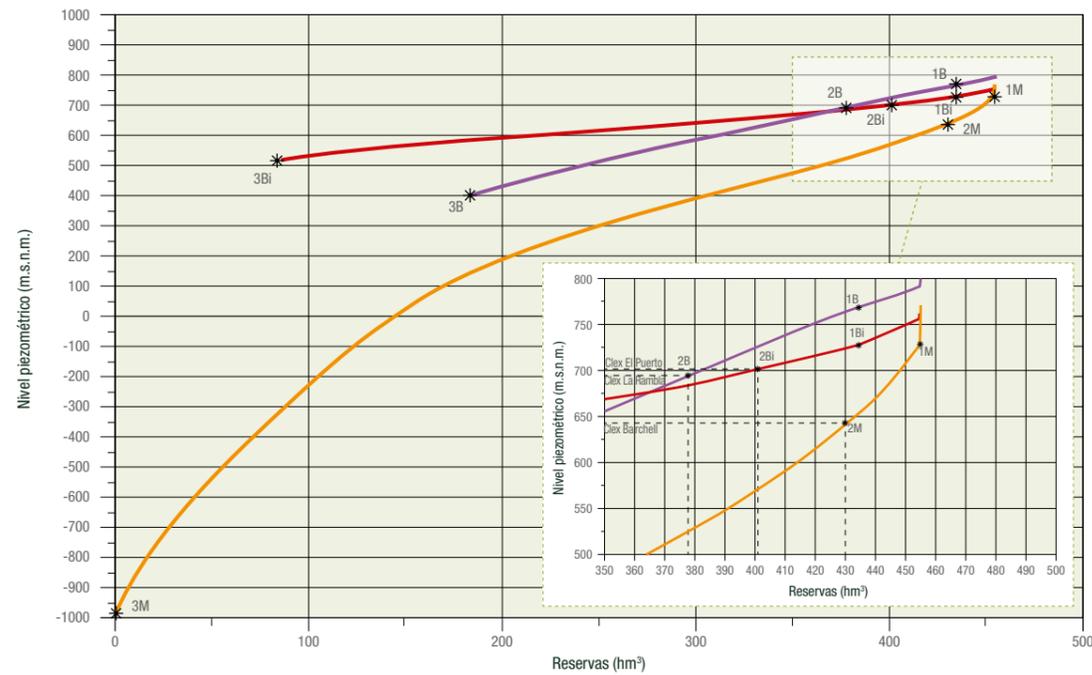
Se trata de un pequeño sector de 2,47 Km² situado al sur del núcleo urbano de Biar, constituido por rocas carbonatadas del Aptiense, actuando la serie arcillosa del Cretácico inferior como impermeable de base. Este sector está diferenciado del de Pinar de Camús por la acción de una falla que ocasiona una clara discontinuidad piezométrica.

superficiales cuaternarios y también una alimentación lateral subterránea del Aptiense del acuífero Pinar de Camús. En conjunto, la alimentación puede estimarse en unos 0,2 hm³/año, como media plurianual.

Al tratarse de un acuífero que no aflora directamente por estar recubierto por materiales recientes del Cuaternario, no es posible establecer con precisión su mecanismo de alimentación. Es admisible una cierta infiltración a través de estos terrenos

El único punto representativo del acuífero es el sondeo Perino (2833 2 0008), que utiliza el Ayuntamiento de Biar para abastecimiento público. La cota del nivel piezométrico en junio de 2012 se sitúa en 608 m.s.n.m., frente a los 711 m.s.n.m. del pozo de riego El Figural (2833 2 0003), próximo a este pero perteneciente al acuífero Pinar de Camús.

Pozo Perino de abastecimiento a Biar con telecontrol y registro de datos de piezometría, caudal y parámetros eléctricos del Ciclo Hídrico de la DPA



Curvas de llenado de los puntos de control de cada sector e hitos destacables en cada uno: B (2832 7 0019 La Rambla II) de Banyeres; M (2832 8 0015 Barchell) de Meridional; Bi (2833 2 0037 El Puerto) de Biar. En los hitos se señalan las cotas piezométricas a partir de las cuales comenzarían a no garantizar el suministro distintas captaciones



Evolucion piezométrica del acuífero de Pinar de Camús -Sector Rosario



Vista de Sierra Mariola y el valle alto del Serpis desde del sureste. En primer término Alcoy. Detrás los afloramientos de los acuíferos mesozoicos y cenozoicos

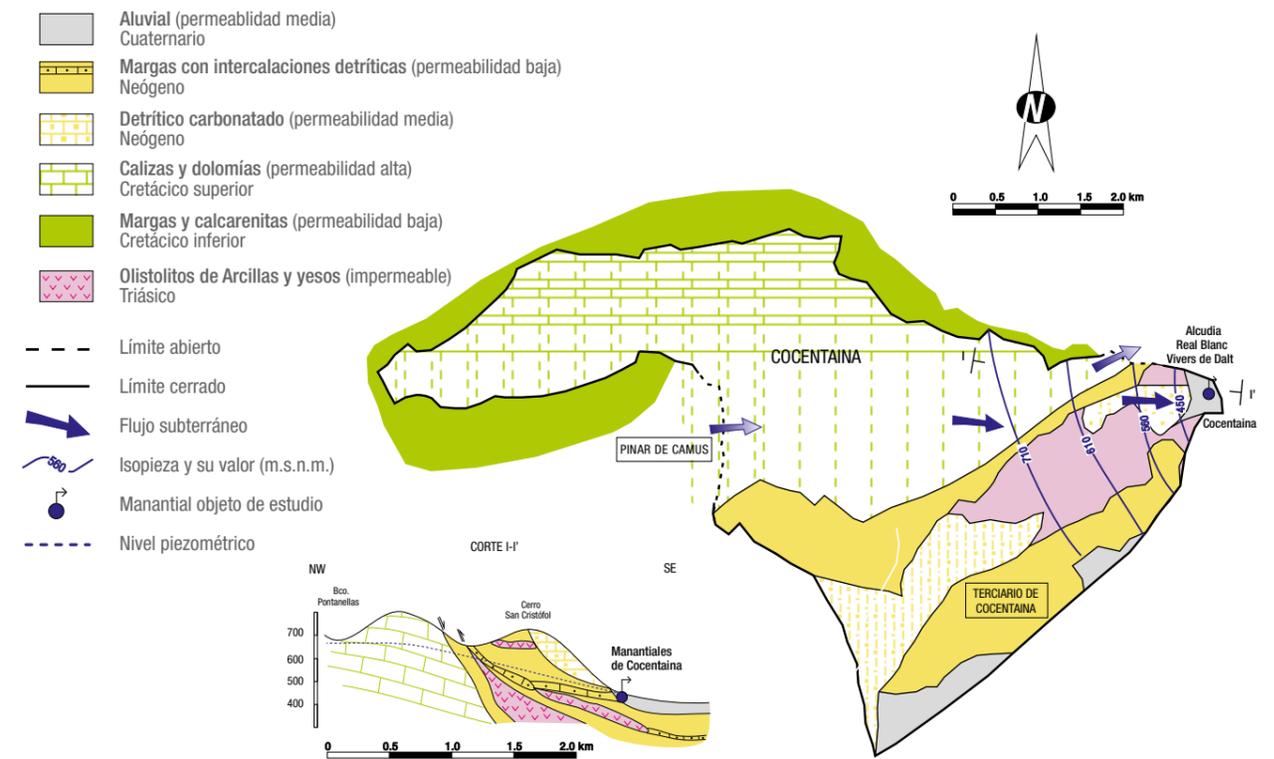
COCENTAINA

Ocupa la zona oriental de la Sierra de Mariola incluyendo los relieves de Alto de Mariola y los del pico Montcabrer. Posee una extensión superficial de 22,89 km², de los cuales unos 10,67 km² son materiales permeables.

Sobre ellos la precipitación media caída en el periodo 1955-05 es de 575 mm/año, de los que 187,4 mm/año se infiltran. La aportación total al acuífero es de 2 hm³/año, un 32% de la precipitación media. Estas cifras, deducidas de las salidas por manantiales y laterales son ligeramente inferiores (10%) a las obtenidas mediante la metodología hidrometeorológica.

El acuífero está constituido por un potente paquete carbonatado, de hasta 500 m de espesor, de dolomías y calizas del Albiense-Senoniense (Cretácico superior). A muro de estos materiales se sitúan las margocalizas y margas del Aptiense superior. Los

límites hidrogeológicos septentrional y occidental están determinados por el afloramiento del impermeable de base; el meridional, por contacto con las margas miocenas a favor de la falla de San Cristóbal; en cuanto al oriental, la falla de Muro-Cocentaina pone en contacto los materiales carbonatados del acuífero con las margas miocenas, aunque también con el cuaternario detrítico suprayacente. Todos los límites son cerrados salvo la conexión existente con el acuífero de Muro de Alcoy por el límite oriental y la conexión con los manantiales de Cocentaina, drenaje del acuífero, a través de niveles permeables del mioceno, entre la falla de San Cristóbal y los citados manantiales.

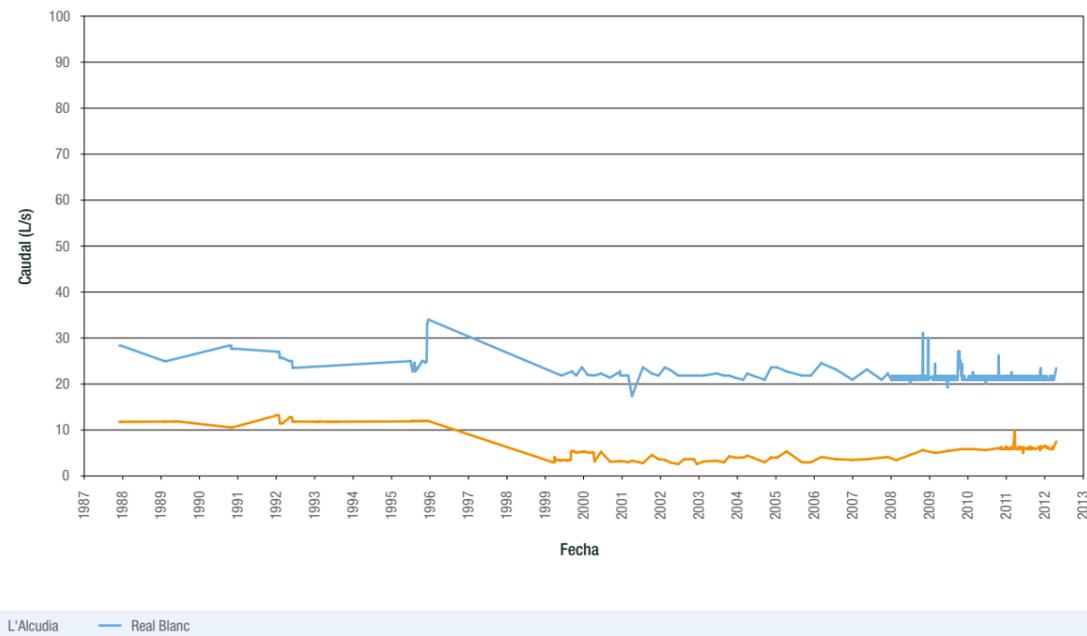


Esquema hidrogeológico del acuífero de Cocentaina

La piezometría está definida por un sondeo situado en el extremo más oriental de los afloramientos carbonatados cretácicos (2932 5 0038) en torno a 465 m.s.n.m. y por las cotas de los manantiales de Cocentaina, Lavadero de Alcudia y Real Blanch (2932 5 0015 y 0016), que junto con el pozo 2932 5 0061 sitúan el nivel piezométrico en esta zona en 430 m.s.n.m. Estas cotas son muy inferiores a las del acuífero de

Pinar de Camús, que varían entre 720 y 780 m.s.n.m. en los puntos más cercanos, por lo que se descarta conexión hidráulica directa entre ambos.

En torno a los manantiales el gradiente es superior al 6%. Este valor tan elevado indica que la conexión entre la zona de descarga y el resto del acuífero se produce a través de materiales de baja permeabilidad



Evolución de caudales del acuífero de Cocentaina



Surgencia del manantial (Lavadero de Cocentaina)

En cuanto al balance hídrico medio, su alimentación se produce por infiltración del agua de lluvia y la descarga por surgencias naturales situadas en Cocentaina (Vivers), galería del Lavadero de Alcudia (2932 5 0015) y el manantial Real Blanch (2932 5 0016). También existen salidas ocultas hacia el acuífero detrítico de Muro de Alcoy. Aunque se han realizado algunos sondeos para captar el acuífero, en la actualidad no existe ninguna explotación en funcionamiento. No obstante, se insinúa un descenso del caudal medio de los manantiales entre 1996 y

1999, por lo que no se descarta totalmente una posible afección indirecta a estos a través de las explotaciones en el cuaternario de Muro de Alcoy. También podría ser por la interrupción de una posible pequeña recarga lateral procedente de Pinar de Camús al disminuir la piezometría en este.



Manantiales de Cocentaina: Lavadero de Cocentaina (arriba izquierda), Vivers Dalt (arriba derecha) y Vivers Baix (abajo)





Manantial del Real Blanch en el que se aprecia la sección de aforo con la escala de control limnimétrico manual y la sonda para telemetría automatizada de caudales drenados instalada por Ciclo Hídrico de la DPA

El balance hídrico medio se indica a continuación:

Entradas (hm³/año)
 Infiltración de lluvia.....2,00
Total entradas 2,00

Salidas (hm³/año)
 Surgencias..... 1,34
 Transferencias laterales al acuífero de Muro de Alcoy0,66
Total salidas 2,00

El agua se utiliza para riego en Cocentaina.

Sus aguas tienen una facies muy similar a la del acuífero de Pinar de Camús, aunque con un contenido proporcional algo mayor en calcio que en magnesio, por lo que su facies se puede clasificar en bicarbonatada-cálcica. La conductividad eléctrica está en torno a 300-500 µS/cm. Presenta una calidad química excelente tanto para consumo humano, ya que cumple con los criterios del RD 140/2003, de 7 de febrero, como para uso agrícola, pues posee una baja salinidad y un bajo contenido en sodio. Además el contenido en especies nitrogenadas es muy bajo.

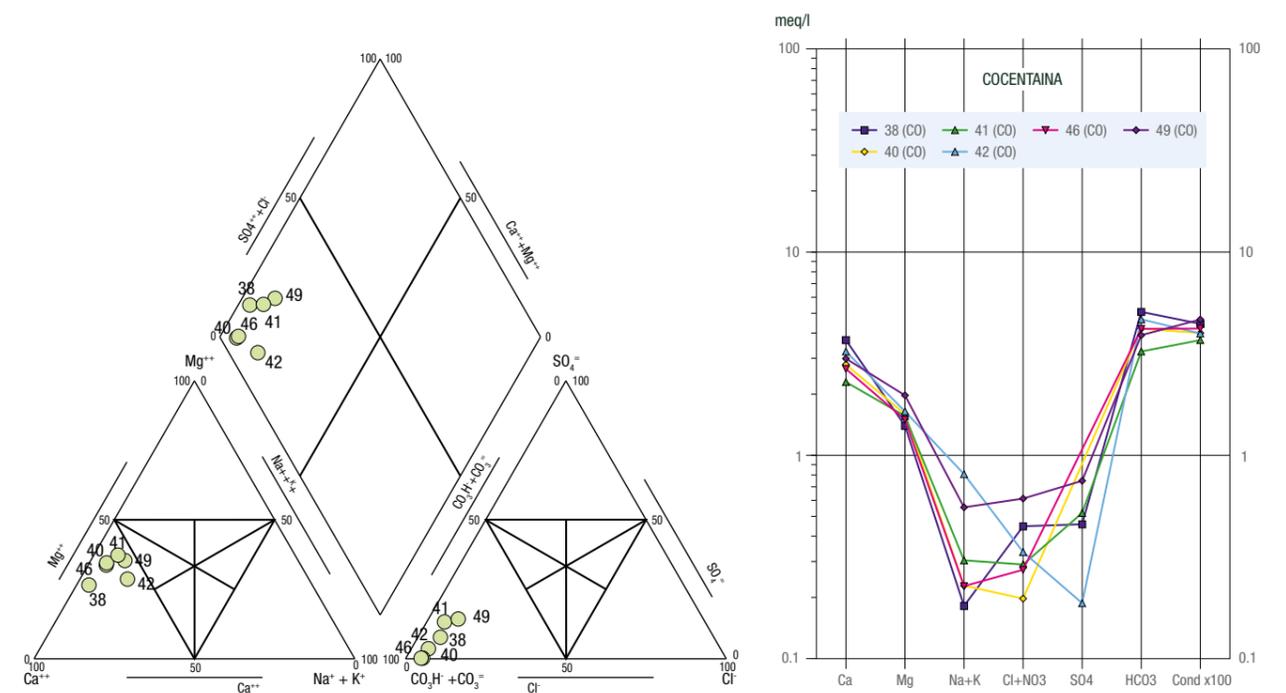
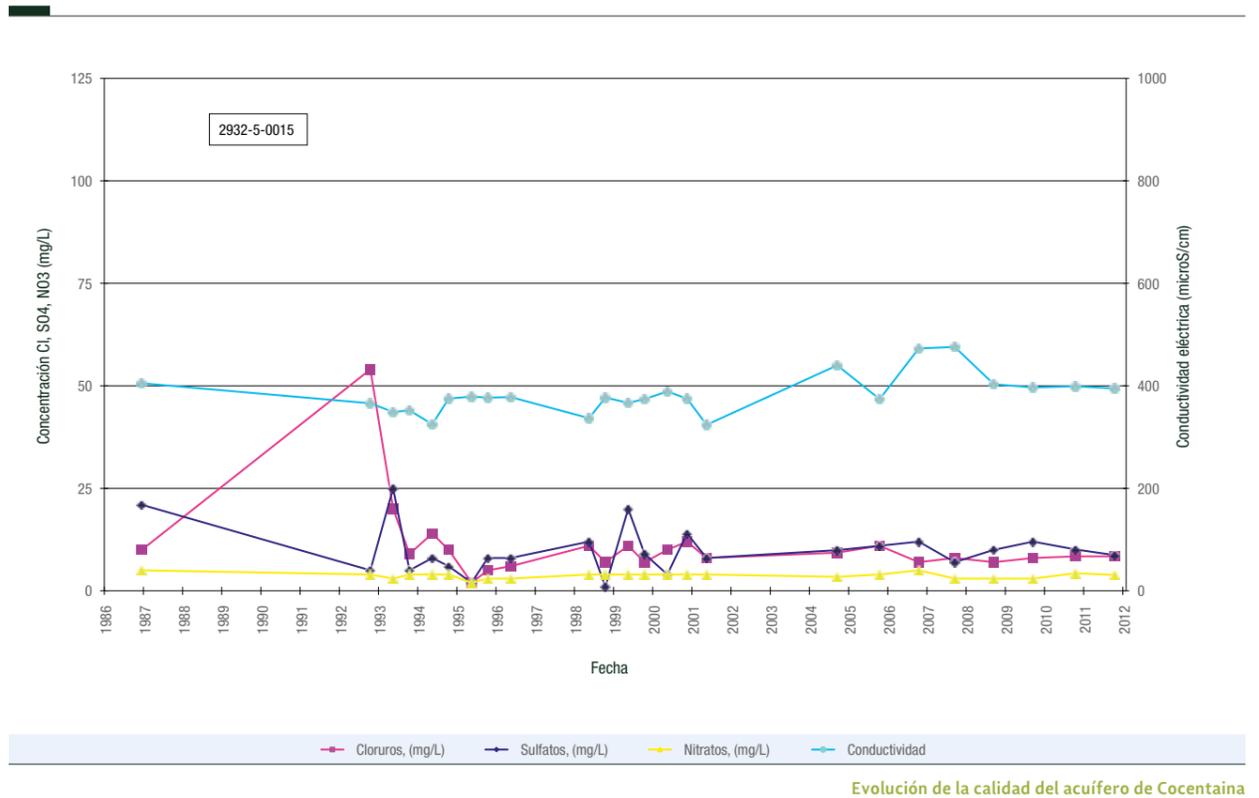


Figura 4.7. Diagrama de Piper y diagrama logarítmico de los análisis de aguas del acuífero de Cocentaina.



Acuífero Cuaternario de Muro de Alcoy - Margen izquierda del Serpis

MURO DE ALCOY

Se sitúa en el extremo oriental de la Unidad, al norte de la población de Cocentaina.

Se compone de dos sectores; Cuaternario de Muro de Alcoy y Margen izquierda del río Serpis. La precipitación media sobre ellos es de 590 mm/año de los que se infiltra un 15%, produciendo unas aportaciones totales de 1,69 hm³/año. En este caso la correlación con el valor de recarga obtenido por el método hidrometeorológico es muy mala, ya que tal como se indicó en el epígrafe 3.2 los parámetros de almacenamiento en el suelo han sido calibrados para acuíferos en los que afloran materiales calcáreos mesozoicos, con un comportamiento frente a la recarga muy distinto al de los materiales cuaternarios de Muro de Alcoy y Margen izquierda del Serpis.

El Cuaternario de Muro de Alcoy se compone de materiales cuaternarios detríticos indiferenciados, que abarcan unos 8 km² de extensión. El impermeable de base son las facies margosas del Mioceno.

El límite occidental corresponde a la falla del borde oriental de Sierra Mariola, que hunde el conjunto mesozoico hacia el este. Esta falla pone en contacto lateral los materiales carbonatados del Cretácico superior del acuífero de Agres, del Jurásico del acuífero de Cabranta y niveles del Cretácico inferior y superior (e incluso del Mioceno inferior) del acuífero Cocentaina, con los materiales detríticos del acuífero de Muro de Alcoy. De este modo los acuíferos carbonatados indicados descargan de un modo subterráneo al detrítico de Muro, por

lo que el límite es abierto y de flujo variable, dependiente del régimen de recarga y descarga de los citados acuíferos carbonatados. El grado de comunicación entre los acuíferos de Mariola y el detrítico está condicionado por la cota del muro del Cuaternario.

Mención especial debe hacerse de los manantiales de Cocentaina, que son representativos del acuífero de Cocentaina. Estas surgencias naturales emergen en el detrítico de Muro de Alcoy por condiciones hidrogeológicas locales del Cuaternario que, en esta zona, al presentar poco desarrollo, determina el afloramiento de estos caudales en superficie. Al contrario ocurre en el sector septentrional, donde el mayor desarrollo del Cuaternario determina que la alimentación lateral de los acuíferos carbonatados

de Sierra Mariola se incorpore a su propio flujo subterráneo, incrementado así sus recursos generados por la infiltración del agua de lluvia.

El límite oriental está condicionado por el levantamiento del impermeable de base del acuífero y presenta tres tramos. El septentrional corresponde a un considerable adelgazamiento del Cuaternario que origina la surgencia de los manantiales de Muro de Alcoy; en este tramo, como no llega a aflorar el impermeable de base, existe una pequeña descarga lateral subterránea al sector del acuífero Cuaternario de la Margen Izquierda del río Serpis. La zona central corresponde a un límite de flujo nulo ocasionado por los afloramientos margosos en facies Tap del Mioceno. El tramo meridional es similar al septentrional, pero en este

caso no existe un gran contraste de transmisividades a uno y otro lado del límite, y el flujo subterráneo oeste-este es más pequeño, por lo que no se originan manantiales y la descarga del sector Cuaternario de Muro se produce de un modo subterráneo.

El límite septentrional corresponde a los afloramientos del impermeable de base en el cauce encajado del río Agres. En esta zona se sitúan las galerías de Fontaneres, que surgen por encima de la cota del cauce.



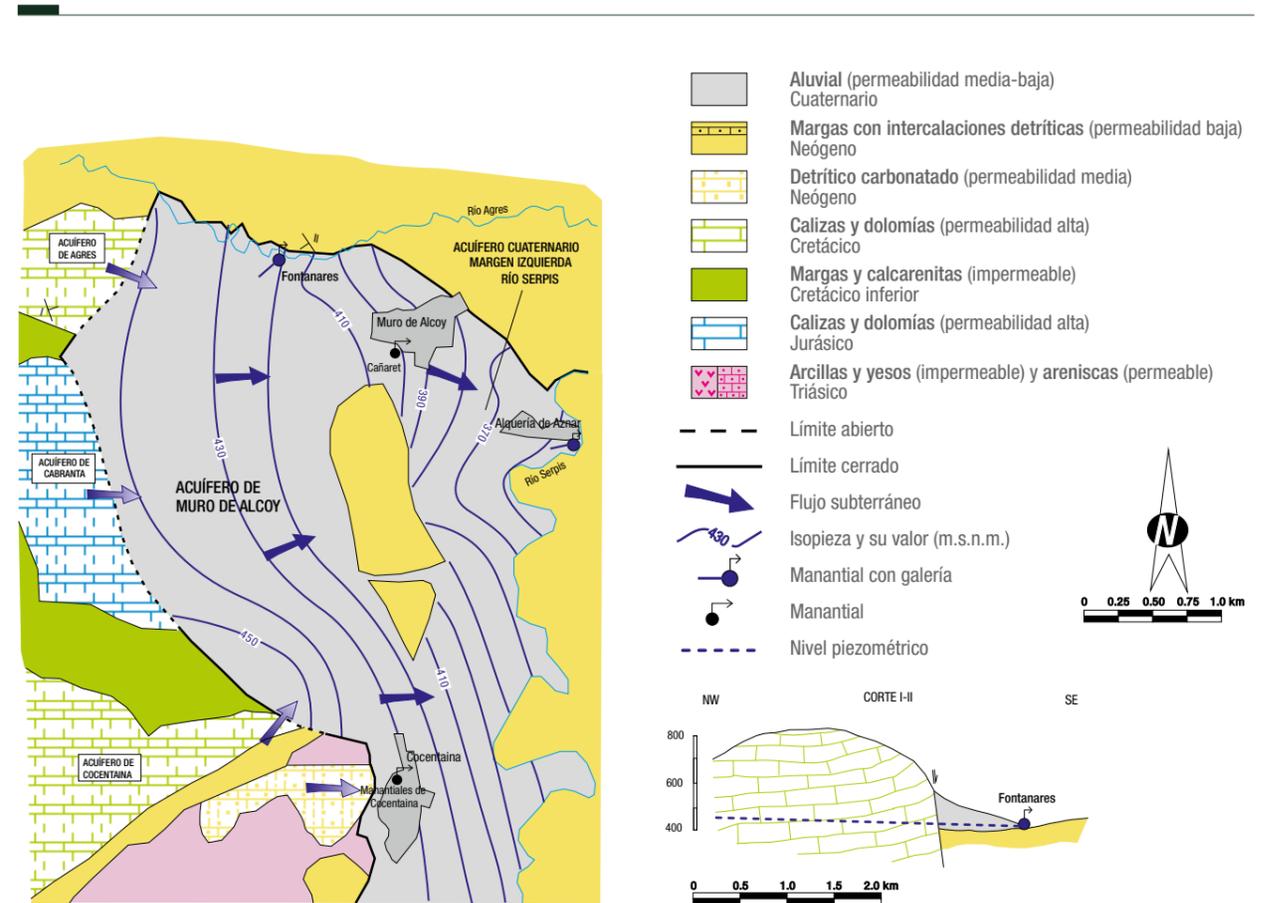
Surgencias de Fontanares (Muro de Alcoy)

El límite meridional es una continuación del límite occidental, que en esta zona sufre una curvatura hasta alcanzar una dirección casi este-oeste. Como ya se ha mencionado, presenta un carácter abierto y permite una cierta descarga subterránea del acuífero cretácico de Cocentaina hacia el Cuaternario de Muro. Hacia el sureste, es cerrado por el contacto con las margas salmón del oligoceno y los conglomerados y lutitas del Mesiniense

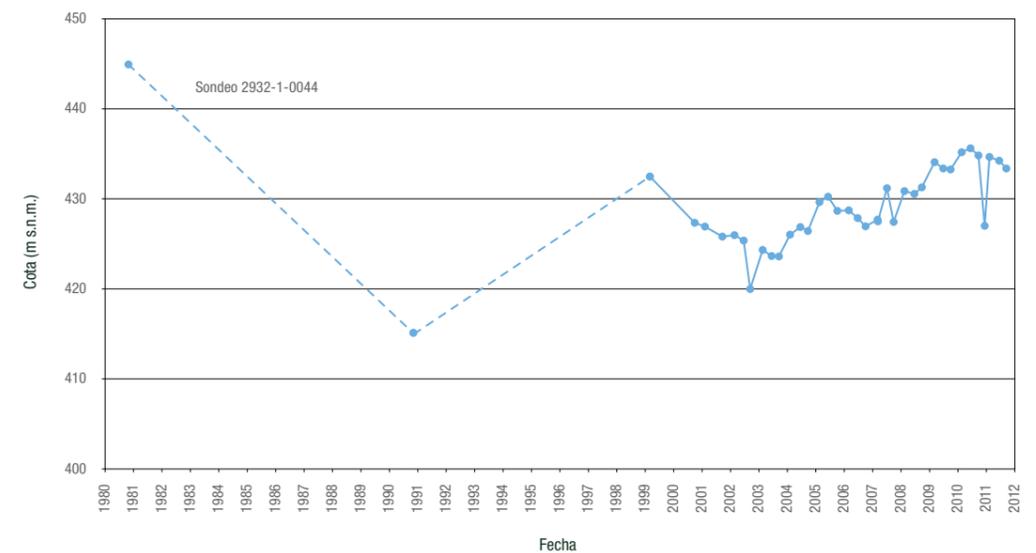
El substrato margoso, cuya posición se ha definido por los datos de pozos y sondeos y la campaña de prospección geofísica eléctrica realizada por la DGOH en 1974, muestra su mayor profundidad al pie de los afloramientos jurásicos de Cabranta y, por tanto un mayor desarrollo del Cuaternario suprayacente, con espesores superiores a los 40 m que aumentan hacia el borde carbonatado, donde llegan a superar los 100 m.

En la piezometría del acuífero se aprecia un sentido de flujo general oeste-este, desde los acuíferos carbonatados situados en su límite occidental, con valores de cotas piezométricas del orden de 450 m.s.n.m., hasta los valores de 400 - 410 m.s.n.m. en el límite con el sector acuífero del Cuaternario de la Margen Izquierda del río Serpis, determinado por la alineación de baja transmisividad Cocentaina-L'Alquería d'Asnar. La dirección de flujo principal se dirige hacia la zona de la localidad de Muro de Alcoy, donde se sitúan los manantiales (manantiales de Lavadero de la Ermita y Cañaret, 2932 1 0015 y 2932 1 0018 respectivamente) y su zona principal de descarga en régimen natural.

En la gráfica adjunta se representa la evolución del nivel piezométrico (punto 2932 1 0044) hasta el año 2012. Para el período 1999/2002 se observa una tendencia descendente que posteriormente se torna ascendente del 2002 al 2011. El valor mínimo medido es de 420 m.s.n.m. y el máximo de 435 m.s.n.m., para la serie de datos continuos disponible.



Esquema hidrogeológico del acuífero de Muro de Alcoy



Evolución piezométrica Cuaternario de Muro de Alcoy

La recarga del acuífero procede de la infiltración directa de agua de lluvia y de retornos; además tiene una alimentación lateral subterránea por su límite occidental a partir de los acuíferos carbonatados de sierra Mariola con los que tiene conexión hidráulica, que se sitúan de norte a sur en este orden: Agres, Cabranta y Cocentaina, aunque del segundo la transferencia se ha interrumpido desde 1998.

Las salidas naturales se producen a través de los manantiales de Muro de Alcoy y, en menor medida, por descarga lateral subterránea al sector Cuaternario de la Margen Izquierda del río Serpis. En años anteriores se han producido extracciones a través de pozos y galerías, en el acuífero y en

el límite de Cabranta, que merman los caudales de esta descarga natural, aunque en los últimos años las extracciones en el acuífero han disminuido drásticamente al abastecerse gran parte de las industrias de Muro de agua regenerada en la Font de la Pedra, además de la disminución de la producción. Entre las descargas por manantiales existentes en las proximidades de Muro de Alcoy, destaca el anteriormente citado manantial del Lavadero de la Ermita (2932 1 0015), si bien existen otros manantiales y galerías que surgen en el contacto con el acuífero Cuaternario de la Margen Izquierda del río Serpis como consecuencia de la reducción de espesor del acuífero en este sector. También se producen salidas en el extremo

septentrional del acuífero por el manantial de Fontaneres y por algunas galerías cercanas a esta surgencia.

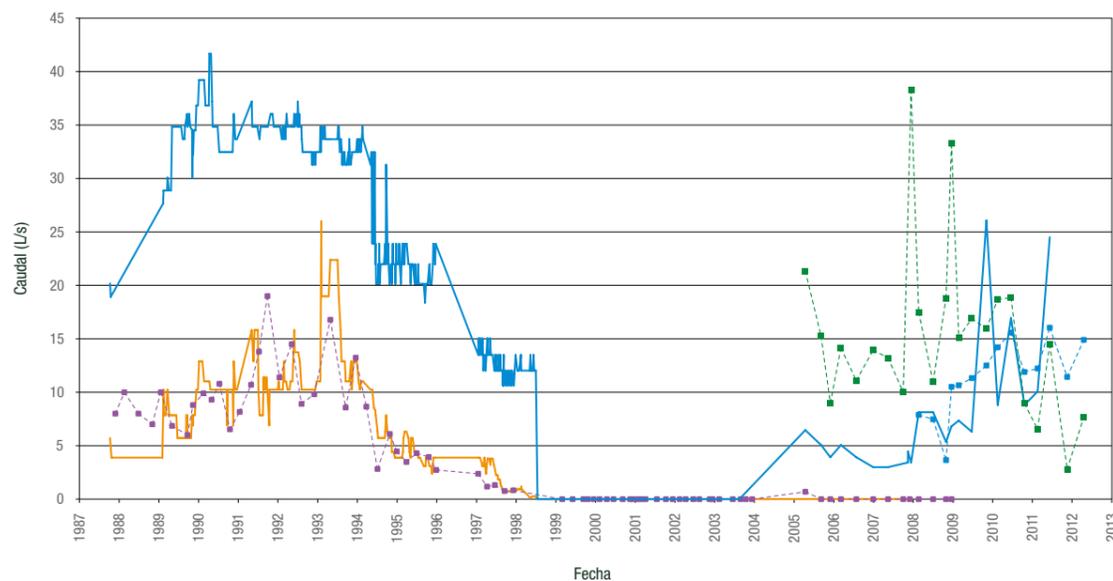
En la figura puede observarse que, tras un agotamiento generalizado de los manantiales de Muro en 1998, en el, año 2004 comienza a registrarse una incipiente tendencia a una posible recuperación. Actualmente, aunque se ha confirmado, los caudales en Muro se sitúan aún alrededor de los 10 l/s, inferiores a los registrados en los años 80 y 90.



Manantial Fontaneres



Lavadero de la Ermita



Evolution of flow rates of the aquifer of Muro de Alcoy

Al norte del núcleo urbano de Cocentaina, se detectó en la década anterior una significativa explotación en los pozos y galerías que atienden la demanda industrial de la zona, la cual se estimó en torno a 1 hm³/año. Estas obras subterráneas parece que captan fundamentalmente el flujo subterráneo que de un modo natural se transfiere desde los niveles permeables Aptiense-Cretácico superior de la sierra Mariola al acuífero cuaternario, sin producir una afección directa relevante a los caudales drenados por los manantiales del acuífero de Cocentaina, que se sitúan a una cota más elevada que la correspondiente al nivel dinámico de esos pozos. Actualmente la explotación industrial se ha reducido drásticamente.

El balance hídrico medio del sector acuífero Cuaternario de Muro se indica a continuación:

Entradas (hm ³ /año)	
Infiltración de lluvia y retornos	1,34
Entradas laterales	1,60
(*Agres 0,94/*Cocentaina 0,66)	
Total entradas	2,94
Salidas (hm ³ /año)	
Surgencias	1,00
Bombes y galerías de captación	1,40 - 0,35 (*)
Salidas al sector Margen Izquierda del Serpis	0,54 - 1,59 (*)
Total salidas	2,94

(*) En los últimos años se ha registrado una drástica disminución de las explotaciones, que debe reflejarse en un incremento de las salidas hacia el sector Margen izquierda del Serpis.

Respecto a las características químicas del acuífero, las facies bicarbonatadas cálcicas que presentan las aguas de captaciones más cercanas al borde

de Sierra Mariola son similares a las de los acuíferos carbonatados, con conductividades eléctricas que varían entre 400 y 600 μS/cm. Se observa que la salinidad del agua aumenta con la dirección del flujo subterráneo, de modo que la más baja se produce en la zona de contacto con los acuíferos carbonatados; al ir circulando en el sentido oeste-este las aguas se cargan en sales, y se llegan a observar facies de tipo bicarbonatada-sulfatada cálcico-magnésicas con conductividades eléctricas que superan los 1.200 μS/cm. Se observa, igualmente en el sentido del flujo, un aumento del contenido en nitratos debido a las prácticas de abonado agrícola. No obstante, la calidad del agua es adecuada tanto para los usos agrícola e industrial como para el uso urbano.

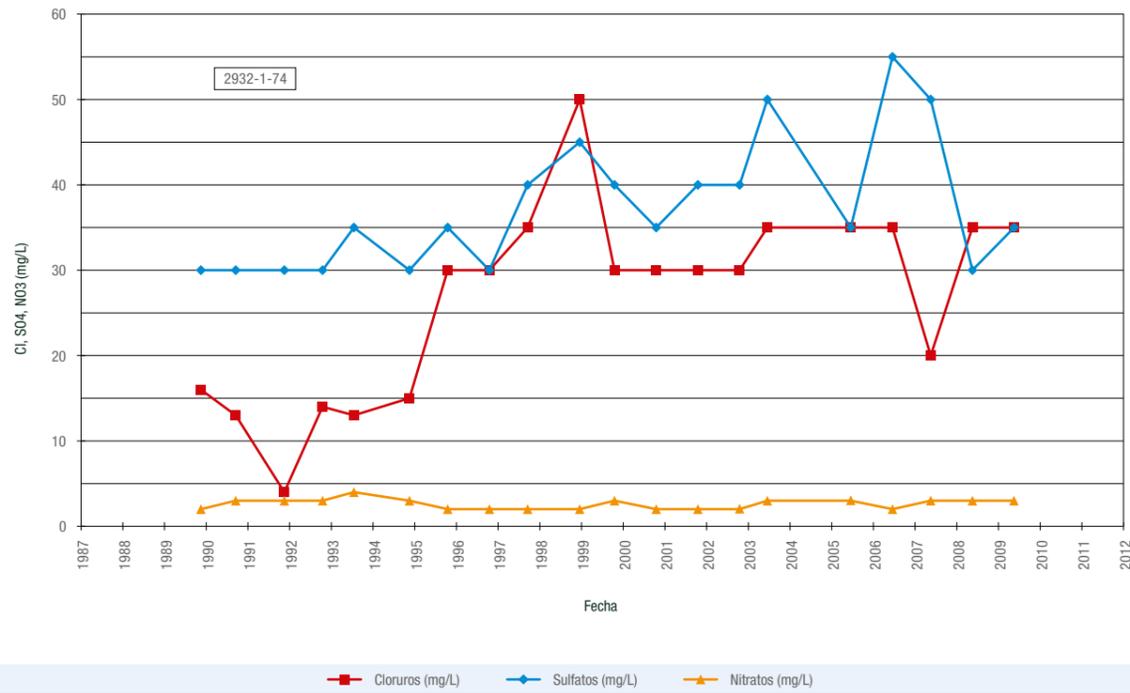


Figura 4.8. Evolución de la calidad del acuífero de Muro de Alcoy (Sector Muro de Alcoy *sensu strictu*)

El agua se utiliza para suministro industrial y riego en Cocentaina, Muro de Alcoy y Alcocer de Planes (solo regadío) y abastecimiento a Cocentaina.

En cuanto a las reservas útiles, aunque es un concepto de discutible aplicación en este acuífero ya que descensos significativos del nivel piezométrico en el sector de Muro provocarían el

secado de los manantiales y la interrupción de la alimentación al sector de la Margen izquierda del Serpis, como se observa en la figura adjunta podrían alcanzar valores próximos a 20 hm³ sin afectar de manera relevante a las captaciones significativas del acuífero, lo que resulta de interés como capacidad estratégica en caso de fenómenos climáticos extremos.

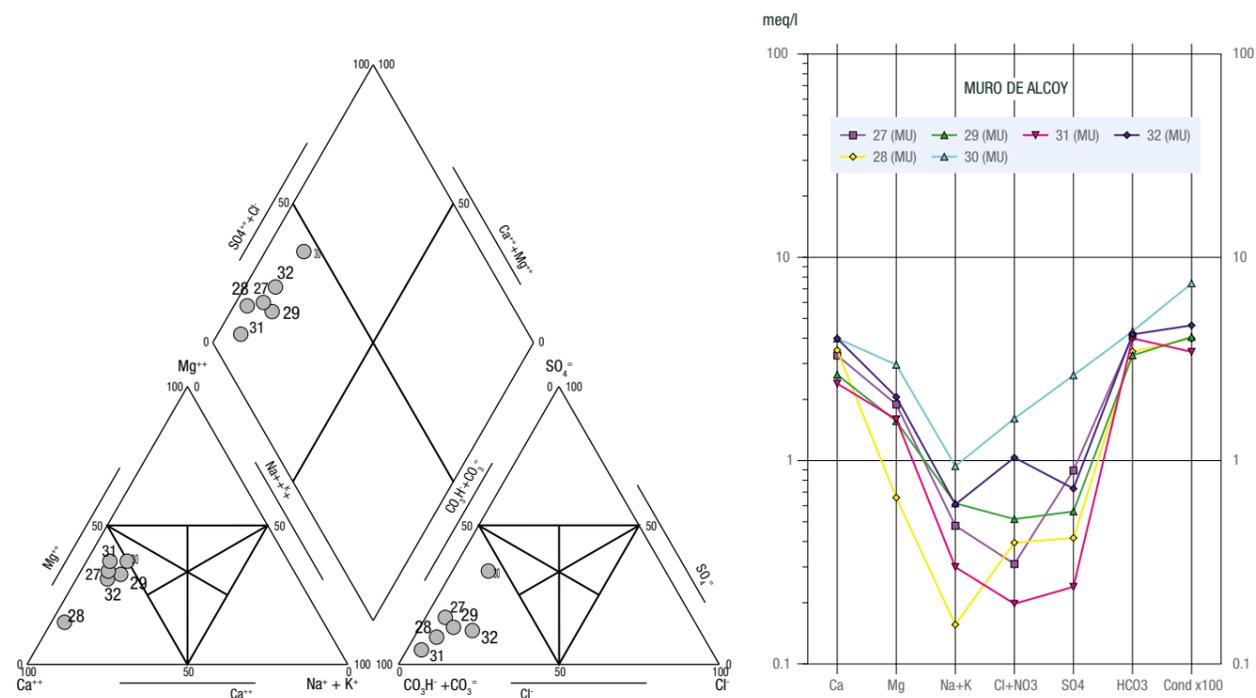


Figura 4.9. Diagrama de Piper y diagrama logarítmico de los análisis de aguas del acuífero de Muro de Alcoy

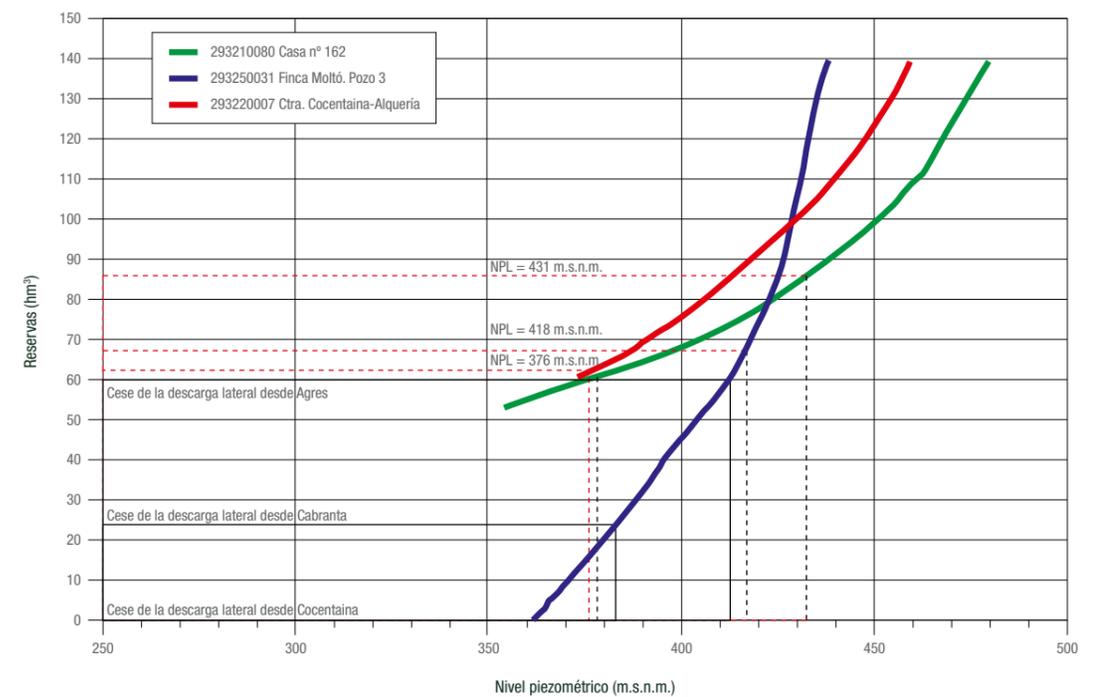


Figura 4.10. Curvas de llenado del acuífero para pozos del acuífero



Río Serpis a su paso por L'Alquería d'Asnar, que recibe las salidas del Cuaternario de la Margen Izquierda



Aliviadero, que descarga al río Serpis, de una galería de captación para abastecimiento a L'Alquería. En la vista frontal se aprecia que la salida se produce por el contacto entre los materiales impermeables del Tap y los cuaternarios de las terrazas fluviales suprayacentes.

Cuaternario de la Margen Izquierda del río Serpis

Con una superficie aflorante de 11,54 Km², está constituido por terrazas y depósitos aluviales de peores características hidráulicas que los del sector occidental descrito anteriormente. Además, el espesor del Cuaternario disminuye considerablemente, por lo que la trasmisividad es más baja. Sus límites quedan establecidos del modo siguiente:

- El límite septentrional es una continuación del mismo límite en el Cuaternario de Muro de Alcoy.
- El límite meridional se sitúa inmediatamente al sur de Cocentaina y está determinado por los afloramientos margosos del Mioceno.
- El límite occidental coincide con el límite oriental del Cuaternario de Muro de Alcoy.

En la piezometría del acuífero se aprecia un sentido de flujo general oeste-este. A partir del límite occidental, determinado por la alineación de baja transmisividad Cocentaina-Muro de Alcoy, se observa un flujo subterráneo hacia el río Serpis, localizándose las cotas piezométricas inferiores en la zona de L'Alquería d'Asnar (unos 350 m s.n.m.).

Para este sector acuífero se estima una recarga media anual por lluvia del orden de 0,35 hm³/año, que se drenan, junto con la transferencia procedente del sector Cuaternario de Muro de Alcoy (0,54 hm³/año), hacia el río Serpis a través de diversas surgencias (unos 0,52 hm³/año), aunque en los últimos años, debido a



Pozo Sequiot. Abastecimiento a la localidad de L'Alquería d'Asnar

la drástica disminución de las explotaciones en el acuífero de Muro, la recarga lateral media pudo incrementarse hasta 1,59 hm³/año, aumentando en consecuencia el drenaje hacia el Río Serpis. El resto de la recarga, 0,37 hm³/año, es captado mediante pozos y galerías, para abastecimiento al municipio de L'Alquería d'Asnar y suministro a industrias de Cocentaina.

Las aguas subterráneas al ir circulando en el acuífero en sentido oeste-este se cargan en sales, observándose ya en este sector facies de tipo bicarbonatada-sulfatada cálcico-magnésicas con conductividades eléctricas que superan los valores detectados en el sector acuífero Cuaternario de Muro de Alcoy. La calidad del agua es adecuada para los usos agrícolas e industriales, aunque no es potable por el contenido en nitratos, cuya concentración a menudo supera ligeramente la máxima admisible.

El agua se utiliza, previa potabilización, en el abastecimiento de L'Alquería d'Asnar y directamente en el suministro a la industria en Cocentaina y L'Alquería.

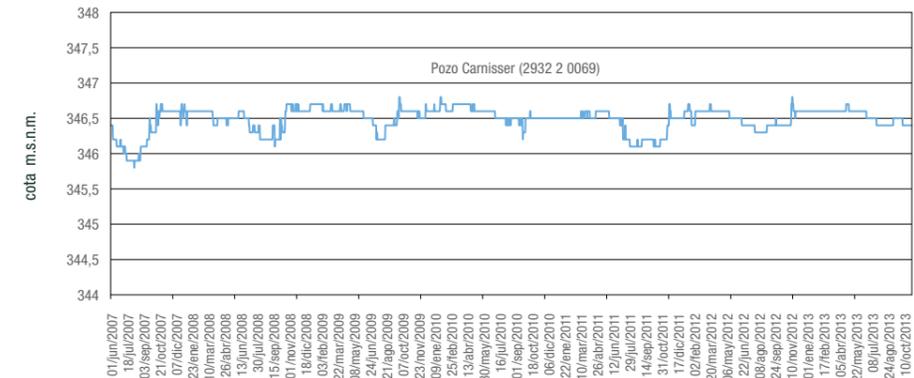


Figura 4.11. (arriba) Evolución piezométrica del acuífero Cuaternario del Serpis y Figura 4.12. (abajo) Evolución de calidad química del acuífero Cuaternario del Serpis



Afloramientos de los tramos permeables de los acuíferos terciarios de Reconco, Onil y Pinar de la Umbría. En primer plano, detrítico cuaternario de la Hoya de Castalla

RECONCO

El acuífero del Reconco localizado al oeste de Onil, presenta una superficie permeable de 6,1 km² de un total aflorante de aproximadamente 7 Km² (6,84km²).

Para el acuífero de Reconco se tiene una precipitación media de 417 mm/año de los que se infiltran 82 mm/año (19,7%). La tasa de infiltración es inferior a la obtenida en el estudio hidrometeorológico debido a la litología aflorante, de calizas arenosas, algo arcillosas, del Mioceno.

Las formaciones permeables que lo constituyen son: calizas del Eoceno y calizas del Tortoniense (Mioceno). El impermeable de muro está compuesto por las margas limosas verdes del Paleoceno y/o las margas verdes rojizas del Eoceno medio, que hacen de límite cerrado por el oeste y por el sur, aunque existen sectores meridionales que permiten la conexión hidráulica con el detrítico de la Hoya de Castalla. El límite oriental viene marcado por las margas del Tap 2 del Mioceno, y todo el septentrional por el contacto mecá-

nico cerrado con las margas del Tap 1 (Mioceno), en la parte más oriental, y de nuevo con las margas blanquecinas en facies Tap 2 serravalienses (Mioceno) en el resto occidental.

El acuífero de Reconco tiene sus salidas por los manantiales 2833 2 0015 y 2833 2 0021 y hacia el detrítico de la Hoya de Castalla. Hasta hace 7 años se explotaba también mediante los pozos 2833 2 0016 y 2833 2 0060 con un caudal de unos 44.000 m³/año. Actualmente se ha reducido a unos 10.400 m³/año para regadío.

El balance hídrico medio se indica a continuación (DPA, 2007):

Entradas (hm ³ /año)	
Infiltración de lluvia.....	0,50
Total entradas	0,50
Salidas (hm ³ /año)	
Surgencias.....	0,09
Bombeos.....	0,01
Transferencias laterales subterráneas a Hoya de Castalla.	0,40
Total salidas	0,50

El agua de los manantiales y pozos se utiliza para regadío en la Hoya de Castalla.

Respecto a la calidad, uno de los puntos muestreados presenta facies *bicarbonatada cálcico-magnésica* (500 μS/cm) y el sondeo "Basalos nº 1" (20) facies *sulfatada-clorurada cálcico-sódica* (1.300 μS/cm). Este punto tiene un mayor contenido en todos los iones analizados. Su representación gráfica se encuentra en la figura del acuífero de Onil (figura 4.14).

PINAR DE LA UMBRÍA

El acuífero de Pinar de la Umbría presenta una superficie aflorante de 2,83 km², permeable en su totalidad. Se compone de calizas arenosas miocenas, plegadas en un sinclinal, a cuyo muro se encuentran las margas blanquecinas del Tap 2 Serravaliense (Mioceno), que hacen de impermeable de base.

La precipitación media es de 425 mm/año para Pinar de la Umbría, de los que 123,7 mm/año, respectivamente, se infiltran. La aportación total media al acuífero es de 0,35 hm³/año (29,1% de la precipitación media), cifra similar a la obtenida del estudio hidrometeorológico, con valor de lluvia útil idéntico al obtenido en el límite de Salt-San Cristóbal.

En lo que respecta a sus límites hidrogeológicos, el septentrional, de orientación suroeste-noreste, es un contacto discordante con las margas blanquecinas del Tap 1 Burdigaliense (Mioceno) y el meridional es mecánico, tectoestructuralmente cerrado, y contacta con las citadas margas blan-

quecinas burdigalienses, las margas salmón oligocenas, las margas verde rojizas eocenas y las facies triásicas impermeables. Por el este, está limitado por el impermeable de base y por el oeste el contacto mecánico con las arcillas triásicas subyacentes a las calizas con nummulites del Eoceno y con las margas blanquecinas en facies Tap 1 (Burdigaliense-Langhiense). Todos los límites son cerrados aunque no se descarta la existencia de salidas ocultas hacia el acuífero de Onil.

Como se ha indicado la infiltración de la lluvia supone una entrada de 0,35 hm³/año y las únicas salidas se deben a surgencias difusas, que se estiman también en 0,35 hm³/año, sin descartar que recarge lateralmente al acuífero limítrofe de Onil.



Hoya de Castalla, limitada al norte por las sierras de Reconco y Onil

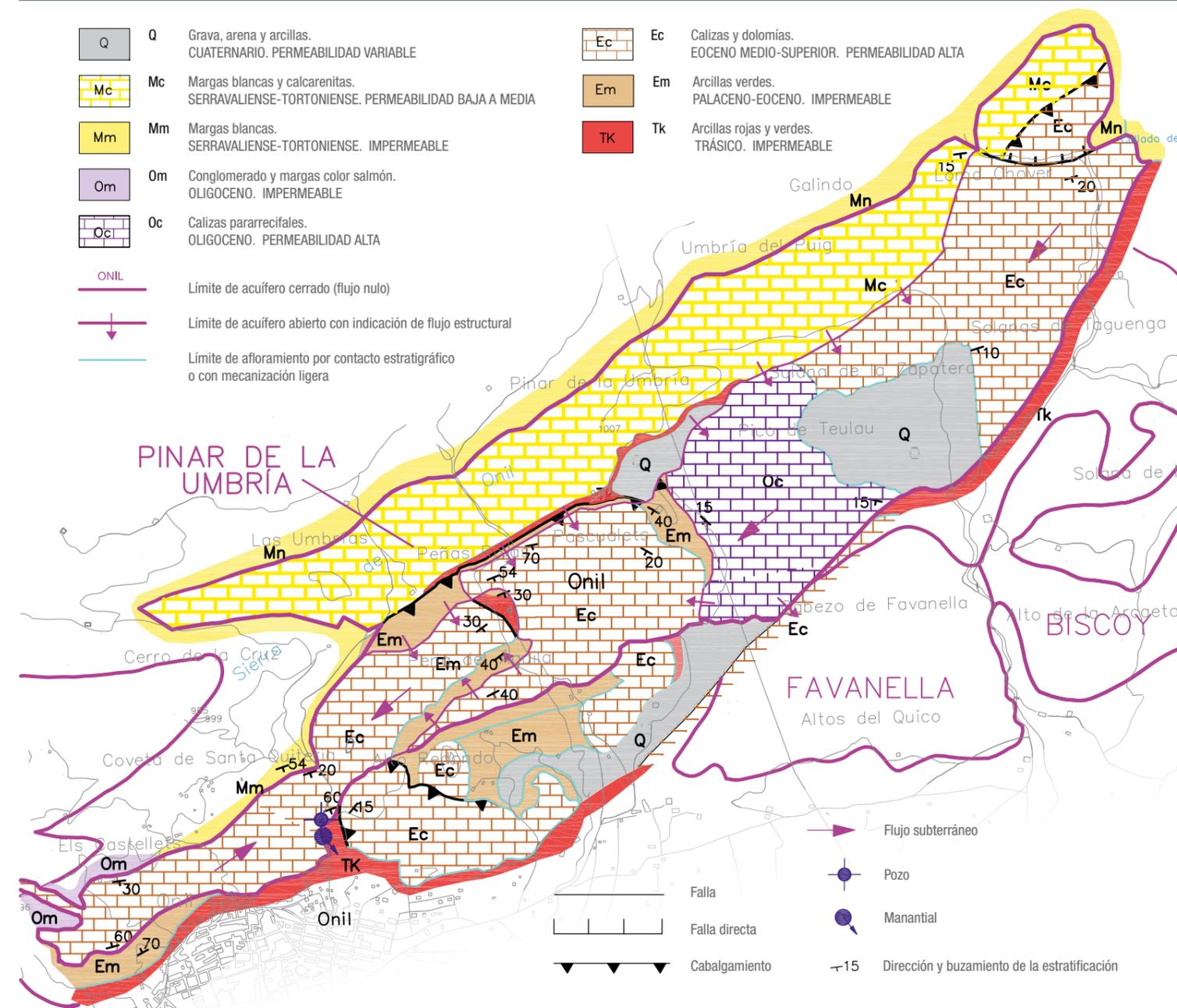
ONIL

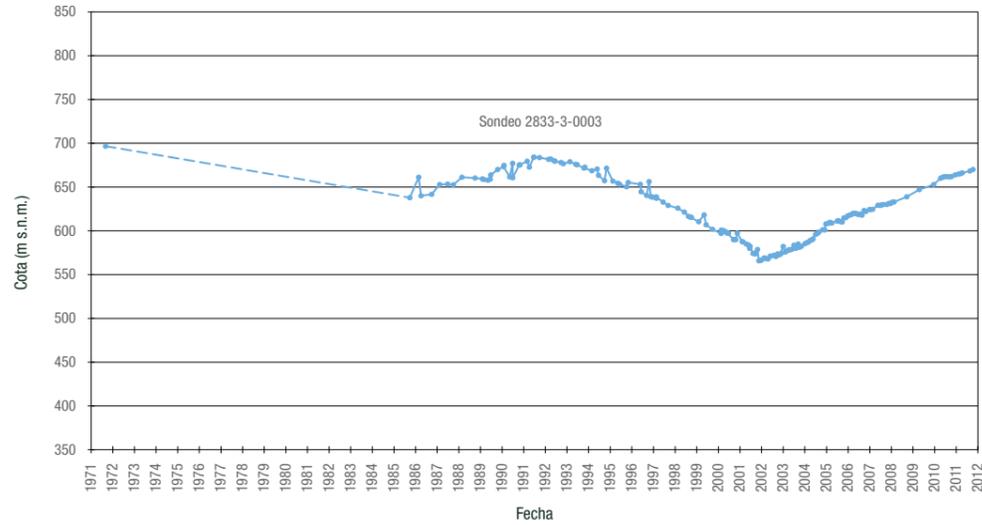
El acuífero de Onil se extiende al noreste de la localidad de Onil, con una superficie total aflorante de 4,04 Km² de los que 2,8 son permeables. Está formado por calizas del Eoceno superior y calizas masivas y calcarenitas del Tortonense. Su base impermeable está formada por las margas limosas verdes del Paleoceno.

De los 425 mm/año medio de precipitación sobre el acuífero se infiltran unos 125 mm/año (29,4%), siendo este comportamiento similar al de los acuíferos de Salt San Cristóbal y Pinar de la Umbría.

Sus límites hidrogeológicos cerrados son: el septentrional, definido por la fractura que pone en contacto el acuífero con los materiales margosos del Mioceno y el propio impermeable de base; el occidental lo forman los depósitos de margas blanquecinas Serravalienses, Tap 2 (Mioceno), y las margas verdes-rojizas del Eoceno medio; y los límites meridional y oriental se definen por el contacto mecánico con las margas paleocenas y con los afloramientos impermeables en facies Keuper. Ya se ha comentado que no se descarta la conexión hidráulica con el acuífero de Pinar de la Umbría.

Mapa hidrogeológico del acuífero de Onil





Evolución piezométrica del acuífero de Onil

El acuífero se recarga por infiltración de la lluvia y su descarga se realiza por bombeo para abastecimiento a Onil. En régimen natural el acuífero de Onil descargaba por el manantial 2833 3 0006, actualmente seco, explotándose a través del pozo de abastecimiento 2833 3 0003.

disminuye significativamente, descendiendo a 0,23 hm³/año en 2010-12 y bajando a 0,06 en 2012-13 lo que ha permitido la recuperación del acuífero hasta el punto de que han vuelto a aparecer surgencias precursoras del renacimiento del manantial.

(Entre octubre de 2012 y septiembre de 2013 la explotación se redujo hasta los 0,05 hm³)

Total salidas 0,10

Recuperación de reservas 0,25
(En el último año alcanzará los 0,3 hm³)

Estuvo sobreexplotado por un bombeo de unos 0,5 Hm³/año, superior a la recarga media hasta el año 2002 en que se redujo drásticamente la extracción gracias a la incorporación al abastecimiento del pozo complementario Las Nieves construido en Pinar de Camús. A partir del año 2003, la explotación

El balance hídrico medio actual se indica a continuación:

Entradas (hm³/año)

Infiltración de lluvia..... 0,35

Total entradas..... 0,35

Salidas (hm³/año)

Bombeos..... 0,10

Las aguas del acuífero presentan una facies principal bicarbonatada cálcico-magnésica con valores de conductividad eléctrica del orden de 500 µS/cm., de buena calidad para abastecimiento.

El punto muestreado (23) presenta facies bicarbonatada cálcico-magnésica (500 µS/cm) (figura 4.14).



Sondeo "Barranco de La Escalera" (2832 3 0003)

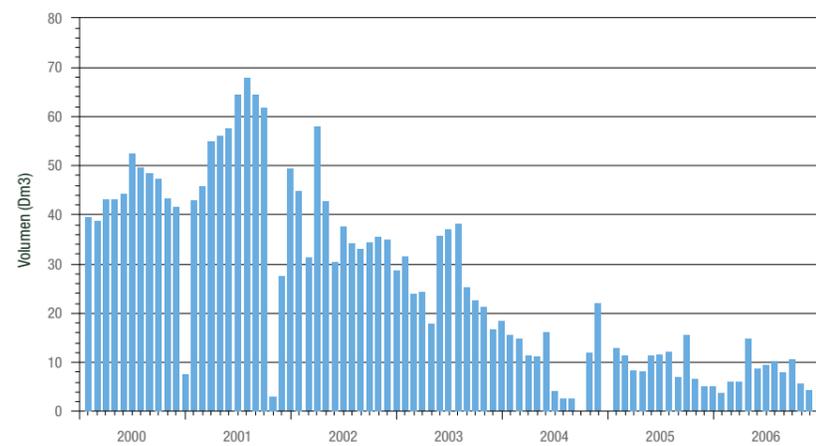
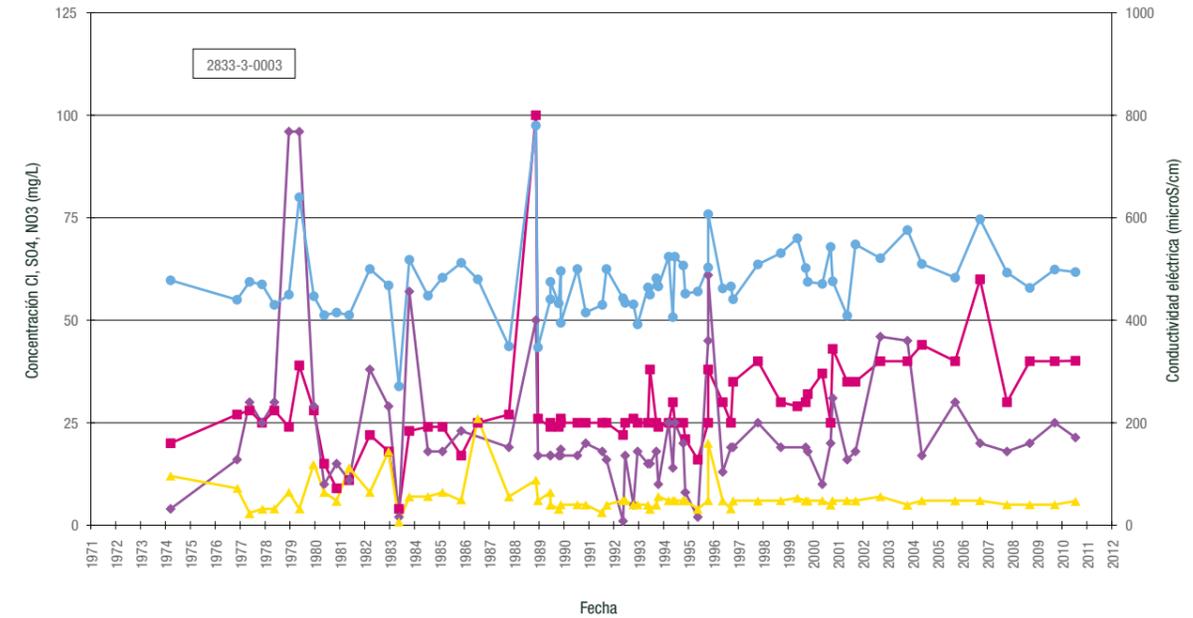


Figura 4.13. Explotación acumulada en el acuífero de Onil para el período 2000-06



Evolución de la calidad del acuífero de Onil

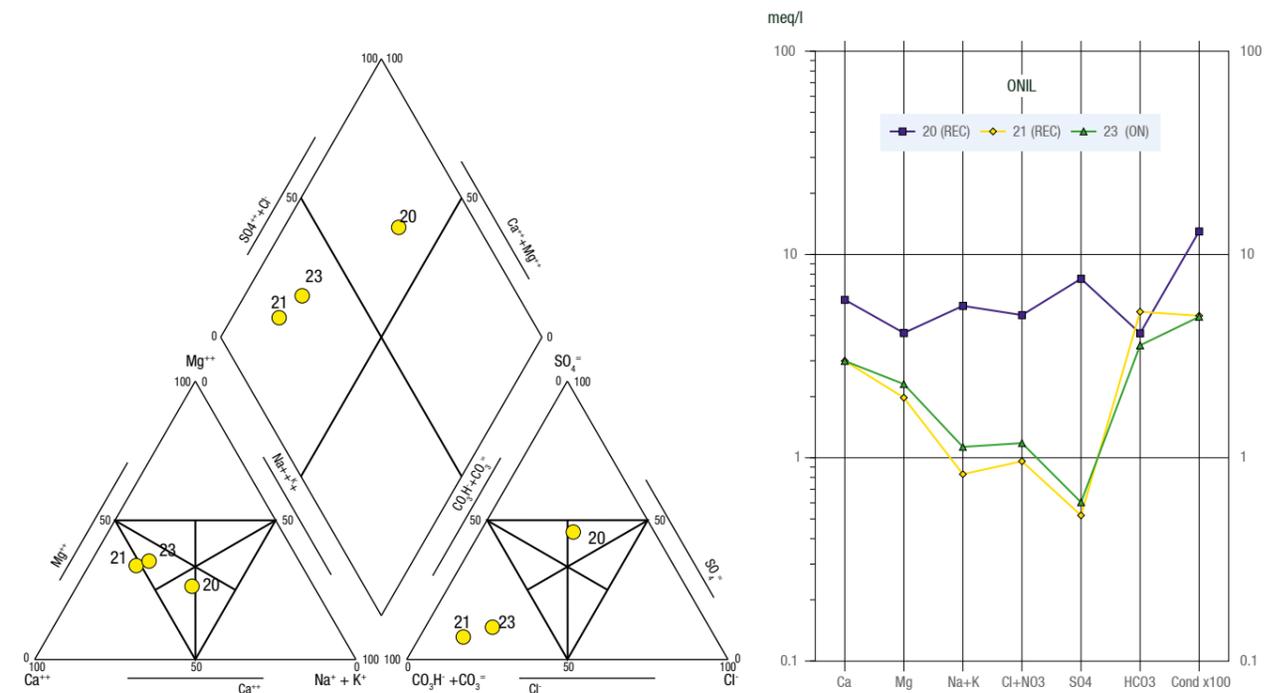


Figura 4.14. Diagrama de Piper y diagrama logarítmico de los análisis de aguas de los acuíferos de Onil y Reconco

FAVANELLA

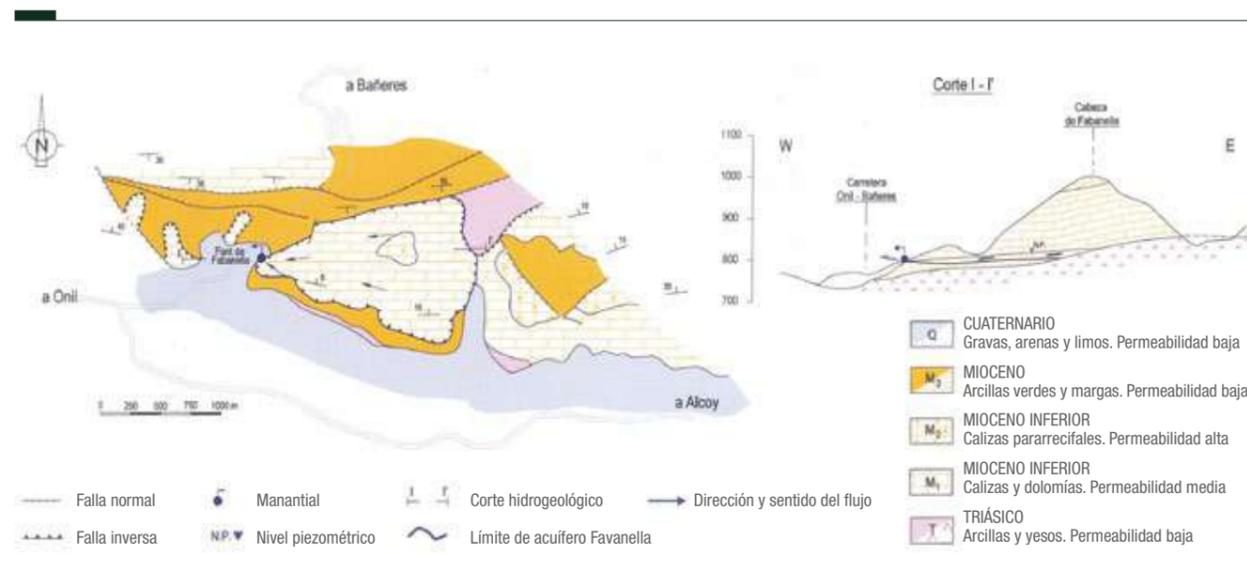
El acuífero de Favarella se sitúa al sureste del acuífero de Onil y abarca el relieve del cabezo homónimo, con unos 1,5 km² de superficie aflorante permeable. Se trata de un pequeño sistema constituido por calizas y dolomías del Eoceno y Oligoceno, que se estructuran en un suave sinclinal formado por el resalte topográfico del cabezo de Favarella. El espesor de la formación acuífera se encuentra entre 100 y 200 m, según las zonas, y el impermeable de base está constituido por las arcillas verdes situadas a muro estratigráfico del conjunto carbonatado.

Los límites del sistema son: al norte, margas del Mioceno superior y, en el sector nordeste, las formaciones evaporíticas del diapiro triásico de Onil, y en todo el borde sur, las arcillas impermeables de base.

La descarga del acuífero se produce a través de la Fuente de Favarella (2833 3 0025) a 760 m.s.n.m., estimándose en 0,13 hm³/año de valor medio, al igual que su recarga por infiltración de lluvia, valor prácticamente coincidente con el estimado por medio del cálculo hidrometeorológico.

Su agua subterránea presenta una facies bicarbonatada cálcico-magnésica de mineralización media (500 µS/cm), con contenidos bajos en especies nitrogenadas, lo cual es indicativo de la inexistencia de afección por las actividades agrícolas. Se trata de un agua de excelente calidad química, tanto para riego como para abastecimiento, pues cumple las condiciones establecidas por el RD 140/2003.

Se utiliza en riego en la Hoya de Castilla y abastecimiento al área recreativa de la casa Tápena en Onil.



Esquema hidrogeológico del acuífero de Favarella

BISCOY

Al este del relieve del cabezo de Favarella y al noreste de la población de Onil, se define el acuífero de Biscoy, cuya superficie total y aflorante está en torno a los 3 km², que corresponden a afloramiento permeable. Está formado por las calizas del Eoceno y su base impermeable está constituida por las arcillas del Paleoceno (figura 3.1).

Sus límites hidrogeológicos son: al norte, las arcillas del Keuper, el

impermeable de base y las margas del Mioceno; al este, los afloramientos del Keuper; el sur y oeste vienen definidos por el impermeable de base. Por tanto, todos sus límites son cerrados si bien el acuífero se encuentra en parte recubierto por materiales cuaternarios.

El acuífero de Biscoy presenta un único punto de descarga, el manantial de la Arcá (2833 3 0007) a 801 m.s.n.m. con

unas aportaciones medias estimadas en 0,2 hm³/año, utilizado para riego en la Hoya de Castalla.

En este caso la recarga estimada resulta un 40% inferior a la calculada en el epígrafe 3.2, por lo que probablemente sea mayor ya que no existe control hidrométrico de la descarga y los datos esporádicos disponibles no suelen corresponder a las puntas de caudal tras lluvias.

SALT SAN CRISTÓBAL

Se ubica en una banda SO-NE al oeste de la población de Alcoy, por la que además discurre el cauce del río Polop. El acuífero de Baradello, suprayacente al anterior, se localiza al oeste de la misma población.

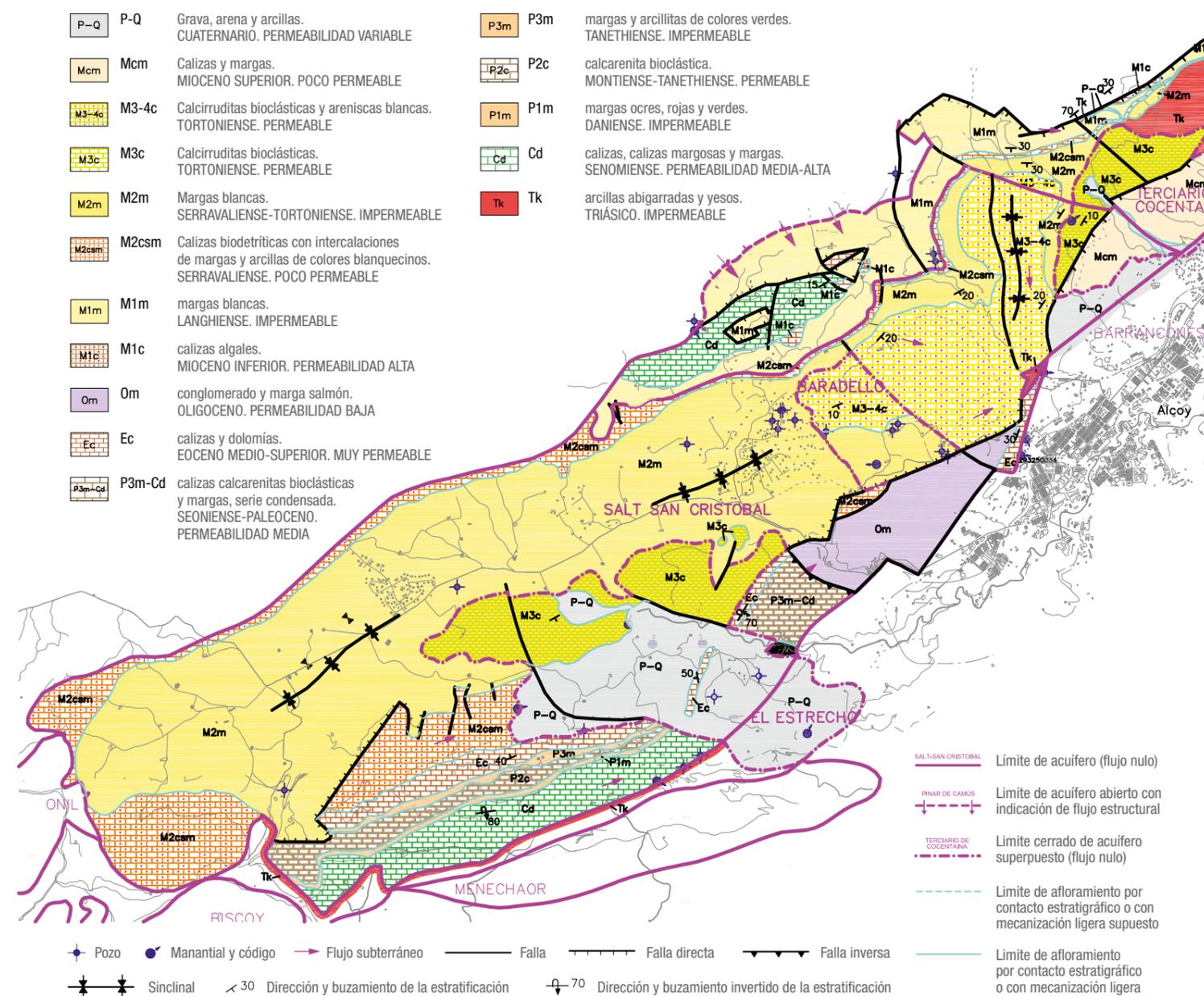
La superficie total que comprende el acuífero de Salt San Cristóbal está en torno a los 53,54 km², con una superficie aflorante de 38,06 km², de la que un 34% es permeable (13 km²).

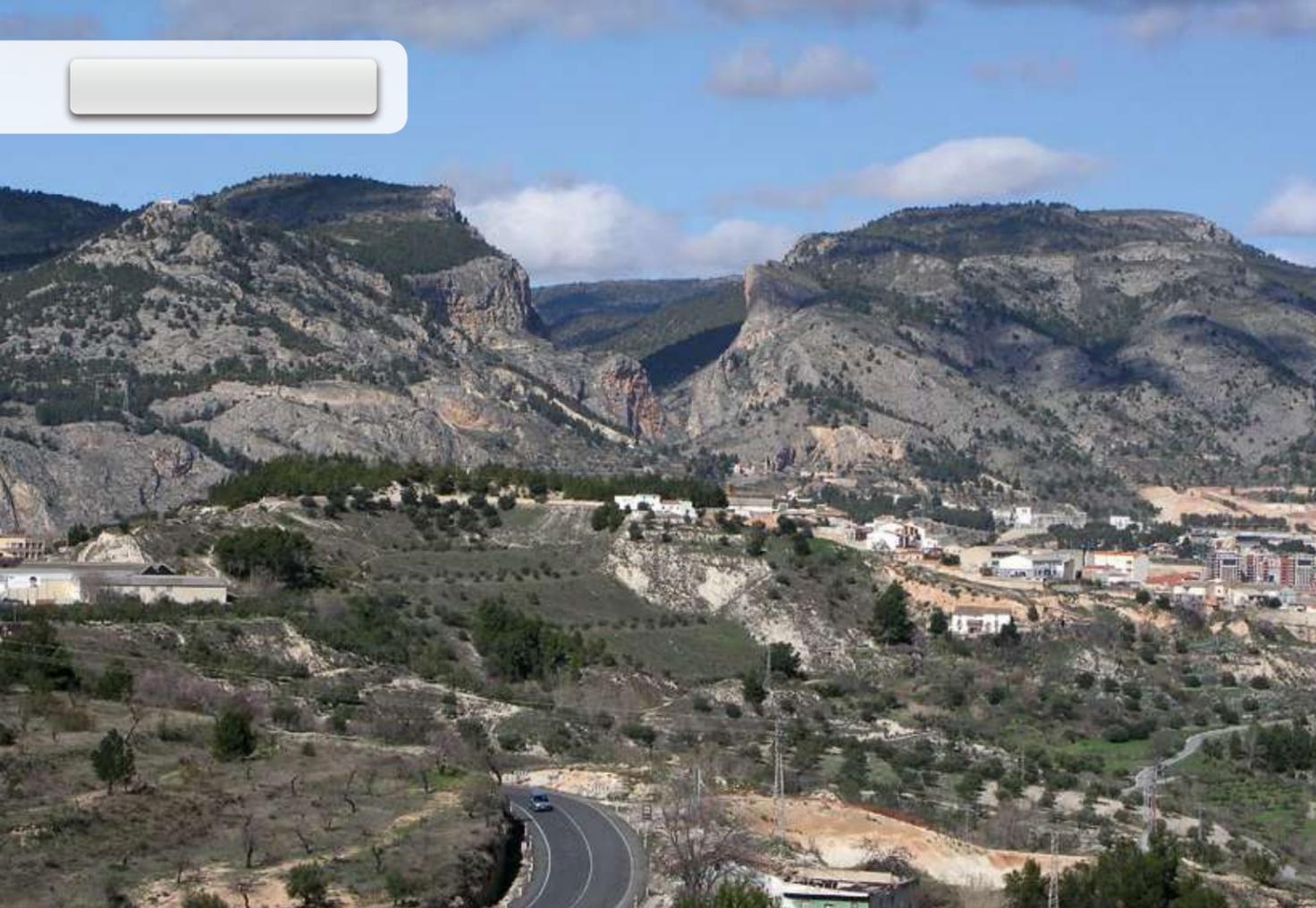
Las formaciones permeables que lo configuran de muro a techo son: calizas grises con nummulites del Eoceno inferior, su potencia supera los 30 m, calizas blancas o grises con nummulites del Eoceno superior, pueden superar los 100 m, calizas blancas de rodófitas del Aquitaniense y calizas masivas del Tortoniense, estas últimas de hasta 200 m de espesor. Las calizas y margas senonienses afloran en los límites norte y sur del acuífero,

dolomitizadas al norte se van haciendo progresivamente impermeables a medida que se avanza al sur y aumenta el contenido en margas.

Estas formaciones se disponen en profundidad siguiendo una estructura sinclinal de dirección este-oeste; se presentan en su mayor parte confinadas, aflorando sólo como franjas longitudinales al norte y al sur del acuífero siguiendo los flancos del citado sinclinal.

Mapa hidrogeológico de Salt-San Cristóbal, Baradello, El Estrecho y Terciario de Cocentaina





Vista de las calizas miocenas del acuífero de Salt San Cristóbal (Barranco del Sinc)

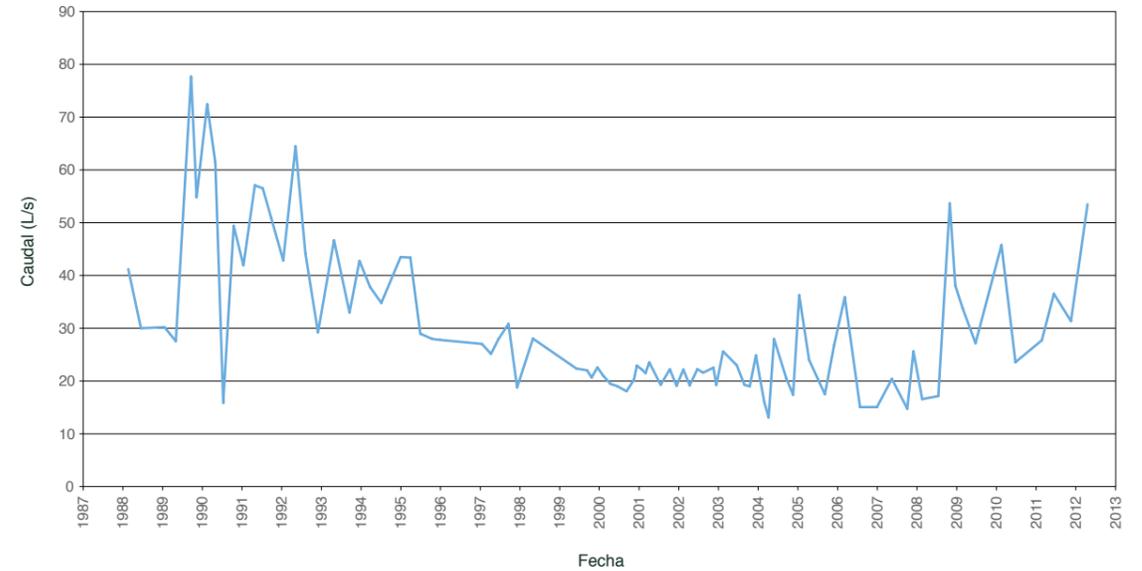
El impermeable de base está formado por las margas limosas del Cretácico superior-Paleoceno. A techo los sedimentos margosos de la facies Tap 1 ejercen de impermeable superior.

Sus límites hidrogeológicos laterales son: el suroeste, cerrado por el levantamiento del impermeable de base, mientras que el tramo sur también lo es pero, en esta ocasión, debido a la presencia de materiales arcillosos de las facies Keuper, que también sellan el límite suroeste-noreste meridional alternándose con las margas limosas del muro del acuífero. El norte, en su extremo oriental, es cerrado y se define por una falla que lo separa del acuífero de Cocentaina, a favor de la cual vuelven a extruir las litologías imper-

meables del Keuper. Por último, el borde de orientación suroeste-noreste septentrional es cerrado a causa del afloramiento de las margas limosas de la base del acuífero.

La principal salida del acuífero de Salt San Cristóbal la constituye el manantial del Xorrador (2932 5 0001) a una cota de 623 m.s.n.m. El resto del acuífero se mantiene por encima de los 700 m.s.n.m. Por tanto, el flujo principal del acuífero debe dirigirse hacia este único punto de descarga, en dirección SO-NE.

Font de Xorrador. En la galería se observa la escala limnimétrica y la sonda de nivel instaladas por el Ciclo Hídrico de la DPA para el control hidrométrico de la surgencia



Xorrador (Alcoy)

Evolucion de caudales del acuífero de Salt-San Cristóbal

En la actualidad, las cotas piezométricas disponibles reflejan un gradiente hidráulico elevado en el entorno del manantial del Xorrador, del 4%, si bien este pronunciado gradiente se amortigua considerablemente hacia el interior del acuífero.

La alimentación del acuífero se produce por infiltración del agua de lluvia. Su principal salida natural la constituye el citado manantial del Xorrador que abastece a Alcoy existiendo, además, captaciones de agua subterránea que abastecen a una industria, a urbanizaciones y comunidades de la zona.

Sobre Salt San Cristóbal la precipitación media caída en el periodo 1955-05 es de 462 mm/año, de los que 107,7 mm/año se infiltran. La aportación total media al acuífero es de 1,40 hm³/año (23% de la precipitación media). Estas cifras son inferiores a las obtenidas mediante el balance hidrometeorológico, lo que puede

ser debido a que éste contempla unos parámetros de almacenamiento en el suelo que han sido calibrados para los acuíferos para los que existe modelo de flujo. En dichos acuíferos afloran materiales mesozoicos, mientras que en Salt San Cristóbal se trata de miocenos, menos favorables a la recarga.

El balance hídrico medio se indica a continuación

Entradas (hm ³ /año)	
Infiltración de lluvia.....	1,40
Total entradas	1,40

Salidas (hm ³ /año)	
Surgencias.....	1,10
Bombes.....	0,30
Total salidas	1,40

El agua se utiliza para el abastecimiento a Alcoy, a urbanizaciones de la zona, en pequeños regadíos domésticos y suministro a una industria.

El agua de las surgencias presenta facies hidroquímica bicarbonatada cálcica, mientras que los sondeos, que captan el acuífero en profundidad, tienen mayor contenido de sulfatos. Para el caso de los manantiales, se trata de un agua de excelente calidad química, pues cumple el RD 140/2003, de 7 de febrero de aguas para consumo humano, tanto para abastecimiento como para usos agrícolas.

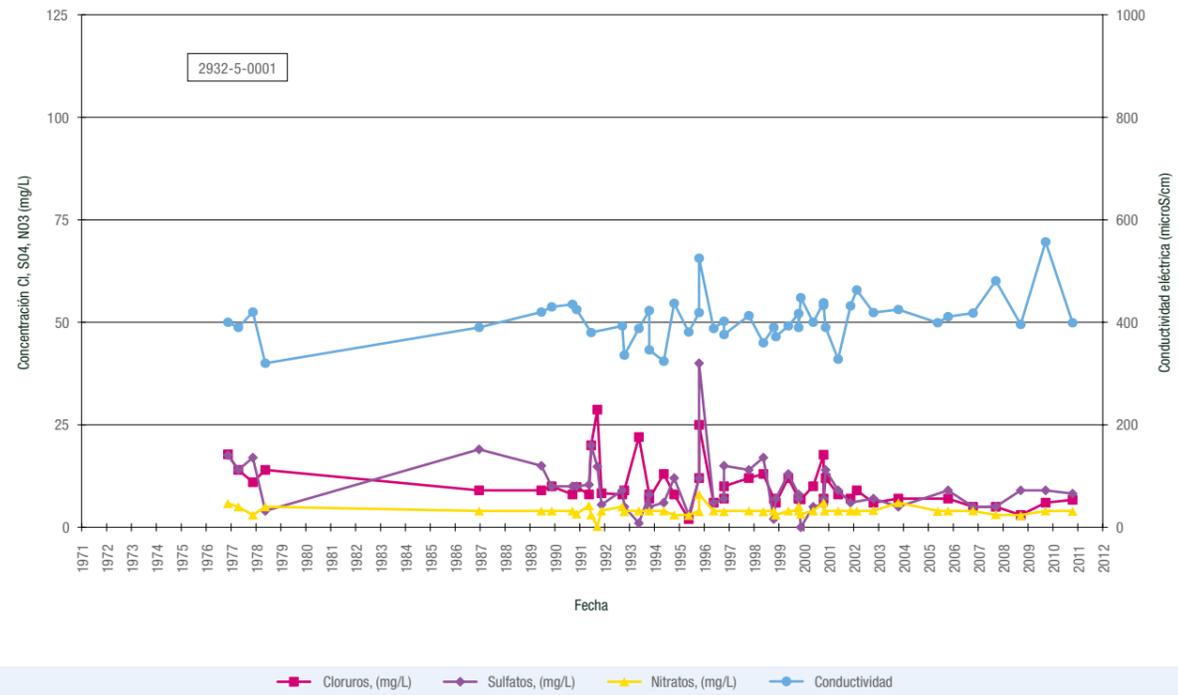


Figura 4.15. Evolución de la calidad del acuífero del Salt-Sant Cristóbal

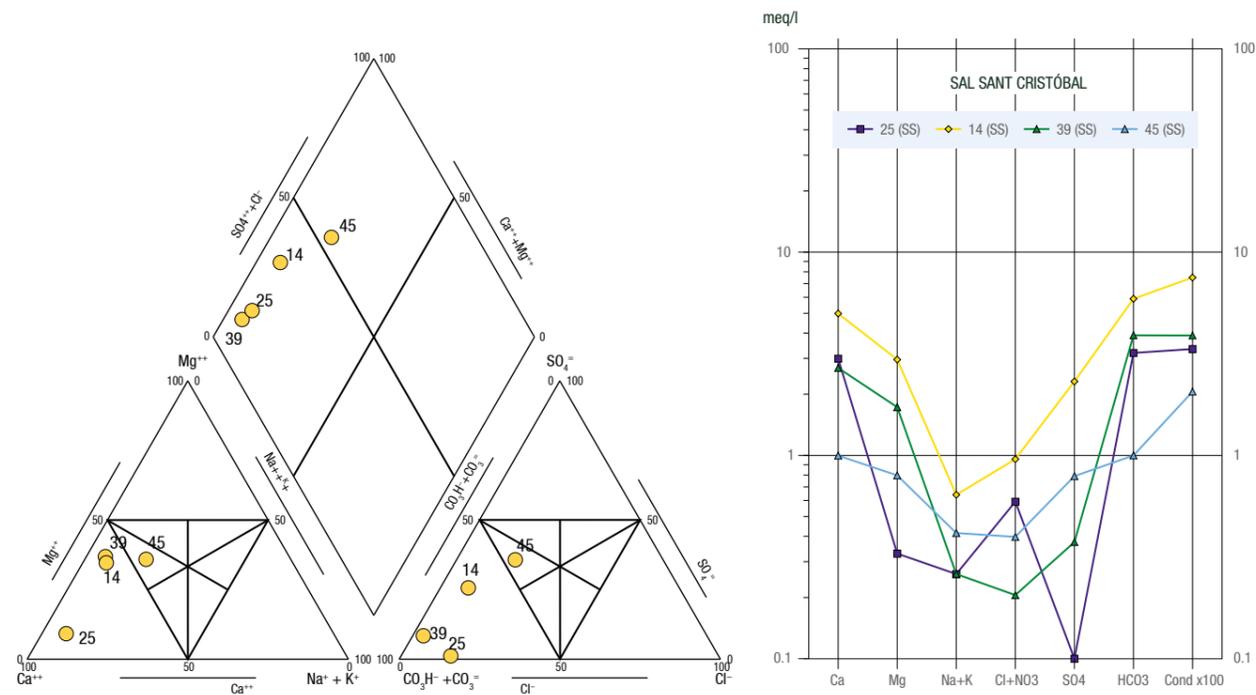


Figura 4.16. Diagrama de Piper y diagrama logarítmico de los análisis de aguas del acuífero de Salt San Cristóbal



Entorno de Els Canalons (Río Polop)



Bajada Río Polop



Els Canalons (Río Polop)

BARADELLO

El acuífero de Baradello tiene una dimensión total y aflorante de 1,6 km², de los cuales 0,8 km² corresponden a afloramientos permeables.

Está formado por calizas conglomeráticas y arenosas miocenas (Langhienense-Serravallense), cuyo impermeable de base son las formaciones impermeables de margas blanquecinas y calizas arenoso-limosas del Burdigaliense (facies Tap). Todos sus límites hidrogeológicos laterales son cerrados ya que están definidos por los afloramientos del impermeable de base. Se trata de un sistema aislado que, en régimen natural, descarga por la Fuente de Baradello (2932 5 0006)

En cuanto a la recarga del acuífero, la precipitación media caída sobre los 0,8 Km² de afloramientos permeables es de 482 mm/año, de los que 50 mm/año (10%) se infiltran, por lo

que la aportación total al acuífero es de 0,04 hm³/año, del mismo orden que las extracciones que se realizan para el abastecimiento de algunas urbanizaciones y riegos domésticos a partir del manantial. Para este acuífero existe una discrepancia importante entre estos datos de recarga y los obtenidos por medios hidrometeorológicos, que se debe, al igual que en el caso anterior de Salt San Cristóbal, a la poca representatividad de los parámetros utilizados para el suelo en el caso de materiales miocenos aflorantes.

Desde el punto de vista piezométrico el acuífero de Baradello se diferencia del de Salt San Cristóbal por estar a cota más alta. Su principal punto de descarga natural lo constituye la Fuente de Baradello (2932 5 0006) a 792 m.s.n.m., 169 m por encima del Chorrador.

EL ESTRECHO

Se encuentra superpuesto al acuífero Salt San Cristóbal en su parte central. Las formaciones permeables que lo constituyen son de muro a techo: calcarenitas y areniscas (Tortonense), conglomerados y lutitas (Messiniense) y gravas, arenas y limos del Cuaternario. Sus afloramientos permeables son 6,93 km² sobre un total de 7,84 km². En este caso, el impermeable de base, que lo aísla del acuífero anterior, lo constituyen bien las intercalaciones lutíticas y/o margosas de la propia formación, bien las facies impermeables del Tap Serravallense sobre el que se asientan. Por tanto, todos sus límites hidrogeológicos son cerrados.

La recarga media se debe exclusivamente a la infiltración de agua de lluvia, 0,30 hm³/año, mientras que las salidas se deben a bombeos, 0,25 hm³/año y surgencias naturales 0,05 hm³/año. Como se ha comentado en apartados anteriores, los resultados del balance hidrometeorológico incluido en el epígrafe 3.2 difieren de los obtenidos mediante el balance hídrico dada las características de las formaciones que constituyen el acuífero, resultando poco representativos.

El agua se utiliza para usos domésticos en el diseminado de la zona y riego de pequeñas parcelas agrícolas.

TERCIARIO DE COCENTAINA

Con una superficie total coincidente con la superficie aflorante de 3,72 km², de la cual 1,2 km² es permeable, el acuífero Terciario de Cocentaina está constituido de muro a techo por las siguientes formaciones permeables: calizas blancas (Aquitaniense), calcarenitas y areniscas (Tortonense) y conglomerados y lutitas del Messiniense.

La alimentación se efectúa por la infiltración del agua de lluvia y la descarga por bombeos y a través de surgencias, quedando el balance hídrico medio así cuantificado:

Entradas (hm³/año)
Infiltración de lluvia..... 0,07
Total entradas 0,07

Salidas (hm³/año)
Surgencias..... 0,02 – 0,04 (*)
Bombeos..... 0,05 – 0,03 (*)
Total salidas 0,07

(*) La reducción de bombeo industrial por disminución de la construcción ha causado en los últimos años el incremento de caudal drenado por el manantial.

La utilización más relevante del agua se produce para abastecimiento a Cocentaina mediante el manantial de Palitzana, para suministro a una cantera de áridos y para abastecimiento a diseminados. El agua es de facies bicarbonatada cálcica-magnésica con calidad apta para los usos a que se destina.

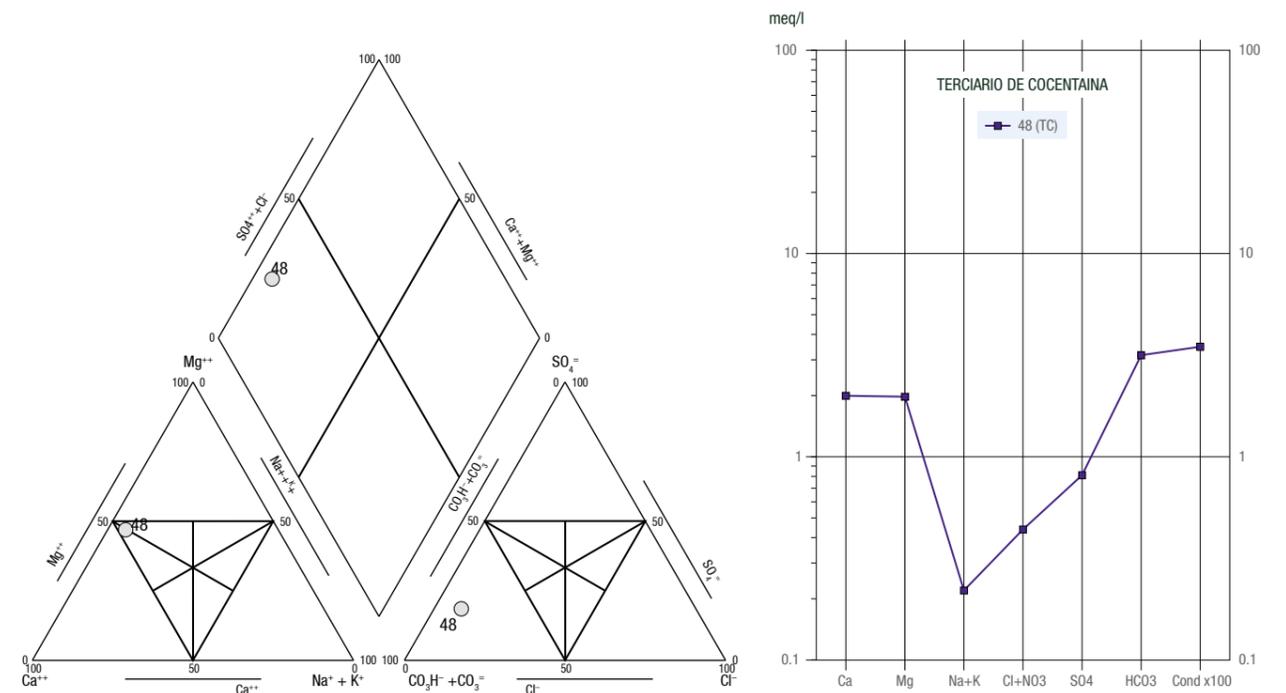


Figura 4.17. Diagrama de Piper y diagrama logarítmico de los análisis de aguas del acuífero Terciario de Cocentaina

5

HIDROQUÍMICA GENERAL Y EVOLUCIÓN



Para el análisis de las características hidroquímicas se ha partido de los análisis históricos almacenados en el Sistema de Información Hidrológica Provincial del Departamento de Ciclo Hídrico de la DPA, junto con el muestreo de 15 puntos (8 manantiales y 7 pozos) seleccionados por su representatividad hidrogeológica (**cuadro 5.1**), en dos campañas, julio de 2006 y marzo-abril de 2007, que se distribuyen en 11 acuíferos distintos del Sistema de Sierra Mariola

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO*	ACUÍFERO
283260003	GALERÍA PATIRÁS	M	FONTANELLA
283270002	FONT COVETA	M	PINAR DE CAMÚS
283270012	FTE. DEL SAPO	M	PINAR DE CAMÚS
283270019	LA RAMBLA II	P	PINAR DE CAMÚS
283320003	FIGUERAL	P	PINAR DE CAMÚS
283320008	PERINO	P	PINAR DE CAMÚS (ROSARIO)
283320039	ROSITA	P	CABRANTA
283330003	BCO. ESCALERA	P	ONIL
293210002	AZUD AGRES	M	AGRES
293210018	LAVADERO ERMITA	M	MURO DE ALCOY
293210074	LA LOMA	P	CABRANTA
293250001	XORRADOR	M	SALT SAN CRISTÓBAL
293250015	RIEGO L'ALCUDIA	M	COCENTAINA
293250020	BARRANC DEL SING	P	PINAR DE CAMÚS
293260018	ALCAVONET	M	COCENTAINA

*M: manantial; P: pozo

Cuadro 5.1. Relación de puntos muestreados para análisis químicos

Nº ORDEN	CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	FECHA		CL	SO ₄	HCO ₃	NO ₃	NA	MG	CA	K	SIO ₂	PH LAB	C.E. LAB
1	283240019	MANANTIAL DE LA CUEVA	MANANTIAL	03/11/1999	AGRES	6,6	0,0	268,0	0,0	3,2	15,2	80,5	0,62		7,9	424
2	283260002	LA EXTREMERA	MANANTIAL	20/03/2001	FONTANELLA	51,5	56,3	363,5	1,6	43,0	28,4	92,0	5,40			
3	283260003	GALERIA PATIRÁS	GALERÍA	03/04/2007	FONTANELLA	11,0	24,0	240,0	3,0	7,0	32,0	42,0	0,00	6,0	8,0	429
4	283270001	FONT COVETA	MANANTIAL	03/04/2007	PINAR DE CAMÚS	7,0	26,0	236,0	6,0	5,0	20,0	59,0	0,00	6,0	8,0	420
5	283270002	FONT DE LA COVETA	MANANTIAL	08/09/1992	PINAR DE CAMÚS	6,0	11,0	280,0	5,0	5,0	20,0	60,0	1,00		7,4	454
6	283270003	ULL DE CANALS (PENYA ROJA)	SONDEO	02/10/2003	PINAR DE CAMÚS	8,0	8,0	305,0	8,0	13,0	25,0	70,0	1,00	6,2	7,5	440
7	283270004	LA POZO EL PANTANETS	SONDEO	16/10/1990	BANYERES	11,0	7,0	220,2	8,7	4,6	24,0	40,0	0,78		8,0	320
8	283270012	FTE. DEL SAPO	MANANTIAL	03/04/2007	PINAR DE CAMÚS	11,0	31,0	260,0	14,0	7,0	26,0	65,0	0,00	6,0	8,0	492
9	283270013	PEÑA ROJA. ULL DE CANALS	SONDEO	02/11/1971	PINAR DE CAMÚS	7,0	0,0	287,0		3,0	24,0	60,0	0,00		7,3	420
10	283270019	LA RAMBLA II	SONDEO	21/03/2007	PINAR DE CAMÚS	7,0	23,0	280,0	5,0	6,0	30,0	57,0	1,00	8,0	7,9	453
11	283280001	FONT DEL BARXELL	MANANTIAL	11/10/1974	PINAR DE CAMÚS	39,7	9,6	295,9	3,5	20,9	23,1	66,1	1,40		8,1	519
12	283280010	CTRA. DE BAÑERES KM.12,5	SONDEO	21/05/1991	PINAR DE CAMÚS	23,0	17,0	287,0	10,9	16,1	24,0	60,0	0,78		7,4	460
13	283280015	BARXELL	SONDEO	06/10/2005	PINAR DE CAMÚS	9,0	7,0	375,0	5,0	6,0	30,0	80,0	1,00	7,7	8,0	325
14	283280028	EL CHIRINGUITO	SONDEO	21/05/1991	SALT SAN CRISTÓBAL	27,0	111,0	360,0	12,2	13,8	36,0	100,0	1,56		7,4	750
15	283320003	FIGUERAL	SONDEO	14/03/2007	PINAR DE CAMÚS	9,0	21,0	242,0	15,0	9,0	28,0	48,0	1,00	9,0	7,5	428
16	283320009	LA VIRGEN O SANTUARIO	POZO-GALERÍA	14/06/1991	PINAR DE CAMÚS	11,0	7,0	231,8	5,2	4,6	24,0	40,0	0,78		7,7	325
17	283320038	MANANTIAL DEL PUERTO	MANANTIAL CON GALERÍA	14/06/1991	PINAR DE CAMÚS	15,0	2,0	264,0	6,0	9,2	24,0	40,0	0,78		7,3	357
18	283320039	ROSITA Nº 2	SONDEO	22/03/2007	CABRANTA	32,0	414,0	250,0	1,0	20,0	66,0	158,0	4,00	14,0	7,4	1115
19	283320040	ROSITA	SONDEO	15/09/2005	CABRANTA	40,0	320,0	285,0	3,0	30,0	65,0	220,0	3,00		7,2	1065
20	283320048	BASALOS Nº 1	SONDEO	07/11/1990	RECONCO	170,0	365,0	250,0	15,0	125,0	50,0	120,0	6,00	13,0	6,6	1300
21	283320060	CAMPO DE TIRO	SONDEO	14/06/1991	RECONCO	31,0	25,0	319,0	5,4	18,4	24,0	60,0	1,17		8,0	500
22	283320062	POZO ANGELES	SONDEO	14/10/2003	CABRANTA	35,0	280,0	300,0	1,0	20,0	55,0	155,0	3,00	13,4	6,9	1230
23	283330003	BARRANCO DE LA ESCALERA	SONDEO	12/03/2007	ONIL	39,0	29,0	218,0	5,0	26,0	28,0	60,0	0,00	13,0	7,7	494
24	283330065	POZO LAS NIEVES	SONDEO	14/10/2003	PINAR DE CAMÚS	11,0	16,0	290,0	3,0	9,0	25,0	60,0	1,00		7,3	493
26	293210002	FUENTE DEL AZUD DE AGRES	MANANTIAL	03/04/2007	AGRES	5,0	25,0	185,0	2,0	4,0	8,0	56,0	0,00	4,0	8,0	357
27	293210007	POZO SAN ANTONIO	POZO EXCAVADO	10/10/1979	MURO DE ALCOY	11,0	43,0	250,0	0,0	11,0	23,0	66,0				
28	293210015	ELS FONTANARS	MANANTIAL	03/10/1996	MURO DE ALCOY	10,0	20,0	210,0	7,0	3,0	8,0	70,0	1,00		7,5	399
29	293210018	LAVADERO DE LA ERMITA	GALERÍA	03/04/2007	MURO DE ALCOY	16,0	27,0	201,0	4,0	13,0	19,0	53,0	2,00	16,0	8,5	406
30	293210019	EL CAÑARET	GALERÍA	12/06/1991	MURO DE ALCOY	31,0	126,2	264,0	45,7	16,1	36,0	80,0	9,36		7,0	745
31	293210024	POZO LA VIA-Nº 9 DEL SGOP	SONDEO	10/09/1973	MURO DE ALCOY	7,0	11,5	244,0		6,0	19,4	48,0	1,50		7,6	343
32	293210043	FIGUERAL 1	SONDEO	14/06/2005	MURO DE ALCOY	35,0	35,0	255,0	3,0	14,0	25,0	80,0	0,00	9,4	7,5	463
34	293210061	LA BORONA	SONDEO	14/06/2005	CABRANTA	14,0	50,0	275,0	3,0	8,0	30,0	75,0	1,00	11,3	7,5	482
35	293210070	POZO RACO REDAT - CONVENTO DE	SONDEO	13/10/2005	AGRES	6,0	12,0	255,0	3,0	3,0	10,0	85,0	1,00		7,7	354
36	293210071	POZO QUEROLA	SONDEO	04/10/2005	CABRANTA	18,0	59,0	295,0	2,0	12,0	30,0	80,0	2,00	13,9	7,5	498
37	293210074	LA LOMA	SONDEO	05/07/2006	CABRANTA	36,0	46,0	239,0	3,0	17,0	21,0	75,0	0,00	6,2	7,4	492
38	293210097	EL MAS DEL PRATS	SONDEO	09/06/1997	COCENTAINA	14,5	22,0	310,0	2,4	3,0	17,0	74,0	2,00	3,4	7,7	444
39	293250001	XORRADOR	MANANTIAL	15/03/2007	SALT SAN CRISTÓBAL	5,0	18,0	238,0	4,0	6,0	21,0	54,0	0,00	8,0	7,7	389
40	293250004	FUENTE SAN CRISTÓBAL	MANANTIAL	10/09/1973	COCENTAINA	7,0	0,0	256,2		3,9	19,4	56,1	2,30		7,0	400
41	293250015	RIEGO DE LA ALCUDIA VADERO	GALERÍA	03/04/2007	COCENTAINA	8,0	25,0	198,0	4,0	7,0	19,0	46,0	0,00	5,0	8,1	369
42	293250017	FUENTE DEL RIEGO CHICO	GALERÍA	02/10/2003	COCENTAINA	9,0	9,0	285,0	5,0	18,0	20,0	65,0	1,00	5,2	7,6	398
43	293250020	BARRANCO DEL SING	SONDEO	22/03/2007	PINAR DE CAMÚS	6,0	18,0	226,0	4,0	5,0	22,0	49,0	0,00	8,0	8,0	401
44	293250024	CASETA DE VILAPLANA	SONDEO	10/09/1973	PINAR DE CAMÚS	7,0	5,8	256,2		4,4	12,1	68,1	1,70		7,6	372
45	293250025	MAS DEL GARROFER	SONDEO	10/09/1973	SALT SAN CRISTÓBAL	14,1	38,0	61,0		6,6	9,7	20,0	5,00		8,1	206
46	293250026	VIVERS DE LA CANALETA O DE DAL	GALERÍA	12/01/2000	COCENTAINA	7,8	0,0	256,0	3,3	4,9	18,2	53,4	0,59		7,6	421
47	293250036	MASIA DEL SARGENTO	SONDEO	12/06/1991	PINAR DE CAMÚS	8,0	42,0	188,0	4,6	4,6	24,0	40,0	0,78		7,6	340
48	293250050	CASTILLO-SAN CRISTOBAL	SONDEO	11/06/1991	TERC. COCENTAINA	12,0	39,0	192,8	6,2	4,6	24,0	40,0	0,78		7,7	348
49	293260018	ALCAVONET	MANANTIAL	03/04/2007	COCENTAINA	16,0	36,0	238,0	10,0	11,0	24,0	60,0	3,00	6,0	8,0	466

Cuadro 5.2. Concentraciones iónicas (mg/l) de las muestras analizadas

Los resultados del último análisis disponible en cada punto de agua muestreado, su localización y los diagramas de Piper Y Stiff se recogen en el mapa de las **figuras 5.1 y 5.2**.

Acuíferos carbonatados del Jurásico o Cretácico. En general todas sus aguas se pueden clasificar como de facies bicarbonatada cálcica y cálcica-magnésica, excepto las del extremo occidental del acuífero de Cabranta que tienen un mayor contenido en sulfatos que en bicarbonatos.

Acuíferos terciarios y cuaternarios. En general son aguas bicarbonatadas cálcico-magnésicas, excepto algún punto de los acuíferos de Reconco y Salt San Cristóbal que pueden llegar a ser algo más sulfato-cloruradas sodíco-cálcico-magnésicas

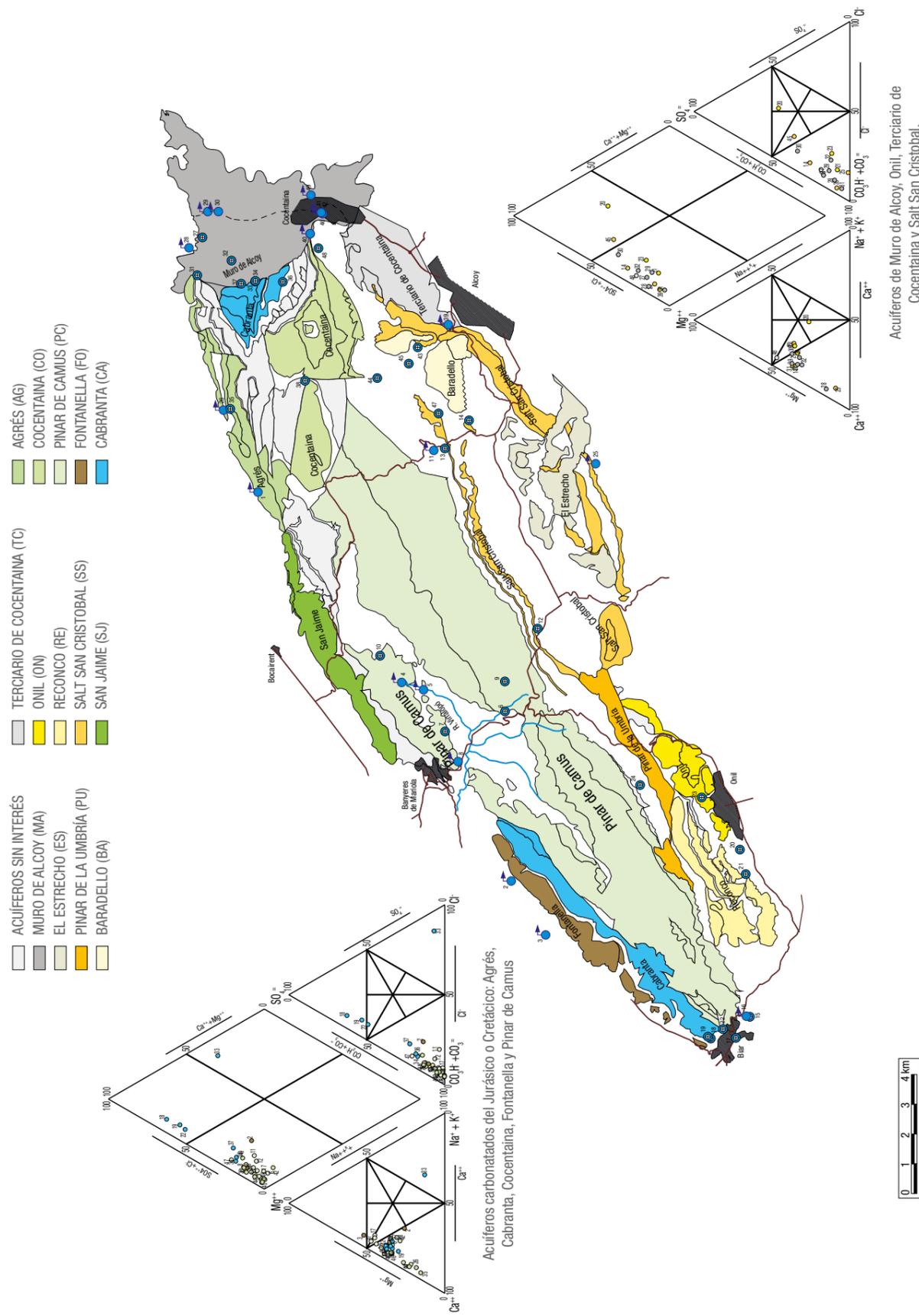


Figura 5.1. Localización de los puntos muestreados y diagramas de Piper de los últimos análisis realizados

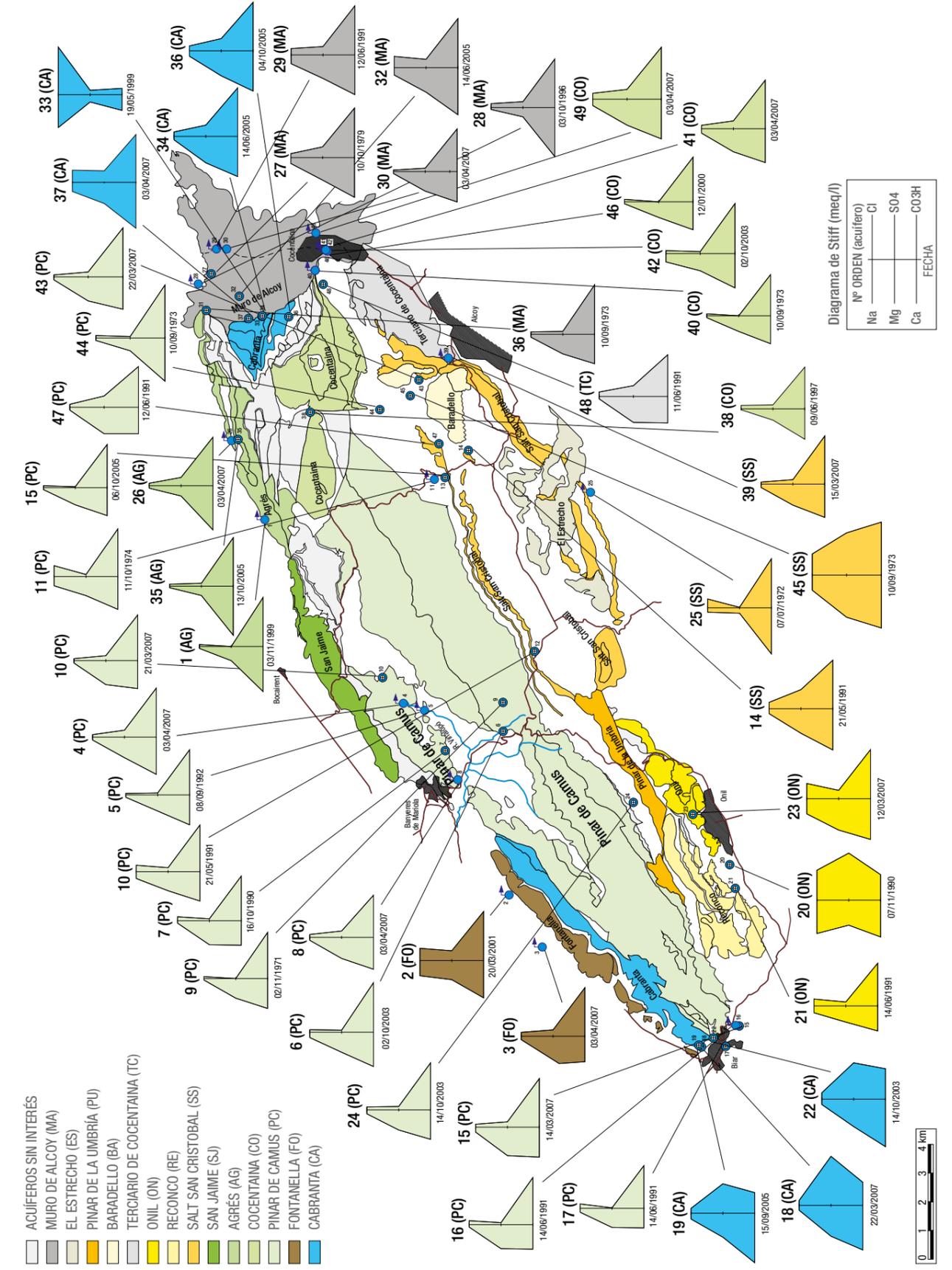


Figura 5.2. Diagramas de Stiff de los últimos análisis químicos realizados



A pesar de ser buena la calidad de las aguas que Cabranta cede al Cuaternario de Muro de Alcoy, a medida que estas discurren hacia el este se van enriqueciendo en sales. Así, ya en el sector más cercano al río Serpis, para usos urbanos, es necesaria la potabilización. En las imágenes la planta potabilizadora de L'Alquería d'Asnar



Río Agres, que recoge los sobrantes de los manantiales, con agua de excelente calidad

En cuanto a la evolución temporal se puede indicar que en los acuíferos terciarios y cuaternarios, aunque se observan oscilaciones importantes, no existe una tendencia en el contenido hidroquímico, al menos en el tiempo analizado, para Onil y Salt San Cristóbal.

Por lo cual, se deduce que las explotaciones a las que ha estado sometido el primero no han removilizado aguas de escasa renovación y, por tanto, de peor calidad. En general ocurre lo mismo con los acuíferos carbonatados cretácicos de Pinar de Camús y Cocentaina.

En el extremo occidental del acuífero de Cabranta se puede observar una cierta evolución hacia el empeoramiento de la calidad de las aguas, sondeos "Rosita nº 2" (18) y "Pozo Ángeles" (22). por la proximidad a los materiales Triásicos.

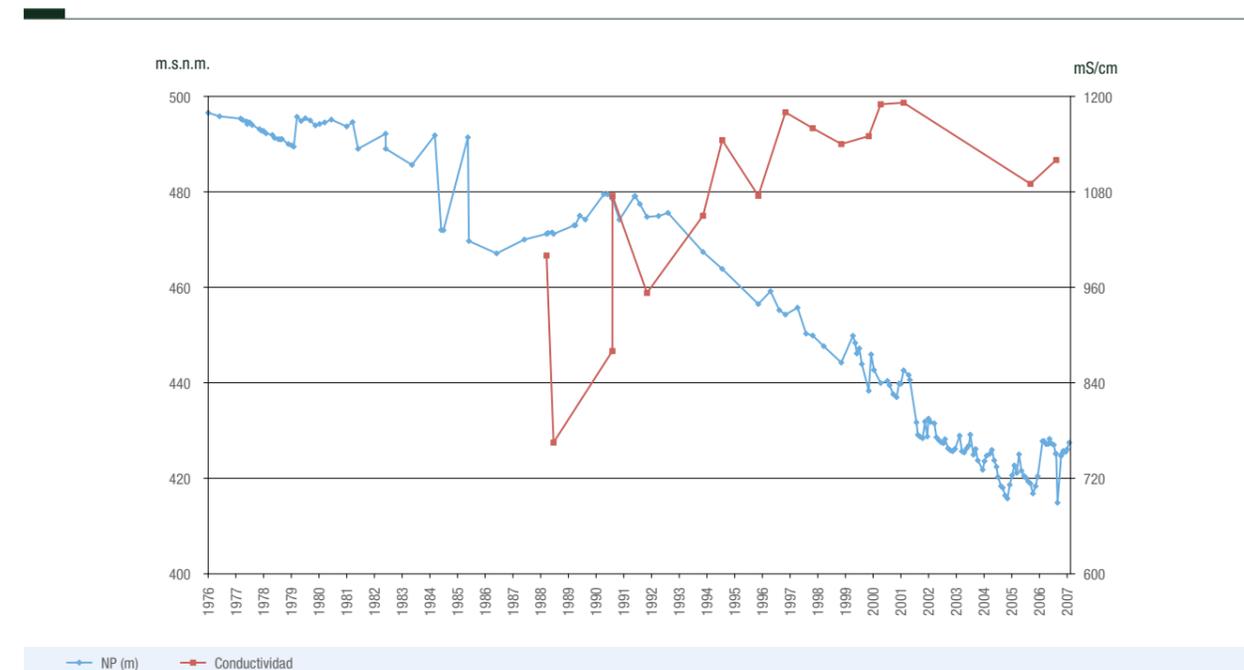


Figura 5.3. Gráfica comparativa entre la evolución de la conductividad hídrica y la piezometría en el sondeo "Rosita nº 2" (2833 2 0039), Cabranta

6

SÍNTESIS DE LOS BALANCES ACTUALES Y USOS DEL AGUA

Se ha confeccionado una síntesis de los balances que se recogen en el **cuadro 6.1** (página siguiente).

Sobre los datos aportados, hay que indicar que, aunque los términos del balance están actualizados, las entradas procedentes de la precipitación corresponden a las medias para el periodo comprendido entre los años 1955-56 y 2005-06.

En cuanto a los resultados de los balances, se puede destacar que el **déficit global medio** observado, del orden de $0,71 \text{ hm}^3/\text{año}$ considerando las explotaciones de los últimos años, procede exclusivamente del **acuífero de Cabranta ($0,96 \text{ hm}^3/\text{año}$)**, déficit que se compensa con una reducción de las reservas que, consecuentemente, se traduce en un continuo descenso de los niveles durante 30 años, hasta el año 2007 en que el actual ciclo húmedo produce una recuperación de éstos aunque persista el desequilibrio hídrico plurianual medio. Por el contrario, en el acuífero de Onil se registra una recuperación de reservas desde el año

2003 al disminuir las extracciones, lo que rebaja el déficit global de la Unidad a $0,71 \text{ hm}^3/\text{año}$ medio.

En el caso del **acuífero de Pinar de Camús**, la disminución de reservas no implica una explotación por encima de sus recursos, dado que hay que considerar las salidas naturales que aún se producen, hacia el sector de Bañeres (Vinalopó-Coveta) estimadas en $3,84 \text{ hm}^3/\text{año}$ de media y hacia el acuífero de Cabranta. No obstante, se han regulado totalmente los manantiales de Barxell y del Puerto. La disminución continuada de reservas en este acuífero se produce en el sector de Biar y, fundamentalmente, en el de Barchell aunque en los últimos años se observe una cierta recuperación.

El acuífero de **Muro de Alcoy-Cuaternario del Serpis**, tampoco sufre una explotación superior a sus aportaciones, sin embargo en 1998, coincidiendo con el incremento de explotaciones industriales, la anulación de la recarga desde Cabranta y el ciclo seco, se secan los manan-

tiales de Muro y, hasta el año 2003, desciende la piezometría. En 2004 comienza la recuperación al disminuir las explotaciones y, posteriormente, comenzar un nuevo ciclo húmedo, aunque parece que los manantiales de Muro, sector más afectado por estos fenómenos, sufren un retardo en la recuperación del caudal medio que drenaban en los años 80 y principio de los 90, ya que han disminuido las entradas por interrupción de la conexión con Cabranta, y el fenómeno de drástica disminución de las explotaciones es relativamente reciente.

ACUIFERO	ENTRADAS (hm³/año)			SALIDAS (hm³/año)				BALANCE	USO BOMBEO* Y APROVECHAMIENTO DE MANANTIALES	NÚCLEOS ABASTECIDOS
	Infiltración y retornos	Ocultas	Total	Cauces y surgencias	Ocultas	Bombeos	Total			
Fontanella-Laler	0,47		0,47	0,47			0,47	0,00	97% AG (0,06 hm³) 3% DO (0,002 hm³)	
Banyeres	0,18		0,18	0,18			0,18	0,00		Bañeres (emergencia)
San Jaime	1,29		1,29	1,29			1,29	0,00	100% AG (0,7)	
Agres	1,55		1,55	0,54	0,94 Muro A.	0,07	1,55	0,00	44.4% UR (0,16) 55,6% AG (0,20)	Agres Alfafara
Cabranta	1,25	1,79 P. Camús	3,04		0,00 Muro A.	4,00	4,00	-0,96	50% UR (2,00) 50% AG (2,00)	Biar Cocentaina Muro de Alcoy
Pinar de Camús-Rosario	10,43		10,43	3,84	1,79 Cabranta	4,80 - 3,70(*)	10,43	0,00	62-54% UR (3,90-2,80) (*) 38-46% AG (2,40)	Bocairent Bayeres Alcoy Biar Onil
Cocentaina	2,00		2,00	1,34	0,66 Muro A.		2,00	0,00	100% AG (0,6)	Cocentaina
Muro de Alcoy-Cuaternario del Serpis	1,69	1,60 Agres Cocentaina	3,29	1,52 - 2,57 (**)		1,77 - 0,72 (**)	3,29	0,00	24% AG (0,30) 76-66% IN (1,30-0,80) (**) 10% UR (0,12)	Muro de Alcoy, Alquería de Aznar, Cocentaina
Reconco	0,50		0,50	0,09	0,40 Hoya Castalla	0,01	0,50	0,00	100% AG (0,10)	
Pinar de la Umbría	0,35		0,35	0,35			0,35	0,00		
Onil	0,35		0,35	0,00		0,10	0,10	0,25	100% UR (0,10)	Onil
Favanella	0,13		0,13	0,13			0,13	0,00	80% AG (0,04) 20% DO (0,01)	
Biscoy	0,20		0,20	0,20			0,20	0,00	100% AG (0,60)	
Salt San Cristóbal	1,40		1,40	1,10		0,30	1,40	0,00	96% UR (1,16-0,76) (*) 2% DO (0,02) 2% IN (0,02)	Alcoy
Baradello	0,04		0,04	0,01		0,03	0,04	0,00	75% UR (0,03) 25% AG (0,01)	Alcoy
El Estrecho	0,30		0,30	0,05		0,25	0,30	0,00	100% DO-AG (0,30)	
Terciario de Cocentaina	0,07		0,07	0,02 - 0,04(**)		0,05 - 0,03(**)	0,07	0,00	29-67% UR (0,02-0,047) (**) 54-16% IN (0,038-0,011) (**) 17% DO (0,012)	Cocentaina
TOTAL	22,20	3,39 (***)	25,59 (***)	11,13-12,20	0,40 (***)	11,38-9,21	22,91 (***)	-0,71	47,00-44,87% UR(7,29-6,69) 46,81-48,69% AG (7,26) 5,55-5,77% IN (0,86) 0,64-0,67% DO (0,1)	

■ UR, urbano; AG, agrícola; IN, industrial y DO, doméstico (incluye pequeño regadío y recreativo)

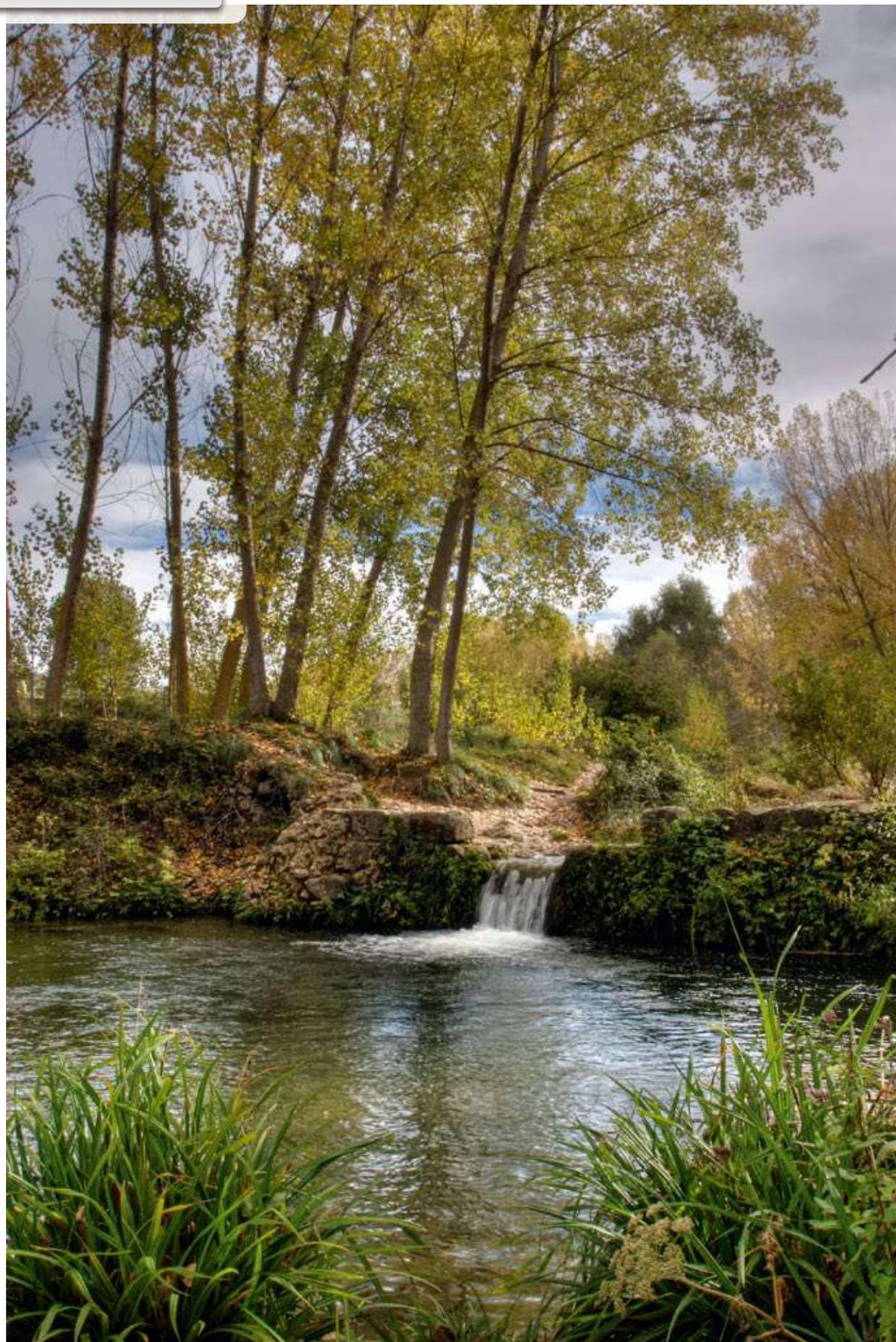
■ (*) En ciclos húmedos, debido al incremento de caudal en el manantial del Chorrador y, especialmente, al surgir el Molinar, disminuye el bombeo para abastecimiento a Alcoy en 1,1 hm³/año

■ (***) En los últimos años las explotaciones han disminuido por el uso de agua regenerada y por la disminución de la producción industrial (Muro de Alcoy) y por la disminución de la construcción (Terciario de Cocentaina).

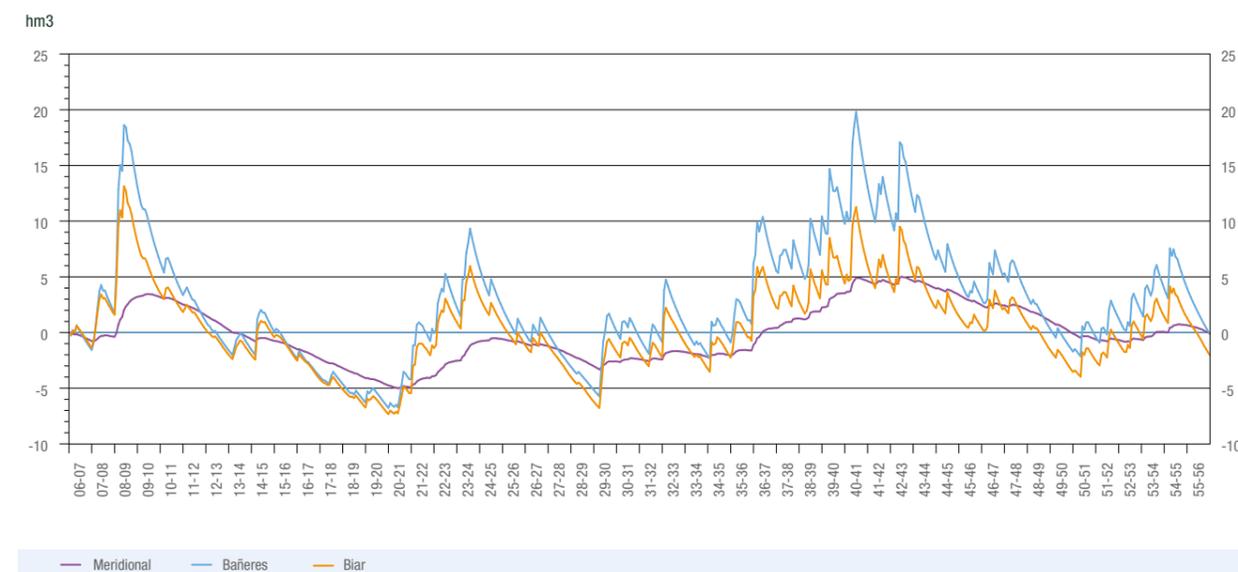
■ (***) En el total, no se pueden contabilizar transferencias internas. Solo las externas a la Unidad

■ Benimartull y Alquería de Aznar pueden recibir agua, en caso de necesidad, de la red de Cocentaina. Fundamentalmente procedería del acuífero Cabranta

Cuadro 6.1. Balances hídricos actuales de los acuíferos de Sierra Mariola



Salto de agua junto al Molí de l'Ombria



Evolución simulada de las reservas en los sectores diferenciados en el acuífero de Pinar de Camús con el actual régimen de explotación

El **escenario simulado** en el modelo numérico, para los próximos 50 años, manteniendo el caudal de explotación actual, muestra una **situación de equilibrio para Pinar de Camús**, en la que la estabilización de descensos en el sector meridional se produce por incremento de los entradas procedentes de los sectores Bañeres y Biar.

Se obtiene que la evolución de las reservas es más brusca para los sectores de Banyeres y Biar puesto que son los que reciben la recarga de precipitación y, en el caso de Banyeres, tiene descargas importantes por manantiales. Sin embargo, el sector Meridional recibe la recarga, fundamentalmente desde Banyeres, con un cierto retraso a través del sector Biar.

En la figura de la página siguiente se observan los niveles piezométricos simulados en los pozos sin explotación y para la explotación actual.

El sector Bañeres, que alimenta a los Meridional y Biar, se muestra poco

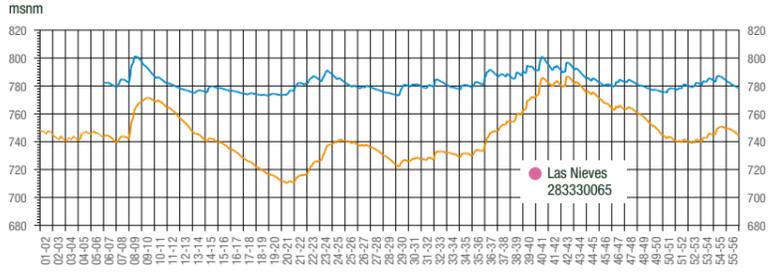
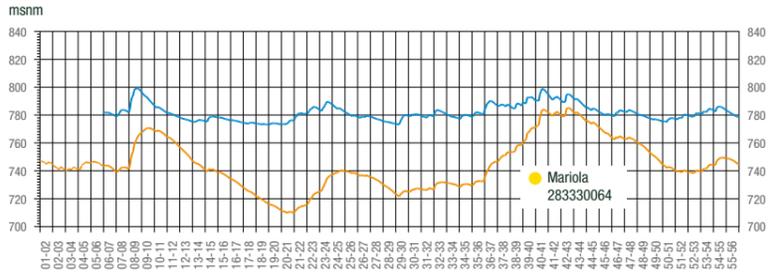
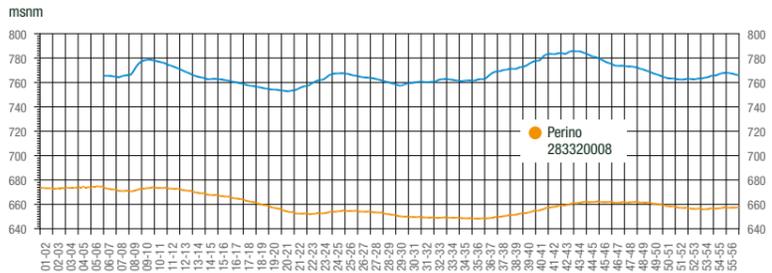
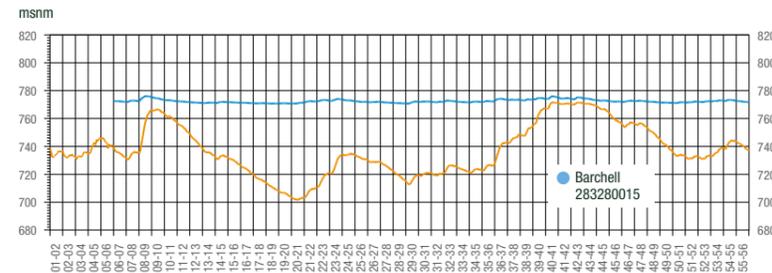
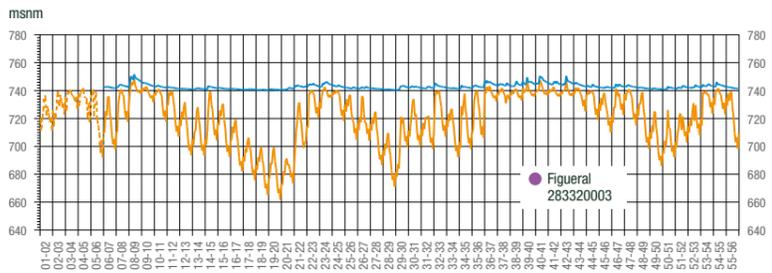
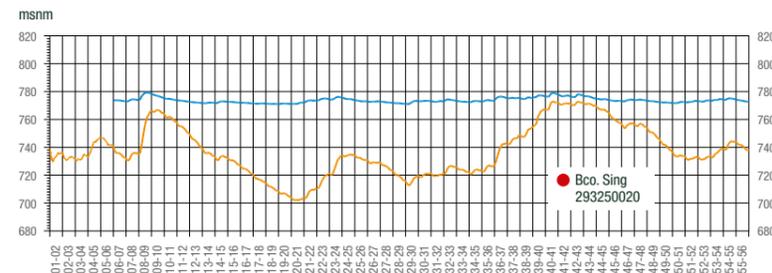
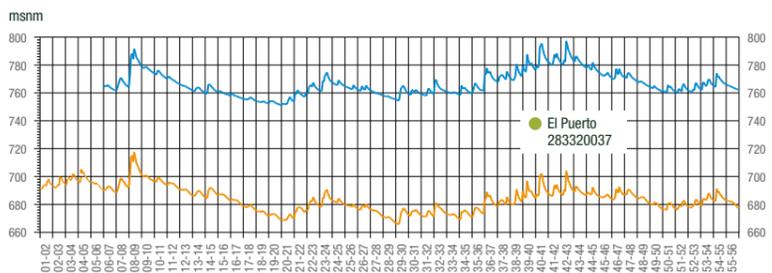
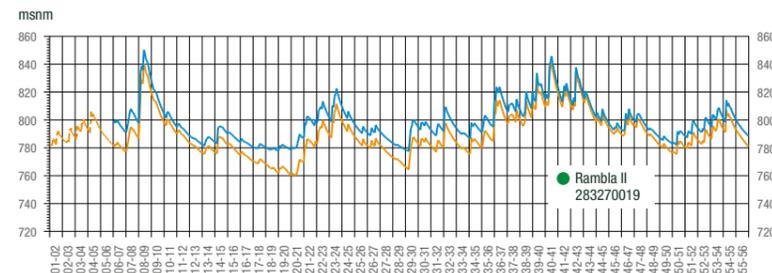
perturbado por las explotaciones, ya que la única que le afecta directamente es el abastecimiento a Bocairente. El sector más afectado es el meridional ya que en ciclos secos presenta una recarga por lluvia menor que las explotaciones, por lo que presenta descensos acumulados de cierta relevancia que van siendo corregidos, de manera diferida, en ciclos húmedos por las entradas procedentes de los otros dos sectores, lo que provoca, a su vez, un descenso diferido en el sector Bañeres.

Esta **situación de equilibrio a largo plazo** puede observarse también en las siguientes figuras. Las oscilaciones plurianuales del nivel de agua serían importantes en los sectores Meridional, del orden de 80 metros, y Biar, entre 60 y 80 metros, creándose una depresión piezométrica permanente respecto al estado natural que posibilita la existencia de un gradiente que permita la adecuada conexión hidráulica entre sectores, especialmente entre Biar y el Meridional, y garantizando suficiente recarga hacia

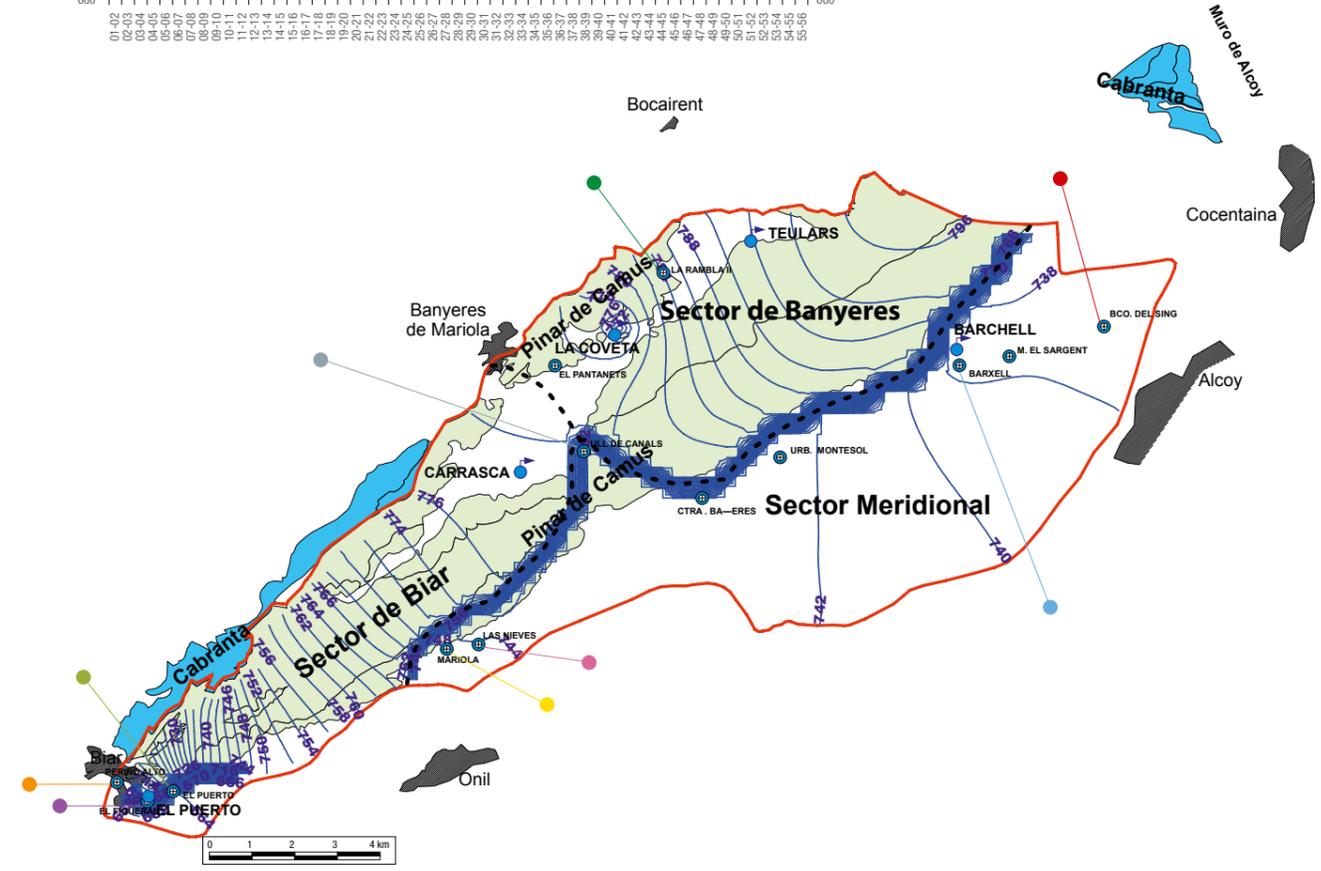
los sectores para equilibrar el balance en éstos. Por el contrario, en el sector Bañeres la afección por las explotaciones es poco relevante.

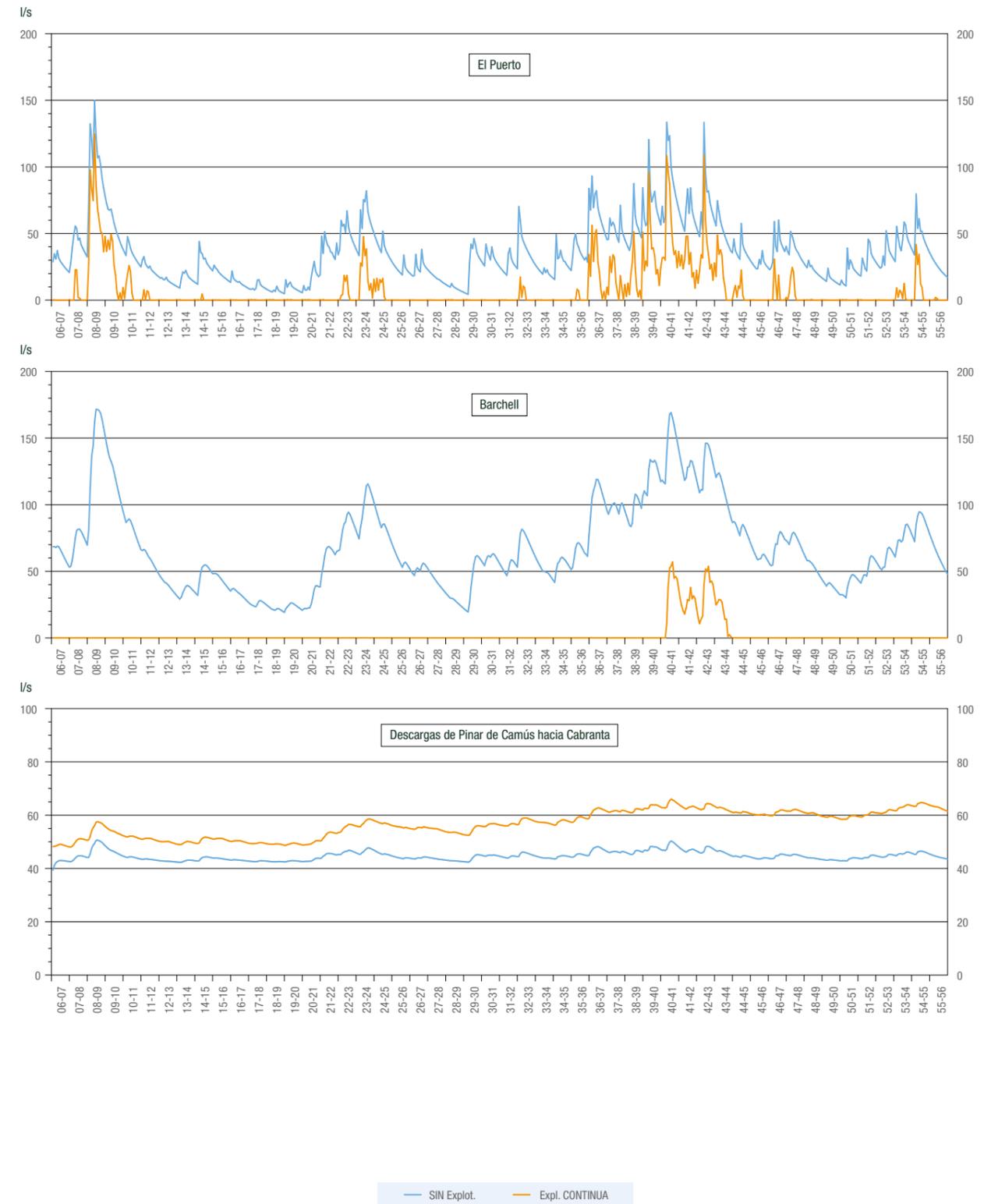
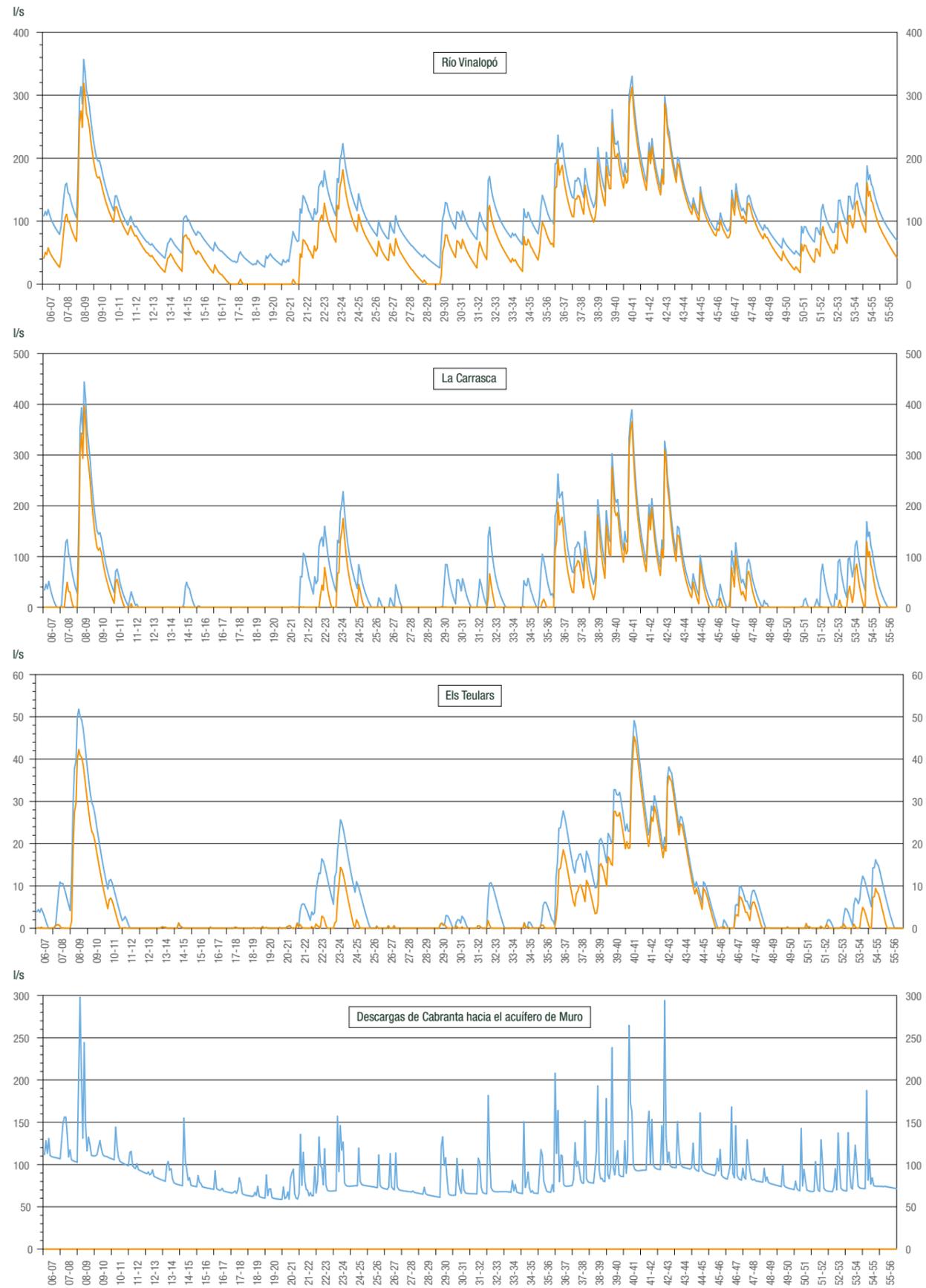
El mismo fenómeno se observa al analizar las salidas por manantiales. En el sector Bañeres, la afección a las surgencias hacia el Vinalopó y a la galería de Teulars sería poco significativa respecto al estado natural, con el 10% de años en que se secarían los manantiales del Vinalopó; sin embargo, los manantiales de Biar y Barxell permanecerían secos, resurgiendo solamente 18 y 4 años de los 50 de la serie, respectivamente. Es decir, que la regulación sería prácticamente del 100%.

Por otra parte, se observa que las salidas ocultas hacia Cabranta disminuirían del orden de 0,6 hm³/año. Aunque es un resultado derivado de las condiciones de contorno del modelo, no es un fenómeno descartable al disminuir la carga hidráulica en la zona de contacto entre ambas formaciones permeables a través de fracturas.



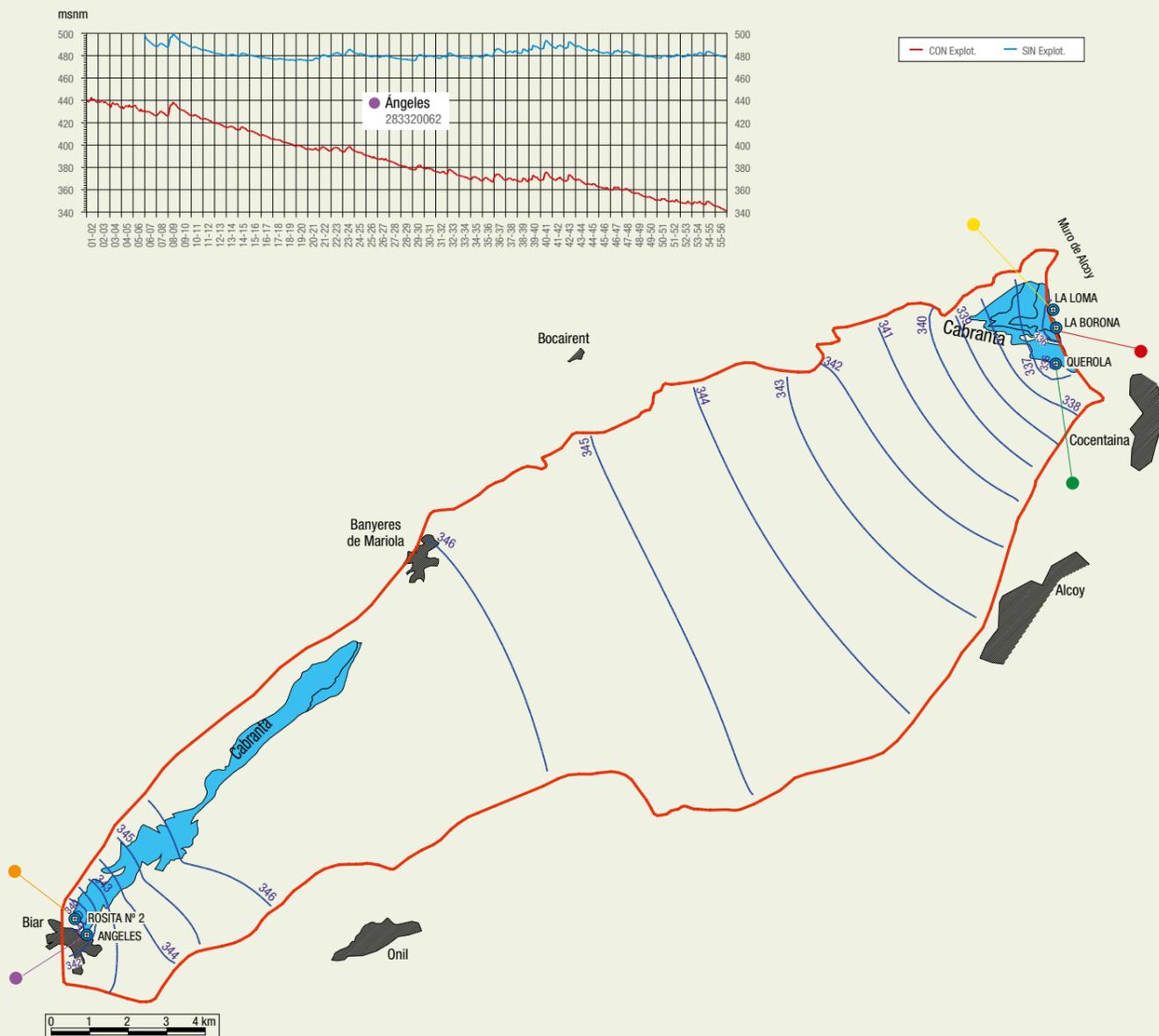
Simulación de la evolución piezométrica en los próximos 50 años en Pinar de Camús considerando el actual régimen de explotaciones junto con la obtenida sin explotaciones que se inicia con los niveles del 9/2006. Los cinco primeros años (2001-06) corresponden a los niveles obtenidos en la simulación histórica de explotaciones. Se incluye el plano de isopiezas esperado al final del periodo simulado (9/2056)





— SIN Explot. — Expl. CONTINUA

Hidrogramas resultantes de la simulación futura considerando el actual régimen de explotación junto con los obtenidos sin explotaciones



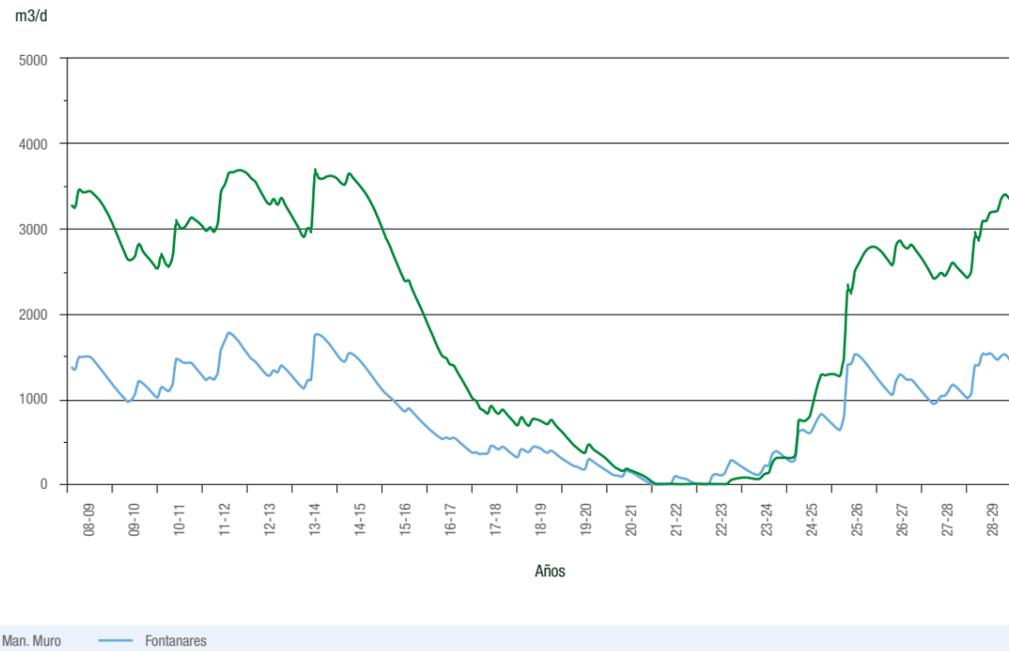
Simulación de la evolución piezométrica en los próximos 50 años en Cabranta considerando el actual régimen de explotaciones junto con la obtenida sin explotaciones. Se incluye el plano de isopiezas esperado al final del periodo simulado (9/2056)



Nacimiento del Río Vinalopó

En el caso de **Cabranta**, la simulación manteniendo las explotaciones de los últimos años refleja el **progresivo vaciado del acuífero**.

Para **Muro de Alcoy-Cuaternalio del Serpis**, la simulación para 20 años indica que el **acuífero está en equilibrio**, aunque en la mitad de los años de la serie los manantiales del sector Muro sufren una disminución significativa de caudal, llegando a secarse durante 2 años.



Simulación de hidrogramas del drenaje de los manantiales del sector Muro de Alcoi, para un período de 20 años, con las explotaciones actuales

El conjunto de las **explotaciones por bombeo** en los acuíferos de la U.H. de Sierra Mariola se calculan en 11,38 hm³/año de media, aunque en los últimos años han decrecido hasta 9,21 hm³/año por el período húmedo, la disminución de la actividad industrial y el comienzo en la reutilización de aguas regeneradas en Muro de Alcoi. Se concentran sobre todo en los acuíferos de Cabranta (4,00 hm³/año, 35%), Pinar de Camús-Rosario (4,80 hm³/año, 42%) y Muro de Alcoi-Cuaternalio del Serpis (1,77-0,72 hm³/año, 16-7%). Tan sólo el 7% (0,81 hm³/año) se captan de los otros 14 acuíferos de la U.H.

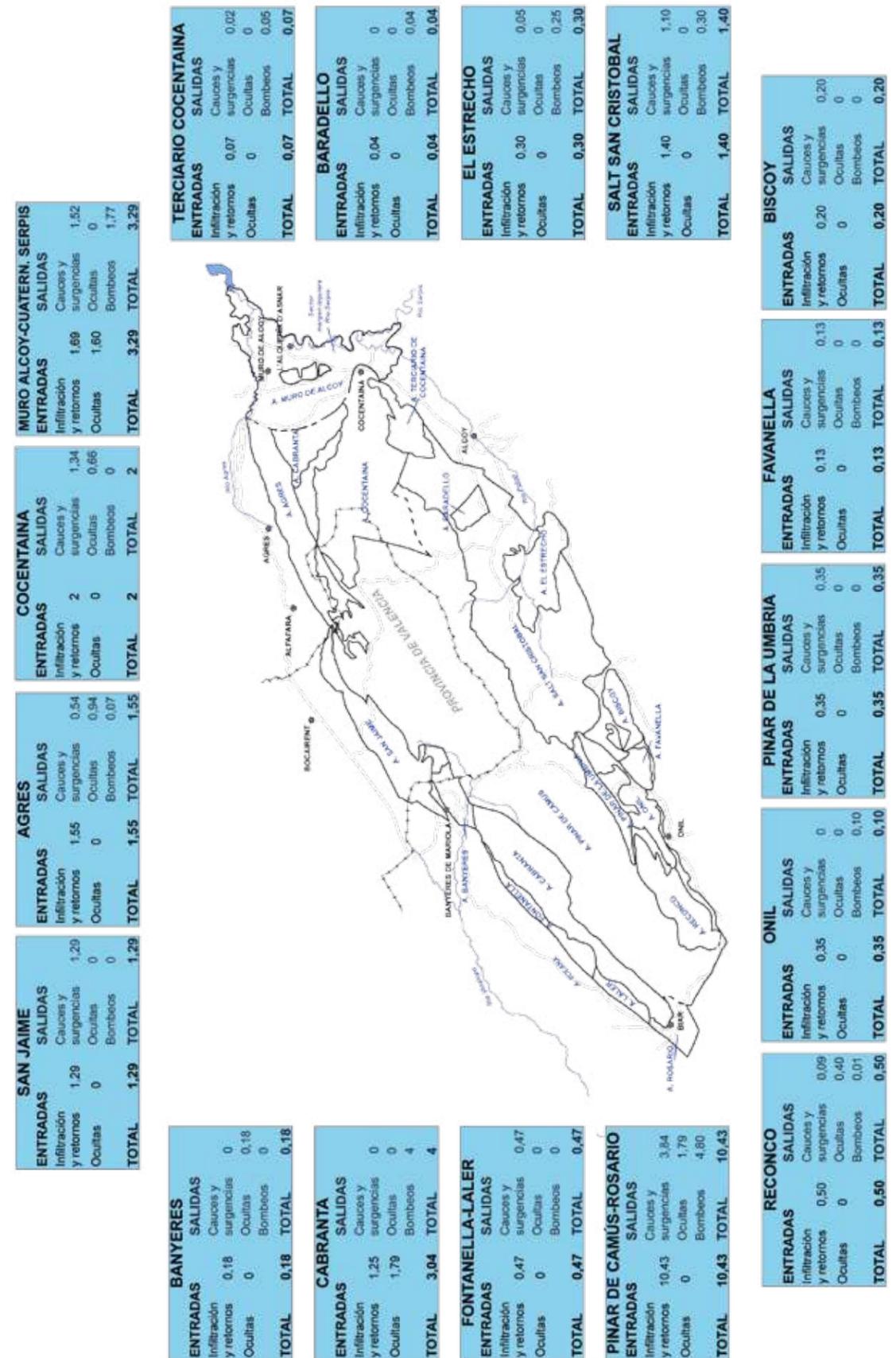
Los **recursos propios** se han estimado en 22,20 hm³/año de media y proceden de la infiltración del agua de lluvia y de retornos en la Plana de Muro, aunque existe transferencia entre acuíferos de la misma U.H, excepto en el acuífero de Reconco que drenaría fuera.

Las **salidas por manantiales** ascienden a 11,13 hm³/año medio aunque en los últimos años alcanzan 12,20 hm³/año por las circunstancias anteriormente comentadas.

Los **recursos no regulados** mediante bombeos alcanzan el 50-55%, 11,13-12,20 hm³/año, aunque los no regulados en la propia Unidad no superan 7 hm³/año medio ya que del orden de 5 hm³/año de los drenados por los manantiales se aprovechan.

En cuanto a los **usos del agua**, entre 7,29 y 6,69 hm³/año, dependiendo del ciclo climático, son destinados a abastecimiento urbano de Alcoi, Alfafara, Agres, L'Alquería d'Asnar, Banyeres, Biar, Bocarent, Cocentaina, Muro de Alcoi y Onil y urbanizaciones en Alcoi, Muro Y Cocentaina; alrededor de 7,26 hm³/año medio, en regadío directo, fundamentalmente en el Alto Vinalopó (5,36), en la cuenca alta del Serpis (1,16) y en la Hoya de Castalla (0,74).

No se contabiliza el agua utilizada indirectamente en regadío, como los riegos del Serpis a partir de sobrantes de manantiales. A usos en industrias con suministro independiente de las redes urbanas se destinan entre 1,36 y 0,86 hm³/año, dependiendo del ciclo económico, aunque la tendencia es a la baja por la progresiva utilización de aguas regeneradas de las EDAR. Por último, 0,1 hm³/año son destinados a usos domésticos en diseminados.



7

CONSIDERACIONES
PARA LA GESTIÓN
HÍDRICA

El objetivo principal del presente trabajo es permitir a los actores implicados en la gestión del agua la toma de decisiones con datos rigurosos. En este sentido, el presente epígrafe proporciona una serie de recomendaciones de gestión que emanan de los datos presentados en los apartados anteriores.

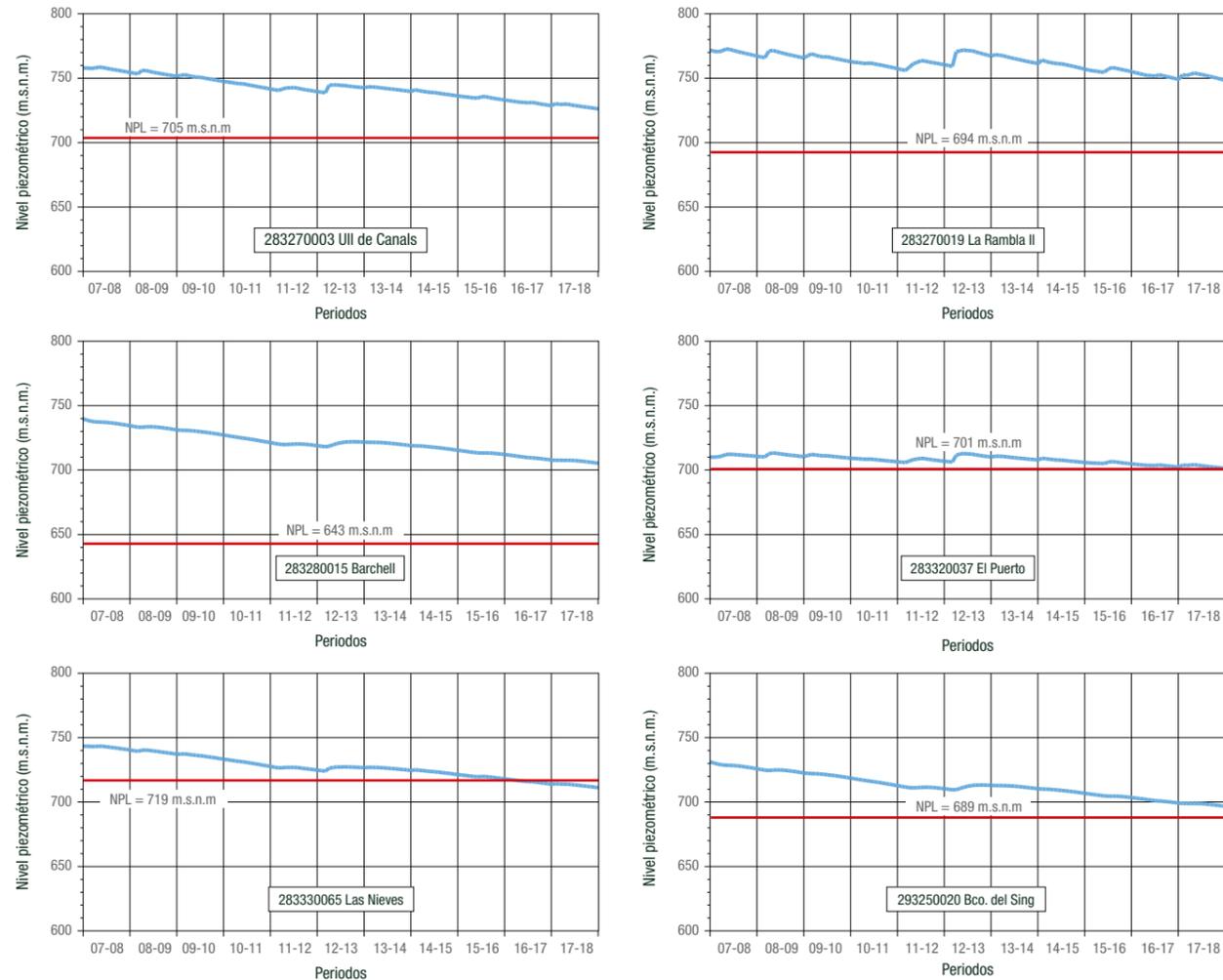
Si se considera el **acuífero de Pinar de Camús** en su conjunto, **se encuentra en equilibrio**, ya que por el sector de Bañeres aún surgen del orden de 3,8 hm³/año medio, parcialmente regulados, utilizados directamente en riego del Alto Vinalopó y cuyos sobrantes recargan al acuífero de Solana, si bien se observan descensos piezométricos en el período 1974-2012 que podrían indicar una situación de leve sobreexplotación. Sin embargo, las simulaciones indican que el acuífero se encuentra en equilibrio, estando causado el descenso en el período por el efecto del incremento histórico de las explotaciones hasta alcanzar la cuantía actual, y el consiguiente reajuste piezométrico entre sectores conectados hidráulicamente para encontrar el nuevo equilibrio hídrico global.

No obstante, no se deben autorizar nuevas concesiones de agua, ni ampliación de las existentes más allá de lo que suponga el crecimiento normal o vegetativo de la población abastecida.

Respecto a la **garantía de suministro** de los usos actuales, en la figura se observa que, considerando el régimen de extracción actual, para un periodo seco de 11 años en el que las entradas por infiltración fueran de 3,7 hm³/año (60% inferior a la media de la serie 56/08), existiría un ligero vaciado, y se produciría el **fallo de los sondeos de El Puerto y Las Nieves (abastecimiento a Onil)**, considerando las actuales instalaciones de extracción, a partir del octavo año.

En un periodo medio, de recarga 9,7 hm³/año, los mismos sondeos de abastecimiento podrían encontrarse puntualmente con tan solo una columna de agua de 5 a 10 m sobre la bomba, aunque se recuperarían con facilidad.

El fallo en el período de sequía sería subsanable, simplemente, descendiendo la electrobomba sumergida.



Garantía de suministro durante el período más seco para Pinar de Camús

Este estado de *equilibrio estricto* podría relajarse **incrementando los recursos**. En esta línea, el Ciclo Hídrico de la Diputación de Alicante ha propuesto la construcción de dos presas de recarga en el sector Meridional (Barxell), de 344.000 y 93.500 m³ de capacidad, respectivamente, que podrían inducir una infiltración total media de **0,45 hm³/año** a un coste de unos 0,14 €/m³.

Alternativamente se plantean a continuación otras estrategias, no basadas en el incremento de recursos, sino en la **disminución de las demandas**.

En el sector Meridional-Biar, disminuyendo la extracción en el pozo Las Nieves, de abastecimiento a Onil en **0,25 hm³/año**, compensando la disminución con el incremento, en idéntica cuantía, en el pozo Barranco de la

Escalera del acuífero de Onil, pues éste último se ha recuperado totalmente de la sobreexplotación a que estuvo sometido, pasando a una situación de *subexplotación*, gracias, precisamente, al bombeo en el pozo Las Nieves, de tal manera que ha vuelto a surgir el manantial de Onil. Se debe ahora reequilibrar el abastecimiento y los acuíferos, incrementando el bombeo en el de Onil al nivel de su recarga natural y disminuyendo en Pinar de Camús en la misma cuantía lo que, además, supondrá una disminución de costes energéticos.

También, en el sector de Biar, una vez se encuentre operativa la transferencia Júcar-Vinalopó, se deben anular las extracciones para riego sustituyéndolas por caudales transferidos, lo que supondría una disminución de la

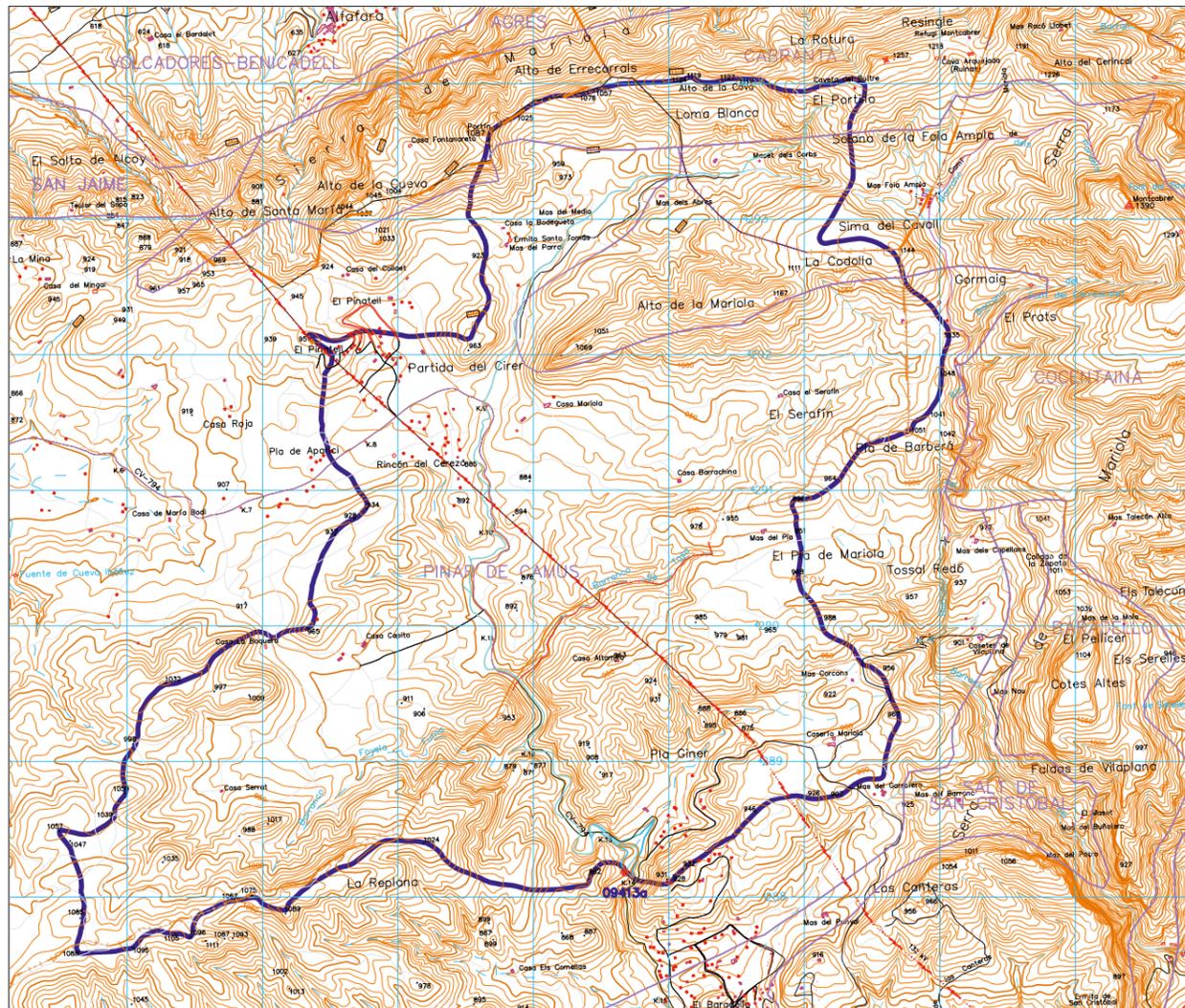
presión en unos **0,76 hm³/año medio** que, en parte, pueden ser preservados como agua de excelente calidad para abastecimiento, paliando así el déficit actual de Biar que se comenta más adelante.

En cuanto a la reducción de **consumos no facturados** en Biar, Bañeres, Onil y Alcoi, que alcanzan porcentajes del 42%, 34%, 37% y 34% (de los que un 14% no se facturan atendiendo a intereses municipales), respectivamente, apenas hay margen de mejora ya que estos municipios disponen de gestiones del agua especializada con rendimientos técnicos de las redes correctos.

Todas estas medidas, además de evitar posibles incidentes en períodos de sequía prolongada, supondrán un ahorro energético significativo.



Plan de construcción de presas de recarga



Plan de construcción de presas de recarga

El acuífero de Cabranta es el único que está actualmente sobreexplotado, en torno a 0,96 hm³/año. Así pues, se considera que habría que reducir parte de las explotaciones localizadas en el acuífero hasta dejarlas en cifras del orden de 3 hm³/año, o incluso 2,5 hm³/año si se confirma la hipótesis de disminución de las aportaciones desde Pinar de Camús, con el objeto de estabilizar los niveles de agua.

La simulación de la evolución del acuífero para los próximos 55 años con una explotación de 4,8 hm³/año muestra que el abastecimiento desde el acuífero de Cabranta sería inviable en un plazo

de entre 23 y 30 años, al menos con las infraestructuras existentes actualmente (profundidad de la bomba, etc..) en los pozos Querola y Ángeles.

Concretamente, el sector con mayor garantía de suministro correspondería al nororiental, ya que el pozo Querola de abastecimiento a Cocentaina y los de abastecimiento a Muro, tras los 30 primeros años, alcanzarían la cota a partir de la cual comenzaría el fallo en el suministro (NPL). Téngase en cuenta que esa situación deriva de un periodo de extrema sequía, por lo que quizá el suministro se podría garantizar durante algunos años más.

En el sector suroccidental la explotación garantizaría el suministro de agua durante los 23 años venideros, con la recarga considerada. A partir de entonces muy probablemente la profundidad del nivel de agua, así como el deterioro de la calidad, no permitiría el bombeo.

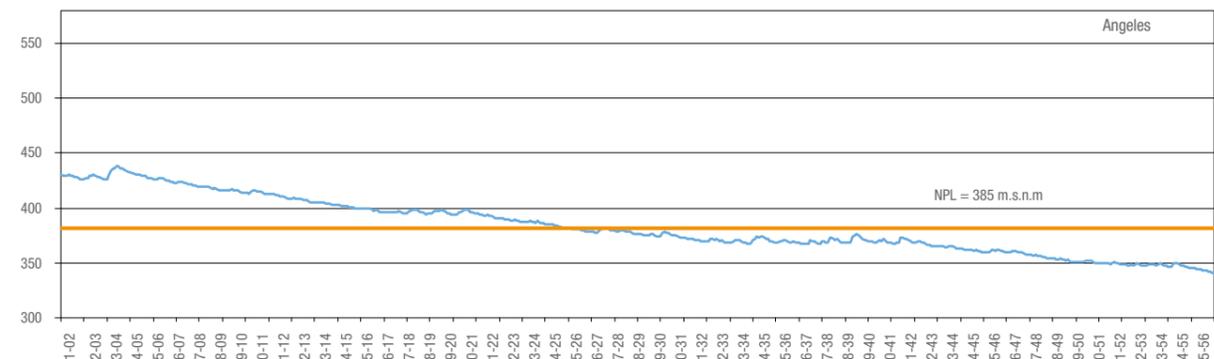
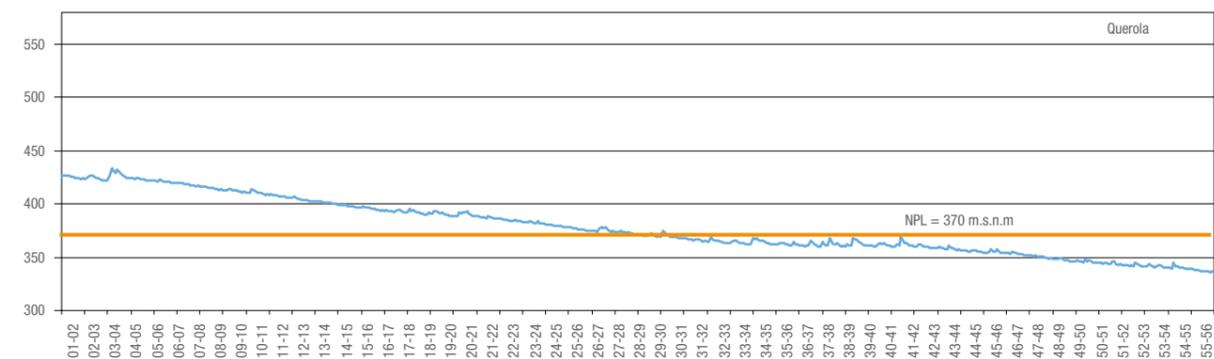
La **reducción de explotaciones**, prevista en los *Planes de Explotación de los Acuíferos Jurásicos de Sierra Mariola y Cuaternario de Muro de Alcoy* redactados conjuntamente por la CHJ y la DPA, ya se ha iniciado con la puesta en servicio de la Rabosa para abastecimiento urbano y Serreta de abastecimiento a Cocentaina, en los acuíferos de

Volcadores y Barrancones, que ha permitido reducir las extracciones en los pozos de Borona y Querola, y se hará mayor en el futuro inmediato con la sustitución de caudales extraídos de los pozos de riego en Biar por agua transferida del Júcar, preservando el agua de excelente calidad para abastecimiento. **Esta última medida es la que permitirá recuperar y eliminar la sobreexplotación del acuífero.**

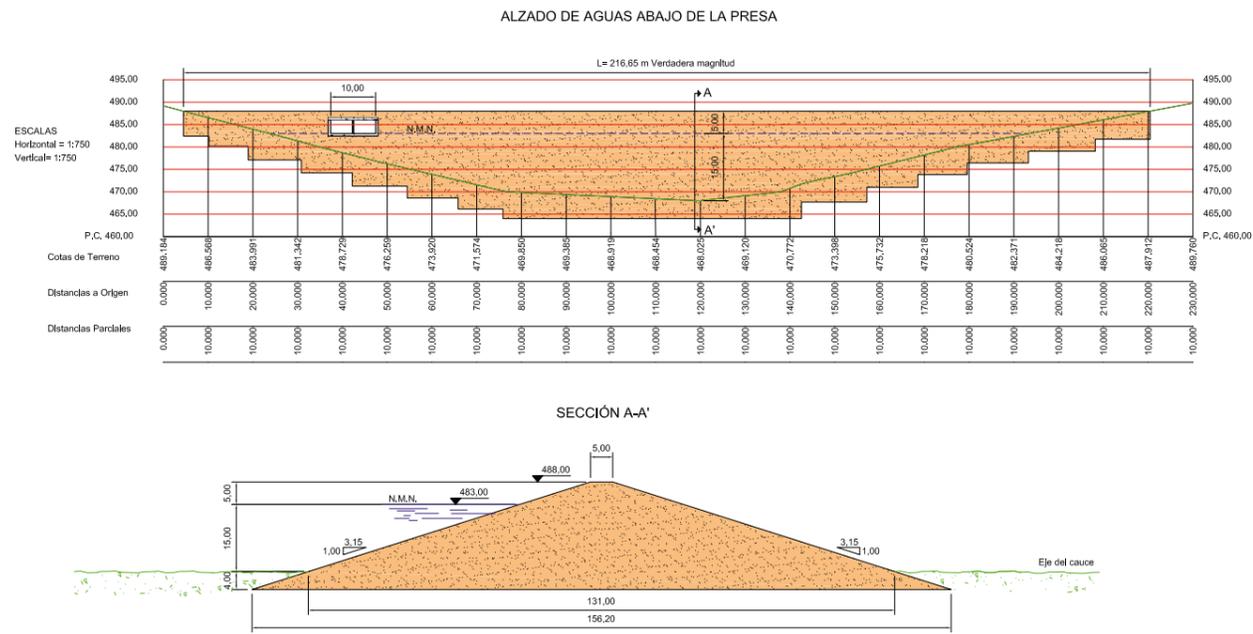
Otra acción, en la línea de **reducción de la demanda**, se deriva de la existencia de consumos no facturados en Cocentaina y Muro de Alcoy que alcanzan porcentajes del 45% y 70%, respectivamente. En el primer caso, no se conoce aún el porcenta-

je que pudiera ser debido a fugas, aunque en este momento se están instalando por el Ciclo Hídrico y el Ayuntamiento de Cocentaina sensores para su determinación. En Muro de Alcoy el telecontrol permite conocer que las pérdidas podrían superar 0,4 hm³/año debido a la antigüedad de la red. Su progresiva corrección, que está siendo llevada a cabo por la empresa concesionaria, supondrá una disminución en las explotaciones del acuífero Cabranta, además de la economía en gasto energético.

Evidentemente, tampoco en este acuífero se deben otorgar nuevas concesiones ni ampliación de las existentes salvo para el crecimiento urbano-industrial normal.



Evolución piezométrica futura en los sondeos 2932 1 0071 y 2833 2 0062, junto con el NPL de explotación



Presa propuesta

Respecto a la **garantía de suministro** en los abastecimientos, ya se ha comentado que no se sostendrán a largo plazo con las actuales explotaciones. En el caso de **Biar**, el problema, además de cuantitativo, deviene de la calidad del agua. La proximidad del Triásico causa que la concentración en sulfatos del agua rebasa el límite Reglamentario, por lo que se ha previsto la ejecución de una nueva captación en el acuífero Pinar de Camús que, por una parte, sustituya al pozo Perino, que capta el sector Rosario y presenta dificultades de operación y de riesgo sanitario al haber quedado totalmente urbanizado y, de otra, permita obtener recursos de calidad para mezclar con las aguas del pozo Ángeles. También se contempla la posibilidad alternativa de una segunda captación en el acuífero Jurásico para la total sustitución del pozo Ángeles si se captase agua de calidad.

Otro acuífero que presentó problemas a finales de siglo para los usuarios agrícolas es el de **Muro de Alcoy**, cuyos principales manantiales de riego sufren períodos de agotamiento debido, además de a los ciclos climáticos, al cese de la alimentación al acuífero detrítico procedente del acuífero Cabranta.

La progresiva **reutilización** de las aguas de las EDAR Font de la Pedra y Algars en usos industriales y agrícolas, incluso en usos urbanos no restringidos, permitirá disminuir las extracciones en el acuífero de Muro de Alcoy con objeto de recuperar plenamente sus manantiales, de hecho, esta disminución ya ha comenzado con la sustitución de caudales de los pozos de uso industrial por agua regenerada de la Font de la Pedra.

Como alternativa de **incremento de recursos**, el Ciclo Hídrico de la Diputación de Alicante ha propuesto la construcción de una presa en el río Agres con una capacidad de 610.000 m³, un caudal medio regulado de 270.000 m³/año de nuevos recursos y un coste del agua en parcela de 0,17 €/m³, para regadío en la plana de Muro.

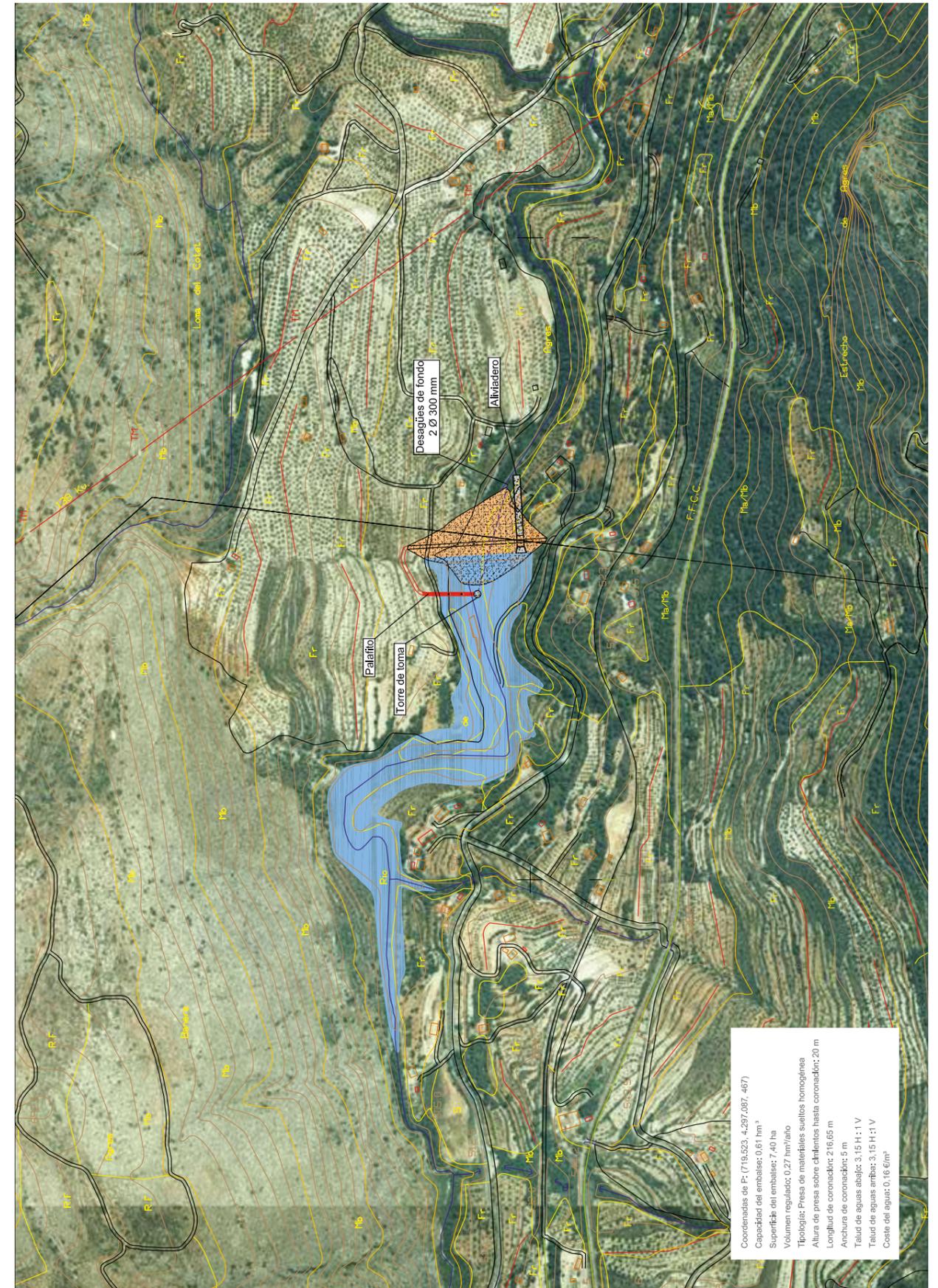
También podría replantearse la política de satisfacción de las demandas de riego en relación con los manantiales, ya que, aún en régimen de baja explotación de los acuíferos, en el invierno de ciclos húmedos existirán caudales relevantes drenados por el río Serpis y en el estiaje de ciclos secos los manantiales no serían capaces de satisfacer toda la demanda teórica, por lo que la regulación de éstos podría ser conve-

niente siempre que los gastos adicionales de la operación (infraestructura de regulación y coste de explotación) no recaiga sobre los regantes sino que se repercuta entre los beneficiarios del uso del acuífero.

El grado de regulación idóneo, considerando todas las posibilidades planteadas, resultará de la alternativa económica y ambientalmente óptima.

No obstante, simplemente con la plena incorporación de las aguas regeneradas de las EDAR, todas las demandas quedarán garantizadas en cualquier escenario y el acuífero con aportaciones no regulables de agua de calidad como reserva estratégica ante nuevas demandas.

Respecto a los restantes acuíferos, no se contempla ninguna recomendación ya que se encuentran en un estado cuasi natural y, aunque presentan aportaciones no reguladas in situ, son de cuantía relativamente escasa y de gran importancia ambiental y recreativa o recargan otros acuíferos, o son utilizadas posteriormente, por lo que la recomendación sería preservarlos de nuevas acciones antrópicas. En este sentido, no se deberían otorgar nuevas concesiones de agua.



Coordenadas de P: (719,523, 4,297,087, 467)
 Capacidad del embalse: 0,61 hm³
 Superficie del embalse: 7,40 ha
 Volumen regulado: 0,27 hm³/año
 Tipología: Presa de materiales sueltos homogénea
 Altura de presa sobre chelombos hasta coronación: 20 m
 Longitud de coronación: 216,65 m
 Anchura de coronación: 5 m
 Talud de aguas abajo: 3:15 H:1 V
 Talud de aguas arriba: 3:15 H:1 V
 Coste del agua: 0,16 €/m³

Situación de la presa propuesta

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Diputación Provincial de Alicante. *Sistema de Información Hidrológica y de Infraestructuras Hidráulicas Provinciales*.
- Diputación Provincial de Alicante (2003). *Asistencia para la determinación de los límites hidrogeológicos en los acuíferos de Sierra Mariola, anticlinales de Orxeta y Barrancones. Definición geométrica*.
- Diputación Provincial de Alicante (2003-2007) *Los manantiales provinciales (2 tomos)*.
- Diputación Provincial de Alicante (2006). *Posibilidades de incremento de los recursos hídricos provinciales mediante aprovechamiento de la escorrentía superficial*.
- Diputación Provincial de Alicante (2007). *Mapa del agua de la provincia de Alicante*.
- Diputación Provincial de Alicante (2008). *Plan de construcción de presas de recarga para el aumento de la infiltración en embalses subterráneos provinciales*.
- Diputación Provincial de Alicante (2009) *Actualización del balance hídrico en los acuíferos Pinar de Camús y Cabranta. Simulación de su evolución ante distintas hipótesis de explotación*.
- Diputación Provincial de Alicante (2009) *Adaptación de los modelos numéricos de simulación en los embalses subterráneos Serral-Salinas, Mediodía y Muro de Alcoi al Sistema de Información Hidrológica. Determinación de las reservas útiles dinámicas y garantías de suministro de las captaciones*.
- Diputación Provincial de Alicante (2010) *Migración de los modelos de simulación numérica en los acuíferos Pinar de camús, Cabranta, Barrancones y Crevillente a la aplicación Mofa. implantación en el sistema de información hidrogeológica provincial. Determinación de las reservas útiles dinámicas y garantías de suministro de las captaciones*.
- Diputación Provincial de Alicante (2010) *Mapa hidrogeológico provincial*.
- Dirección General de Obras Hidráulicas (CHJ)-Diputación Provincial de Alicante (1998). *Redacción de los planes de explotación de los acuíferos jurásicos de Sierra Mariola y Cuaternario de Muro de Alcoy*.
- Instituto Geológico y Minero de España (1972). *Mapa geológico a escala 1/50000 y memoria explicativa de la hoja nº 871 (Elda)*. Servicio de Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España.
- Instituto Geológico y Minero de España (1975). *Mapa geológico a escala 1/50000 y memoria explicativa de la hoja nº 820 (Onteniente)*. Servicio de Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España.
- Instituto Geológico y Minero de España (1978). *Mapa geológico a escala 1/50000 y memoria explicativa de la hoja nº 846 (Castalla)*. Servicio de Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España.
- Instituto Tecnológico y Geominero de España (1995). *Mapa geológico a escala 1/50000 y memoria explicativa de la hoja nº 821 (Alcoy)*. Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Instituto Geológico y Minero de España - Diputación Provincial de Alicante (2008) *Actualización y mejora del conocimiento hidrogeológico de la U.H.08.04. Sierra Mariola*
- Instituto Geológico y Minero de España - Diputación Provincial de Alicante (2009) *Determinación de las reservas útiles de los acuíferos de Pinar de Camús, Mediodía, Orba y Beniarbeig*
- Beets, C.J. y De Ruig, M. (1992). *⁸⁷Sr/⁸⁶Sr analysis of coralline algal limestones and its implications for the tectonostratigraphic evolution of the eastern Prebetic (Spain)*. *Sedimentary Geology*, 78, 171-179.
- Castro, J.M. (1998). *Las plataformas del Valanginiense superior – Albiense superior en el Prebético de Alicante*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada. 463 pp.
- De Ruig, M. (1992). *Tectono-sedimentary evolution of the Prebetic fold belt of Alicante (SE Spain)*. Tesis Doctoral, Univ. Utrecht, 207 pp.
- Fourcade, E. (1970). *Le Jurassique et le Cretace aux confins des chaines betiques et oberiques*. Th. Fac des Sciences de Paris.
- Gebhardt, H. (1994). *Die Tap-Mergel in der Provinz Alicante (Südostspanien, Langhium bis Tortonium): Biostratigraphie, Paläogeographie und Paläoökologie*. *Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen*. Reihe A, Band 163, 149 pp.
- Hermes, J.J. (1985). *Algunos aspectos de la estructura de la Zona Subbética (Cordilleras Béticas, España meridional)*. *Estudios Geológicos*, 41, 157-176.
- Martín-Algarra, A. (1987). *Evolución geológica alpina del contacto entre las Zonas Internas y las Zonas Externas de la Cordillera Bética*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada, 1171 pp.
- Pierson d'Autrey, L. (1987). *Sédimentation et structuration synsédimentaire dans le Bassin Neogène d'Alcoy*. Tesis Doctoral, Univ. Paris XI, 272 pp.
- Soler, J.R., Martínez del Olmo, W., Megías, A.G. y Abeger Monteagudo, J.A. (1983). *Rasgos básicos del Neógeno del Mediterráneo Español*. *Mediterránea Ser. Geol.*, 1, 71-82.
- Soria, J.M. (1993). *La sedimentación neógena entre Sierra Arana y el río Guadiana Menor (Cordillera Bética central). Evolución desde un margen continental hasta una cuenca intramontañosa*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada, 291 pp.





