



INFORME	Identificación: H-2-2-05
	Fecha: diciembre 2003
TÍTULO: Determinación de las reservas útiles en acuíferos de abastecimiento público en Alicante (2ª fase). Ventós-Castellar, Cabranta, Rentonar, Canaleta y Maset-Alcoyés.	
PROYECTO: Determinación de las reservas útiles en acuíferos de abastecimiento público en Alicante (Convenio IGME-DPA).	
RESUMEN: El objetivo principal es el de profundizar en el conocimiento del volumen y la distribución espacial de las reservas hídricas subterráneas para establecer las posibilidades de explotación que garanticen el suministro. El acuífero de Ventós-Castellar está compuesto por calizas del Cenomaniense Superior-Turonense con un espesor medio de unos 125 m y unos límites bien definidos, salvo en el borde occidental. La evolución de niveles piezométricos en el periodo 1979-2003, muestra una clara tendencia descendente de niveles con una tasa media de 3,8 m/año y un descenso total acumulado de unos 95 m. Como consecuencia de la calidad de la información preexistente se ha realizado un modelo simple de flujo subterráneo en régimen transitorio (periodo 1978/79-2001/02), para integrar los datos hidrogeológicos disponibles y analizar la respuesta futura del acuífero. Con objeto de disponer de datos fiables para el modelo se ha efectuado previamente un balance hídrico del acuífero en el que se ha realizado un cálculo detallado de la recarga a nivel diario mediante Visual Balan con calibración y optimización de parámetros. El balance hídrico anual medio es de -0,13 hm ³ /año con un consumo total de reservas de 3,1 hm ³ . A fecha de septiembre de 2003, las reservas han sido evaluadas en unos 7,1 hm ³ , que con las actuales tasas de bombeo y recarga proporcionarían agua para más de 30 años. Respecto a las vidas útiles de las captaciones en función de las tasas de descenso de niveles, el sondeo Tabarias (sin instalar) quedaría seco en 13-14 años (año 2016-2017) y el sondeo Ventós, destinado al abastecimiento, tendría una vida útil de 28-29 años (año 2031-2032). El modelo de flujo subterráneo predice que el tiempo de consumo de las reservas y vidas útiles de los sondeos anteriormente citadas podría llegar a incrementarse en un 25%. El acuífero de Cabranta está formado principalmente por dolomías y calizas micríticas del Kimmeridgiense superior-Portlandiense cuya potencia se estima en unos 400 m. El acuífero, en su mayor parte confinado, aflora únicamente en 2,12 km ² aunque su extensión superficial podría alcanzar los 225 km ² . Tanto la extensión superficial como los límites del acuífero presentan importantes incertidumbres derivadas, fundamentalmente, de las elevadas profundidades a las que se encuentran los términos jurásicos, especialmente en la parte central. El análisis piezométrico parece indicar que el modelo hidrogeológico conceptual debe ser revisado, para lo cual sería interesante disponer de una nivelación de precisión. Los descensos medios para todo el periodo de registro disponible pueden cifrarse en 1,2 m/año en el sector oriental y 2,2 m/año en el sector occidental. La comparación de las cotas piezométricas entre ambos sectores sugieren que se podría haber producido una desconexión hidráulica o una divisoria hidrogeológica en la parte central con flujo hacia el noreste y suroeste. Un estudio hidrogeoquímico e isotópico podría proporcionar algunas claves sobre el funcionamiento del acuífero y, en particular, sobre las relaciones entre sectores y tramos acuíferos así como la revisión de la hipótesis actual según la cual la recarga principal procede de los acuíferos suprayacentes. Con el conocimiento actual del acuífero sólo es posible facilitar una orientación aproximada del orden de magnitud de las reservas de agua disponibles que pueden superar los 900 hm ³ .	

CORREO

itge@itge.mma.es

RÍOS ROSAS, 23
28003-MADRID
TEL : 91 349 5700
FAX : 91 442 6216



El **acuífero Rentonar** está constituido por calizas con intercalaciones margosas del Eoceno medio-superior, con una potencia de unos 60 m. Los límites de este acuífero son relativamente claros, salvo en un tramo del borde sureste donde se pone en contacto con el acuífero de Canaleta; no obstante, existen discrepancias significativas en las cartografías hidrogeológicas disponibles que deben ser objeto de revisión en estudios posteriores. La evaluación de la recarga y el conocimiento de las relaciones entre los acuíferos Rentonar y Canaleta son las principales incertidumbres hidrogeológicas. Ambos acuíferos presentan un paralelismo en sus evaluaciones piezométricas que debe tener relación con un régimen de bombeo similar y con la recarga "en cascada" de Rentonar a Canaleta. Las reducidas dimensiones del acuífero (1,93 km²), su geometría y las citadas intercalaciones margosas condicionan que las reservas sean muy escasas de tal manera que el único sondeo existente (sondeo Rentonar) llega a agotar el acuífero en dos-tres meses estivales (Junio-Agosto) con un bombeo de unos 4.000 m³ variable según los recursos del sistema.

El **acuífero Canaleta** está compuesto por unos 35 m de calizas cretácicas del Cenomaniense-Turoniense. Tiene un sector confinado, donde se ubica el único sondeo existente, siendo la descarga, en régimen natural, por dos manantiales de funcionamiento dudoso con los escasos datos disponibles. Actualmente las principales salidas se producen mediante el bombeo en un solo punto que se agota en época estival (abril-mayo a julio) con salidas de 6.000-8.000 m³. Las reservas orientativas podrían ser de unos 5000 m³.

El **acuífero Masets-Alcoyés** está formado por materiales detríticos cuaternarios, con un espesor de unos 30 m. En el sector suroriental existe contacto lateral con materiales carbonatados del acuífero de Torremanzanas, cuyas relaciones no son del todo conocidas. Una de las principales singularidades del acuífero es la existencia de un umbral del sustrato que provoca una divisoria hidrogeológica con dos sectores, meridional (Masets) y septentrional (Alcoyés), ambos con sus respectivos manantiales que los drenan. La explotación por bombeo sólo se produce en el sector Masets (sondeos Pla Verd y Viña de Mira), con un valor medio en los últimos años de unos 50.000 m³. De forma orientativa, las reservas del acuífero han sido estimadas en unos 2.600 m³ para el sector Masets y unos 4.700 m³ para el sector Alcoyés. De estos datos se deduce la importancia que adquieren los recursos frente a las reservas para el mantenimiento de la explotación y las salidas por los manantiales.

De cara a trabajos futuros en los cinco acuíferos, las investigaciones deben particularizarse en cada caso para resolver las incertidumbres planteadas, que pueden resumirse en: mejora de la delimitación de los acuíferos y cartografía hidrogeológica de detalle; definición precisa de la piezometría incluyendo la necesaria nivelación de puntos de observación; evaluación detallada de la recarga, incluyendo en algunos casos la aplicación de técnicas isotópicas; elaboración de balances hídricos y su contraste con los descensos observados e integración de los aspectos anteriores en modelos matemáticos de flujo subterráneo. Los acuíferos del entorno de Torremanzanas (Rentonar, Canaleta y Masets-Alcoyés) ya están siendo objeto de revisión por parte del IGME y la DPA.

Revisión	Autores: José Luis García Aróstegui
Nombre:	
Unidad:	Responsable: Ramón Aragón Rueda
Fecha:	



DETERMINACIÓN DE LAS RESERVAS ÚTILES
EN ACUÍFEROS DE ABASTECIMIENTO PÚBLICO
EN ALICANTE (2ª FASE)

Ventós-Castellar
Cabranta
Rentonar
Canaleta
Masets-Alcoyés

Diciembre de 2003

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	2
3. ACUÍFERO VENTÓS-CASTELLAR	3
3.1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	3
3.2. GEOMETRÍA Y LÍMITES	4
3.3. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.....	7
3.4. PIEZOMETRÍA Y FUNCIONAMIENTO	7
3.5. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS	8
3.6. BALANCE HÍDRICO	10
3.7. CALIDAD DEL AGUA	18
3.8. MODELIZACIÓN MATEMÁTICA	18
3.8.1. <i>Datos de entrada</i>	18
3.8.2. <i>Resultados obtenidos</i>	19
3.9. EVALUACIÓN DE RESERVAS	24
4. ACUÍFERO DE CABRANTA	31
4.1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	31
4.2. GEOMETRÍA Y LÍMITES	31
4.3. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.....	35
4.4. PIEZOMETRÍA Y FUNCIONAMIENTO	37
4.5. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS	43
4.6. BALANCE HÍDRICO	43
4.7. CALIDAD DEL AGUA	44
4.8. EVALUACIÓN DE RESERVAS	46
5. ACUÍFEROS RENTONAR Y CANALETA	55
5.1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	55
5.2. GEOMETRÍA Y LÍMITES	55
5.3. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.....	56
5.4. PIEZOMETRÍA Y FUNCIONAMIENTO	61
5.5. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS	64
5.6. BALANCE HÍDRICO	64
5.7. CALIDAD DEL AGUA	65
5.8. DETERMINACIÓN DE LAS RESERVAS.....	67
6. ACUÍFERO MASETS-ALCOYÉS	75
6.1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	76
6.2. GEOMETRÍA Y LÍMITES	76
6.3. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.....	77
6.4. PIEZOMETRÍA Y FUNCIONAMIENTO	77
6.5. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS	78
6.6. BALANCE HÍDRICO	81
6.7. CALIDAD DEL AGUA	82
6.8. DETERMINACIÓN DE LAS RESERVAS.....	82
7. RESUMEN Y CONCLUSIONES	84

ANEJOS. DATOS DE BALANCE HÍDRICO DEL ACUÍFERO VENTOS-CASTELLAR

Anejo 1. Datos de recarga mensual 1978/79-2001/02 obtenida por Visual Balan

Anejo 2. Datos de explotación mensual 1978/79-2001/02 del acuífero Ventós-Castellar con indicación de los periodos extrapolados.

Anejo 3. Datos de balance hídrico mensual y acumulado 1978/79-2001/02 del acuífero Ventós-Castellar.

1. INTRODUCCIÓN

Desde principios de los años 80 el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y la Diputación Provincial de Alicante (DPA) vienen suscribiendo diversos convenios de colaboración para la mejora del conocimiento de los acuíferos de la Provincia de Alicante con objeto de contribuir a una mejor gestión de sus recursos hídricos, especialmente en aquellos de alto valor estratégico.

Este trabajo queda encuadrado en una línea de trabajo abierta en el año 1996 que pretende profundizar en el conocimiento del volumen y la distribución espacial de las reservas hídricas subterráneas en acuíferos de abastecimiento público con el fin de establecer las posibilidades de explotación para garantizar el suministro.

En la primera de las tres fases desarrolladas hasta la fecha, los trabajos se centraron en el desarrollo metodológico, la elaboración de una aplicación informática (código "RESERVAS1") y el cálculo de las reservas en los acuíferos de Solana, Solana de la Llosa, Beniardá-Polop, Sella y Maigmó. Para este último acuífero se desarrolló además un modelo de flujo subterráneo.

La segunda fase incluye el estudio de los acuíferos de Jijona, Ventós-Castellar, Cabranta y acuíferos próximos a Torremanzanas (Canaleta, Rentonar y Maset). En esta fase se han elaborado dos modelos de flujo (Jijona y Ventós-Castellar) y, en el resto se calculan reservas totales.

Existe una tercera fase, donde se procede al estudio de los acuíferos de Negre (UH 08.44 "Barrancones-Carrasqueta"), Onil (UH 08.40 "Sierra de Mariola") y Peña Chico (UH 08.43 "Argueña-Maigmó").

Este trabajo ha sido realizado por José Luis García Aróstegui, como consultor independiente, bajo la dirección y supervisión de Ramón Aragón Rueda (IGME) y Luis Rodríguez Hernández (DPA),

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El plan inicial de trabajo propuesto comprendía las siguientes fases:

- 1) Recopilación y análisis de información
- 2) Revisión y actualización del inventario de puntos de agua y extracciones
- 3) Prospección geofísica
- 4) Definición geométrica
- 5) Estimación de las características hidráulicas de las formaciones permeables
- 6) Planteamiento de la metodología a aplicar para la evaluación de reservas
- 7) Determinación del funcionamiento hidrogeológico
- 8) Evaluación de reservas totales y utilizables. Definición de su distribución espacial y posibilidades de explotación.
- 9) Elaboración del informe final

No obstante, diversas circunstancias relativas a las características de los acuíferos estudiados han aconsejado que algunos aspectos fuesen abordados con más detalle que otros. En el caso de la prospección geofísica no estimó conveniente su aplicación en la mayor parte de los acuíferos teniendo en cuenta las características topográficas de la zona y los objetivos del estudio. Tan sólo fue aplicada a los acuíferos Canaleta, Rentonar y Masets-Alcoyés.

3. ACUÍFERO VENTÓS-CASTELLAR

3.1. Introducción y antecedentes

Este acuífero pertenece a la Unidad Hidrogeológica 08.49 “Agost-Monnegre”. Está compuesto por calizas del Cenomaniense Superior-Turonense y los límites están, prácticamente en su totalidad, dentro del municipio Agost ocupando las Sierras del Ventós (al norte) y Castellar (al sur). La altitud oscila entre los 905 m de la Sierra del Ventós y los 300 m en su extremo Sur.

Las referencias bibliográficas pueden encontrarse en los siguientes estudios:

- DPA (1985). “Informe sobre el seguimiento y control de los trabajos realizados para la recuperación del sondeo de abastecimiento a Agost (Alicante)”.
- DPA (1997). “Informe final del bombeo de ensayo en el pozo Ventós para abastecimiento a Agost”.
- IGME (1979). “Informe sobre captación de aguas subterráneas para el abastecimiento urbano de Agost (Alicante)”.
- IGME (1986). Las aguas subterráneas de la Comunidad Valenciana. Uso, calidad y perspectivas de utilización.
- IGME (1986). “Testificación del sondeo Tabarias. Agost (Alicante)”.
- IGME-DPA (1982). “Las aguas subterráneas de la Provincia de Alicante”.
- IGME-DPA (1988). “Normas de explotación del sistema acuífero Ventós-Castellar para el abastecimiento del núcleo urbano de Agost (Alicante)”.
- IGME-DPA (2001). “Manual del ciclo integral del agua- Municipio de Agost- Estado actual. Alternativas y Directrices”.
- ITGE-DPA (1992). “Normas de explotación del acuífero Ventós-Castellar”.

Además de estos estudios se han consultado otras investigaciones publicadas con siguientes referencias:

- Andreu, J.M., Delgado, J., García-Sánchez, E., Pulido, A., Bellot, J., Chirino, E., Ortiz de Urbina, J.M. (2001). Caracterización del funcionamiento y la recarga del acuífero del Ventós-Castellar (Alicante). *Rev. Soc. Geol. España*, 14 (3-4), 247-254.
- Andreu, J.M., Delgado, J., García-Sánchez, E., Pulido, A., Bellot, J., Chirino, E., Ortiz de Urbina, J.M. (2002). Influencia de los episodios lluviosos recientes en la recarga del acuífero del Ventós-Castellar (Alicante). *Geogaceta*, 31, 55-58.
- Andreu, J.M., Ortiz de Urbina, J.M., Chirino, E., Bellot, J., Bonet, A., García-Sánchez, E., Pulido, A., Sánchez, J.R., Vallejos, A. (2001). Análisis comparativo entre algunos métodos de estimación de la ETP en la Sierra del Ventós (Alicante). In: *V Simposio sobre El Agua en Andalucía (SIAGA)*, Vol. I, 33-43.
- Bellot, J., Chirino, E., Andreu, J.M., Bonet, A., Sánchez, J.R., Abdelli, F., Peña, J. (2001). Hydrodynamic evolution of the piezometric level in an aquifer of semiarid climate. Influences of precipitations and land use changes.. In: European Geophysical Society , XXVI General Assembly , Nice, France.

3.2. Geometría y límites

El tramo acuífero principal está constituido por calizas con *Phitonella* de edad Cenomaniense Superior-Turoniense, con un espesor medio de unos 125 m. La superficie del acuífero es de 12,38 km², de los cuales 6,14 km² – unos 7 km² según otras referencias – corresponden a afloramientos de sus materiales permeables y el resto está confinado bajo afloramientos de materiales impermeables de techo compuestos por margas y margocalizas del Senoniense. Desde un punto de vista estructural, el acuífero es un sinclinal de dirección NE-SO cuyo eje periclinal se hunde hacia el SO (ITGE-DPA, 1982; ITGE-DPA, 1992).

El impermeable de base está formado, en unos sectores, por una ritmita margosa del Albiense Superior y, en otros, por margas y margocalizas detríticas del Cenomaniense Inferior. Los límites hidrogeológicos laterales quedan definidos de la siguiente manera (Figura 3.1):

- Al norte, el límite viene dado por una falla de dirección NE-SO que pone en contacto los materiales cretácicos permeables con margas abigarradas y yesos del Keuper (pertenecientes al sector de Sarganella-Reus).
- Los límites este y sureste vienen dados por el impermeable de base (Albiense Superior y/o el Cenomaniense Inferior).
- El límite occidental es el que presenta mayor incertidumbre pues se interpreta como el resultado de una falla situada por debajo del Cuaternario de la Depresión de Agost que pondría en contacto la formación acuífera con las margas y yesos del Keuper. Este límite resulta coherente con las importantes diferencias piezométricas observadas (del orden de los 50 m a finales de 1990) entre el acuífero Ventós-Castellar (punto de control 2834-3-0011) y el acuífero Serreta Larga (puntos 2834-3-0013, 2834-3-0014 y 2834-3-0021) correspondiente a la unidad hidrogeológica Sierra del Cid.

A partir de la cartografía geológica MAGNA del área se han realizado 5 cortes geológicos, cuatro de ellos seriados de dirección aproximada NO-SE, separados 1 km, y un quinto corte de dirección perpendicular a los anteriores. En la figura 3.1 se localizan los cortes mencionados que se reflejan en la figura 3.2, con la leyenda de materiales e interpretación de sus grados de permeabilidad en la tabla 3.1. A partir de los cortes se ha obtenido la posición del techo y muro del acuífero que posteriormente ha servido para elaborar la geometría del acuífero que se introduce en el modelo de flujo.

Tabla 3.1. Leyenda de materiales representados en la cartografía y cortes geológicos del acuífero Ventós-Castellar con interpretación del grado de permeabilidad.

Siglas MAGNA	Litología	Edad	Permeabilidad
Q	Glacis cubierto y encostrado	Cuaternario	Baja
Tm ₁₁ ^{Bc}	Margas blancas a limos rosas con intercalación de conglomerados continentales	Terciario (Tortoniense)	Impermeable. Localmente baja
T ₁₋₁₂ ^{A-Bb}	Calizas y areniscas tipo flysch	Terciario (Paleoceno a Mioceno Inferior)	Media-Baja
C ₂₃₋₂₆	Caliza margosa tableada y margas blancas	Cretácico (Senoniense)	Media-Baja
C ₂₁₋₂₂	Calizas compactas blancas y grises con silix	Cretácico superior (Cenomaniense Sup.-Turonense)	Alta
C ₂₁ ¹	Margas y margocalizas detríticas	Cretácico superior (Cenomaniense Inferior)	Baja.
C ₁₆ ³	Ritmita de caliza areniscosa y margas arenosas	Cretácico inferior (Albiense superior)	Baja.
T _{G3}	Arcillas rojas y yesos	Trias Keuper	Impermeable

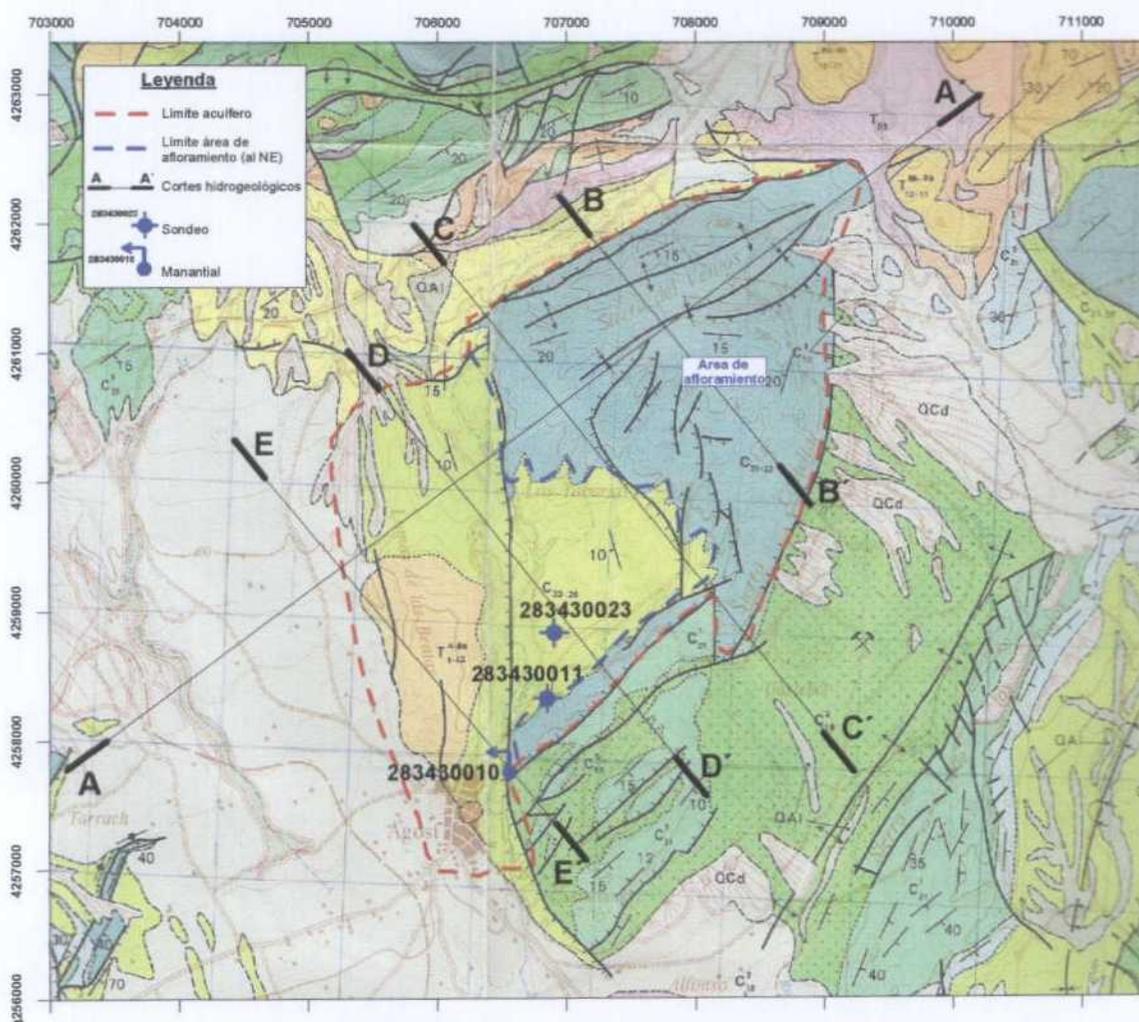
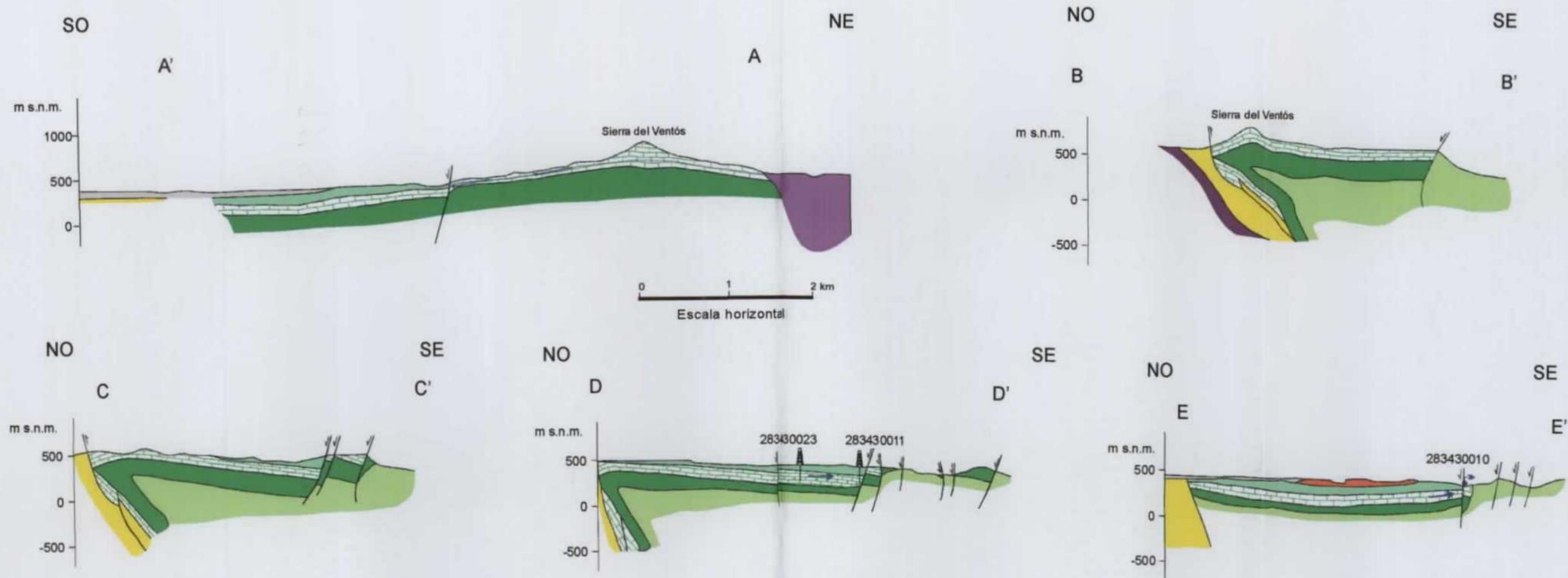


Figura 3.1. Mapa geológico del acuífero Ventós-Castellar, localización de cortes y límite del acuífero según definición DPA.



Leyenda

Cuaternario

Glacis cubierto y encostrado

Mioceno

Margas blancas a limos rosas con intercalaciones de conglomerados continentales

Paleógeno

Calizas y areniscas tipo Flysch

Cretácico

Caliza margosa tableada y margas blancas

Calizas compactadas blancas y grises con sílex

Margo caliza amarilla y calizas grises a dolomías

Ritmita de caliza areniscosa y margas arenosas

Triásico

Calizas, carníolas y margas arenosas con yesos

Grado de permeabilidad

Baja

Impermeable

Media-baja

Media-baja

Alta

Baja

Baja

Impermeable

Falla

Dirección de flujo subterráneo supuesto

283430023

Sondeo

Manantial

Nivel piezométrico supuesto

Figura 3.2. Cortes hidrogeológicos del acuífero Ventós-Castellar.

3.3. Inventario de Puntos de Agua

En este acuífero existe información de tres puntos de agua cuyas características quedan reflejadas en la Tabla 3.2. Los dos sondeos disponen de columna litológica y son objeto de control piezométrico.

Tabla 3.2. Principales características de los puntos de agua del acuífero Ventós-Castellar. (M: Manantial; S: Sondeo).

Nº	Toponimia	X_UTM	Y_UTM	Z	Uso	Ntza.	Prof.
283430010	Fuente El Ventós	706549	4258106	330	Seco	M	-
283430011	Sondeo Tabarias	706832	4258404	365	No se usa	S	200
283430023	Sondeo Ventós	706500	4259000	380	Abastecimiento	S	278

3.4. Piezometría y funcionamiento

El funcionamiento del acuífero es relativamente sencillo. Se trata de un acuífero de carácter predominantemente confinado en el que la recarga se produce únicamente por infiltración de la precipitación sobre los afloramientos permeables de las Sierras del Ventós y Castellar y el flujo subterráneo se realiza de NE a SO. Dichos afloramientos constituyen una zona de transición (zona no saturada) en la que se supone que no se produce almacenamiento de agua.

En régimen natural – condiciones no influenciadas por bombeos – la descarga del sistema se producía por el manantial del Ventós (283430010) en el que se llegaron a registrar fluctuaciones importantes en el caudal con valores de 3,5 l/s en verano a más de 100 l/s tras un periodo de lluvias intenso y quedando excepcionalmente seco durante periodos de escasa precipitación (verano de 1978) (IGME, 1979). Tras un periodo de lluvias intenso, el tiempo medio estimado en producirse la descarga por el manantial era de unos tres días (IGME, 1979). Como consecuencia de la escasez y variabilidad en el caudal de dicho manantial, y con objeto de mejorar el abastecimiento a la localidad del Agost, en 1979 se realizó el sondeo Tabarias (283430011) situado en el Barranco Blanco a unos 300 m al N del manantial. La explotación de dicho sondeo durante el periodo 1979-1993 provocó un descenso del nivel piezométrico secando el manantial (a excepción de periodos puntuales de mayor precipitación como 1980-84 y 1988-90). En el año 1993 deja de bombear como consecuencia del escaso caudal que proporcionaba. Desde finales de 1997 hasta la actualidad el abastecimiento se produce a partir del pozo Ventós (283430023).

La evolución de los niveles piezométricos en los puntos de control 283430011 (Pozo Tabarias) y 283430023 (Pozo Ventós) durante el periodo 1979 a la actualidad (finales de 2003) pone de manifiesto una clara tendencia descendente de niveles con un descenso total acumulado de unos 95 m y una tasa media de 3,8 m/año (Figura 3.3). La cota piezométrica de partida es aproximadamente coincidente con la del manantial desaparecido (333 m s.n.m.). En los primeros años de la década de los ochenta (enero-febrero 1980, octubre-noviembre 1982) y año 1990 se observan respuestas rápidas del nivel piezométrico frente a las precipitaciones y el nivel se sitúa por encima de la cota del manantial, lo que provoca una rápida respuesta antes comentada.

Se observan dos periodos donde dicho descenso es más acusado (1990-1992 y 1998-2001) separados por una estabilización e incluso una cierta recuperación. En los dos periodos anteriormente comentados los descensos medios son del orden de unos 12,1 m/año (1990-1992) y 10,3 m/año (1998-2001). Entre 2001 y 2003 se observan una atenuación de la tasa de descenso a unos 5,1 m/día. La evolución del punto 283430011 se considera como más representativa del acuífero dado que los niveles medidos en el Pozo Ventós parecen encontrarse parcialmente influenciados por el bombeo. Se aprecia claramente que ambos registros son similares aunque las cotas no han sido obtenidas con nivelación de precisión, lo que resulta de importancia en el modelo de flujo para simular adecuadamente el gradiente.

Si se comparan los niveles piezométricos medidos en el punto 283430011 (Tabarias) con los niveles medidos a finales de 1990 en los puntos 283430013, 283430014 y 283430021 correspondientes al acuífero Serreta Larga (UH Sierra del Cid), se observa una diferencia piezométrica de unos 50 m. Dicha diferencia se interpreta como resultado de una falla situada por debajo del Cuaternario de la depresión de Agost, poniendo en contacto la formación acuífera con las margas y yesos del Keuper. No se dispone de datos representativos del acuífero Serreta Larga en el término municipal de Agost que permitan evaluar esta diferencia piezométrica en la actualidad.

3.5. Características hidráulicas

El espesor del acuífero en el sondeo Tabarias es de 119 m, observándose dos tramos con una mayor permeabilidad situados entre los 64-84 y 126-155 m respectivamente (IGME, 1979). Con respecto a los parámetros hidráulicos, la interpretación de un ensayo de bombeo y el posterior ensayo de recuperación, efectuado en marzo de 1979 en el sondeo Tabarias, permitió ajustar una transmisividad comprendida entre 2780 y 4000 m²/día (IGME, 1979). Al disponerse únicamente de los descensos medidos en el pozo de bombeo no pudo estimarse el coeficiente de almacenamiento aunque inicialmente se estiman valores entre 10⁻³ y 10⁻⁴ (IGME, 1979).

En octubre de 1995 la DPA realiza un ensayo de bombeo en el sondeo Ventós empleando como piezómetro el sondeo Tabarias. Se obtiene una transmisividad de 16.600 m²/día que, con un espesor de acuífero atravesado de 168 m, corresponde a una permeabilidad de 98,8 m/día. El coeficiente de almacenamiento obtenido es de 4,85·10⁻⁴ que corresponde a un acuífero semiconfinado lo cual puede ser coherente con el hecho de que en tal fecha el nivel piezométrico se encontraba muy ligeramente por encima del techo del acuífero. Lo anterior también puede explicar que los valores de coeficiente de almacenamiento que se indican en Andreu et al. (2001) sean aun más elevados (2,6·10⁻³) aunque son obtenidos mediante el análisis de periodos sin recarga en los años 1999 y 2000.

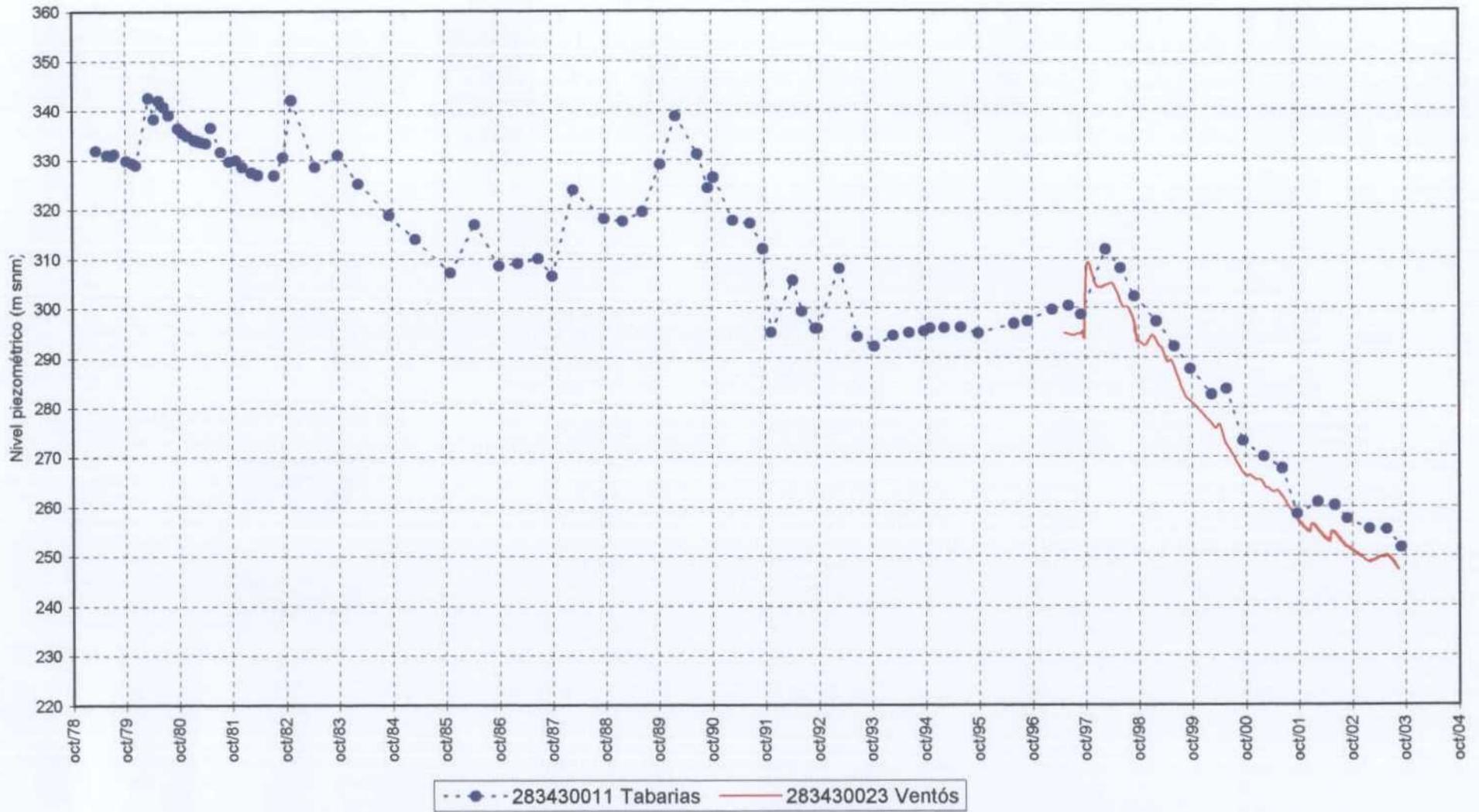


Figura 3.4. Evolución temporal de niveles piezométricos en el acuífero de Ventós-Castellar (U.H. 08.49 "Agost-Montnegre").

3.6. Balance hídrico

El cálculo de la recarga ha sido uno de los aspectos principales sobre los que han efectuado varias investigaciones en la zona. En ITGE-DPA (1992) se obtienen valores medios de recarga mediante la aplicación de un modelo estocástico de tipo “caja negra”, que establece una relación entre pluviometría, salidas (manantial y/o explotación por bombeo) y variaciones piezométricas para un periodo comprendido entre julio de 1986 y octubre de 1987. La aplicación de dicho método permitió estimar la recarga en un 12% de la precipitación media anual obteniendo un valor de 0,198 hm³/año para el periodo 1979-1991. En IGME-DPA (2001) se aplica la citada tasa de infiltración del 12% sobre la precipitación para obtener un valor medio de 0,343 hm³/año en el periodo 1987-1992. Otras interesantes investigaciones indican que precipitaciones diarias superiores a 17 mm causan infiltración, cuya tasa es evaluada entre el 5 y el 8% de la precipitación (Andreu et al., 2002).

Con objeto de disponer de datos con cierto grado de fiabilidad para el modelo de flujo, se ha estimado conveniente realizar, en el presente trabajo, un balance hídrico del periodo 1978/79 a 2001/02 para lo cual se han efectuado cálculo detallado de la recarga y de la explotación por bombeo.

En el caso de la recarga se ha efectuado una aproximación a su evaluación mediante el empleo del código Visual BALAN v.1 (Samper et al., 1999), que permite aplicar distintas hipótesis de cálculo, a nivel diario, de ETP, ETR, infiltración directa y diferida, escorrentía superficial y otros factores que inciden en la recarga, como la intercepción o el encharcamiento. Una de las ventajas del modelo es que permite jugar con un gran número de parámetros que pueden ser optimizados, es decir, modificados de automáticamente dentro de unos rangos de variación, aunque en algunos casos son difíciles de estimar tanto los valores concretos como sus rangos de variación. Inicialmente la recarga por infiltración de la precipitación se ha calibrado para un periodo de tres años sin bombeos (1993/94 a 1995/96) en el que se ha efectuado un proceso de optimización, basado en minimizar el criterio de mínimos cuadrados aplicado a los residuos de datos piezométricos disponibles y cuyas variaciones sólo podían deberse a la recarga. Este proceso de cálculo fue precedido por el tratamiento de los datos meteorológicos de la estación INM nº 8021A “Agost” que dispone de datos diarios de precipitaciones y temperaturas. En las figuras 3.5 a 3.7 se muestran varias pantallas de modo de introducción de datos básicos y adicionales. En la figura 3.8 se muestra la pantalla principal de salida de resultados con los valores medios de los distintos componentes del balance hídrico que pueden ser editados para su empleo posterior. En la figura 3.9 se puede apreciar la evolución de niveles piezométricos calculados por Visual Balan con los observados en el Pozo Tabarias. En la tabla 3.3 se presentan los parámetros y valores utilizados en la calibración de niveles durante el periodo citado que, en posteriores investigaciones, deberán ser objeto de reconsideración pues se entiende que son orientativos.

Datos del Suelo Edáfico

Porosidad total: 0.35 Tanto por uno en volumen

Punto de marchitez: 0.2 Tanto por uno en volumen

Capacidad de campo: 0.3 Tanto por uno en volumen

Contenido de humedad inicial: 0.2 Tanto por uno en volumen

Concentración inicial del trazador (mg/l): 1.0

Espesor (m): 1

Conductividad hidráulica (cm/s): 0.0001 Cambio unidades

Reserva útil (mm): 100

Recarga en tránsito

Recarga en tránsito diferida

- MÉTODO CONVENCIONAL
- MÉTODO MODIFICADO
- MÉTODO DE LA CURVA LOGÍSTICA

FLUJO PREFERENTE

- SIN FLUJO PREFERENTE
- POR INUNDACIÓN
- POR FISURAS
- POR INUNDACIÓN COMO PORCENTAJE

Método del Cálculo de la Escorrentía

- Ley de Horton
- Número de curva

Capacidad de infiltración para suelo en condiciones de capacidad de campo, CIMe (en mm/día): 90

Capacidad de infiltración para suelo a punto de marchitez, CIM1 (en mm/día): 90

Datos Geográficos

ESTADID DEL UDAI

Grados: 38

Minutos: 20

Segundos: 10

Figura 3.6. Modo de introducción de datos básicos en Visual Balan: Datos del suelo edáfico, datos geográficos, recarga en tránsito y método de cálculo de la escorrentía.

Zona No Saturada

Coeficiente de agotamiento del flujo hipodérmico $\alpha = 1/\text{días}$: 0.1 Tiempo de semiagotamiento

Conductividad hidráulica vertical (mm/día): 13.23 Cambiar unidades

Coeficiente de agotamiento de la percolación $\alpha = 1/\text{días}$: 6.466E-3 Tiempo de semiagotamiento: 107.2 días

Contenido inicial de agua (mm): 0

Resolución de la ecuación

- Método Explícito
- Método Implícito

Parámetros del Acuífero

- Método de una celda
- Método multicelda

Coeficiente de agotamiento del acuífero $\alpha = 1/\text{días}$: 5.771E-2 Tiempo de semiagotamiento: 12.0 días

Coeficiente de almacenamiento (adimensional): 4.5E-4

Nivel inicial (m): 292

Nivel de descarga (m): 294.5

Figura 3.7. Modo de introducción de datos adicionales en Visual Balan: Datos de la zona no saturada y parámetros del acuífero.

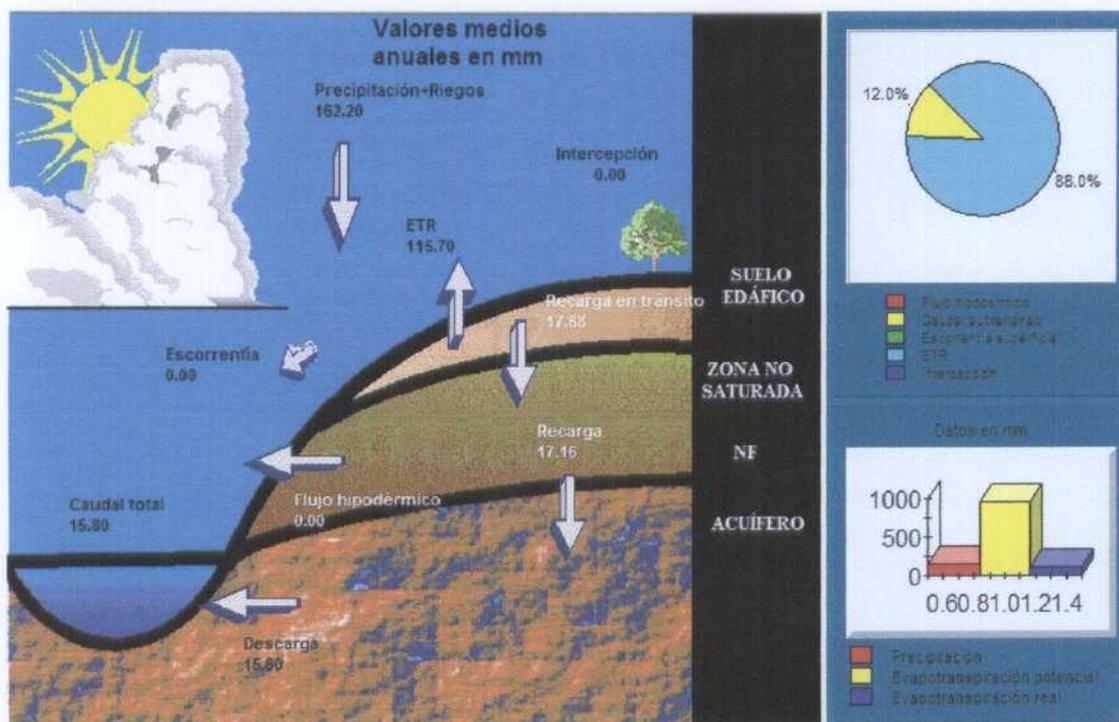


Figura 3.8. Resultados del modelo de balance: valores medios anuales de los años 1993/94 a 1995/96 tras calibración.

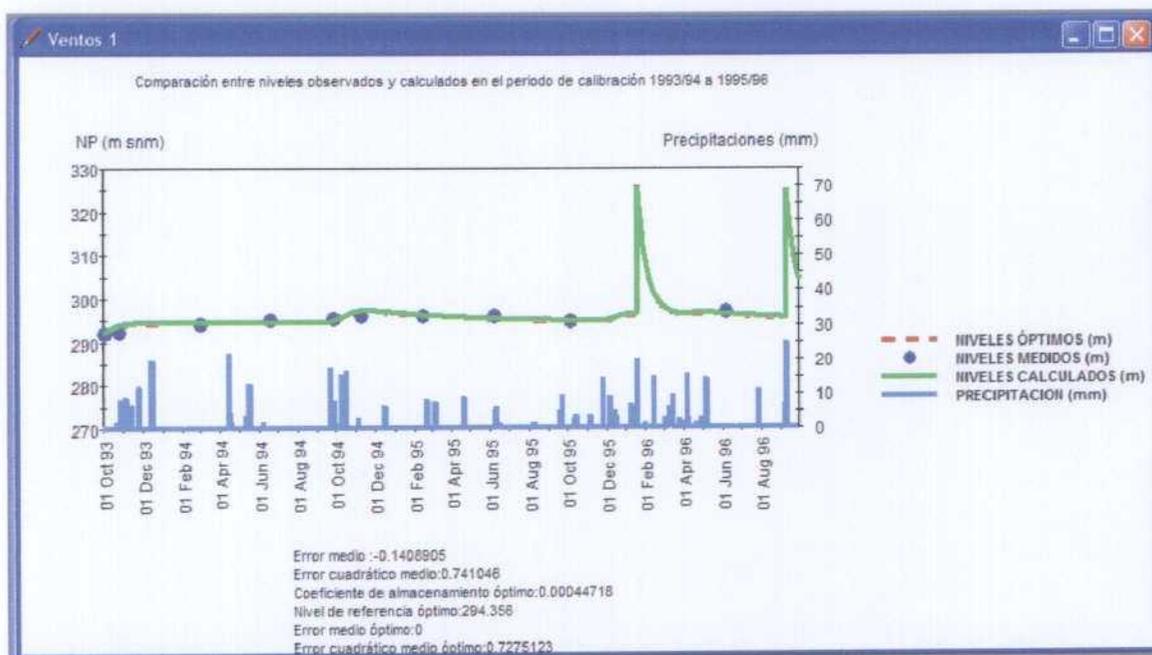


Figura 3.9. Resultados del modelo de balance: comparación entre niveles piezométricos calculados y observados (pozo Tabarias) en los años de calibración 1993/94 a 1995/96.

Tabla 3.3. Parámetros utilizados en el modelo de evaluación de la recarga de Ventós-Castellar con Visual Balan.

CONCEPTOS	Valores considerados tras la calibración del periodo 1993/94-1995/96	Observaciones
EL SUELO EDÁFICO.		
Porosidad total (tanto por uno).	0.35	
Punto de marchitez (tanto por uno).	0.2	
Capacidad de campo (tanto por uno).	0.3	
Humedad inicial (mm).	0.2	
Espesor del suelo (m).	1	Valor modificado respecto al inicial (0,75 m)
Permeabilidad vertical (cm/seg).	1.00E-04	
Reserva útil resultante (mm)	100	Valor modificado respecto al inicial (75 mm)
DATOS GEOGRÁFICOS.		
Latitud.	38° 20' 0"	
Área (km ²).	6.14	
LA INTERCEPCIÓN.	Sin intercepción	
RECARGA EN TRÁNSITO (O LLUVIA EFICAZ) DIFERIDA.	Método convencional	
FLUJO PREFERENTE.	Sin flujo preferente	
ETP.	Método de Thornthwaite	
ETR.	Método de Penman - Grindley.	
CRPG (mm).	70	
CEPG (adimensional).	0.01	Valor modificado respecto al inicial (0)
ESCORRENTÍA SUPERFICIAL.	Método de Horton	
Capacidad de infiltración para suelo a condiciones de capacidad de campo (mm/día).	90	
Capacidad de infiltración para suelo a condiciones de punto de marchitez (mm/día).	90	
LA ZONA NO SATURADA.	Método explícito	
Coefficiente de agotamiento del flujo hipodérmico (días ⁻¹).	0	
Permeabilidad vertical (mm/día).	13.23	Valor optimizado
Coefficiente de agotamiento de la recarga al acuífero (días ⁻¹).	0.006466	Valor optimizado
Humedad inicial (mm).	0	
EL ACUÍFERO.	Método de una celda.	
Coefficiente de agotamiento del acuífero o descarga subterránea (días ⁻¹).	0.05771	Valor optimizado
Coefficiente de almacenamiento del acuífero (adimensional).	0.00045	Valor propio de acuífero confinado coherente con la situación de la mayor parte del acuífero en el periodo de calibración
Nivel inicial en el acuífero (m).	292	Valor de 333 m para la simulación 1978-2002
Nivel de descarga del acuífero (m).	294.5	

Una vez obtenidos los distintos parámetros en el periodo 1993/94-1995/96 se ha procedido a la simulación del periodo de 24 años comprendido entre 1978/79 y 2001/02. En la tabla 3.4 se muestran los valores de recarga obtenidos cuyo valor medio es de 0,108 hm³/año (3,4 l/s) aunque en algunos años llega a ser hasta cinco veces mayor. Conviene señalar este último hecho pues la alta variabilidad de la recarga, como respuesta al clima típicamente mediterráneo, condiciona de forma significativa el régimen hidrológico del acuífero y, aunque su conocimiento es difícil se hace necesario un cierto detalle para adecuar la explotación óptima. La tasa de infiltración media es del 5% de la precipitación (variable entre 0 y 27%). En el Anejo 1.1 se presentan los valores de recarga a nivel mensual.

Tabla 3.4. Valores anuales de recarga obtenidos mediante Visual Balan (Se considera una superficie de recarga de 6,14 km²), explotación por bombeo y balance hídrico.

AÑO	Precipitación (mm/año)	Precipitación (hm ³ /año)	Recarga (hm ³ /año)	Recarga/Precip. (%)	Explotación (hm ³ /año)	Balance (hm ³ /año)	Balance acumulado (hm ³ /año)
1978/79	210	1.29	0.00	0.00%	0.15	-0.15	-0.15
1979/80	408	2.50	0.51	20.40%	0.20	0.32	0.17
1980/81	226	1.39	0.00	0.25%	0.20	-0.19	-0.02
1981/82	259	1.59	0.09	5.63%	0.20	-0.11	-0.13
1982/83	323	1.99	0.24	11.92%	0.20	0.04	-0.09
1983/84	172	1.05	0.01	0.73%	0.20	-0.19	-0.27
1984/85	234	1.44	0.00	0.05%	0.20	-0.19	-0.47
1985/86	289	1.78	0.08	4.67%	0.20	-0.11	-0.58
1986/87	172	1.06	0.29	27.33%	0.20	0.09	-0.49
1987/88	494	3.04	0.49	16.00%	0.28	0.20	-0.28
1988/89	556	3.41	0.38	11.17%	0.37	0.01	-0.28
1989/90	289	1.78	0.15	8.45%	0.46	-0.31	-0.59
1990/91	255	1.57	0.10	6.08%	0.47	-0.38	-0.97
1991/92	226	1.39	0.11	7.99%	0.44	-0.33	-1.30
1992/93	277	1.70	0.01	0.47%	0.19	-0.18	-1.49
1993/94	168	1.03	0.00	0.07%	0.00	0.00	-1.49
1994/95	105	0.65	0.00	0.01%	0.00	0.00	-1.49
1995/96	214	1.31	0.00	0.00%	0.00	0.00	-1.49
1996/97	415	2.55	0.00	0.02%	0.07	-0.07	-1.55
1997/98	207	1.27	0.09	7.33%	0.47	-0.38	-1.93
1998/99	173	1.06	0.00	0.09%	0.30	-0.30	-2.23
1999/00	209	1.28	0.00	0.01%	0.28	-0.28	-2.51
2000/01	308	1.89	0.00	0.00%	0.28	-0.28	-2.80
2001/02	328	2.01	0.04	2.08%	0.31	-0.26	-3.06
Media	272	1.67	0.11	5%	0.24		

En lo que concierne a la explotación, los datos disponibles son escasos y no cubren todo el periodo. Los datos mostrados en la tabla 3.4 corresponden a la explotación conjunta de los pozos Tabarias y Ventós. Tales valores son los considerados posteriormente en el modelo de flujo y proceden fundamentalmente de la base de datos de la DPA aunque han sido supuestos en algunos periodos de tiempo que se especifican en el Anejo 1.2. En los últimos años (1997/98-2001/02) la explotación media en el sondeo Ventós es de 0,33 hm³/año.

A partir de los datos de recarga y explotación se obtiene el balance hídrico, que para el periodo 1978/79-2001/02 ha resultado ser deficitario (Tabla 3.6; Anejo 1.3). En la figuras 3.10 y 3.11 se aprecian con claridad las relaciones entre la recarga, explotación y balance hídrico en el periodo considerado.

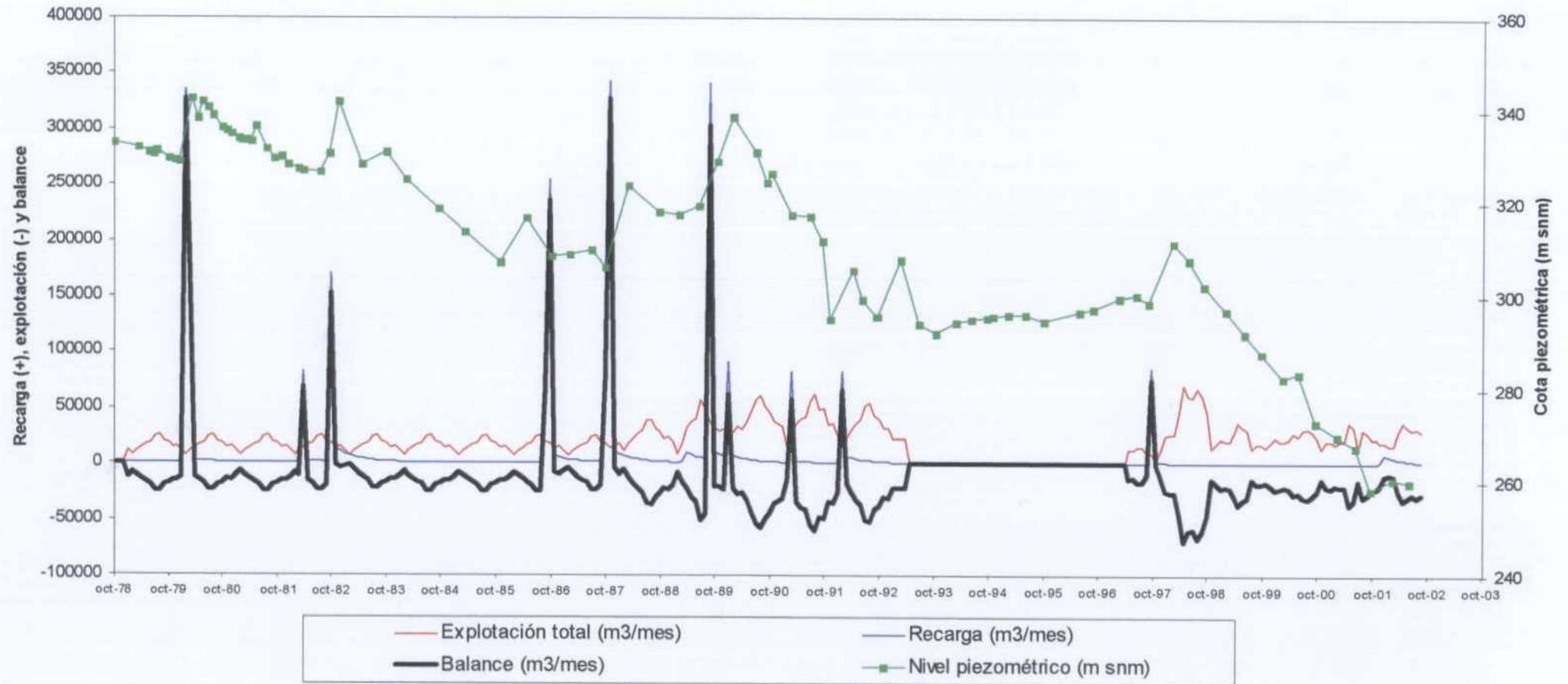


Figura 3.10. Comparación entre Recarga, Explotación, Balance hídrico y nivel piezométrico en el pozo Tabarias. Periodo 1978/79-2001/02.

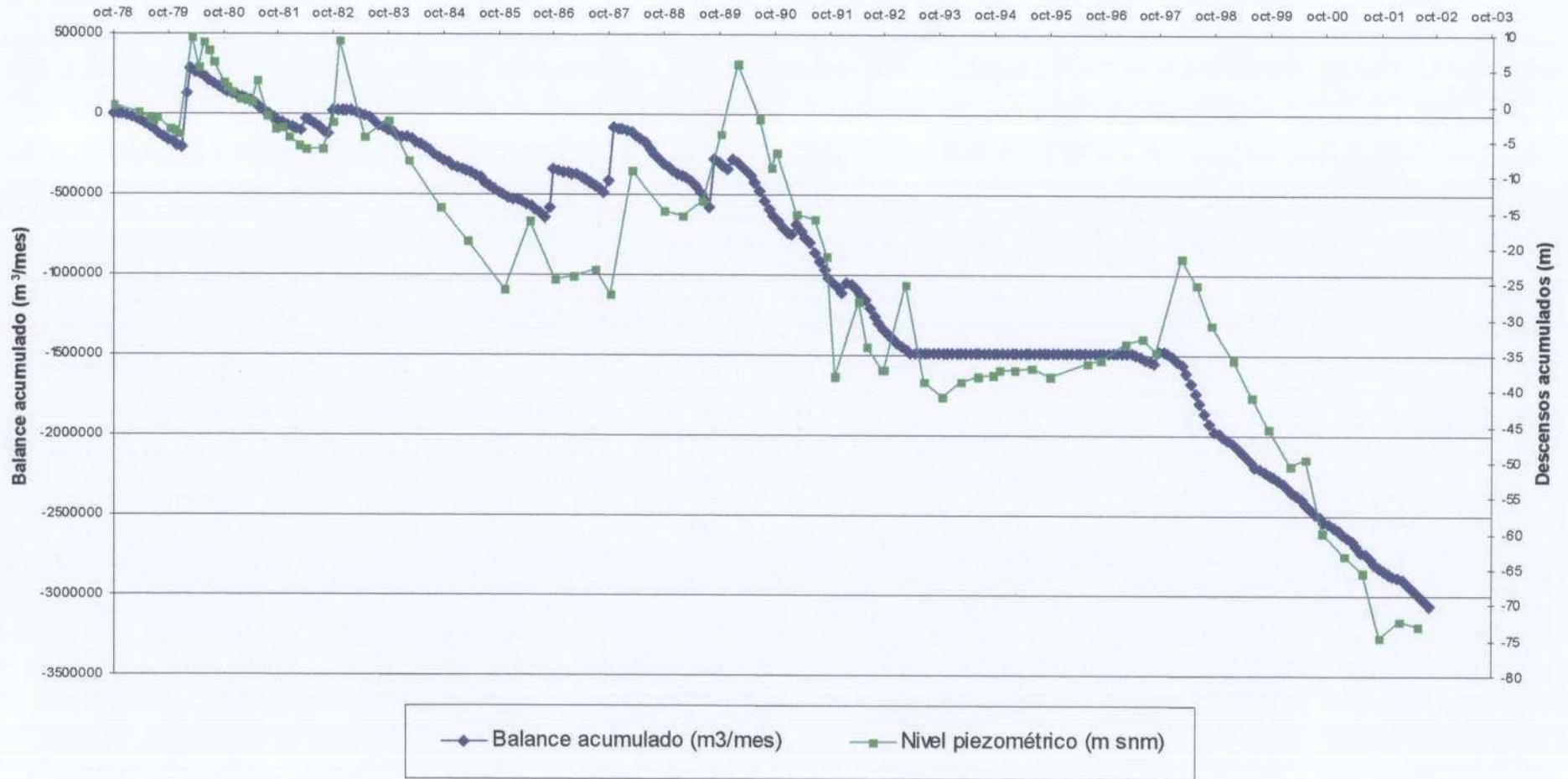


Figura 3.11. Comparación entre balance hídrico acumulado y nivel piezométrico en el pozo Tabarias. Periodo 1978/79-2001/02.

3.7. Calidad del agua

Las facies de las aguas subterráneas del acuífero son bicarbonatadas cálcico-magnésicas, aptas para consumo humano y regadío. Se dispone de datos periódicos de la calidad en el punto 283330003 donde la salinidad se ha mantenido a lo largo de los años con un valor entre 0,3 y 0,4 g/l, por lo que no pueden deducirse modificaciones del quimismo relacionadas con la explotación. Este hecho resulta llamativo teniendo en cuenta que en el límite occidental la formación acuífera parece ponerse en contacto con las margas y yesos del Keuper con lo cual o bien la explotación se encuentra lo suficientemente lejos del límite como para producir lixiviación de sales de borde o no existe tal contacto.

3.8. Modelización matemática

Teniendo en cuenta los datos existentes y que el funcionamiento del acuífero es relativamente conocido, se ha estimado conveniente efectuar un modelo de flujo simple en régimen transitorio que puede permitir analizar la respuesta del acuífero frente a diferentes condiciones de explotación, supuesta una determinada tasa de recarga, lo cual puede ser interesante para la determinación de las reservas útiles y su distribución espacial. En cualquier caso conviene señalar que se trata de un modelo aproximado que puede y debe ser mejorado a medida que se obtengan nuevos datos o se efectúe una conceptualización diferente. La modelización ha sido realizada con el código Modflow (Visual Modflow 2.7).

3.8.1. Datos de entrada

El acuífero ha sido discretizado con una malla de celdas de dimensiones 100x100 m entre las coordenadas UTM (en metros) siguientes: $X_{\text{mín}}=705.000$; $X_{\text{máx.}}=709.500$; $Y_{\text{mín}}=4.256.700$; $Y_{\text{máx.}}=4.262.700$. El total de celdas que componen el modelo es de 2700 (45 columnas x 60 filas).

Se han considerado dos capas que representan el acuífero y el confinante superior. Así pues existen tres superficies (topografía, muro Capa 1 y muro Capa 2) obtenidas a partir de los cortes geológicos y mediante posterior interpolación previa a su incorporación al modelo. La capa 1 está activa en sector libre del acuífero, es decir corresponde al área de recarga, y tiene 614 celdas activas o sea 6,14 km². Dicha superficie es inferior a los 7 km² que se indican en otras referencias (se estima que esta última cifra está sobre valorada). La capa 2 (acuífero propiamente dicho) tiene un total de 1238 celdas (12,38 km²), de las cuales, la diferencia con las anteriores (624 celdas), están estrictamente en la parte confinada. Los límites tomados para la discretización proceden de la información cartográfica de acuíferos facilitada por la DPA. El sistema modelizado presenta contornos impermeables. Las figuras 3.11 y 3.12 muestran la distribución en planta de la capas 1 y 2 así como cortes por las filas (este-oeste) y columnas (norte-sur) que se indican.

Los datos de parámetros hidráulicos introducidos corresponden a los obtenidos en los estudios realizados en la zona. Se ha asignado un valor constante de

permeabilidad de $K_x=K_y=100$ m/día y $K_z=10$ m/día. Respecto a los parámetros relacionados con el almacenamiento, MODFLOW, requiere dos parámetros asociados al éste: el almacenamiento específico (S_s) y el rendimiento específico o porosidad eficaz (S_y). El primer parámetro entra en juego en la parte de acuífero confinado, que puede variar a lo largo del periodo simulado, y corresponde al coeficiente de almacenamiento dividido por espesor medio en la zona confinada, habiéndose considerado un valor inicial de $S_s=2,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$ (equivalente a un coeficiente de almacenamiento $S=4,5 \cdot 10^{-4}$, dividido por un espesor medio de 210 m). En el caso del parámetro S_y se ha introducido inicialmente un valor de 0,8%, que interviene en la parte libre.

Una de las principales limitaciones encontradas en este modelo ha sido la manera de introducir la recarga. Inicialmente se aplicó de forma homogénea sobre el área de recarga pero se observó que al quedar las celdas secas en todo este dominio el código consideraba que no se producía recarga. Para solventar este problema se optó por introducir la recarga equivalente como una inyección en 30 pozos distribuidos en batería lo más alejada posible de las captaciones del Ventós y Tabarias y en una zona cuyas celdas no quedasen secas durante todo el periodo simulado (figura 3.13).

La explotación introducida corresponde a la existente en las captaciones Ventós y Tabarias que han sido empleadas también como puntos de observación de la piezometría.

Todos los datos han sido introducidos con pasos de tiempo mensuales para el periodo 1978/79-2001/02.

3.8.2. Resultados obtenidos

El modelo ha respondido relativamente bien a las condiciones y parámetros hidráulicos introducidos inicialmente. No obstante, en el caso del almacenamiento específico, el valor que ha proporcionado un mejor ajuste ha sido el de $S_s=5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^{-1}$ que equivaldría, aproximadamente, a un valor medio de coeficiente de almacenamiento de $S=1 \cdot 10^{-4}$ que está dentro del orden de magnitud del introducido inicialmente. Por otro lado, en varias ocasiones se ha modificado la recarga de tal manera que se han efectuado varias pasadas con series de valores previamente evaluados mediante Visual Balan. El balance obtenido en el modelo coincide con el indicado en la tabla 3.4 pues sólo se consideran los elementos recarga (introducida como inyecciones) y salida por bombeo.

Las figuras 3.14 y 3.15 muestran la piezometría resultante y dos secciones donde se aprecian las captaciones Tabarias y Ventós a finales del periodo simulado donde el nivel piezométrico queda a cota 262 m s.n.m. Se observa un flujo hacia el pozo Ventós y apenas existen diferencias piezométricas entre ambas captaciones.

La figura 3.16 es tal vez la más significativa pues, teniendo en cuenta que se trata de un modelo aproximado y con limitaciones respecto a los datos disponibles, especialmente de los bombeos, se ha conseguido un ajuste aceptable entre niveles observados y calculados por el modelo, en casi todos los periodos de tiempo de los 24 años hidrológicos modelizados.

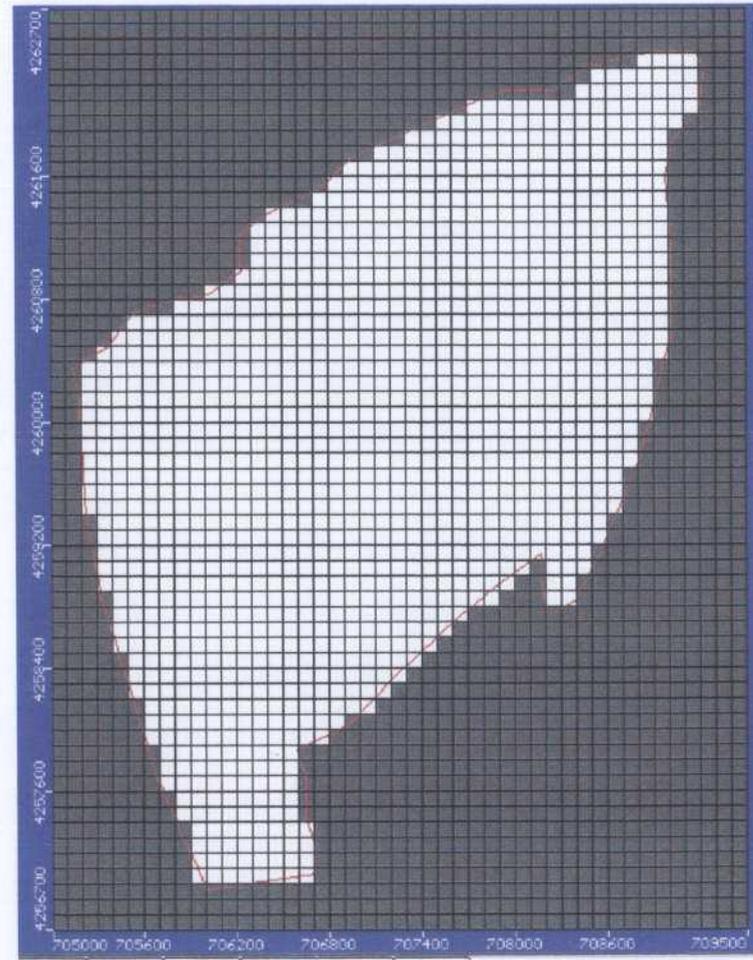
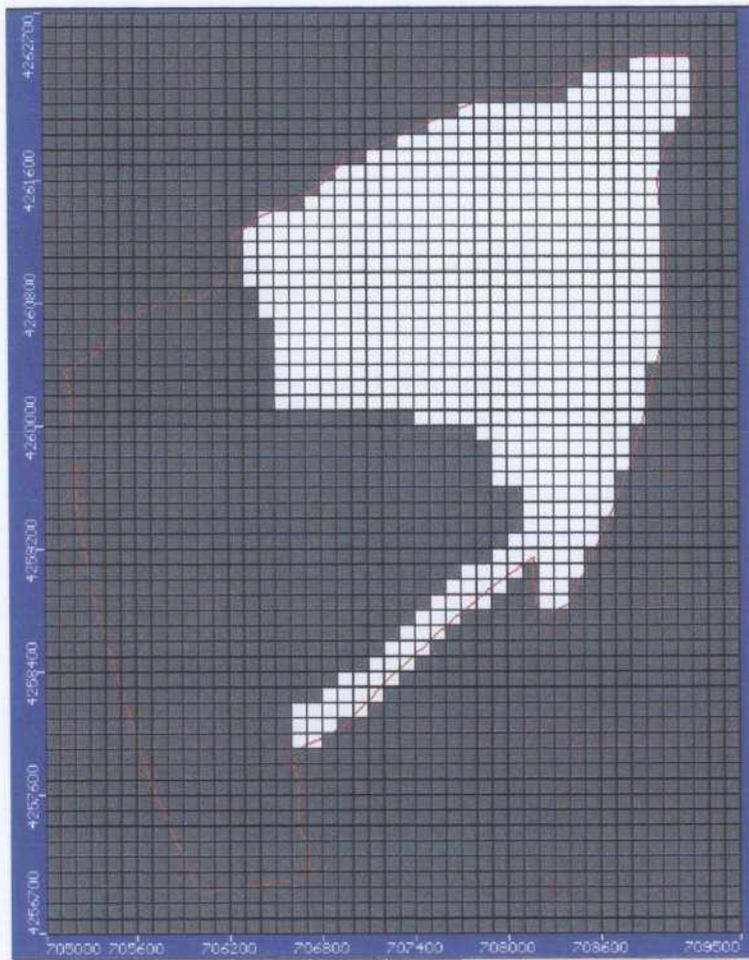


Figura 3.12a Discretización del acuífero Ventós-Castellar: Capa 1 (izquierda; área de recarga) y Capa 2 (derecha).

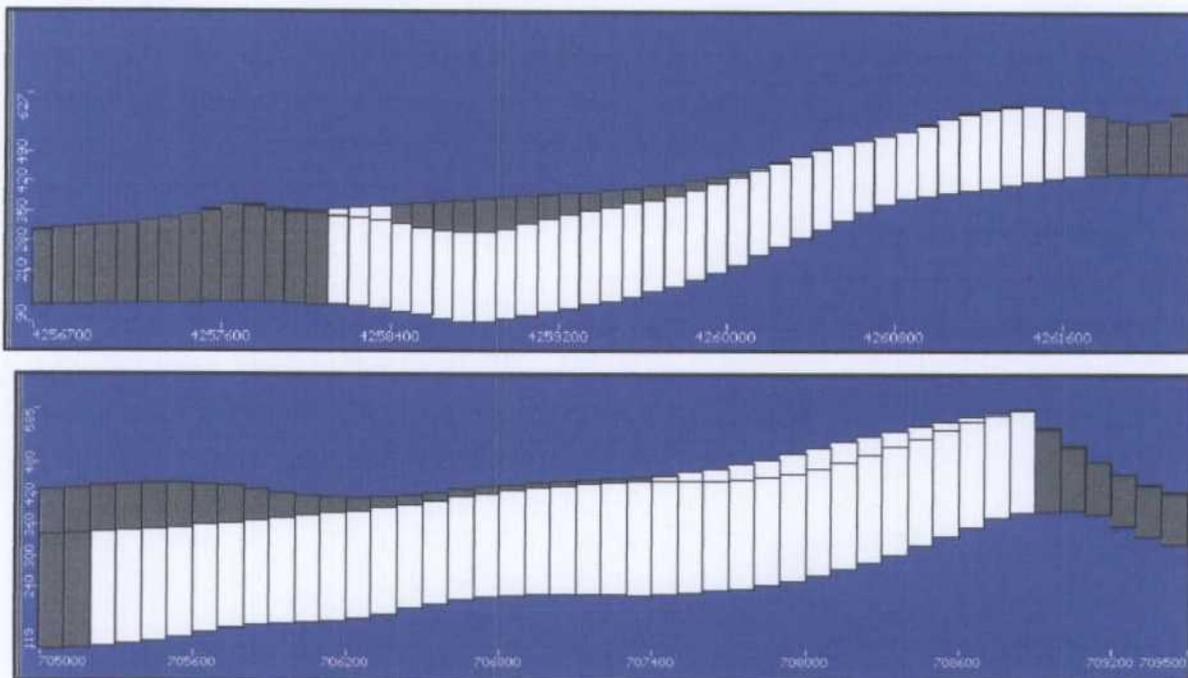


Figura 3.12. Secciones del modelo Norte-Sur (columna 20; arriba) y Este-Oeste (fila 27; abajo).

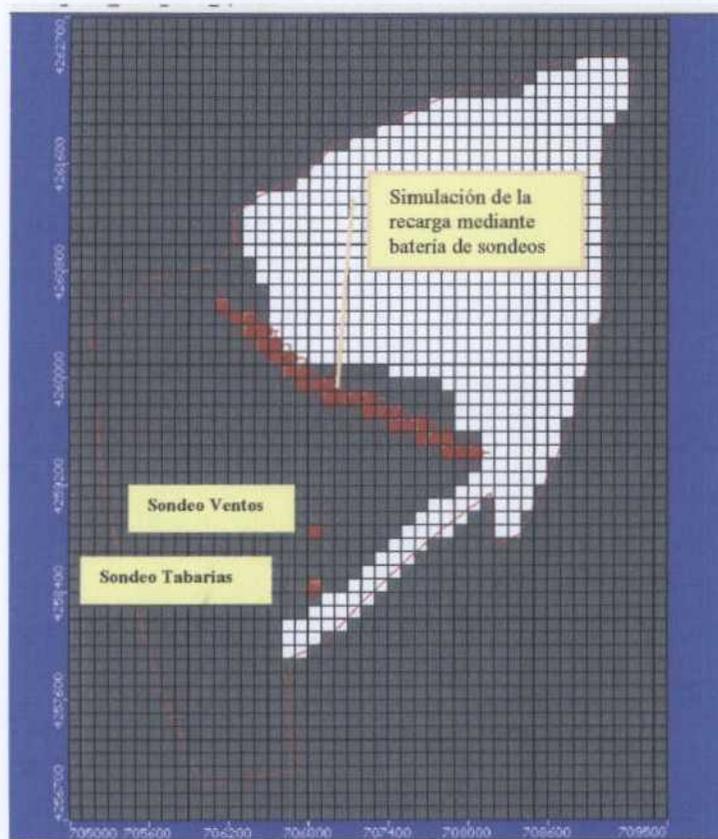


Figura 3.13. Localización de los pozos de bombeo Tabarias y Ventós, y batería de bombes de inyección para solventar el problema de secado de celdas en el área de recarga.

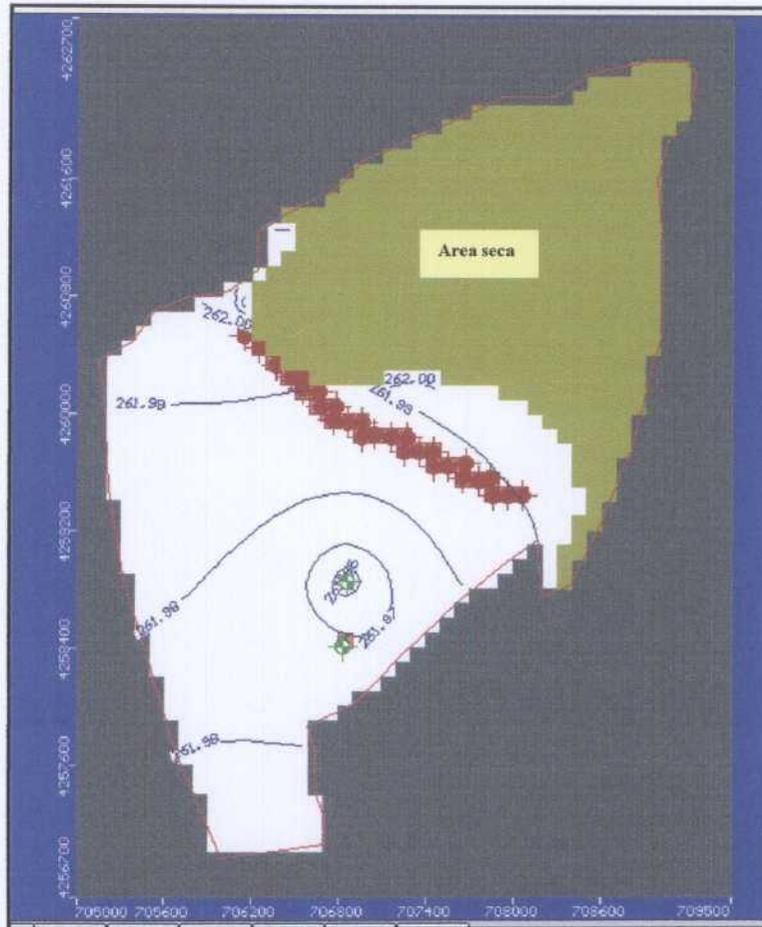


Figura 3.14. Piezometría proporcionada por el modelo a finales del periodo simulado (septiembre de 2002).

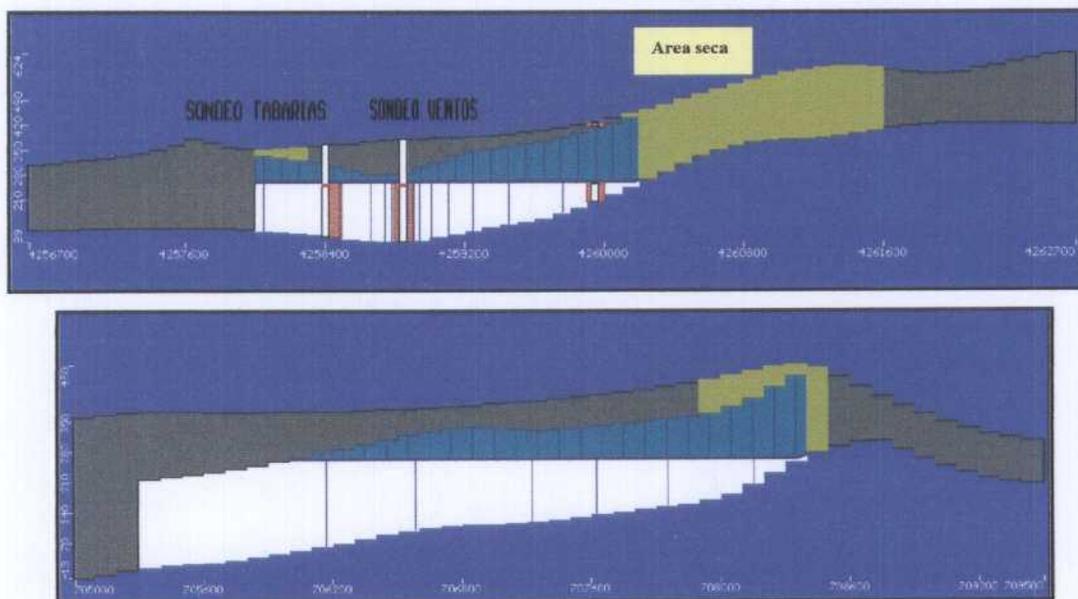


Figura 3.15. Piezometría en las secciones del modelo Norte-Sur (columna 19; arriba) y Este-Oeste (fila 36; abajo). Septiembre de 2002.

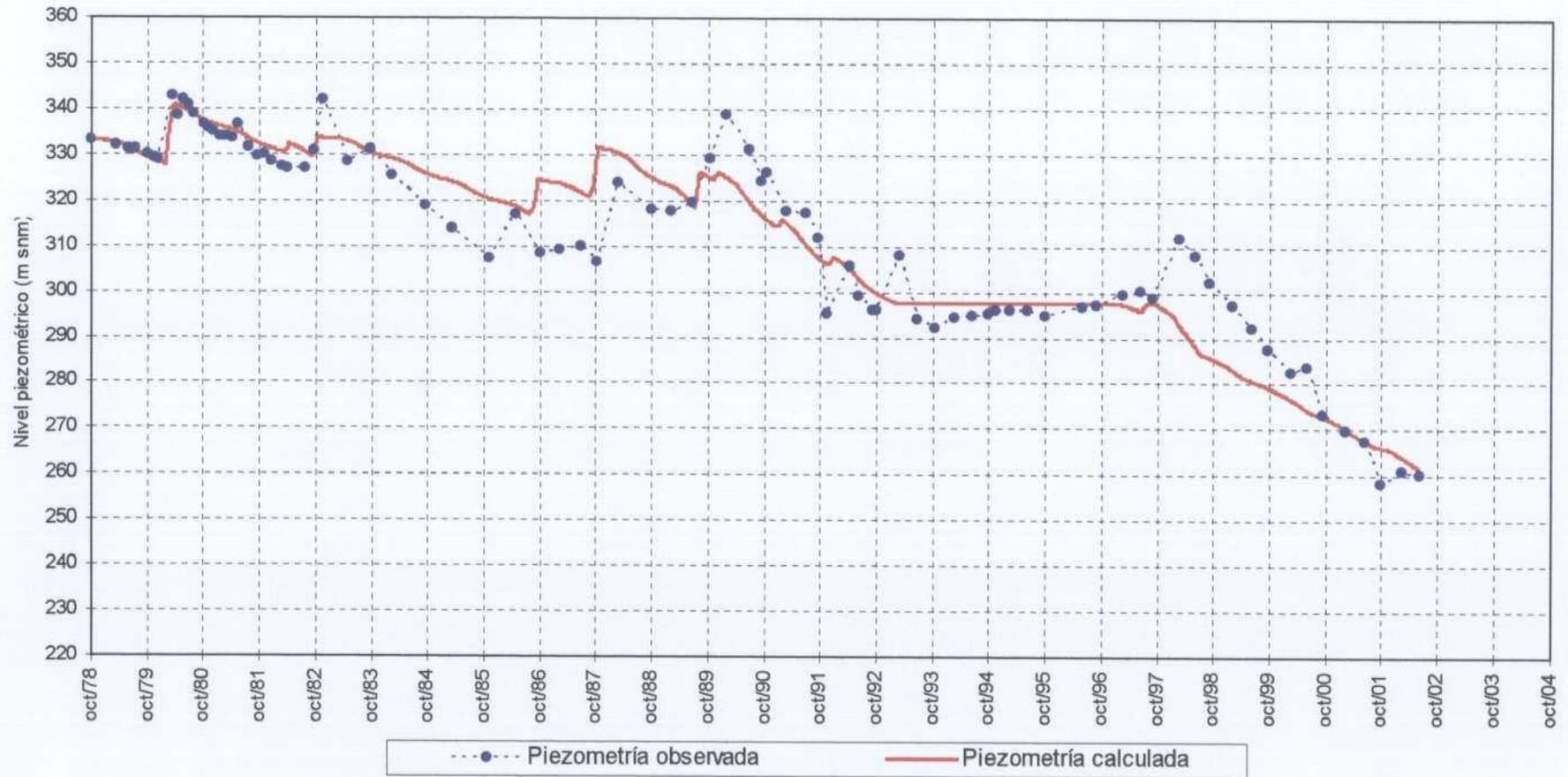


Figura 3.16. Comparación entre niveles observados en el pozo Tabarias (283430011) y calculados por el modelo.

3.9. Evaluación de reservas

A partir de la delimitación del acuífero, los cortes hidrogeológicos y el mapa topográfico se han obtenido mapas de isohipsas de techo y muro del acuífero con los que se ha elaborado la geometría del acuífero. La figura 3.17 muestra un mapa de isohipsas de muro del acuífero y la figura 3.18 ilustra sobre los espesores saturados considerando la posición del nivel piezométrico en Septiembre de 2003 en el sondeo Ventós, 246,32 m s.n.m. En la tabla 3.5 y figura 3.19 se muestra la determinación de las reservas para distintos valores de porosidad eficaz.

Tabla 3.5. Reservas totales (en hm³) en el acuífero Ventós-Castellar para distintos valores de porosidad eficaz.

Cota (m snm)	Porosidad eficaz		
	0,5%	0,8%	1,0%
340	6.89	11.03	13.79
333	6.72	10.76	13.45
320	6.40	10.25	12.81
300	5.88	9.41	11.77
280	5.33	8.53	10.66
260	4.75	7.61	9.51
251.66	4.51	7.21	9.02
246.32	4.35	6.96	8.70
220	3.57	5.71	7.13
200	2.97	4.76	5.95
150	1.64	2.63	3.28
100	0.68	1.08	1.35
50	0.14	0.22	0.27
25	0.03	0.05	0.06
0	0.00	0.00	0.00

La cota de drenaje natural estaba a 333 m s.n.m. (283430010) y en la actualidad (considerando fecha de septiembre de 2003) se sitúa en 251,66 m snm en el sondeo Tabarias (283430011) y 246,32 m s.n.m. en el sondeo Ventós (283430023) (la diferencia entre ambas cotas ha sido objeto de discusión en apartados precedentes). Con estas posiciones del nivel piezométrico las reservas oscilarían entre 7,21 y 6,96 hm³ para una porosidad eficaz del 0,8% que, de acuerdo con los datos experimentales disponibles y con el modelo de flujo, parece la más adecuada. Teniendo en cuenta el actual ritmo de bombeo 0,33 hm³/año (periodo 1997/98 y 2001/02) y suponiendo una recarga media de 0,11 hm³/año, podrían quedar reservas totales de agua para más de 30 años (2035).

Asimismo, se han contrastado los datos de balance con los descensos del nivel piezométrico y se pueden extraer algunas conclusiones interesantes. En la figura 3.19 se muestran distintas curvas de reservas donde se ha aproximado mediante tanteo la curva de balance acumulado (se ha efectuado con la línea de tendencia de la disminución/aumento de reservas) a las de reservas, ajustándose con bastante fiabilidad para la curva del 0,8% aunque con fluctuaciones debidas a los periodos de recuperación

de nivel. Entre 1978/79 y 2001/2002 se habría producido un consumo de reservas, coherente con el balance, de 3 hm³. Un estudio más detallado podría incidir en los aspectos de evaluación de la recarga para precisar los recursos del sistema que permitirían acotar mejor los valores de porosidad existentes y, sobre todo, en la mejora de la definición geométrica con estudio del límite oeste, aunque esta tarea debe resultar compleja.

Dada la incertidumbre sobre los límites y porosidad del acuífero que condicionan el estudio realizado parece aconsejable que también sean tenidas en cuenta las vidas útiles que se estiman para los actuales sondeos de la zona en función de las últimas tasas de descenso observadas (5,1 m/año en el periodo 2001-2003):

- ◆ El sondeo sin instalar 283430011 (Tabarias), cuyo destino inicial era el abastecimiento de Agost, está situado a cota 365 m s.n.m. La profundidad del muro del último tramo acuífero es de 183 m (182 m s.n.m.) por lo que la vida útil, con las tasas de descenso, y un nivel piezométrico a cota 251,66 m s.n.m. (septiembre de 2003) no será mayor de 13-14 años (2016-17).
- ◆ El sondeo 283430023 (Ventós), destinado al abastecimiento de Agost, tiene su cota de emboquille a 380 m s.n.m. La obra tiene una profundidad de 278 m (102 m s.n.m.). Teniendo en cuenta que el nivel piezométrico se encuentra a 247,32 m s.n.m. (finales de diciembre de 2003), y la tasa de descenso, la vida útil sería de unos 28-29 años (año 2031-2032).

Las cifras de vida útil estimadas se verían reducidas al considerar niveles dinámicos y se modificarán si se producen cambios de volúmenes de agua bombeados ya que harían variar las tasas de descenso. Así mismo, existe una limitación obvia derivada de la profundidad a la que se coloca la aspiración de la bomba (al menos varios metros por encima del fondo). Por último, también debe tenerse en cuenta la singularidad del medio kárstico en el que el nivel piezométrico es virtual en buena parte del mismo, de tal manera que la circulación se produce por conductos y fisuras, los tramos en los que aparecen éstos últimos deben considerarse a la hora de determinar cuando quedarían desaturadas tales zonas. En el caso del sondeo Ventós se observó abundante microfisuración en los tramos 191 a 200 m, 239 a 245 m, y 270 a 274 m; así mismo entre los metros 192 a 195 y 270 a 273 existen grandes cavernas, por lo que prácticamente se llega hasta la profundidad total del sondeo (278 m).

Por otro lado se ha efectuado una simulación con el modelo de flujo para predecir cuando podría quedar seco el pozo Ventós. Se han considerado constantes tanto la explotación de 0,33 hm³/año (915 m³/día) como la recarga, 0,11 hm³/año (300 m³/día), y se han introducido estos valores a partir del año 2002/03, hasta el 2021/22 (20 años). La localización de los pozos de recarga se ha debido modificar para evitar que se secasen al final del periodo. El modelo predice que, teniendo en cuenta las citadas condiciones, la vida útil de las captaciones superaría el año 2020 (Figura 3.20).

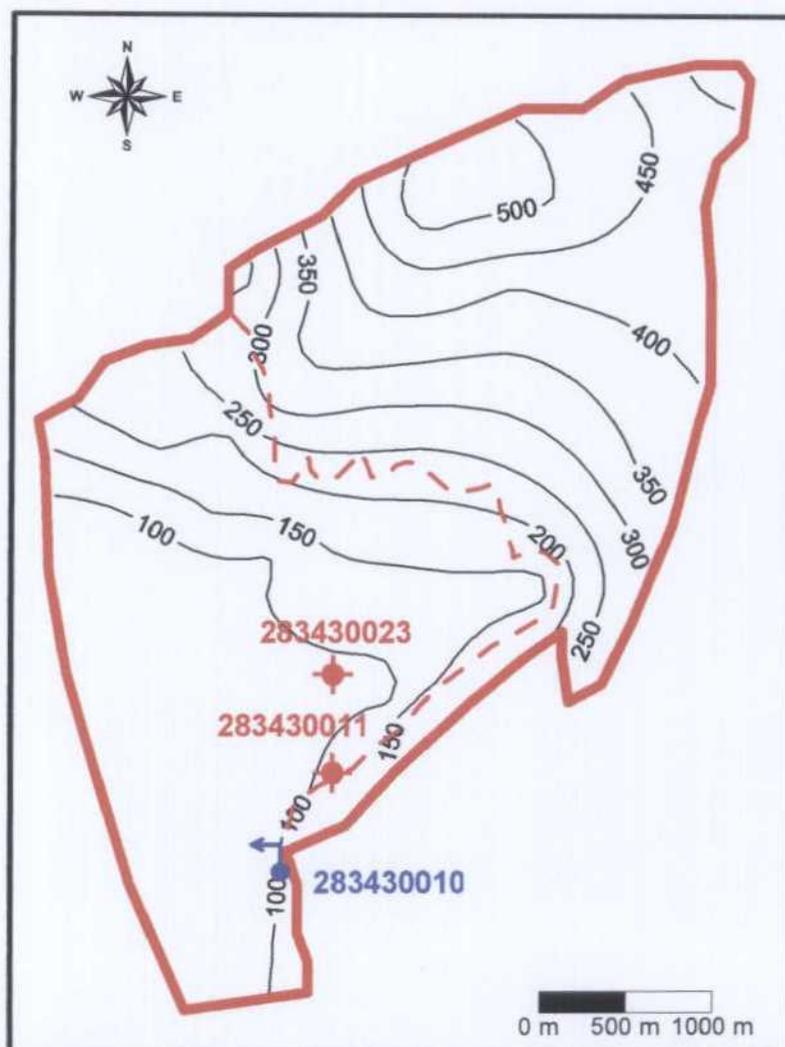
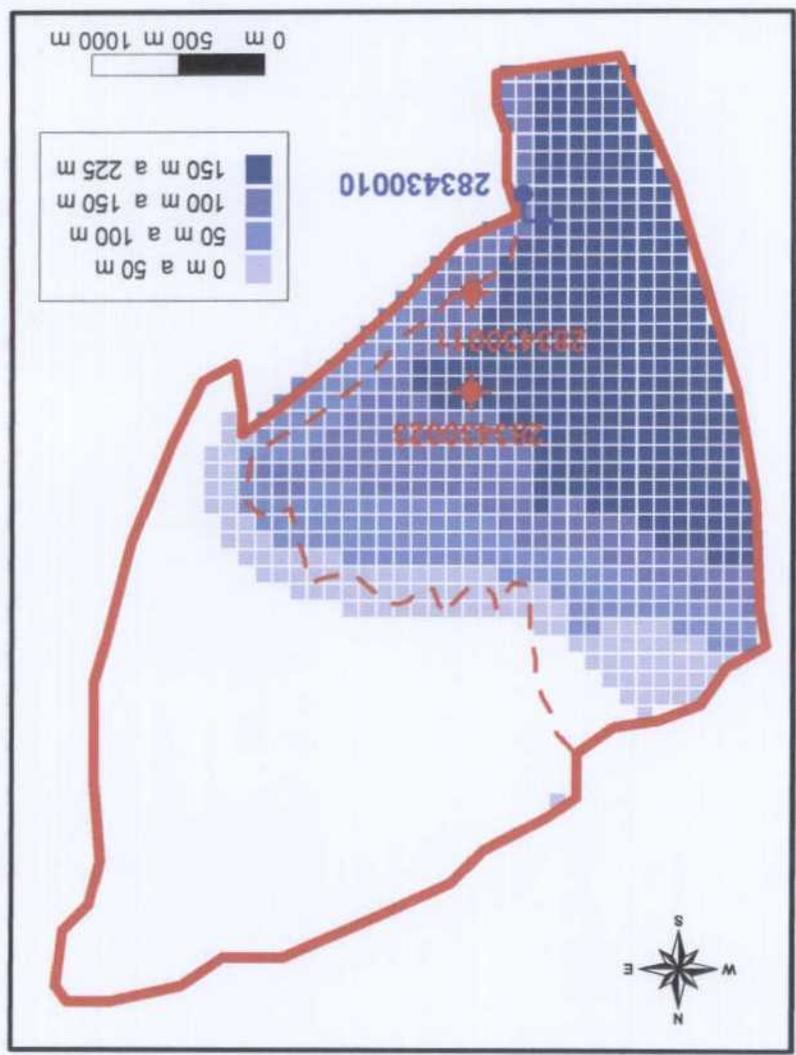


Figura 3.17. Mapa de isohipsas de muro del acuífero Ventós-Castellar (valores en m s.n.m.).

Figura 3.18. Mapa de isoespesores saturados del acuífero Ventos-Castellar.



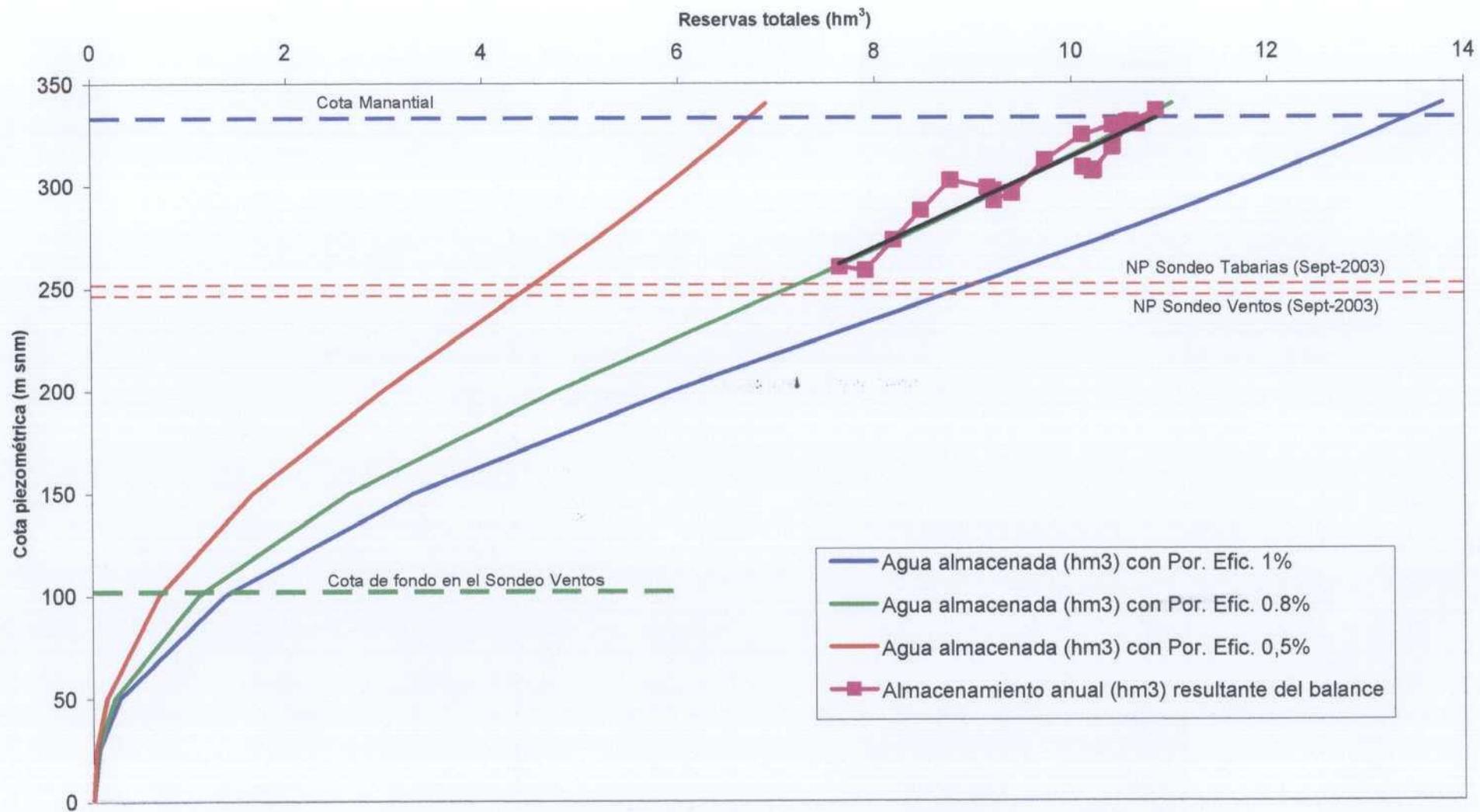


Figura 3.19. Curvas de embalse subterráneo del acuífero Ventós-Castellar.

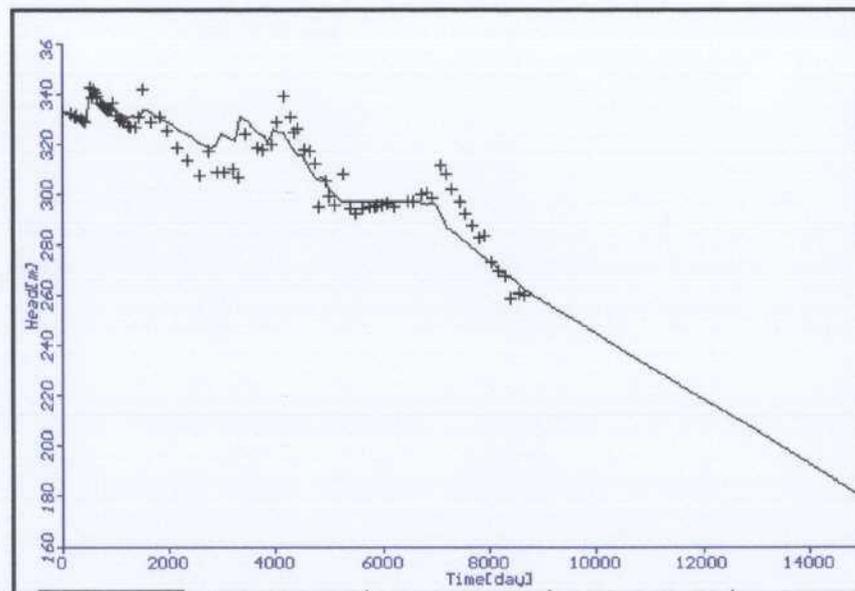
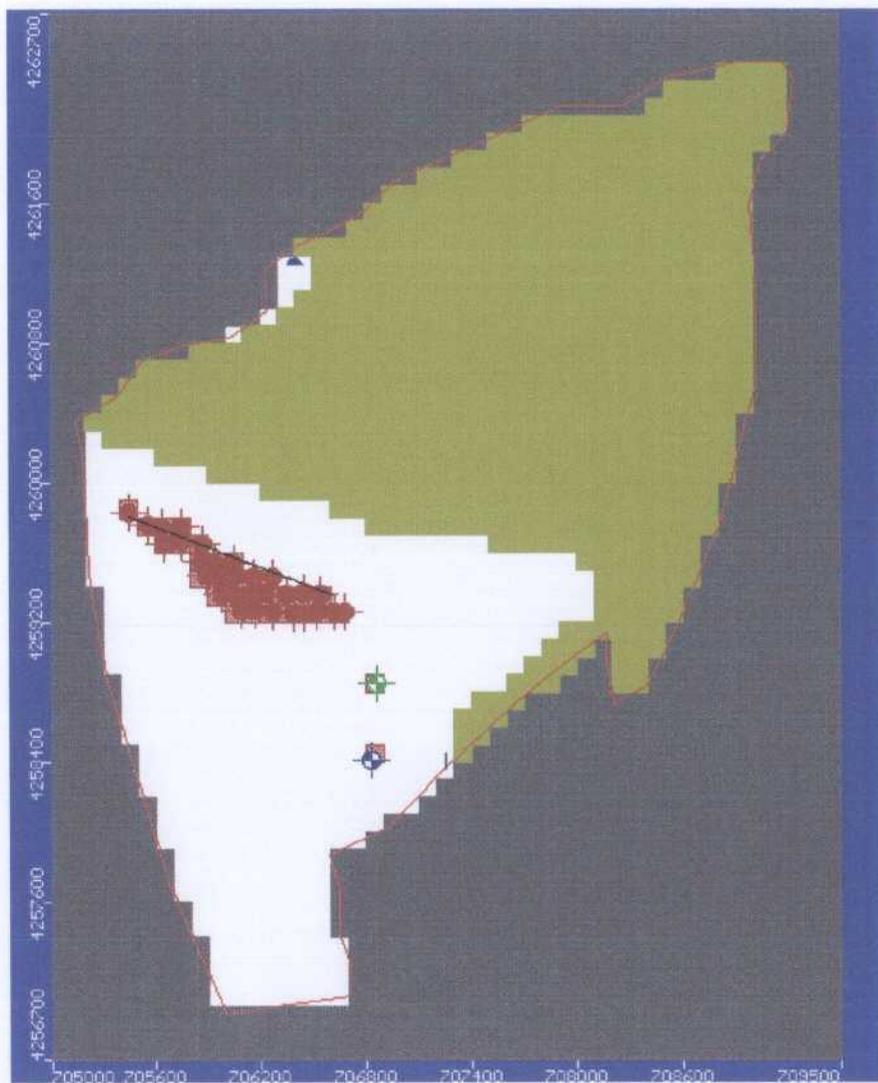


Figura 3.19. Predicción de piezometría proporcionada por el modelo para septiembre de 2022 y comparación entre niveles observados y calculados por el modelo en el Pozo Tabarias desde octubre de 1978.

4. ACUÍFERO DE CABRANTA

4.1. Introducción y antecedentes

Este acuífero pertenece a la Unidad Hidrogeológica 08.40 “Sierra Mariola”. Dicha unidad se encuentra situada en la zona sur del ámbito de gestión de la Confederación Hidrográfica del Júcar, dentro de los términos municipales de Alcoy, Cocentaina, Muro de Alcoy, Agrés, Bañeres, Biar y Onil, en la provincia de Alicante, y de Bocairente en la de Valencia. Presenta una extensión superficial de unos 250 km² y su altitud oscila entre 600 m (Alcoy) y 1390 m (vértice geodésico de Montcabré), siendo las sierras más importantes las de Fontanella, Onil, Reconco, Pinar de Camús y La Umbría (IGME, 1979).

Los primeros estudios hidrogeológicos de caracterización general de la unidad de Mariola fueron realizados por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en el marco del proyecto “Investigación hidrogeológica de la Cuenca Media y Baja del Júcar” (IGME, 1978). En el documento “Las aguas subterráneas de la provincia de Alicante” (IGME-DPA, 1982), se incluyen, dentro de la unidad Sierra Mariola, los acuíferos Pinar de Camús, Jurásico (actual Cabranta) y Cuaternario de Muro de Alcoy, si bien no se realiza una evaluación de los recursos hídricos subterráneos en los dos últimos mencionados. En el “Proyecto para establecimiento de normas para explotación de los acuíferos en la zona de Gandía-Denia-Jávea y cabecera del Vinalopó” (IGME-DPA, 1986) se definen once acuíferos dentro de lo que se denomina como subsistema de Mariola (Pinar de Camas, Sierra de la Fontanella, San Jaime, Agres, Cabranta, Peñarubia, Terciarios de Onil, Alto de Llacunas, Salt-San Cristóbal, Terciario de Cocentaina y detrítico de Muro de Alcoy). Posteriormente, en el trabajo “Evaluación de los recursos hídricos subterráneos y propuestas de normas de explotación de la unidad de Mariola” (DPA-IGME, 1992) se diferencian sólo ocho acuíferos (Pinar del Camas, Biar-Sierra de Fontanella, Agres, Sierra de Onil, Fontanella, El Chorrador, Barranco de Taguenga y Muro de Alcoy), pero el acuífero de Cabranta no se diferencia como tal, pues su parte oriental queda asignada al acuífero de Muro de Alcoy y la parte occidental al denominado como Biar-Sierra de Fontanella. El último estudio detallado de la zona corresponde a la “Redacción de los planes de explotación de los acuíferos Jurásico de Mariola y Cuaternario de Muro de Alcoy” (DPA-CHJ, 2000), donde ya se diferencia el acuífero de Cabranta, estudiándolo de forma indirecta dada la conexión hidráulica existente con el de Muro de Alcoy.

4.2. Geometría y límites

Desde el punto de vista geológico, el acuífero carbonatado de Cabranta se encuentra constituido por unos 400 m de dolomías y calizas micríticas del Kimmeridgiense superior-Portlandiense (tramo acuífero principal). Sobre estos materiales se disponen unos 90 m de margas del Portlandiense-Berriasiense y 200 m de calizas y areniscas del Berriasiense-Valanginiense. Este último conjunto de materiales presenta un reducido interés hidrogeológico y no se incluye dentro del acuífero de Cabranta, por quedar desconectado hidráulicamente como consecuencia de las margas y

margocalizas presentes en la base, lo que puede dar lugar a niveles acuíferos colgados (DPA-CHJ, 2000), aunque eventualmente debe existir una conexión por efecto de la fracturación. Finalmente, sobre los materiales anteriores se dispone un potente conjunto de margas y margocalizas del Valanginiense superior-Barremiense inferior, de más de 300 m de espesor, que separan todo el conjunto de otros acuíferos superiores entre los que destaca Pinar de Camús. Desde un punto de vista estructural, la Sierra de Mariola corresponde a un anticlinal con vergencia norte e inmersión hacia el oeste, lo que hace que el flanco sur presente buzamientos suaves, mientras que el flanco norte se encuentra vertical e incluso invertido.

Aunque los materiales de este acuífero únicamente afloran en el extremo oriental de la unidad, ocupando solamente una extensión de 2,12 km², su extensión superficial total podría alcanzar los 225 km² (Figura 4.1), (DPA-CHJ, 2000), de acuerdo con los siguientes límites hidrogeológicos:

- Al norte, el límite vendría dado por los accidentes tectónicos que posiblemente provoquen el contacto lateral con las margas cretácicas o terciarias.
- Al sur, por afloramientos o subafloramientos de arcillas y margas del Trias Keuper.
- En el extremo oriental, la gran falla de Mariola pone en contacto el acuífero de Cibranta con materiales margosos del Mioceno y con depósitos detríticos cuaternarios del acuífero de Muro de Alcoy. Se trata pues de un límite abierto.
- Hacia el oeste, el límite del acuífero se interpreta como debido a una falla, aproximadamente coincidente con la carretera que une Biar con el cruce de Onil-Catalla-Sax, que pondría en contacto el acuífero con las arcillas y yesos del Keuper.

Tanto la extensión del acuífero como los límites citados presentan importantes incertidumbres derivadas, fundamentalmente, de las elevadas profundidades a las que se encuentran los términos jurásicos, especialmente en la parte central. El sustrato del acuífero corresponde a una alternancia de calizas y margas del Kimmeridgiense medio.

A partir de la cartografía geológica del MAGNA que cubre el área se han realizado 4 cortes hidrogeológicos, de dirección aproximada NO-SE, donde se trata de esquematizar la geometría del acuífero (Figura 4.2), aunque conviene señalar que tales cortes tienen una componente interpretativa no desdeñable debido a la ausencia de datos. Con ellos se ha obtenido sólo la posición aproximada del techo del acuífero pues las cotas del muro sólo pueden ser estimadas, con el conocimiento actual, suponiendo una potencia de acuífero que podría superar los 400 m, de acuerdo con la serie sintética recogida en IGME-DPA (1982) y la información de columnas litológicas de sondeos. No obstante, la estimación de la posición del muro puede complicarse si se tiene en cuenta que la estructura geológica produce un gran pliegue de flancos verticales e incluso invertidos (Figura 4.2). En el apartado de evaluación de reservas se presentan el correspondiente mapa "tentativo" de isohipsas de techo del acuífero de acuerdo con las limitaciones indicadas.

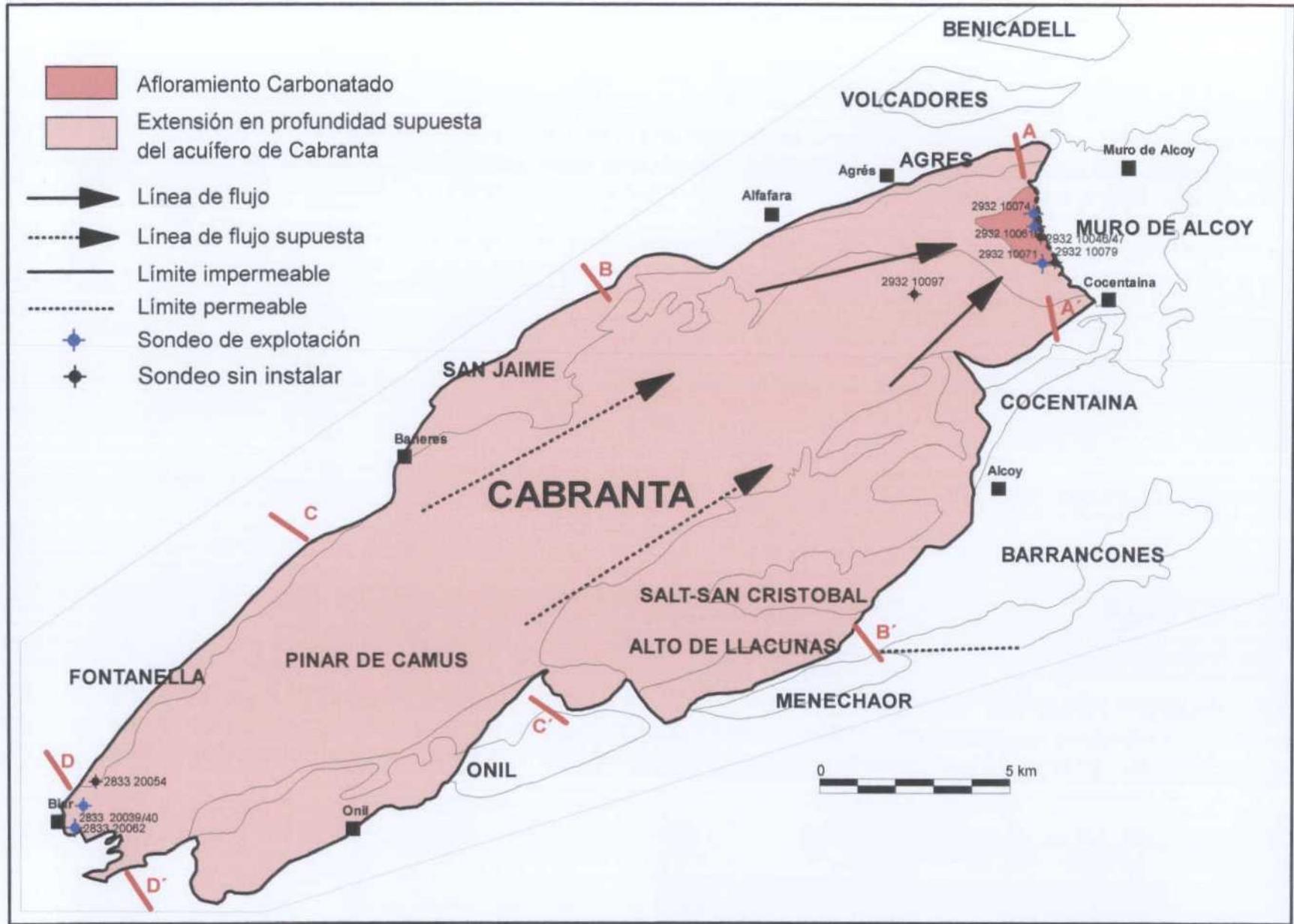


Figura 4.1. Esquema de localización del acuífero de Cabranta (Modificado de DPA-CHJ, 2000).

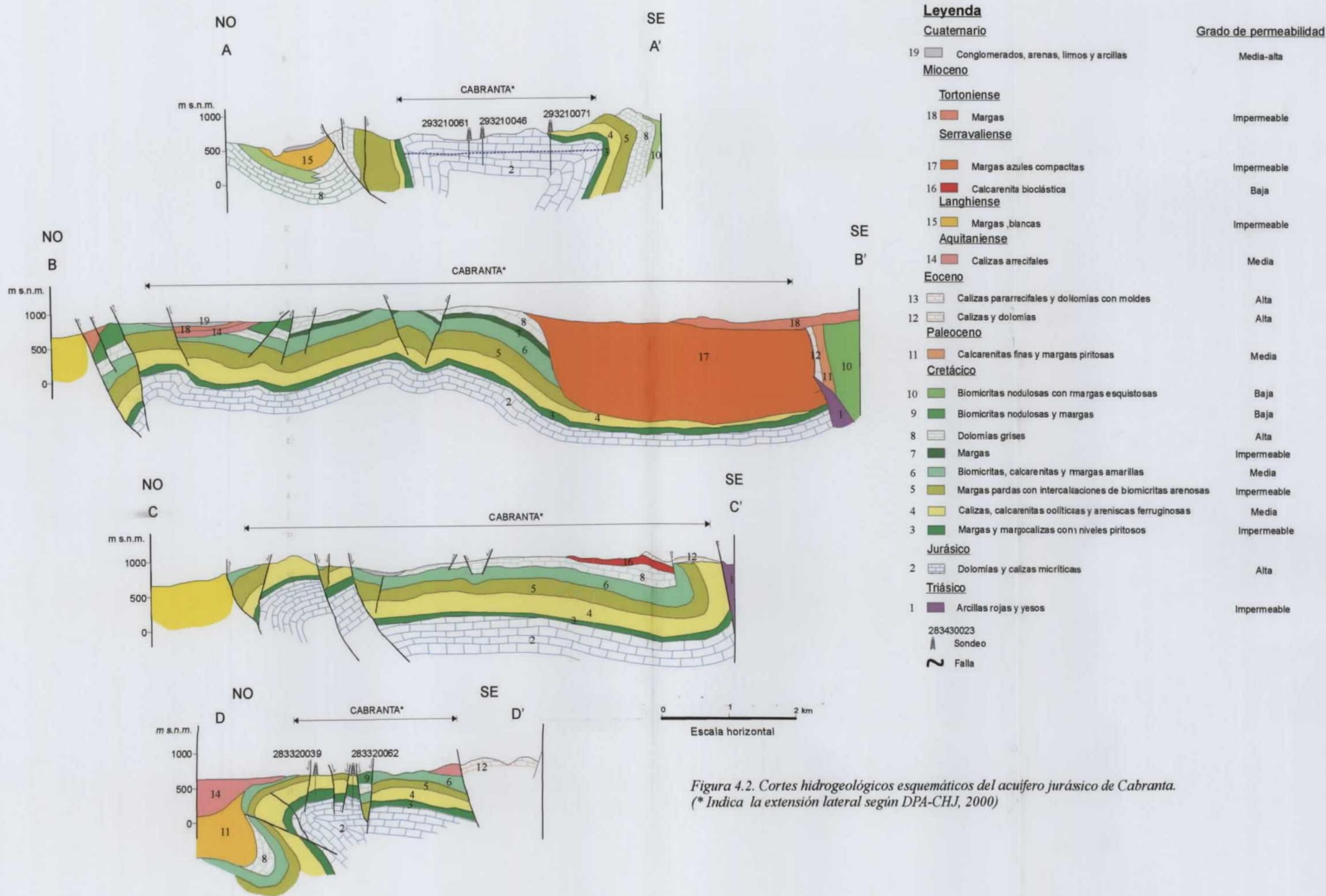


Figura 4.2. Cortes hidrogeológicos esquemáticos del acuífero jurásico de Cabranta. (* Indica la extensión lateral según DPA-CHJ, 2000)

4.3. Inventario de puntos de agua

Según la Base de Datos de la DPA, en este acuífero existen 11 puntos de agua de los que 5 están instalados (Figura 4.1; Tabla 4.1). La mayor parte de ellos disponen de columna litológica (Tabla 4.2) y son objeto de control piezométrico por parte de la DPA. Conviene señalar que, de acuerdo con sus columnas litológicas, al menos tres de estos sondeos (283320039, 283320040 y 293210079) no captarían el acuífero de Cabranta sino el tramo de calizas y areniscas del Cretácico inferior. Además de los puntos citados, tampoco capta el acuífero jurásico el punto 293210097 (escasa profundidad).

A pesar de lo comentado, que en principio podría hacer pensar en una desconexión hidráulica entre los tramos del Cretácico inferior y Jurásico, los distintos estudios realizados (especialmente IGME-DPA, 1982, y DPA-CHJ, 2000), han efectuado análisis piezométricos del punto 283320039 como representativo del sector occidental del acuífero de Cabranta y se le ha relacionado con el sector oriental. Como se verá más adelante parece existir una relación hidráulica que, en cualquier caso, no parecería directa sino favorecida por la fracturación. Este hecho conllevaría también a que, al aflorar el Cretácico inferior (véase columna litológica), esta zona debería ser considerada como área de recarga, lo cual modificaría el modelo hidrogeológico conceptual que se ha tenido hasta la fecha.

Tabla 4.1. Características de los puntos de agua asignados al acuífero Cabranta en la Base de Datos de la DPA. (P: Pozo perforado; S: Sondeo de pequeño diámetro).(Indica aquellos puntos que no parecen captar el acuífero Jurásico).*

Nº	Toponimia	X_UTM	Y_UTM	Z (m)	Uso	Prof. (m)	Obs.
283320039	Pozo Rosita nº2-Biar	694801	4278898	690	Riego y Abto.	405	P *
283320040	Rosita-La Ermita	694831	4278895	698	No instalado	250	P *
283320054	Pozo M ^a Carmen-Biar	695169	4279480	720	No instalado	440	P *
283320062	Pozo Ángeles	695105	4278434	683.3	Abto.	460	P
293210046	La Plana	720241	4294132	555	No instalado	180	S
293210047	La Boroná-Muro	720067	4294305	570	No instalado	180	S
293210061	La Boroná-Muro	720071	4294308	570	Abto.	302	P
293210071	La Querola-Cocentaina	720271	4293195	653	Abto.	675	P
293210074	La Plana	720140	4294635	543	Doméstico	199	P
293210079	Barranco Querola	720610	4293305	1200	No instalado	199	S *
293210097	El Mas del Prats	716900	4292450	1050	No instalado	235	P *

Tabla 4.2. Columnas litológicas de puntos de agua relacionados con el acuífero Cabranta.

Punto	Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Litología	Edad
283320039	0	76	Calizas arenosas	Berriasiense-Valanginiense inferior
	76	124	Calizas	Berriasiense-Valanginiense inferior
	124	247	Calizas margosas	Berriasiense-Valanginiense inferior
	247	259	Calizas y margas grises	Berriasiense-Valanginiense inferior
	259	305	Margas grises	Berriasiense-Valanginiense inferior
283320040	0	55	Arenisca	Berriasiense-Valanginiense inferior
	55	75	Calizas	Berriasiense-Valanginiense inferior
	75	80	Arenisca	Berriasiense-Valanginiense inferior
	80	100	Calizas	Berriasiense-Valanginiense inferior
	100	114	Arenisca	Berriasiense-Valanginiense inferior
	114	117	Calizas	Berriasiense-Valanginiense inferior
	117	246	Margas arenosas	Valanginiense inferior-Portlandiense
	246	250	Arcillas azuladas	Valanginiense inferior-Portlandiense
283320054	0	47	Calizas	Berriasiense-Valanginiense inferior
	47	237	Margas azules y trabas de calizas	Berriasiense-Valanginiense inferior
	237	393	Calizas fisuradas	Berriasiense-Valanginiense inferior
	393	400	Calizas con trabas de marga	Valanginiense
	305	405	Calizas y dolomías	Kimmeridgiense
283320062	0	68	Calizas arenosas marrón y calcarenitas, tramos de margas arenosas	Berriasiense-Valanginiense inferior
	68	86	Calizas detríticas	Berriasiense-Valanginiense inferior
	86	115	Marga plástica gris oscuro	Berriasiense-Valanginiense inferior
	115	116	Caliza bioclástica y detrítica gris	Berriasiense-Valanginiense inferior
	116	231	Marga plástica gris oscura y beige y margocaliza	Berriasiense-Valanginiense inferior
	231	232	Caliza detrítica y margosa gris oscura	Berriasiense-Valanginiense inferior
	232	305	Margas grises	Berriasiense-Valanginiense inferior
	305	392	Caliza micrítica gris y parda, caliza detrítica y calcarenitas, más arcillosas hacia muro	Kimmeridgiense Sup.- Portlandiense
	392	408	Calcarenita beige y marga blanca	Kimmeridgiense Sup.- Portlandiense
	408	450	Calizas micritas pardas algo detríticas y calcarenitas	Kimmeridgiense Sup.- Portlandiense
	450	459	Marga arenosa blanca	Kimmeridgiense Sup.- Portlandiense
293210046	0	4	Relleno	Cuaternario
	4	15	Caliza gravelosa	Portlandiense
	15	50	Calizas micríticas. Pasadas de calizas gravelosas	Portlandiense
	50	180	Calizas micríticas. Pasadas de calizas gravelosas y esparitas	Portlandiense
	293210061	0	3	Relleno
3		64	Micritas beige	Portlandiense
64		212	Calizas dolomíticas y dolomías	Kimmeridgiense
212		261	Dolomías pardas de grano fino	Kimmeridgiense
261		267	Arenas dolomíticas limosas	
267		284	Dolomías pardas de grano fino. Alguna pasada de limos amarillentos	Kimmeridgiense
284		302	Dolomías oscuras pardo-grisáceas y negras ligeramente arcillosas a partir de 291 m.	Kimmeridgiense
293210071		0	130	Areniscas, pasadas de calizas, intercalaciones de margas y margocalizas
	139	230	Calizas con intercalaciones de margas arenosas y margocalizas	Portlandiense-Valanginiense
	230	385	Areniscas y calizas. Pasadas de margas arenosas y margocalizas	Portlandiense
	385	468	Micritas	Portlandiense
	468	600	Calizas dolomíticas y dolomías. Finas pasadas de limos	Kimmeridgiense
293210074	0	150	Calizas	Kimmeridgiense
293210079	0	80	Sin datos	
	80	357	Calizas	Berriasiense-Valanginiense inferior
	357	365	Margas grises	Berriasiense-Portlandiense

4.4. Piezometría y funcionamiento

Se trata de un acuífero de carácter confinado salvo en la parte más oriental del mismo en la que presenta un carácter libre (afloramiento de materiales permeables). La recarga se produce a partir de la infiltración de la precipitación sobre los escasos afloramientos permeables y, especialmente, por la recarga subterránea procedente desde acuíferos suprayacentes (Pinar de Camús principalmente) a través del complejo margocalizo del Cretácico inferior aprovechando la fracturación existente (DPA-CHJ, 2000). En condiciones naturales, la descarga se producía por aporte lateral subterráneo hacia el Cuaternario de Muro de Alcoy y hacia otros acuíferos. Sin embargo, a partir de la puesta en explotación de las captaciones, las principales salidas se producen por bombeo, disminuyendo este aporte subterráneo, llegando incluso a cierta desconexión hidráulica entre los acuíferos de Cabranta y Muro de Alcoy (DPA-CHJ, 2000). El sentido general del flujo subterráneo es de suroeste a noreste (Figura 4.1).

No es objeto de este Estudio el análisis detallado de la piezometría del acuífero pues este aspecto ya fue tratado con suficiente detalle en el trabajo de DPA-CHJ (2000), aunque algunas apreciaciones que se realizan a continuación pueden dar lugar a revisar el modelo hidrogeológico conceptual. En la figura 4.3 se muestra una evolución de niveles piezométricos, actualizada hasta 2003, en todos los puntos con información del acuífero, y donde la mezcla de niveles estáticos y dinámicos sólo permite observar una tendencia generalizada de descenso; así mismo se observan algunos valores anómalos probablemente debidos a errores de medida. En la figura 4.4 se presentan los niveles estáticos una vez revisada y filtrada la información original procedente de la base de datos de la DPA. En el sector occidental se dispone de evolución histórica detallada de niveles en los sondeos 283320039 y recientemente del sondeo telecontrolado 283320062. En el extremo oriental se controlan los puntos 293210061 y 293210071 que se utilizan para el abastecimiento de Muro de Alcoy y Cocentaina, ambos telecontrolados por la Diputación Provincial de Alicante, y de forma manual en el sondeo 293210046.

En un primer período, se observa un descenso paulatino de la piezometría. En el caso del punto situado en las cercanías de Biar (283320039, sector occidental) se llega a alcanzar una diferencia de unos 20 m entre 1977 y 1986, a razón de 1,9 m/año, ligeramente superior a la del punto 293210061. Entre 1987 y 1993 se observa una recuperación de niveles como consecuencia de un período húmedo, con tasas de ascenso de 1,6 m/año en el sector occidental (283320039) y de 1,5 m/año (293210061) y 1,2 m/año (293210071), ambos del sector oriental. A partir de 1993 se vienen registrando las mayores tasas de descenso de niveles en todo el acuífero, con valores de 3,8 m/año y 3,1 m/año para los puntos del sector occidental 293320039 y 283320062, respectivamente, y una tasa similar de 3,2 m/año para los puntos del oriental 293210061 y 293220071. Los descensos medios para todo el periodo de registro pueden cifrarse en 1,2 m/año en el sector oriental y 2,2 m/año en el sector occidental.

En la figura 4.5 se compara la evolución de niveles piezométricos en el periodo 2000-2002 entre los puntos 283320039 y 283320062, y con la explotación en este último punto, único con datos de bombeo. Se aprecia que existe una buena correlación de niveles y una tendencia descendente en ambos casos. Como se ha indicado anteriormente, el punto 283320039 no llega a captar la formación jurásica que

constituye el acuífero de Cabranta, sino unos materiales permeables situados por encima de sus margas de techo, que son objeto también de captación por el 283320062 (se supone que está ranurado en los dos tramos permeables según su columna litológica). Es posible que exista, por motivos tectónicos, conexión hidráulica entre ambas formaciones, que justificaría que la piezometría del punto 283320039 sea considerada como representativa de Cabranta.

La figura 4.6 representa los niveles estáticos y dinámicos desde abril de 2002 a enero de 2003. Las mayores diferencias entre niveles estáticos y dinámicos se observan en los puntos del sector oriental 293210071 (Pozo La Querola) con unos 45 m, y 293210061 (Pozo La Boroná) con unos 15 m. En el Pozo Angeles la diferencia es reducida, unos 5 m.

De acuerdo con el estudio DPA-CHJ (2000), las evoluciones similares del nivel parecen indicar, no sin ciertas dudas, la conexión hidráulica entre el extremo oriental del acuífero de Cabranta y el extremo occidental captado en profundidad en las cercanías de Biar. Un hecho a destacar en la evolución piezométrica de estos puntos es que la diferencia de cotas existente entre los niveles del punto 293210061, del extremo oriental del acuífero, y el punto 283320039, del extremo occidental, se va reduciendo considerablemente conforme los niveles descienden en los acuíferos. Al inicio del registro, en 1981, existía una diferencia de 25 m y partir de 1995 ambos puntos no presentan apenas diferencias.

En términos de cotas absolutas conviene indicar que, según la Base de Datos DPA, ninguna captación tiene nivelación topográfica de precisión lo que dificulta, entre otros aspectos, el análisis de las relaciones hidráulicas entre sectores y tramos del acuífero. Un hecho significativo a destacar al respecto es que, desde mediados de 2001, los puntos del sector occidental presentan una cota piezométrica ligeramente inferior (entre 3 y 5 m) a la del punto 293210061 del sector oriental lo que, de aceptar como válida la cota de referencia de medida, significaría en la práctica una desconexión o una inversión muy débil del sentido general del flujo subterráneo (de noreste a suroeste), lo que no parece coherente si se tiene en cuenta que el sector oriental continúa siendo el de mayor explotación por bombeo. Sin embargo, también es posible que el punto 283320039 (y actualmente el 283320062), que en estudios previos siempre se ha comparado con 293210061, pueda tener una relación hidráulica más evidente con el 293210071 según se refleja en el paralelismo de las evoluciones piezométricas (Figura 4.4). También es posible plantear una divisoria hidrogeológica en la parte central.

Por otro lado, conviene resaltar que dada la cercanía de los puntos 293210061 y 293210071 del sector oriental, la diferencia actual de unos 12 m entre sus cotas piezométricas resulta demasiado alta como para revisar como se produce la conexión hidráulica entre ambos, teniendo en cuenta además que el punto 293210071, que atraviesa varios niveles acuíferos, tiene los tramos superiores cementados (tabla 4.2). En relación a todo lo comentado, es evidente que la nivelación de precisión de las referencias de medida es una primera tarea que sería de gran utilidad para definir con mayor detalle las relaciones entre los sectores occidental y oriental y, en este último, entre tramos acuíferos captados en los sondeos.

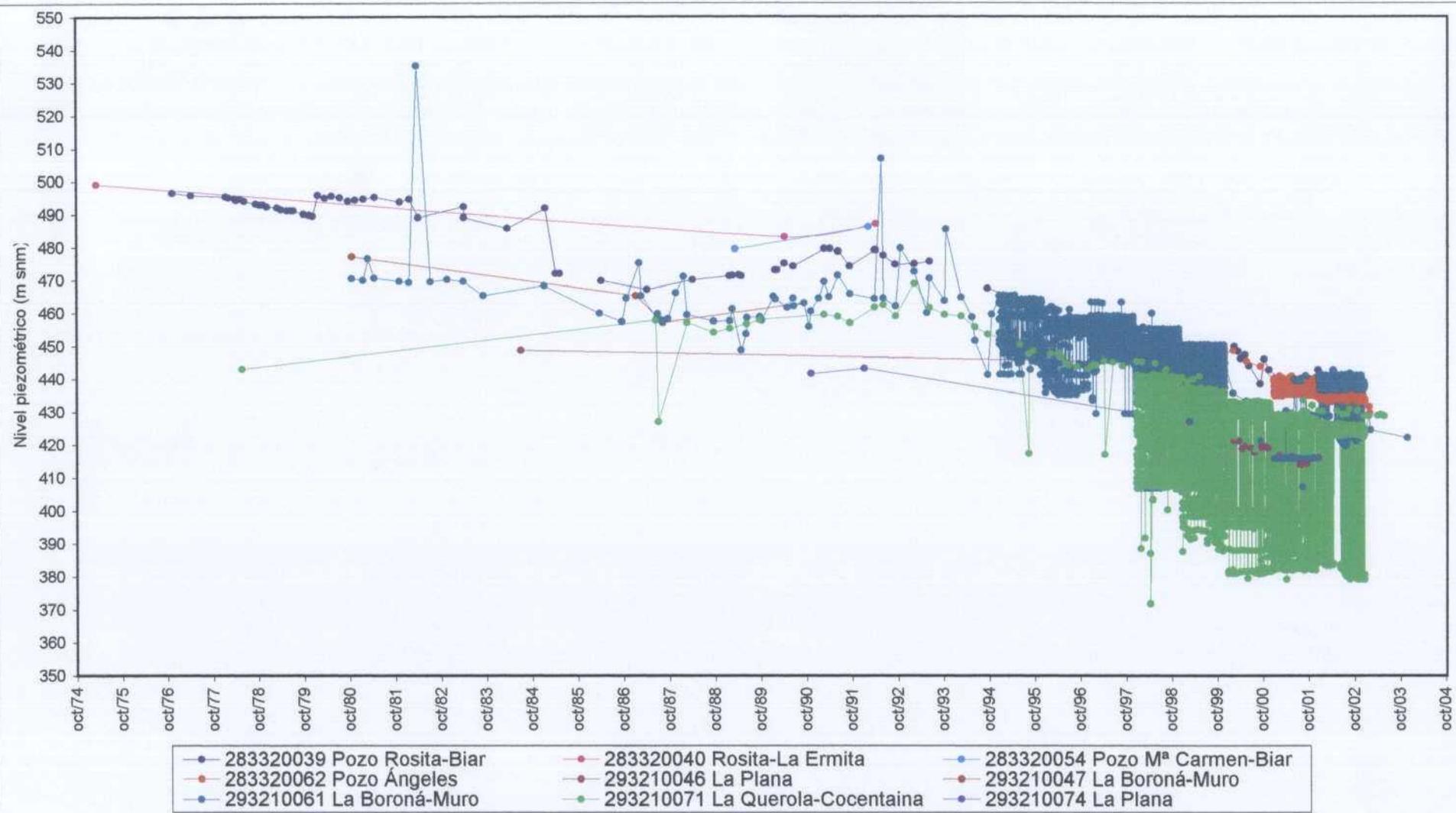


Figura 4.3. Evolución temporal de niveles piezométricos (estáticos y dinámicos) en el acuífero de Cabranta. (U.H 08.40 "Sierra Mariola").

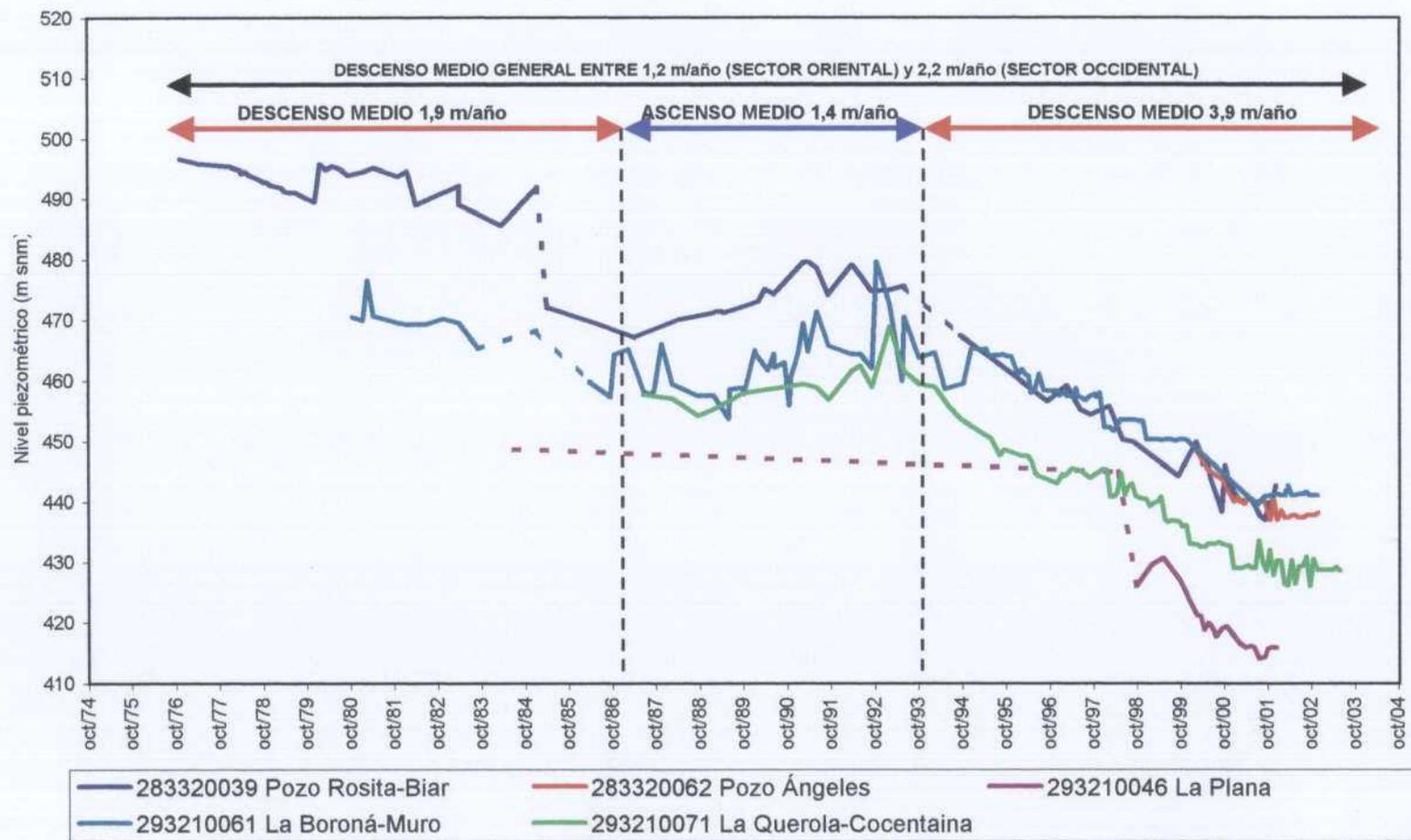


Figura 4.4. Evolución temporal de niveles estáticos en los principales piezómetros del acuífero de Cabranta.

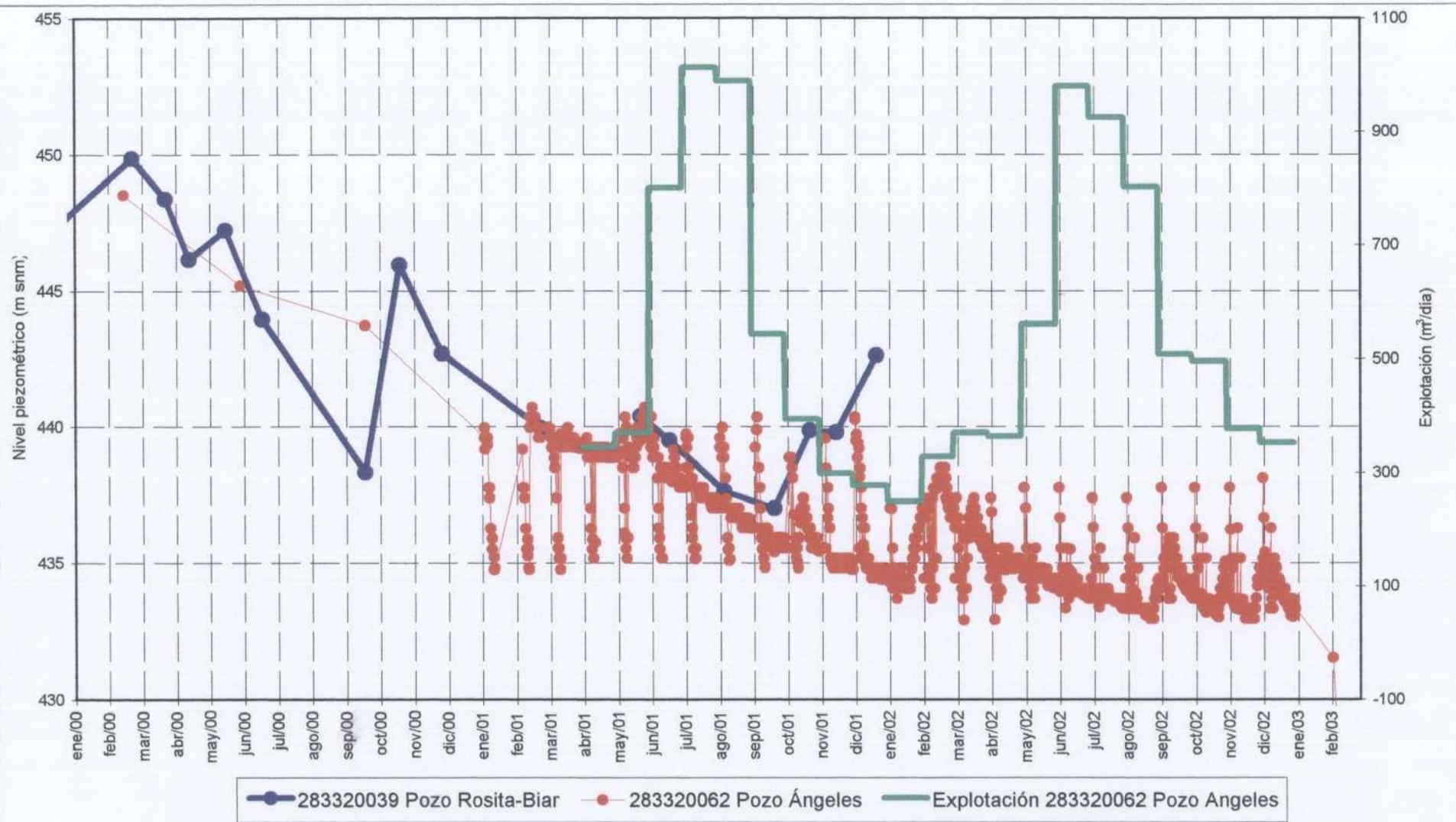


Figura 4.5. Detalle de evolución temporal (2000-2002) de niveles piezométricos (estáticos y dinámicos) y explotación en los puntos de control del sector occidental acuífero de Cabranta.

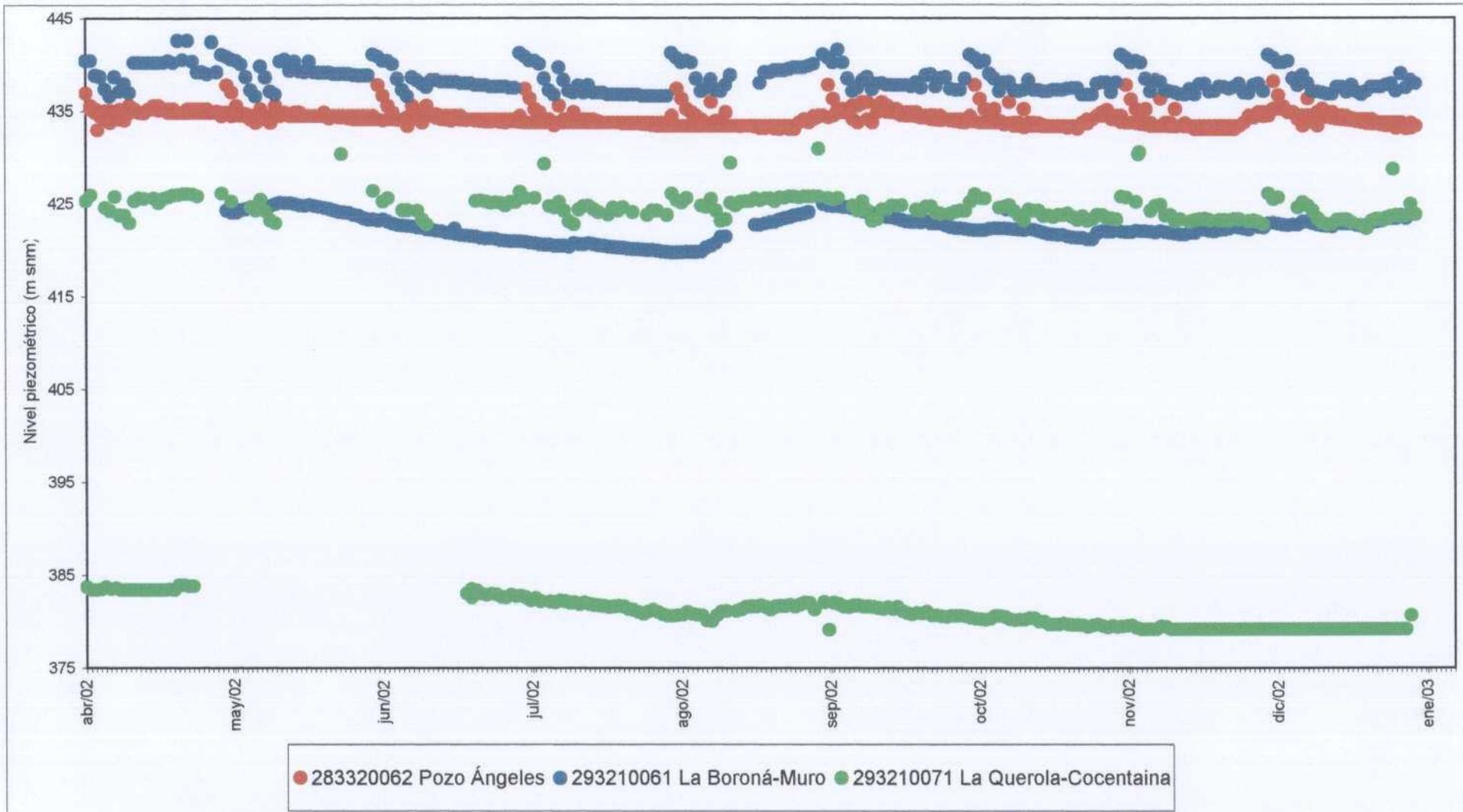


Figura 4.6. Detalle de evolución temporal (2002) de niveles piezométricos estáticos (máximos) y dinámicos (mínimos) en los puntos principales de telecontrol del acuífero de Cabranta.

4.5. Características hidráulicas

Con respecto a los parámetros hidráulicos, la interpretación de un ensayo de bombeo realizado por el IGME en marzo de 1981 en el sondeo Boroná (293210061), permitió obtener una transmisividad entre 1.600 y 3.950 m²/d, así como un coeficiente de almacenamiento entre $1,4 \times 10^{-3}$ y 7×10^{-3} , que indicaría cierto grado de confinamiento. No obstante, en el informe correspondiente se indica la existencia de una serie de barreras situadas a 1.250 m (Norte), 2.500 (Sur) y 1 m (Este) por lo que la transmisividad debe ser al menos el doble de la máxima obtenida, entre 6.000 y 8.000 m²/d. Dichos valores resultan además coherentes con otros ensayos de bombeo realizados en el sondeo Querola (293210071) y en el sondeo Angeles (283320062). Por interpretación del ensayo de bombeo realizado en julio de 1987 en el sondeo Querola se obtiene una transmisividad entre 593 y 6.776 m²/d, considerándose esta última como más representativa al afectar a un mayor volumen de acuífero. En la interpretación del ensayo de bombeo realizado en el sondeo Ángeles en julio de 1999 se obtiene una transmisividad de 8.329 m²/d. Con respecto al coeficiente de almacenamiento, debe ser en general menor al anteriormente comentado dado que el sondeo ensayado se encuentra en la parte libre del acuífero, mientras que la mayor parte del mismo presenta un carácter confinado (DPA-CHJ, 2000).

4.6. Balance hídrico

El único balance hídrico existente del acuífero corresponde a DPA-CHJ (2000). Según este estudio, la recarga a partir de la infiltración de la lluvia útil (suponiendo una superficie aflorante de 2,12 km² y una capacidad de campo de 25 mm) presenta un valor medio para el periodo 1958/59-1997/98 de 0,74 hm³/año. Para el mismo periodo, la recarga subterránea media producida desde acuíferos suprayacentes se estima en 6,68 hm³/año. En condiciones naturales estas entradas (7,42 hm³/año en total) se transfieren de forma subterránea a otros acuíferos de los que, según el citado estudio, unos 0,74 hm³/año alimentarían al acuífero de Muro del Alcoy. A partir del análisis efectuado mediante modelación de series de recarga y simulación del flujo subterráneo (en Muro de Alcoy) en estado transitorio durante un periodo de tiempo de 40 años (1959-1998) y con un paso de tiempo semestral, se reduce dicho aporte subterráneo al acuífero de Muro de Alcoy a un valor de 0,20 hm³/año, y de 3,08 hm³/año hacia el resto de acuíferos, todo ello considerando un régimen de bombeo constante en todo el periodo de 5,3 hm³/año (explotación del año 1998). El balance hídrico en régimen influenciado supone por tanto un déficit de 1,16 hm³/año en el acuífero de Cabranca.

En la tabla 4.3 se recogen las cifras de explotación disponibles hasta la fecha según la Base de datos de la DPA y el estudio DPA-CHJ (2000). La ausencia de datos en algunos periodos de tiempo sólo permite estimar volúmenes de bombeo anuales mínimos. En el año 2002 la explotación mínima ascendió a 2,15 hm³ concentrada en las captaciones 283320062, 293210061 y 293210071.

Tabla 4.3. Volúmenes anuales (en m³) de explotación por bombeo en el acuífero Cabranta. Datos procedentes de la Base de Datos DPA y estimados(*) y aproximados (**) recogidos en el estudio DPA-CHJ (2000).

	283320039	283320062	293210061	293210071	293210074	Total
1984	634165	0	-	-	-	-
1985	2299511	0	-	-	-	-
1986	2221906	0	-	-	-	-
1987	2135985	0	-	-	-	-
1988	1237049	0	-	-	-	-
1989	1586099	0	1586000(*)	-	1596060	4768159
1990	1137645	0	1586000(*)	-	797000(*)	3520645
1991	1461732	0	1708000	-	240000	3409732
1992	-	0	-	-	-	-
1993	1461000(*)	0	1552600	254000(**)	797000(*)	4064600
1994	1999000(*)	0	1234000(*)	991000(**)	797000(*)	5021000
1995	1999000(*)	0	1110878	991000(**)	797000(*)	4897878
1996	1999000(*)	0	912110	991000(**)	797000(*)	4699110
1997	1999000(*)	0	1005673	991000(**)	797000(*)	4792673
1998	2102000(*)	0	1406309	990900	797000(*)	5296209
1999	102700	0	1343677	-	-	-
2000	-	0	-	-	-	-
2001	-	156597	-	-	-	-
2002	-	192321	509477	1445575	-	2147373

4.7. Calidad del agua

Se dispone de datos de calidad del agua en varios puntos, tales como el pozo Rosita (283320039), Boroná (293210061), Querola (293210071) y Aguas de la Plana (293210074). Las facies de las aguas subterráneas del acuífero son bicarbonatada cálcica y/o magnésica, aptas para consumo humano y regadío. En los tres puntos del sector oriental la salinidad parece mantenerse a lo largo de los años con un valor en torno a 0,4 g/l (Figura 4.7).

Respecto al pozo Rosita, muestra una calidad química diferente del resto lo que puede resultar también coherente con el hecho de no captar el acuífero jurásico de Cabranta. Presenta concentraciones de sulfatos y calcio que exceden los límites aconsejables para consumo humano y condicionan su facies a sulfatada cálcica, posiblemente por estar cerca del límite del acuífero. Así mismo en este punto se observa un incremento de salinidad a lo largo del tiempo, posiblemente relacionado con la explotación (Figura 4.7).

Un estudio hidrogeoquímico e isotópico podría proporcionar ciertas claves sobre el funcionamiento del acuífero tales como las relaciones entre sectores y tramos acuíferos así como la revisión de la hipótesis actual según la cual la recarga principal procede de acuíferos suprayacentes. Sería interesante establecer el origen y edad de las aguas, patrones de flujo y tiempos de tránsito.

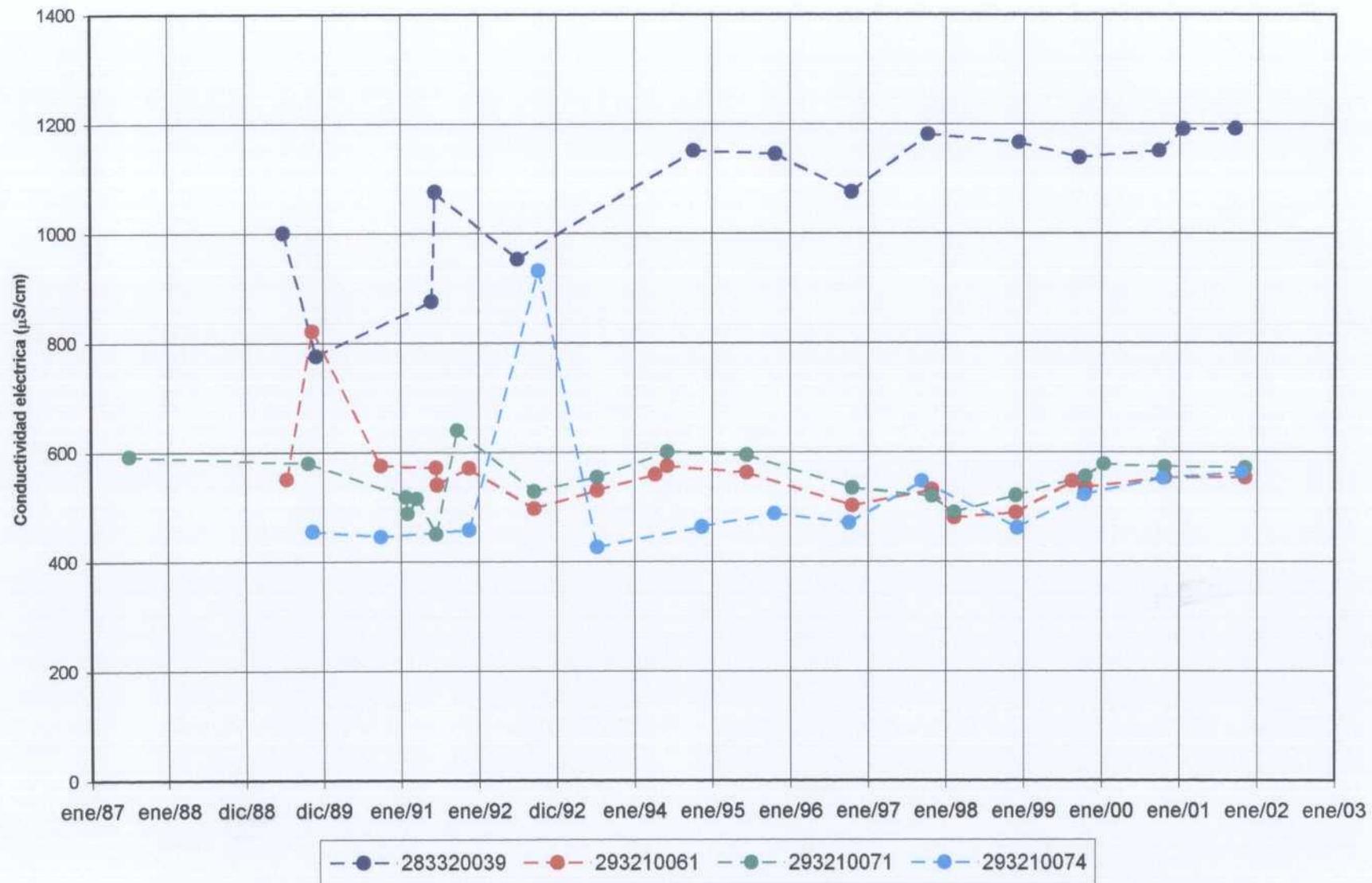


Figura 4.7. Evolución temporal de la conductividad eléctrica en el acuífero de Cabranta.

4.8. Evaluación de reservas

La información del acuífero de Cabranta no permite realizar un cálculo preciso de las reservas. Tan sólo, en el mejor de los casos, una orientación aproximada del orden de magnitud, pues existe un gran desconocimiento sobre la geometría del acuífero en profundidad.

Teniendo en cuenta el límite de extensión del acuífero en profundidad establecido en el estudio DPA-CHJ (2000) (Figura 4.1) y los cortes hidrogeológicos, se ha obtenido el mapa de isohipsas de techo (Figura 4.8). En la figura 4.9 se muestra la discretización del acuífero (225 km²) en celdas de 1 km² con los correspondientes valores de cotas de techo del acuífero y aquellas celdas que quedan confinadas considerando una cota piezométrica de 430 m s.n.m. (cota media aproximada previsible de finales de 2004 en el pozo Angeles y la Boroná).

La determinación de las reservas se ha efectuado considerando un espesor constante de 400 m. En la tabla 4.4 y figura 4.10 se muestra la determinación de las reservas para distintos valores de porosidad eficaz (0,5%, 1% y 1,5%), a las que habría que añadirle el volumen de agua que proporcionaría el acuífero debido a la compresibilidad por su carácter confinado en la mayor parte del mismo (para ello se ha considerado un valor de $S=1.0e-04$). Con una posición del nivel piezométrico a 430 m s.n.m. las reservas estarían próximas a los 900 hm³ para una porosidad eficaz del 1%.

Tabla 4.4. Reservas (en hm³) en el acuífero de Cabranta considerando distintos valores de porosidad eficaz y la compresibilidad del agua debido al confinamiento.

Cota (m snm)	Porosidad eficaz			Por compresibilidad
	0,5%	1%	1,5%	($S=1.0e-04$)
500	443	887	1330	10
430	439	878	1316	9
400	436	872	1308	8
300	422	843	1265	6
200	398	797	1195	4
100	363	726	1088	3
0	310	621	931	2
-200	180	359	539	1
-400	82	163	245	0
-600	39	79	118	0
-800	14	28	42	0
-1000	2	3	5	0
-1200	0	0	0	0

Respecto a las vidas útiles de las captaciones cabe indicar que, salvo el pozo Rosita que no se utiliza en la actualidad, ninguna de ellas plantea problemas de agotamiento a corto-medio plazo. En las figuras 4.11 a 4.15 se representan las evoluciones temporales del nivel estático del agua y su relación con la columna litológica en cinco puntos de agua. Con las tasas de descenso que se vienen registrando, el único punto que podría plantear problemas sería el pozo La Plana (293310046; Figura 4.13), que podría quedarse seco a finales de 2007. En el resto de captaciones las reservas estimadas son bastante elevadas (superiores a los 40 años según los descensos que se registran).

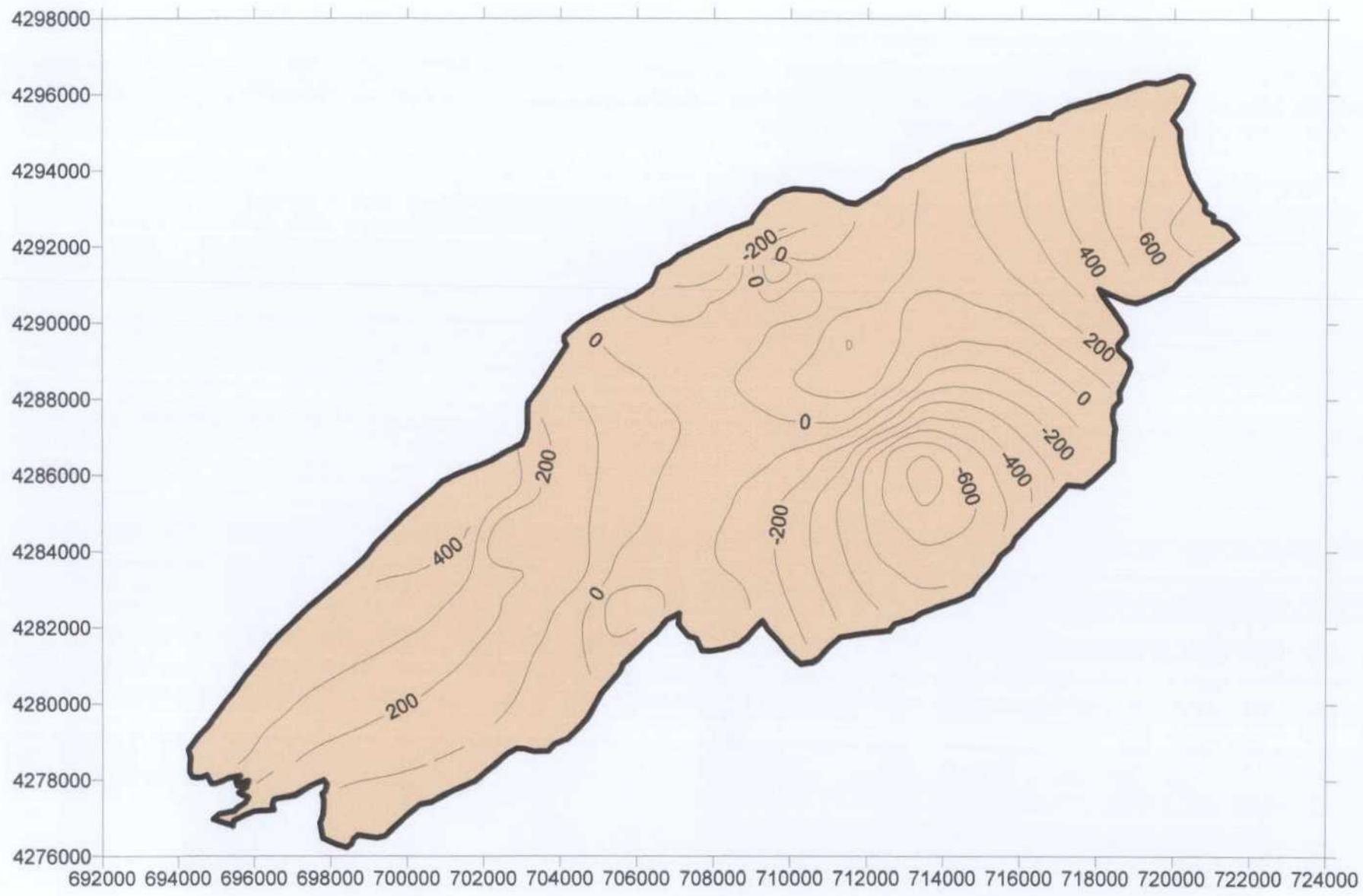


Figura 4.8. Mapa de isohipsas de techo del acuífero jurásico de Cabranta (valores en m s.n.m.).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	445	522	587	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	196	279	363	450	536	609	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	114	189	267	351	443	538	624	703	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-270	-82	-8	57	116	175	242	321	415	522	644	788	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-277	-188	187	14	37	81	112	146	196	267	358	465	580	667	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-96	-134	-129	-47	-10	-30	75	107	94	92	123	185	271	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	-26	-56	-53	-21	6	67	206	132	38	-5	14	75	161	256	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81	26	-8	-17	-2	41	144	174	87	-105	-165	-133	-56	39	137	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	119	56	13	-10	-15	-3	16	9	-168	-407	-386	-298	-190	-80	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	355	223	133	65	13	-25	-54	-88	-150	-291	-595	-715	-579	-436	-304	-182	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	338	193	125	55	-4	-49	-95	-159	-261	-420	-619	-730	-643	-506	-375	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	420	410	110	172	122	32	-34	-71	-117	-191	-297	-431	-561	-629	-598	-508	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	410	398	319	210	190	130	-27	-81	-73	-107	-183	-284	-393	-487	-537	-529	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	387	376	358	324	264	197	138	41	-167	-124	-9	-60	-148	-246	-339	-415	-457	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	371	352	329	301	264	216	160	95	8	-77	0	0	0	0	-204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	341	308	276	245	210	170	125	76	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	352	301	253	216	186	157	126	94	62	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	355	314	232	178	146	124	104	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	115	0	70	62	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 4.9. Discretización del acuífero en celdas de 1 km², cotas de techo y celdas confinadas (coloreadas) y libres (blancas) considerando un nivel piezométrico a 430 m s.n.m.

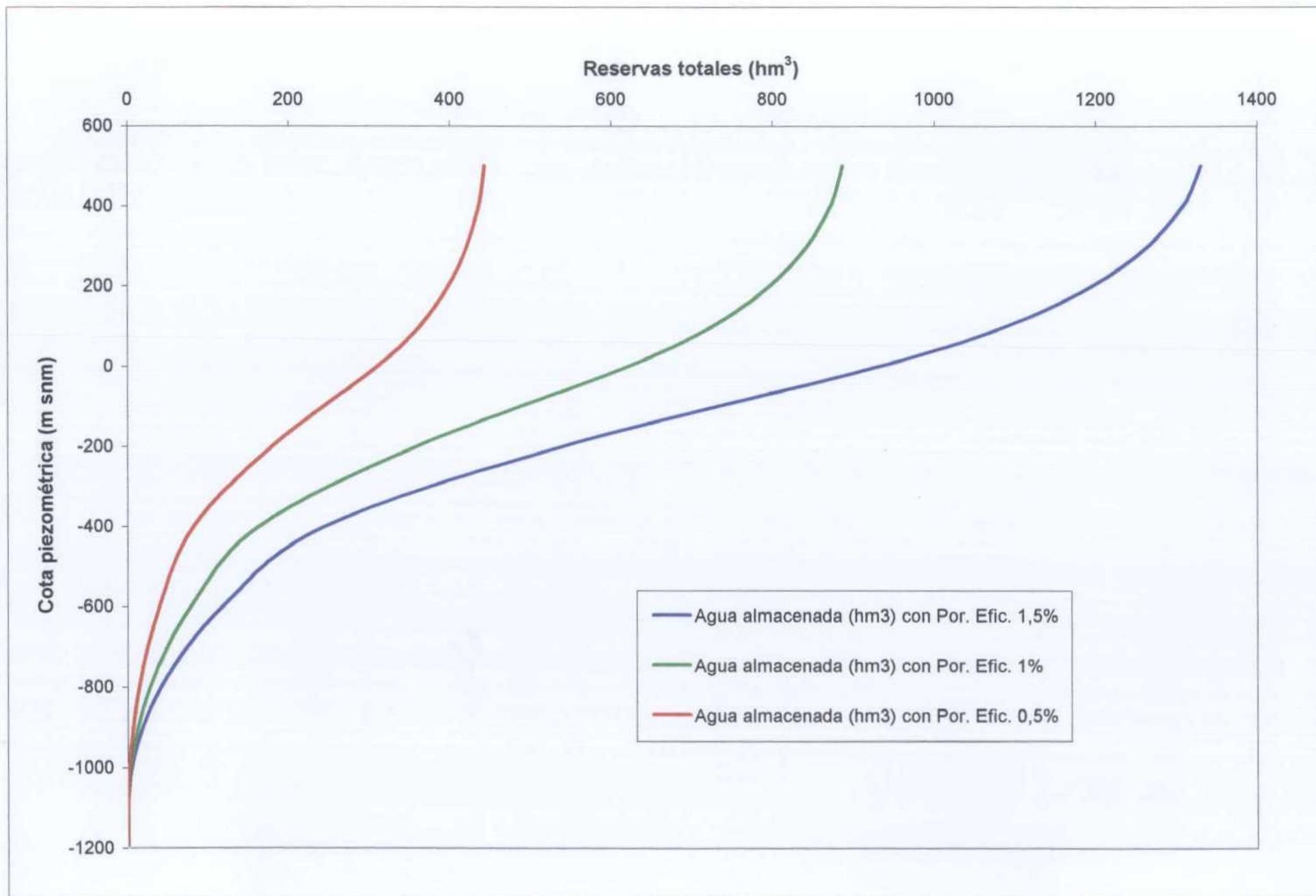
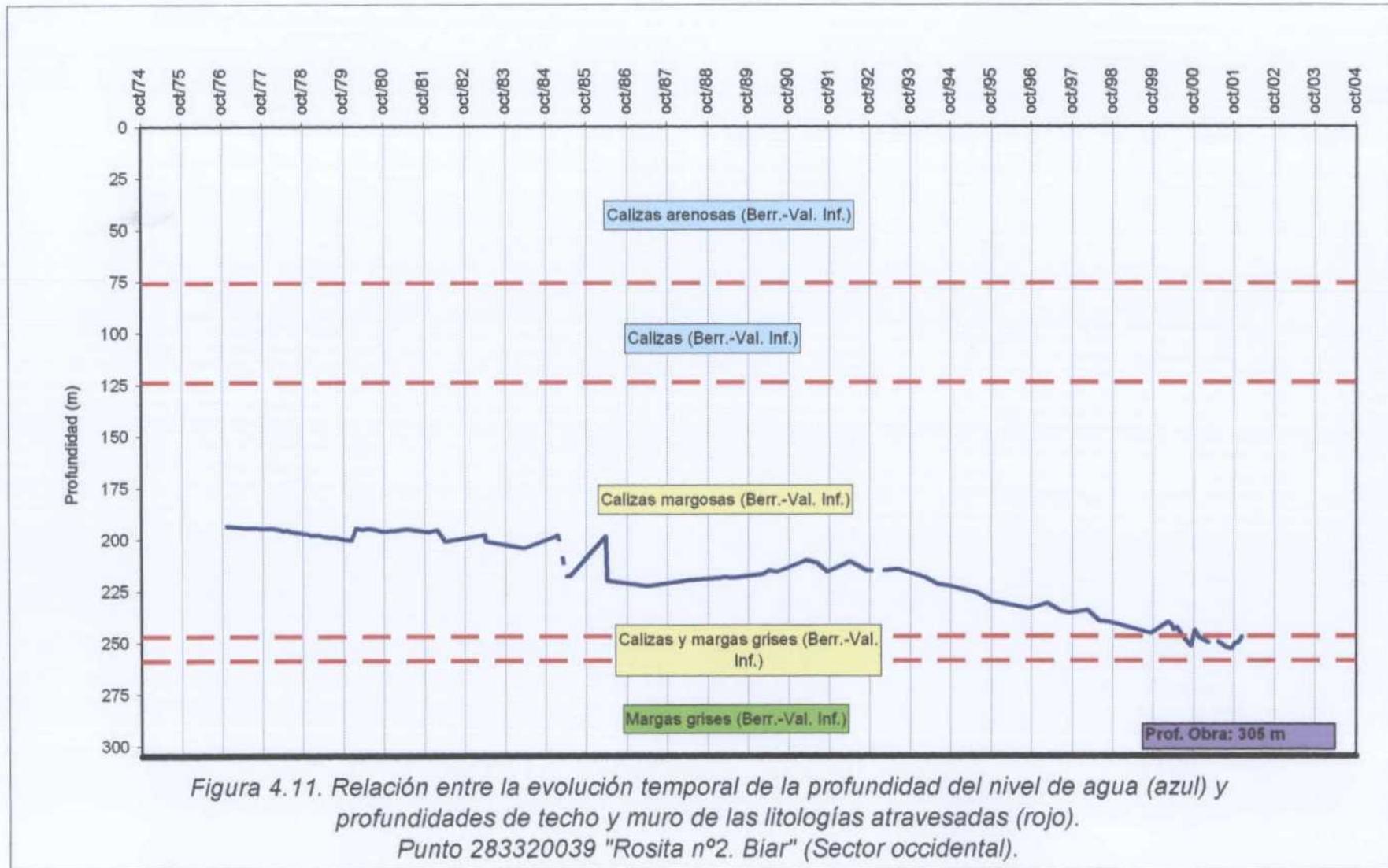
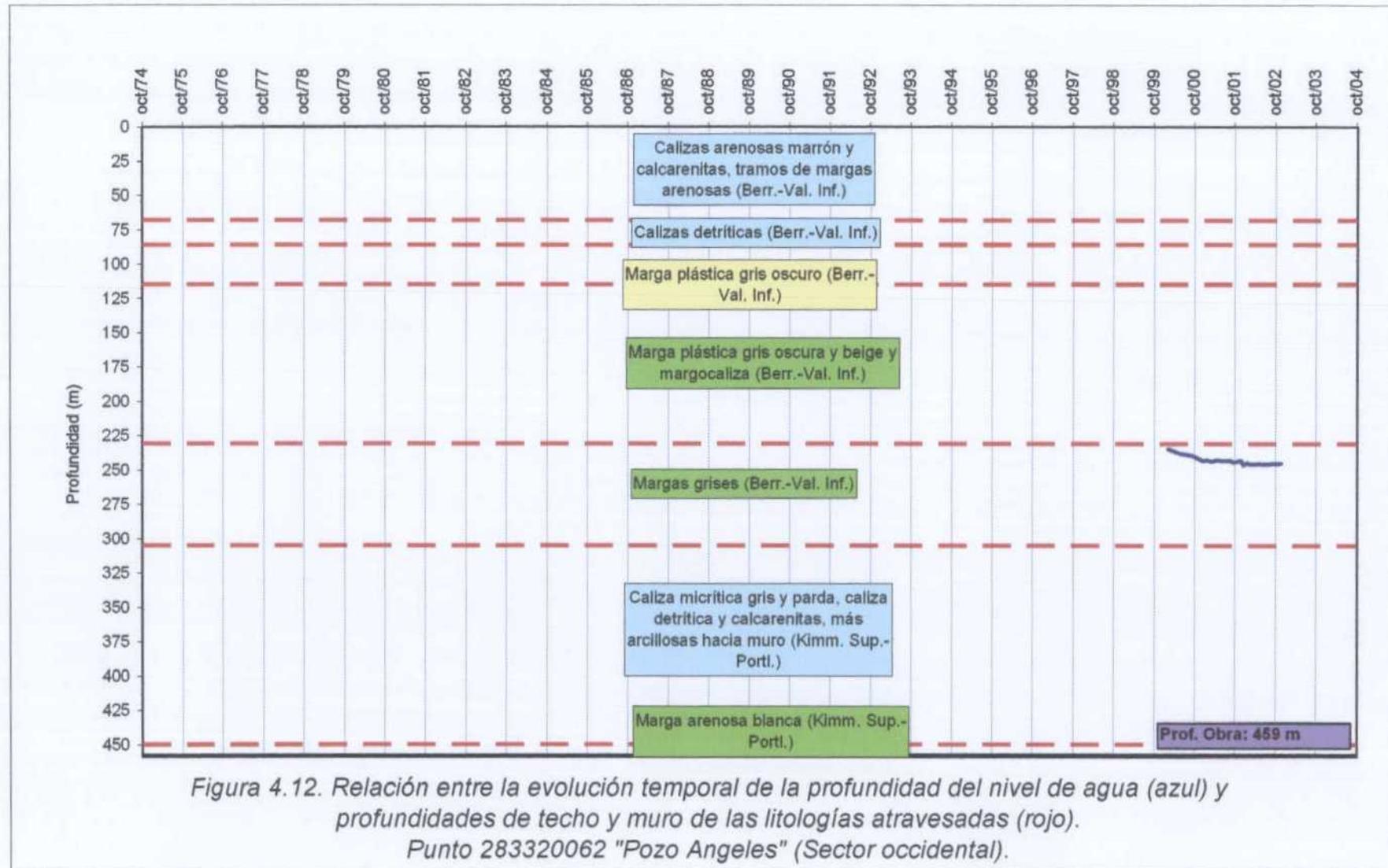


Figura 4.10. Reservas del acuífero Cabranta para distintos valores de porosidad eficaz.





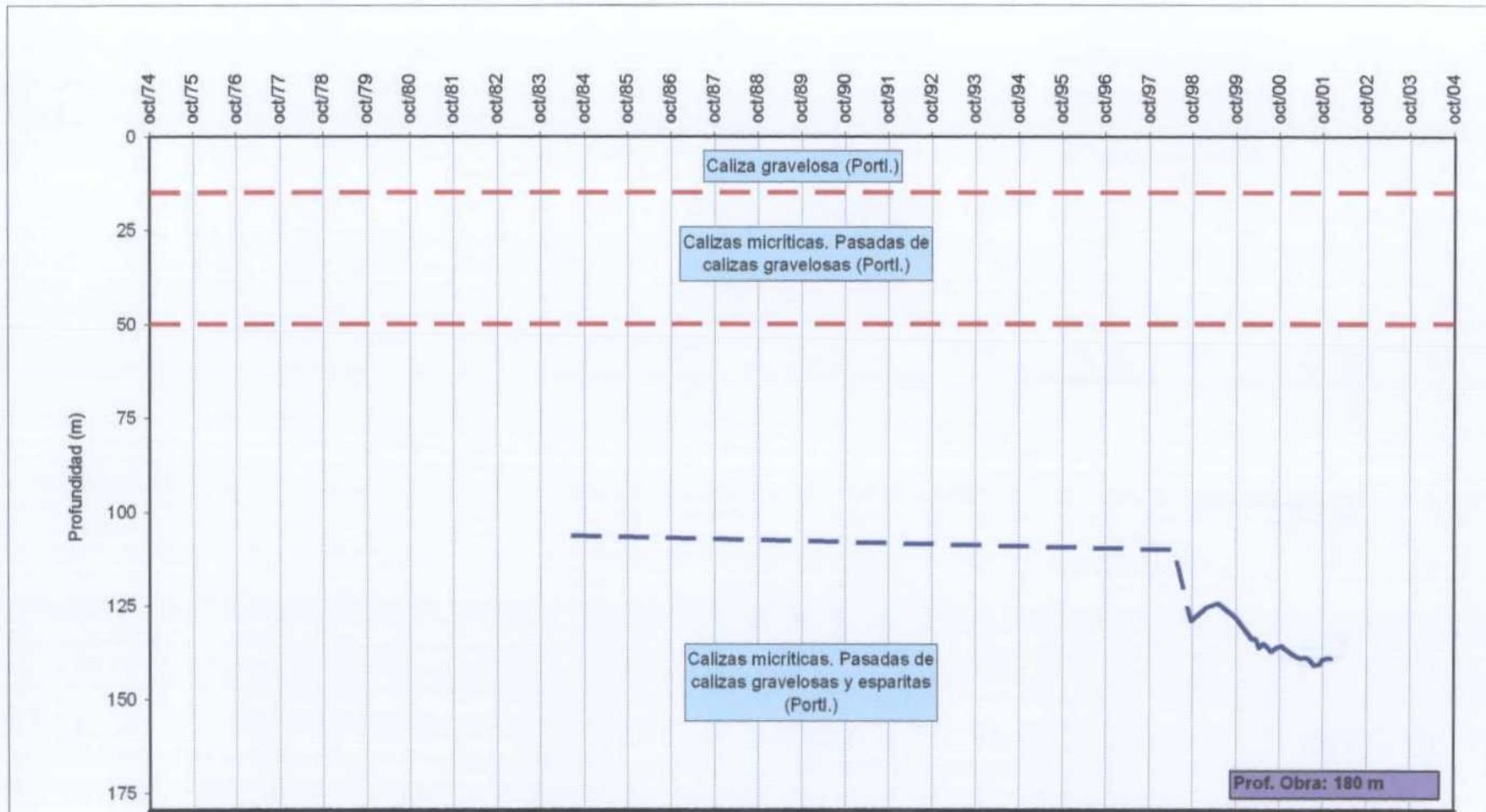
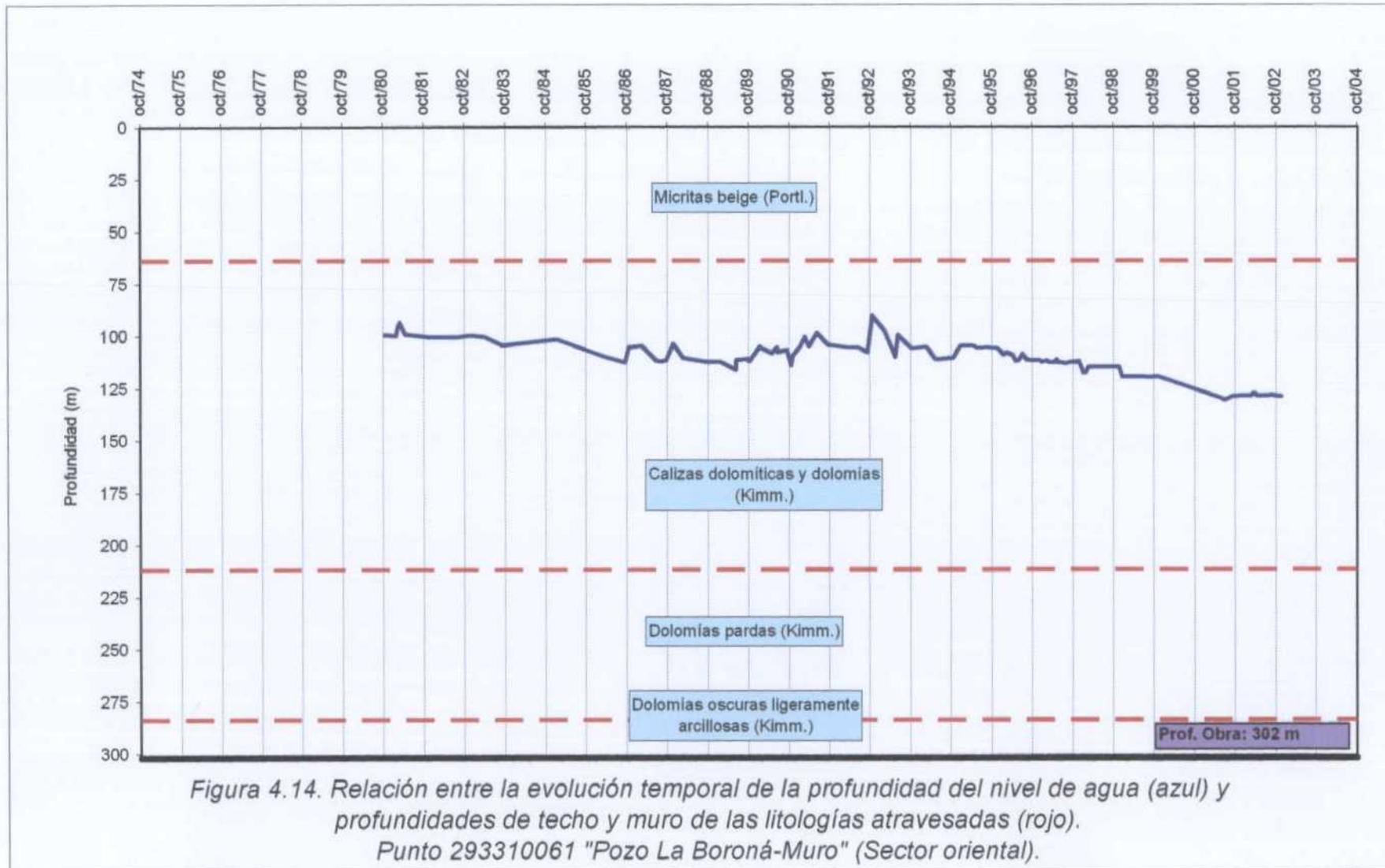
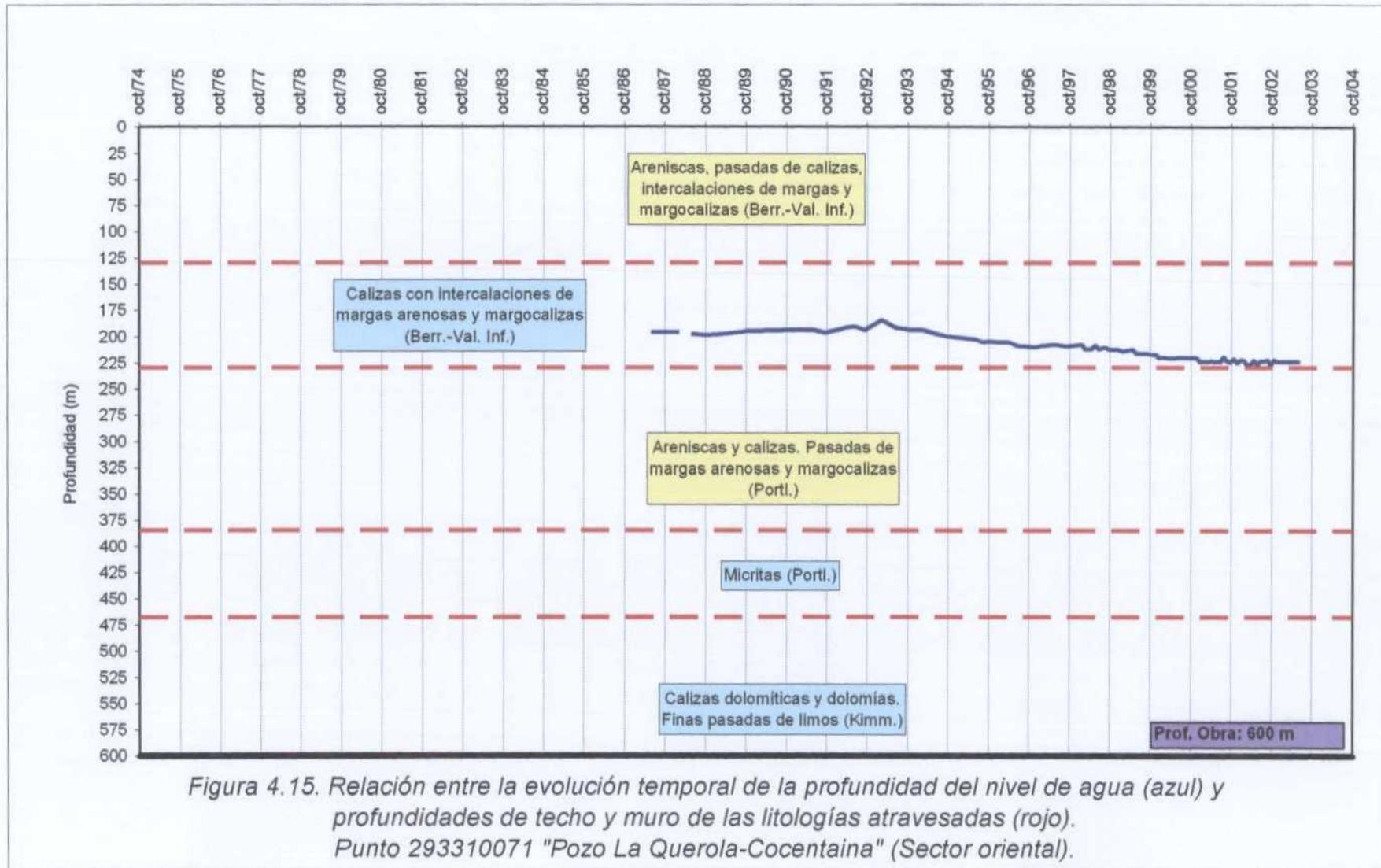


Figura 4.13. Relación entre la evolución temporal de la profundidad del nivel de agua (azul) y profundidades de techo y muro de las litologías atravesadas (rojo).
 Punto 293310046 "Pozo La Plana" (Sector oriental).





5. ACUÍFEROS RENTONAR Y CANALETA

5.1. Introducción y antecedentes

Estos acuíferos pertenecen a la Unidad Hidrogeológica 08.44 “Barrancones-Carrasqueta”. Están situados en la zona sur del ámbito de gestión de la Confederación Hidrográfica del Júcar, entre los términos municipales de Torremanzanas (La Torre de les Maçanes) y Benifallim, en la provincia de Alicante. El acuífero de Rentonar presenta una extensión superficial de 2,24 km² (según base de datos de la DPA) y su altitud oscila entre 1210 m de la cima de la sierra del Rentonar y las cotas más bajas que corresponden al área del manantial del Sanatorio (965 m s.n.m.). La extensión del acuífero de Canaleta es de unos 0,44 km².

Las principales referencias bibliográficas pueden encontrarse en los siguientes estudios:

- ADARO (1988). “Control del sondeo Canaleta (847/187) y su aforo en Torremanzanas (Alicante)”.
- IGME (1980). “Posibilidades de captación de aguas subterráneas en el término municipal de Benifallim (Alicante)”.
- IGME (1982). “Posibilidades de captación de aguas subterráneas en el T.M. de Torremanzanas (Alicante)”.
- IGME (1984). “Característica de la perforación del sondeo Rentonar”.
- IGME (1985). “Informe sobre el segundo bombeo de ensayo realizado en el sondeo Rentonar, en el término municipal de Benifallim (Alicante)”.
- IGME (1986). “Informe final del sondeo Rentonar para abastecimiento público a Torremanzanas (Alicante)”.
- IGME (1987a). “Estudio hidrogeológico del T.M. de Torremanzanas (Alicante)”
- IGME (1987b). “Normas y optimización de la explotación y perímetro de reserva en el acuífero Rentonar (Torremanzanas-Benifallim, Alicante)”.
- IGME (1993). “Estudio hidrogeológico del término municipal de Benifallim y posibles soluciones al problema de su abastecimiento”.
- IGME (1999). “Estudio para la delimitación de perímetros de protección a las captaciones de abastecimiento urbano de Benifallim (Alicante)”.
- IGME-DPA (2001). “Trabajos geofísicos en los acuíferos Masets, Canaleta y Rentonar (Alicante)”
- IGME-DPA (2003). “Manual del ciclo integral del agua- Municipio de la Torre de les Maçanes. Estado actual, alternativas y directrices”.
- IGME-DPA (en ejecución). “Contribución a la mejora del conocimiento hidrogeológico de la provincia de Alicante. Mapa hidrogeológico de unidades y memoria síntesis (1ª fase)”.

5.2. Geometría y límites

El acuífero de Rentonar está constituido por calizas con intercalaciones margosas del Eoceno medio-superior con un espesor de unos 60 m. Por el norte, este y sureste, los límites del acuífero vienen dados por los afloramientos del impermeable de base del Eoceno medio en contacto normal o mecánico. Por el noroeste está limitado

por la acción de una falla que pone en contacto el material acuífero con una serie arcillosa del Oligoceno.

Al sureste del acuífero de Rentonar se sitúa el acuífero de Canaleta, compuesto por unos 35 m de calizas cretácicas del Cenomaniense-Turoniense, con el que presenta un reducido tramo de contacto en superficie de los respectivos materiales acuíferos. En profundidad, es posible que la falla normal que pone en contacto lateral el acuífero de Rentonar con su impermeable de base no tenga el suficiente salto como para desconectar ambos acuíferos, aunque el paso de agua parece estar dificultado como se verá más adelante. En superficie, el límite del acuífero de Canaleta por el norte y noroeste corresponde a materiales impermeables del eoceno medio. Por el sur y este, los límites de acuífero quedan definidos por el afloramiento, en contacto normal, de margas y margocalizas como impermeable de base del Cenomaniense.

En la figura 5.1 se muestra la cartografía a escala 1:25.000 del entorno de los acuíferos Rentonar, Canaleta y Masets-Alcoyés tratados en el presente Informe y realizada en el estudio IGME (1987a), que difiere sustancialmente de la realizada a escala 1:50.000 en IGME (1980). Parte de los materiales carbonatados cretácicos que afloran al suroeste y noreste del acuífero de Canaleta (y bajo el acuífero de Rentonar), corresponden al acuífero de Sanatorio. Por otro lado, conviene señalar que está en fase de ejecución un proyecto para la mejora del conocimiento hidrogeológico de la provincia de Alicante que incluye el estudio de la unidad de Barrancones-Carrasqueta con aspectos de revisión de la cartografía hidrogeológica y del funcionamiento de los acuíferos. En la figura 5.2 se muestran los cortes hidrogeológicos que han servido para la determinación de las reservas y que se han obtenido a partir de la cartografía del IGME (1987a), los datos de profundidades de captaciones y sus columnas litológicas disponibles, y la prospección geofísica mediante SEDT realizada en la zona para el presente proyecto (IGME-DPA, 2001).

5.3. Inventario de puntos de agua

El acuífero de Rentonar incluye tres manantiales (293320013, 293320026 y 293320027) y un sondeo en explotación, denominado Rentonar (293320044), (Figura 5.1; Tabla 5.1). La columna litológica del sondeo muestra una importante presencia de niveles margosos alternantes con tramos calizos que deben ser los responsables de la reducida productividad de esta captación (Tabla 5.2). El acuífero Canaleta tiene dos manantiales (293320011 y 293320047) y el sondeo de explotación 293320055 (sondeo Canaleta), que al igual que el Rentonar se destina al abastecimiento de Torremanzanas, aunque su productividad es algo mayor que éste. En la Base de Datos de la DPA deben corregirse algunas imprecisiones tales como:

- Se asignan al acuífero de Rentonar 3 puntos de agua (293320026, 293320044 y 293320045), de los cuales, uno de ellos (293320045), debería estar incluido en el acuífero de Sanatorio.
- El principal punto de drenaje del acuífero Rentonar, la Fuente del Sanatorio (293320013), está asignado de forma incorrecta al acuífero de Canaleta.
- El manantial 293320027 está incluido en el acuífero de Barrancones y, sin embargo, parece constituir el punto de descarga del acuífero Rentonar por

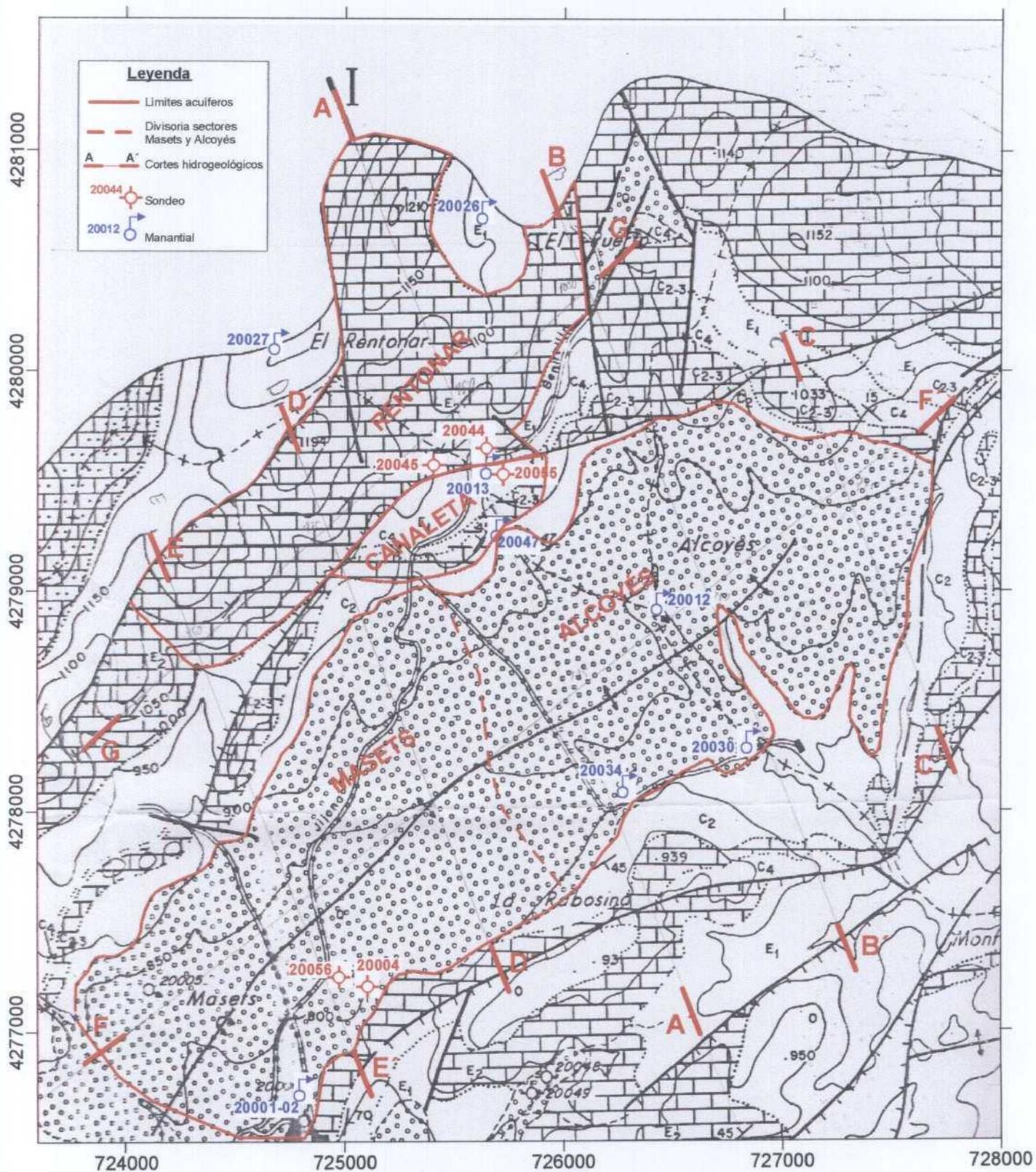
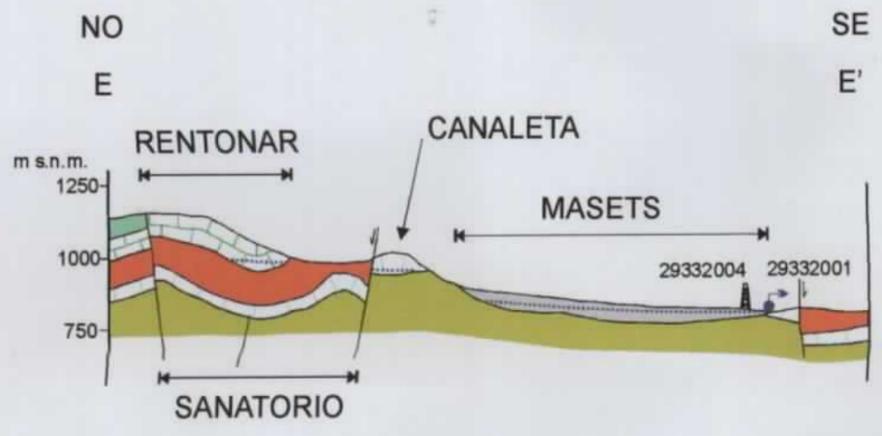
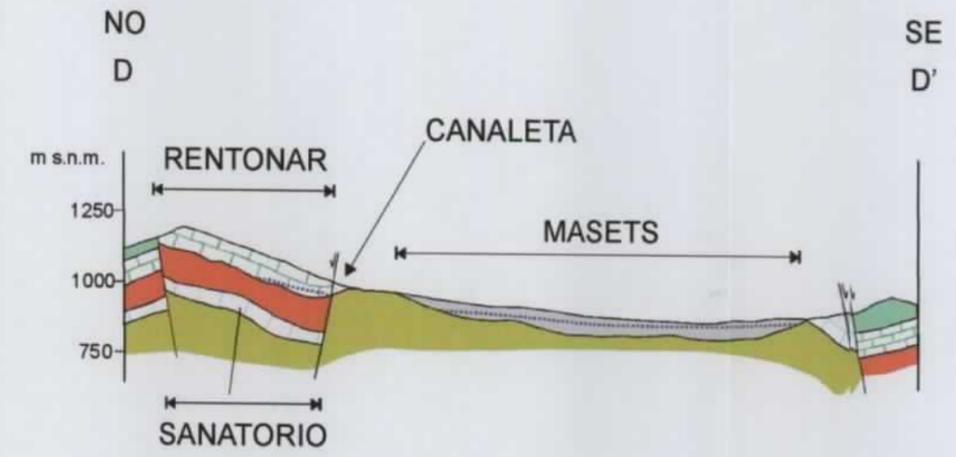
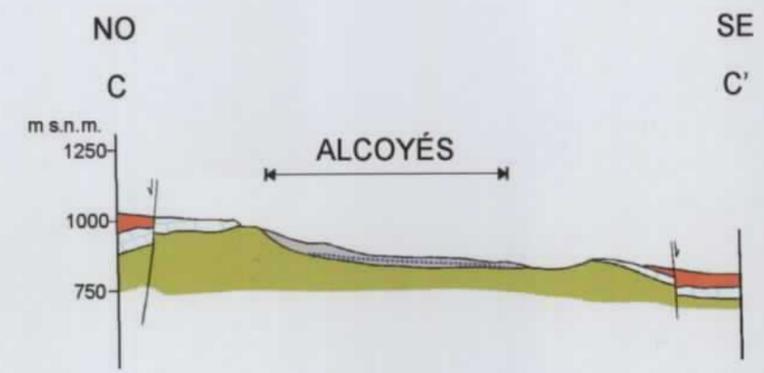
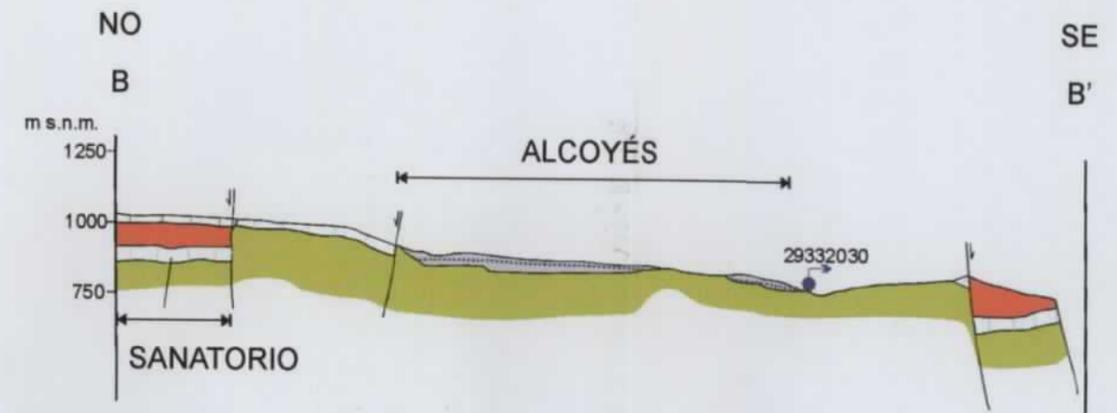
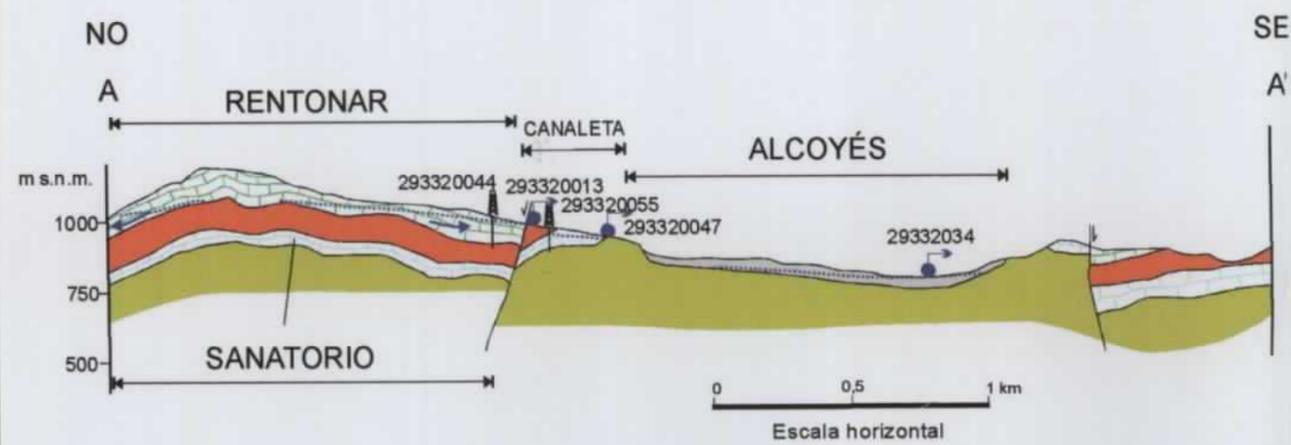


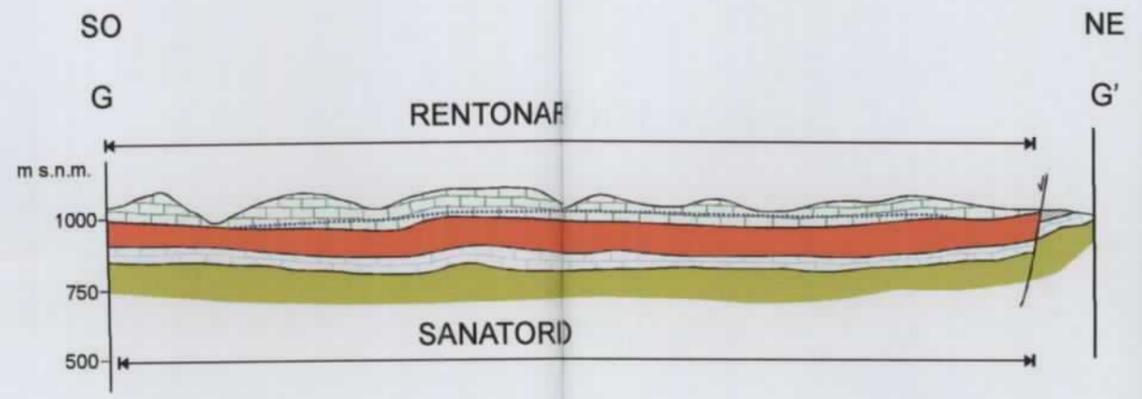
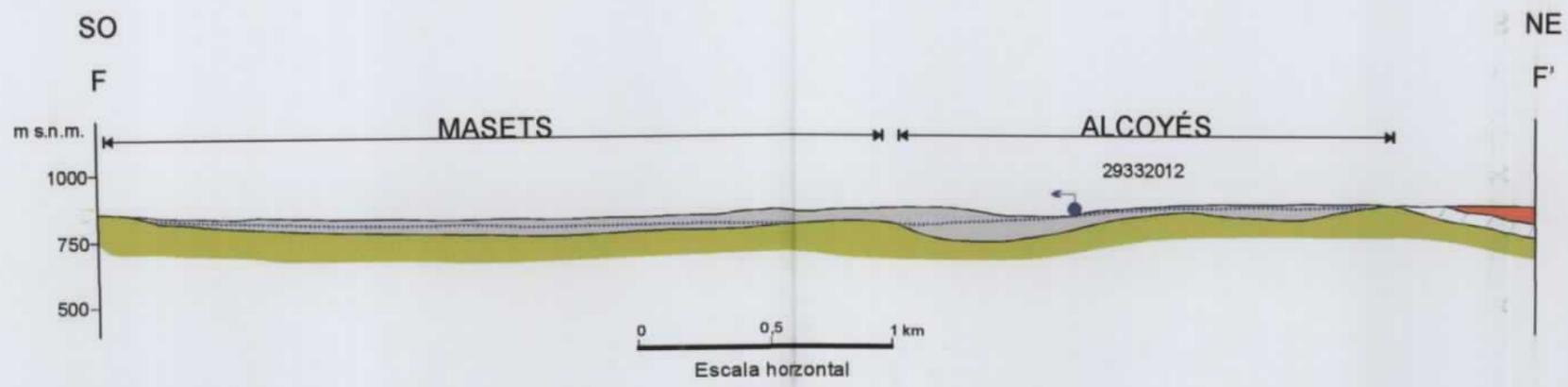
Figura 5.1. Mapa hidrogeológico de los acuíferos Rentonar, Canaleta y Masets-Alcoyés (modificado de IGME, 1987a). (Leyenda de materiales en los cortes de la figura 5.2)



Leyenda

- | | |
|---|-------------------------------|
| Cuaternario | Grado de permeabilidad |
| □ Conglomerados, arenas, limos y arcillas (Q) | Media-alta |
| Oligoceno | |
| □ Margas, margas arenosas, arenas y calcarenitas (O1) | Impermeable |
| Eoceno | |
| □ Calizas y margas (E2) | Alta |
| □ Arcillas verdes y margocalizas (E1) | Impermeable |
| Cretácico | |
| □ Calizas, dolomías y margas (C2-3) | Alta |
| □ Margas y margocalizas (C2) | Baja |
| ~ Falla | |
| ~ Nivel piezométrico supuesto | |
| → Dirección de flujo subterráneo supuesto | |
| 283430023 | |
| ▲ Sondeo | |
| ● Manantial | |

Figura 5.2.a. Cortes hidrogeológicos NO-SE de los acuíferos Rentonar, Canaleta y Maset-Alcoyés.



Leyenda

Cuaternario

■ Conglomerados, arenas, limos y arcillas (Q)

Oligoceno

■ Margas, margas arenosas, arenas y calcarenitas (O1)

Eoceno

■ Calizas y margas (E2)

■ Arcillas verdes y margocalizas (E1)

Cretácico

■ Calizas, dolomías y margas (C2-3)

■ Margas y margocalizas (C2)

~ Falla

~ Nivel piezométrico supuesto

→ Dirección de flujo subterráneo supuesto

283430023
▲ Sondeo

● Manantial

Grado de permeabilidad

Media-alta

Impermeable

Alta

Impermeable

Alta

Baja

Figura 5.2.b. Cortes hidrogeológicos SO-NE de los acuíferos Rentonar y Masetes-Alcoyés.

5.4. Piezometría y funcionamiento

El acuífero Rentonar presenta carácter libre. La recarga se produce únicamente a partir de la infiltración de la precipitación sobre los afloramientos permeables y, en condiciones naturales, la descarga se realiza por los manantiales 293320013, 293320026 y 293320027, estos dos últimos, de escasa entidad, drenan hacia el norte y oeste, respectivamente. También es posible que se produzca una salida subterránea hacia el acuífero de Canaleta a través de la falla que separa ambos acuíferos. El régimen actual del acuífero se considera influenciado por la acción del bombeo en el pozo Rentonar que sólo afecta al manantial 293320013.

El acuífero Canaleta tiene un sector confinado donde se ubica el sondeo 293320055 y las salidas, en régimen natural, se producían por los manantiales 293320011 y, especialmente, por el 293320047.

La conexión hidráulica entre los acuíferos Rentonar y Canaleta es una de las principales incertidumbres del funcionamiento de estos acuíferos. En estudios previos (IGME, 1987a y 1999) se indica que las salidas por la Font D'Ors (293320047), drenaje principal del acuífero de Canaleta, parecen ser mayores de las que le correspondería a la escasa área de recarga del dicho acuífero, y parte de ellas se atribuyen al acuífero de Rentonar.

Con objeto de analizar las relaciones hidráulicas, la figura 5.3 representa las evoluciones piezométricas y cotas de descarga de los puntos de los acuíferos Rentonar, Canaleta y Sanatorio. En dicha figura se observa claramente una importante diferencia de cotas piezométricas que implicaría la desconexión hidráulica entre estos acuíferos. Sin embargo, la falta de nivelación de precisión de los puntos de agua impide establecer relaciones detalladas entre la piezometría y cotas de descarga de manantiales aunque los datos disponibles permiten resaltar algunos rasgos significativos sobre el funcionamiento hidrodinámico:

- Hasta mediados del año 1993 los niveles piezométricos en el pozo Rentonar se sitúan por encima de la cota de descarga del manantial del Sanatorio (293320013). Este hecho implicaría que dicho manantial debería haber drenado agua durante buena parte del año. Lamentablemente los datos de aforo disponibles son escasos y de fecha muy antigua lo que no permite efectuar más que apreciaciones cualitativas (Tabla 5.3). También es probable que estas salidas no se hubiesen podido observar si realmente existe un drenaje significativo hacia el acuífero de Canaleta a través de la falla que lo separa del acuífero de Rentonar (salida en cascada).
- A partir del verano de 1993 se pone de manifiesto un descenso de niveles en el pozo Rentonar con valores cada vez más acusados en las épocas estivales.
- Durante el año 2003 y principios de 2004, los niveles parecen haberse recuperado hasta valores próximos a la cota de descarga del manantial 293320013. Los fuertes descensos puntuales y las recuperaciones subsiguientes parecen deberse a problemas de funcionamiento en los sensores de medida.

- La evolución piezométrica en el sondeo Canaleta presenta, desde 1994, niveles claramente por debajo de la cota del manantial 293320047, lo que implica que debe estar seco desde entonces, aunque no hay datos que lo certifique (Tabla 5.3).

En resumen, existe un cierto paralelismo en las evoluciones piezométricas de los sondeos Rentonar y Canaleta donde en ambos casos, a partir de 1993-1994, los niveles descienden muy por debajo de la cota de descarga de sus respectivos manantiales (Sanatorio y Font D'Ors), lo que tendría que provocar su agotamiento. Dicho paralelismo debe tener relación con el régimen de bombeo similar. En el caso del manantial del Sanatorio del acuífero de Rentonar, es posible que a finales de 2003 se haya producido salida de agua pues los niveles en el sondeo Rentonar se han recuperado. Sin embargo este hecho no debe de haberse producido en la Font D'Ors pues los niveles en el sondeo Canaleta se mantienen muy por debajo de su cota de descarga. Es posible que exista una recarga en cascada desde el acuífero de Rentonar hacia Canaleta a través de la falla que los separa y/o por la zona de contacto; de ser así la fuente del Sanatorio podría funcionar como un pequeño manantial tipo trop-plein.

Con respecto a los manantiales 293320026 y 293320027, su funcionamiento debe responder al drenaje por el norte y oeste del acuífero Rentonar, con unas cotas de descarga de 1060 y 1040 m s.n.m., respectivamente, aunque en ambos casos su ubicación no se encuentra justo en el contacto con el impermeable (una revisión de campo debería confirmar su ubicación exacta y su relación con los afloramientos carbonatados eocenos). En cualquier caso dichas cotas están muy por encima de la del manantial 293320013, lo que implica que drenan diferentes sectores del acuífero.

Tabla 5.3. Datos de caudales aforados en manantiales de los acuíferos Rentonar y Canaleta, según la Base de Datos de la DPA.

Nº	Toponimia	Fecha	Caudal (l/s)	Observaciones
293320013	Fuente del Sanatorio	28/03/1974	5	18 l/s según Base de datos IGME
		02/12/1976	11	
		15/06/1979	28	
293320026	Fuente Puerto Rentonar	11/04/1980	0,2	0,1 l/s según Base de datos IGME
293320027	Fuente El Rentonar	11/04/1980	0,2	0,1 l/s según Base de datos IGME
293320011		28/03/1974	10	
		02/12/1976	1	4 l/s según Base de datos IGME
		02/06/1979	30	108 l/s según Base de datos del IGME
293320047	Font D'Ors (Más Baló)	01/06/1979	25,2	Coincidentes con los datos del IGME
		01/12/1982	18	
		27/04/1987	1,8	

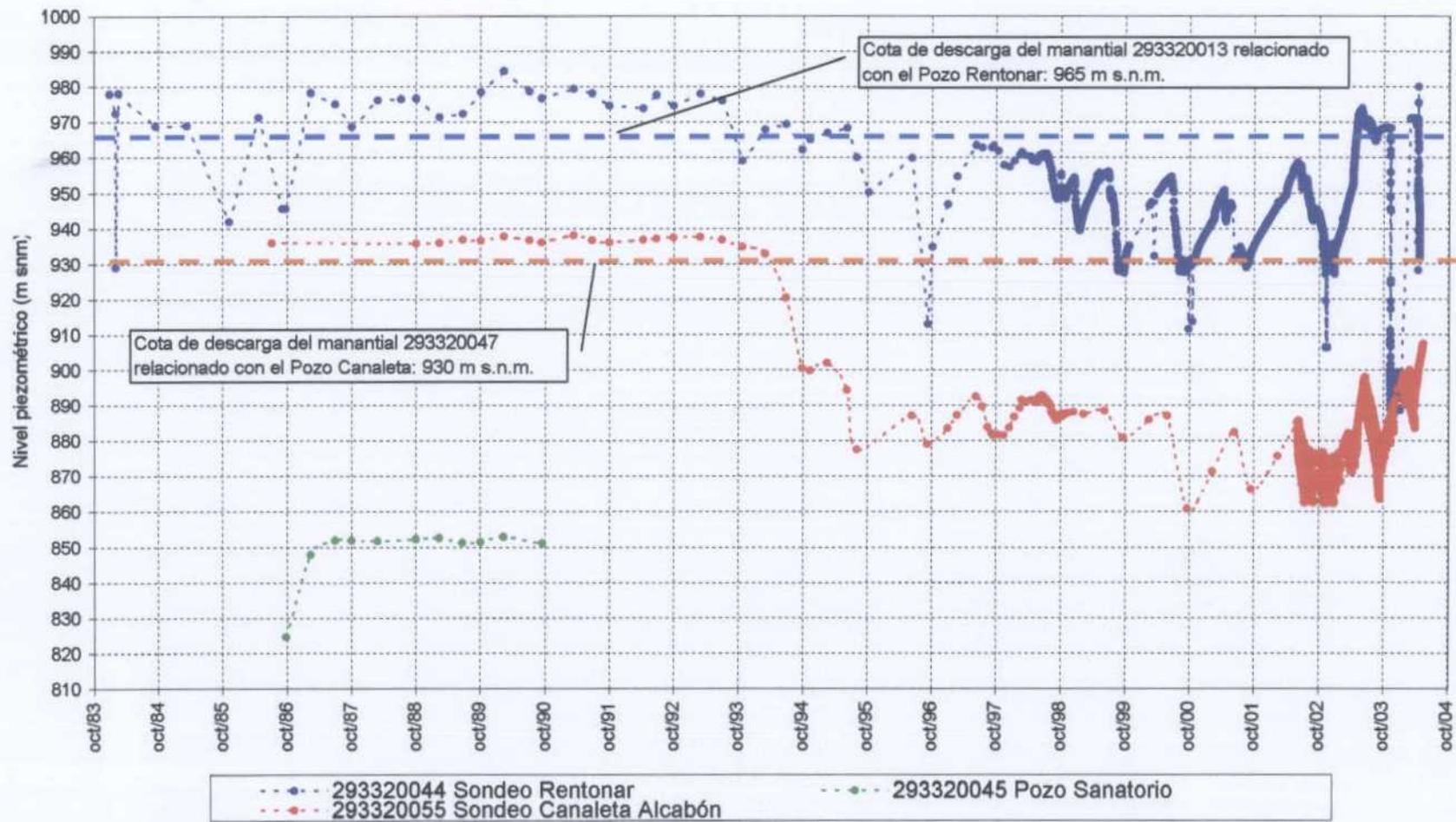


Figura 5.3. Evolución temporal de niveles piezométricos en los acuíferos Rentonar, Canaleta y Sanatorio (U.H. 08.44 "Barrancones-Carrasqueta").

5.5. Características hidráulicas

Una vez realizado el sondeo Rentonar en el año 1983 se procedió a efectuar un ensayo de bombeo escalonado sin estabilización (5, 15 y 30 l/s) en febrero de 1984 que permitió evaluar la transmisividad en $94 \text{ m}^2/\text{día}$ y establecer el caudal óptimo de explotación en 10 l/s (IGME, 1984). Dicho caudal fue notablemente sobreevaluado a tenor de los fuertes descensos (nivel a unos 70 m) que se observaron en el verano de 1984, lo que llevó a la ejecución de una segunda prueba de bombeo en octubre del mismo año, que estableció el caudal máximo de explotación en 1 l/s (IGME, 1985). En la actualidad, el caudal de explotación es unos 0,5 l/s sólo en época estival.

No existen datos experimentales sobre los parámetros de almacenamiento del acuífero Rentonar. En el estudio IGME (1987b) se estima un valor de coeficiente de almacenamiento de $4 \cdot 10^{-4}$ a partir de datos de la geometría, vaciado de reservas y piezometría. En dicho trabajo se considera que este valor resulta muy bajo pero que es coherente con la litología del acuífero tal y como queda reflejado en la columna del sondeo Rentonar (Tabla 5.2). Para obtener el valor citado se consideró que la explotación del verano de 1985, unos 14.000 m^3 , fue extraída de las reservas al no producirse recarga apreciable, con un volumen de roca desaturada de 35 hm^3 para un descenso de 45 m; sin embargo, estas cifras no concuerdan con las relaciones entre volúmenes extraídos y descensos observados en los últimos años (véase el capítulo de cálculo de reservas).

Respecto al acuífero de Canaleta, sólo se dispone de un ensayo de bombeo que proporcionó una transmisividad muy baja $0,7\text{-}1 \text{ m}^2/\text{día}$ (Adaro, 1988).

5.6. Balance hídrico

En IGME (1987a) se estiman los recursos del acuífero Rentonar en $0,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ considerando una precipitación media del periodo 1956-1975 de $550 \text{ mm}/\text{año}$, un 50% de tasa de infiltración y una superficie de recarga de 2 km^2 . Las salidas del sistema se producen por bombeo, concentrado en las épocas de verano, en el sondeo Rentonar y por el manantial 293320013. Asimismo, se señala que el acuífero es excedentario y se indica la posibilidad de una transferencia subterránea, sin cuantificar, del acuífero Rentonar al de Canaleta a través de la falla que separa ambos acuíferos. Este hecho justificaría, según este estudio, que las salidas observadas por el manantial 293320047 parecen ser excesivas respecto a su área de recarga (unos 300 m^2). Respecto al acuífero de Canaleta, la recarga por infiltración de la infiltración es estimada en tan sólo $200 \text{ m}^3/\text{año}$.

En el trabajo de IGME (1999) las entradas al acuífero Rentonar son evaluadas en $0,091 \text{ hm}^3/\text{año}$ y las salidas se cifran en $0,005 \text{ hm}^3/\text{año}$ por bombeo y $0,086 \text{ hm}^3/\text{año}$ a los acuíferos de Sanatorio ($0,046 \text{ hm}^3/\text{año}$) y Canaleta ($0,019 \text{ hm}^3/\text{año}$). Las entradas del acuífero de Canaleta se estiman en $0,001 \text{ hm}^3/\text{año}$ procedentes de la infiltración de la precipitación a las que se le añade las entradas desde el acuífero de Rentonar; las salidas se estiman en $0,007 \text{ hm}^3/\text{año}$ por bombeo y $0,013 \text{ hm}^3/\text{año}$ por manantiales.

En lo que concierne a la explotación en el sondeo Rentonar, se dispone de datos desde el verano de 1997 con una cifra de 18.448 m³ en el año 1998 y un valor mínimo de 2.415 m³ en el año 2001 (Tabla 5.4). Como valor medio se puede considerar el periodo 1998-2002 con una explotación por bombeo de 7.988 m³/año. Por otro lado, los datos disponibles del sondeo Canaleta corresponden al periodo 1997-2001 con un valor máximo de 13.592 m³ (año 1998) y mínimo de 569 m³ (año 2001) y una media 1998-2001 de 6.700 m³/año. En la figura 5.4 se muestra la relación entre la piezometría y la explotación en los sondeos Rentonar y Canaleta, donde se observa que tienen un régimen de bombeo similar que parece justificar los respectivos descensos de niveles. Todos los datos citados de explotación por bombeo proceden de la base de datos de la DPA y difieren sustancialmente de los que figuran en el estudio IGME-DPA (2003) (Tabla 5.5).

Tabla 5.4. Datos de explotación por bombeo (en m³) en los acuíferos Rentonar (293320044) y Canaleta (293320055), según la base de Datos de la DPA.

Fecha	En	Fe	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	Se	Oc	No	Di	Total
SONDEO RENTONAR (293320044)													
1997	-	-	-	-	-	-	620	343	1.707	1.630	685	0	>4.985
1998	364	1.025	1.203	624	249	782	1.935	1.026	669	0	1.137	9.434	18.448
1999	0	0	0	0	0	1.079	1.975	519	7	0	99	4.650	8.329
2000	2	0	1	0	0	348	2.002	654	314	-	0	0	>3.321
2001	0	0	0	-	-	1.448	488	389	90	0	0	0	>2.415
2002	0	0	0	0	155	1.519	1.122	1.646	570	981	920	514	7.427
2003	22	0	6	0	0	2.245							>2.273
SONDEO CANALETA (293320055)													
1997	-	-	-	-	-	-	2.713	756	1071	578	492	0	>5610
1998	256	453	661	567	385	999	1.462	830	373	51	478	7.077	13.592
1999	23	0	290	354	1508	817	1.288	644	335	0	243	6.329	11.831
2000	8	7	0	9	66	84	153	338	110	19	0	12	806
2001	3	0	0	0	0	45	308	156	24	0	21	12	569

Tabla 5.5. Datos de explotación por bombeo (en m³) en los acuíferos Rentonar (293320044) y Canaleta (293320055), según estudio IGME-DPA (2003).

	Sondeo Rentonar	Sondeo Canaleta
Año 1999	4.650	6.329
Año 2000	3.671	8.252
Año 2001	3.303	5.801

5.7. Calidad del agua

Las facies de las aguas subterráneas del acuífero son bicarbonatadas cálcicas, aptas para consumo humano y regadío. No se observan modificaciones significativas del quimismo relacionadas con la explotación.

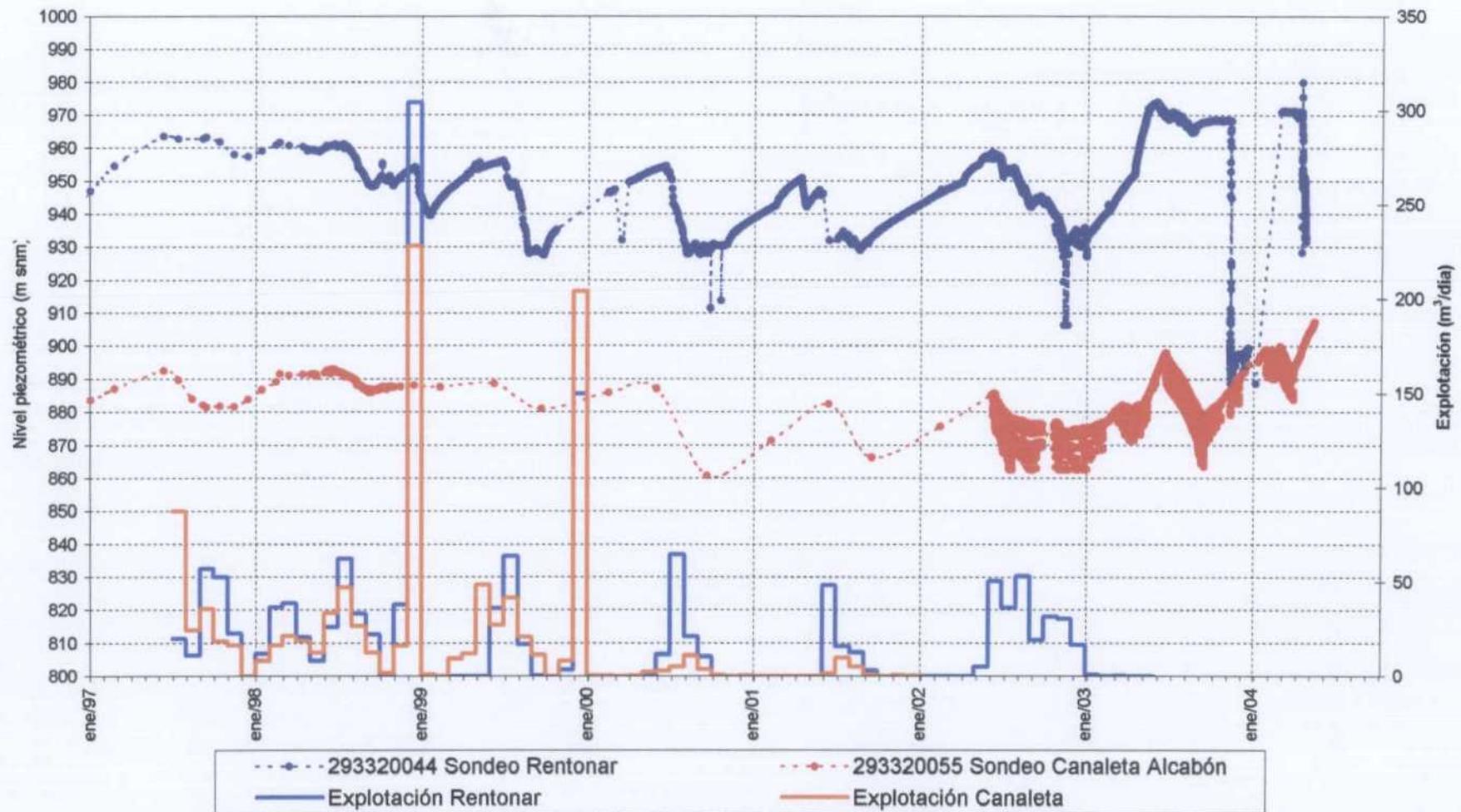


Figura 5.4. Evolución temporal de niveles piezométricos y explotación en los acuíferos Rentonar y Canaleta.

5.8. Determinación de las reservas

Teniendo en cuenta los límites de los acuíferos según la cartografía del IGME (1987a) y los cortes geológicos realizados, se han obtenido los mapas de isohipsas de muro (Figura 5.5) y de isoespesores (Figura 5.6). La interpolación se ha efectuado con una malla de 50x50 m. En el caso del acuífero Canaleta, dado que tiene una parte confinada, se ha determinado la posición del techo y posteriormente se ha obtenido el muro en cada celda considerado un espesor constante de 35 m (supone una potencia aparente en la vertical de 50 m pues el buzamiento es de 45°). La superficie del acuífero Rentonar, con los límites de estudio citado, es de 1,93 km² (771 celdas de 50x50 m), y el acuífero Canaleta presenta una extensión en profundidad de 0,31 km² (124 celdas de 50x50 m), con una superficie aflorante de sólo 0,11 km². Las reducidas dimensiones de los acuíferos y su geometría condicionan que las reservas sean muy escasas pues, como es obvio, quedan concernidas a la porción de acuífero que queda por debajo de las respectivas cotas de sus manantiales (Sanatorio, 965 m s.n.m. y Font D'Ors, 930 m s.n.m.).

En el caso del acuífero Rentonar, la figura 5.7 muestra la discretización realizada, las cotas de muro y la porción del acuífero que queda por debajo de la cota 965 m s.n.m. en la zona suroriental, que es aquella donde se produce almacenamiento y por tanto permite el cálculo de reservas (tabla 5.6 y figura 5.8). En la parte suroccidental también existe una zona con cotas de muro por debajo de la del manantial del Sanatorio pero no parece existir posibilidad de almacenamiento significativo pues el drenaje debe producirse a través de varios barrancos. En el caso de la zona norte, la geometría del acuífero apenas permite el almacenamiento significativo de agua.

Tabla 5.6. Reservas (en m³) en el acuífero de Rentonar considerando distintos valores de coeficiente de almacenamiento.

Cota (m s.n.m.)	Coeficiente de almacenamiento		
	0,001	0,002	0,003
965	3997	7994	11991
960	3110	6221	9331
950	1647	3295	4942
940	691	1382	2073
920	7	14	21

Además de los datos anteriores, los periodos indicados en la tabla 5.7 dan idea de las reservas del acuífero Rentonar “al alcance” del bombeo en el sondeo. En los periodos estivales indicados en dicha tabla se ha efectuado un vaciado significativo del acuífero y la recarga ha debido ser prácticamente despreciable. La proporcionalidad prácticamente lineal entre descensos y vaciado (tabla 5.7), sólo tiene una correspondencia clara con la curva de reservas del acuífero en una parte de la misma (figura 5.8), lo que sugiere que la geometría del acuífero debe ser mejorada aunque otras causas, menos probables, también podrían justificar este hecho. En este sentido cabe señalar que la mejora detallada de la geometría debe llevar aparejado no sólo la revisión de la cartografía hidrogeológica, sino también la investigación de la relación entre los

acuíferos Rentonar y Canaleta en el sentido de aclarar si existen salidas laterales subterráneas del primero hacia el segundo.

Tabla 5.7. Vaciado del acuífero Rentonar en periodos con ausencia de recarga.

Fecha	NP inicial (m s.n.m.)	NP final (m s.n.m.)	Descenso (m)	Volumen extraído (m ³)
Julio-Agosto de 1999 (2 meses)	955	928	27	2.484
Julio-Agosto de 2000 (2 meses)	951	927	23	2.656
Junio de 2001 (1 mes)	946	933	13	1.448

Las reservas del acuífero Canaleta se muestran en la tabla 5.8 y figura 5.9. Por otro lado, se ha considerado el periodo sin recarga comprendido entre mediados de junio y septiembre de 2001 para su ajuste mediante tanteo a una curva de reservas (figura 5.9). En dicho periodo se extrajeron 509 m³ con un nivel inicial a 882,5 m s.n.m. y final a 886 m s.n.m. La curva que mejor se ajusta es la correspondiente a un coeficiente de almacenamiento próximo a 0,001.

Tabla 5.8. Reservas (en m³) en el acuífero de Canaleta considerando distintos valores de coeficiente de almacenamiento.

Cota (m s.n.m.)	Coeficiente de almacenamiento		
	0,0001	0,001	0,01
920	504	5041	50408
900	185	1853	18525
880	37	369	3693
860	3	25	250
850	0	0	0

Finalmente, la figuras 5.10 y 5.11 muestran la evolución temporal del nivel estático del agua en los sondeos Rentonar y Canaleta y su relación con la columna litológica. En el caso del sondeo Rentonar se observa que, en determinadas fechas, se produce un bombeo por debajo de los 70 m que provoca un fuerte descenso de niveles al haberse alcanzado el tramo de margas y margocalizas que se consideran el impermeable de base del acuífero. El acuífero de Canaleta presenta, desde mediados de 1994, niveles de agua por debajo del tramo Senoniense que actúa como impermeable de techo en parte del acuífero.

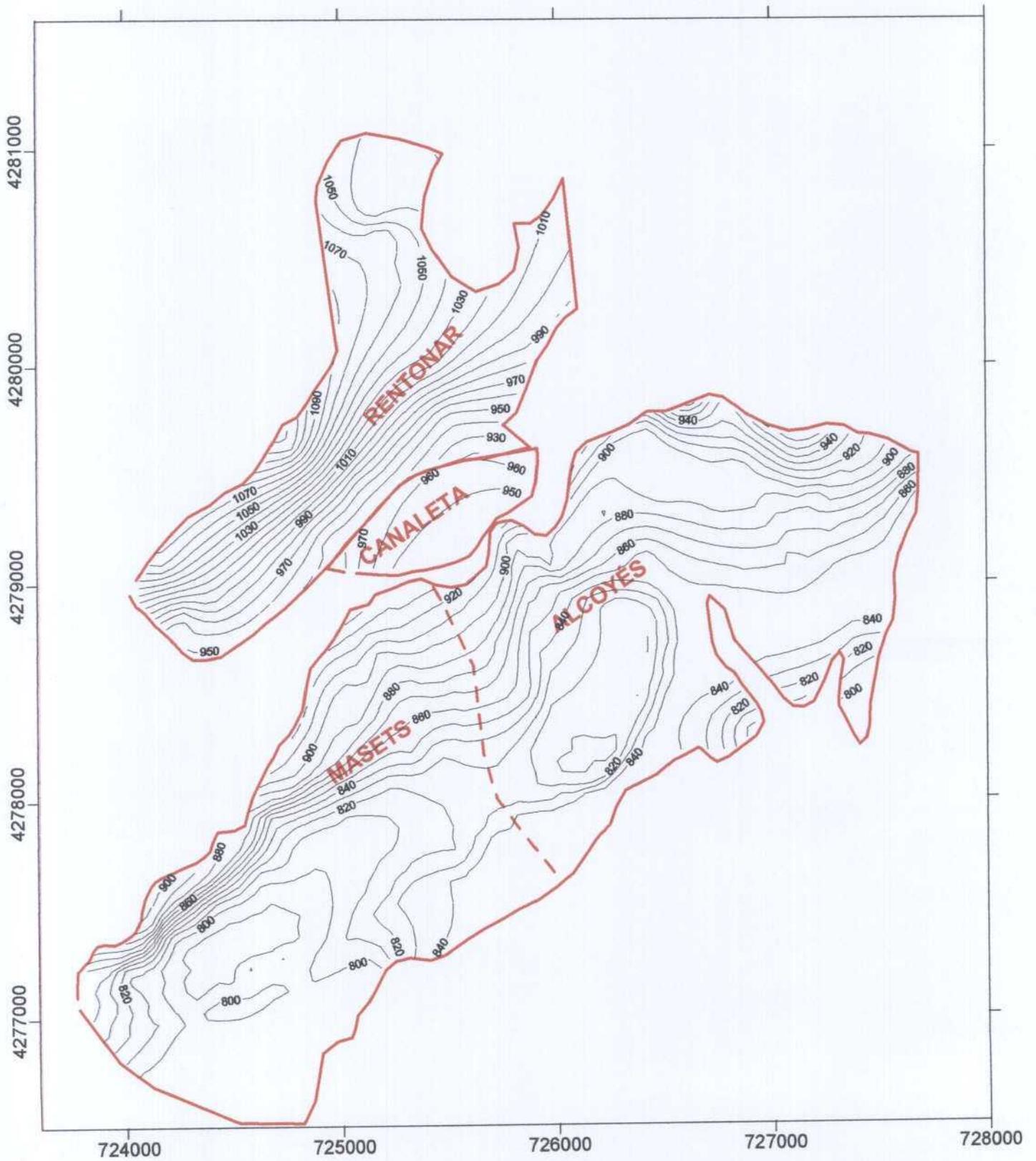


Figura 5.5. Mapa isohipsas de muro (m s.n.m.) de los acuíferos Rentonar, Canaleta y Masets-Alcoyés.

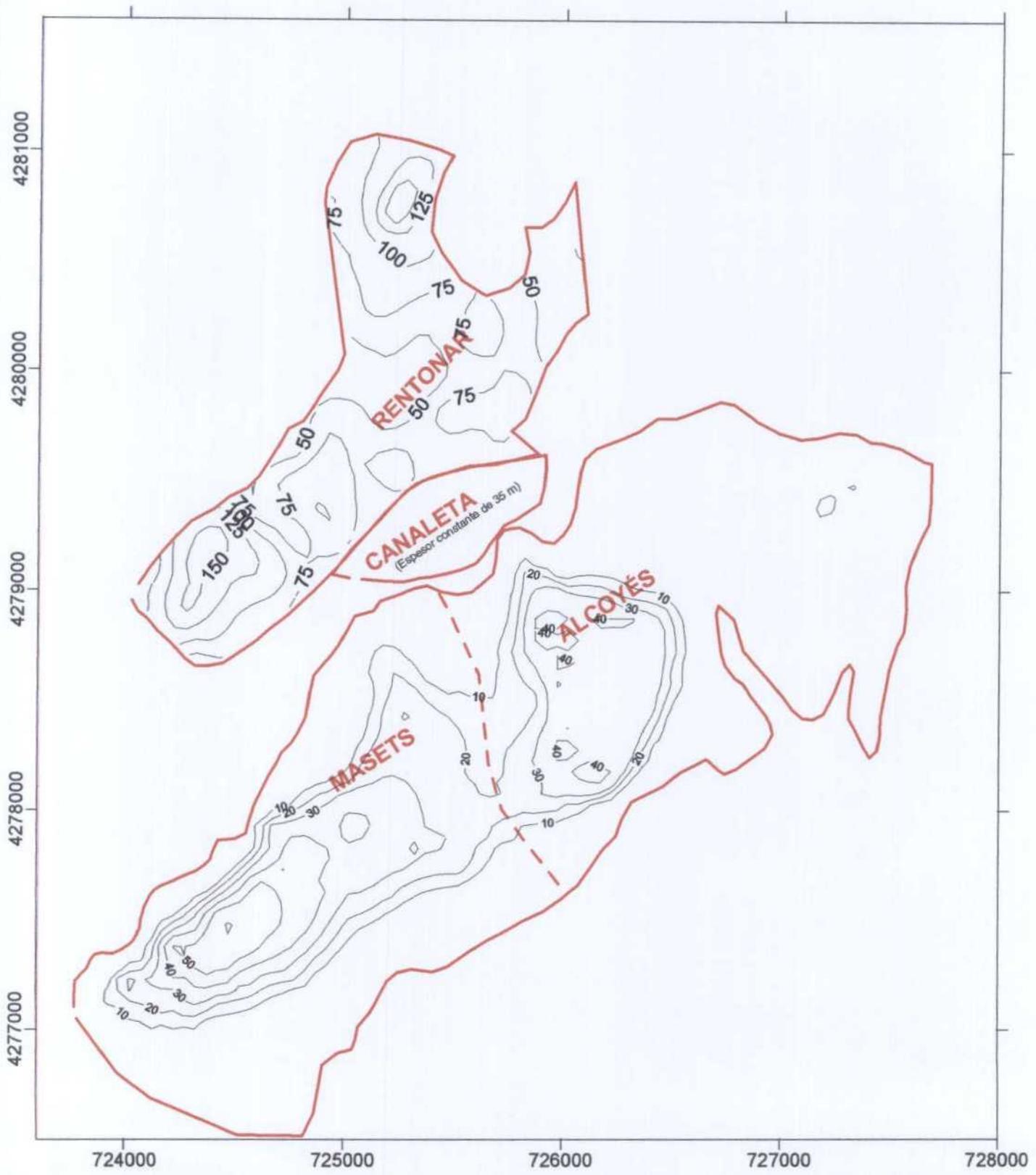


Figura 5.6. Mapa isoespesores (en metros) de los acuíferos Rentonar y Maset-Alcoyés.

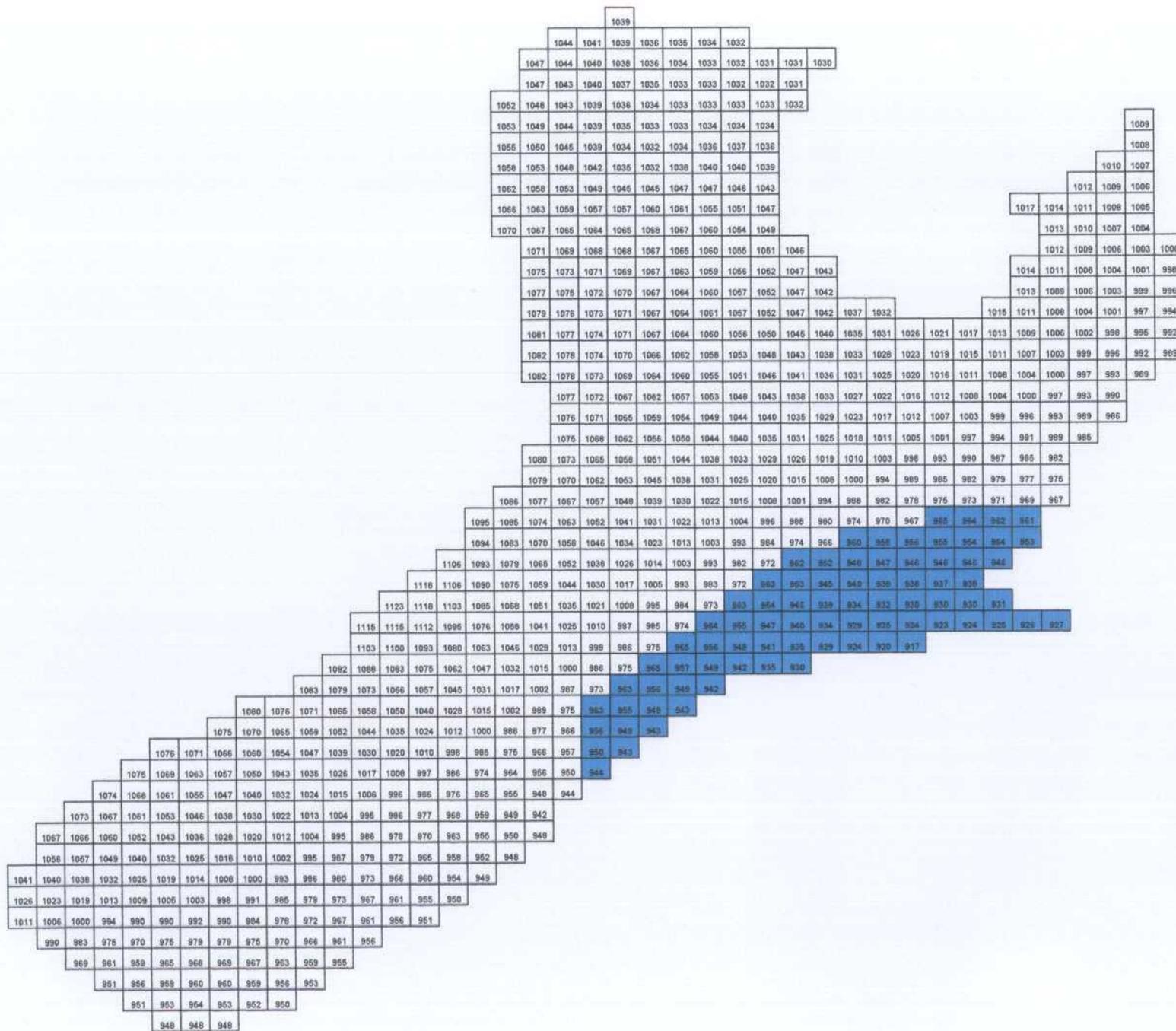


Figura 5.7. Discretización del acuífero Rentonar en celdas de 2500 m², cotas de muro y celdas donde se efectúa el cálculo de reservas (en color).

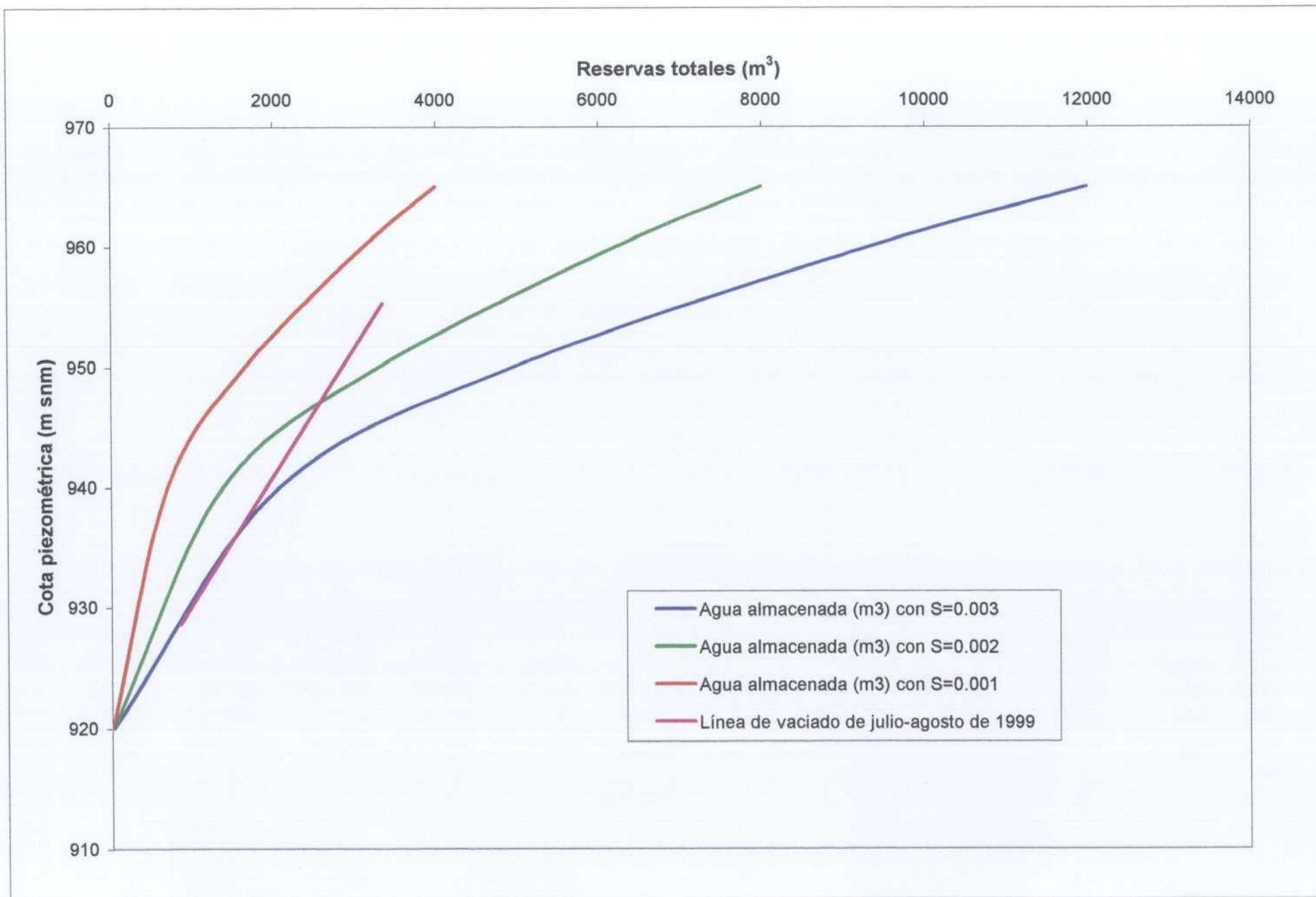


Figura 5.8. Reservas del acuífero Rentonar para distintos valores de coeficiente de almacenamiento.

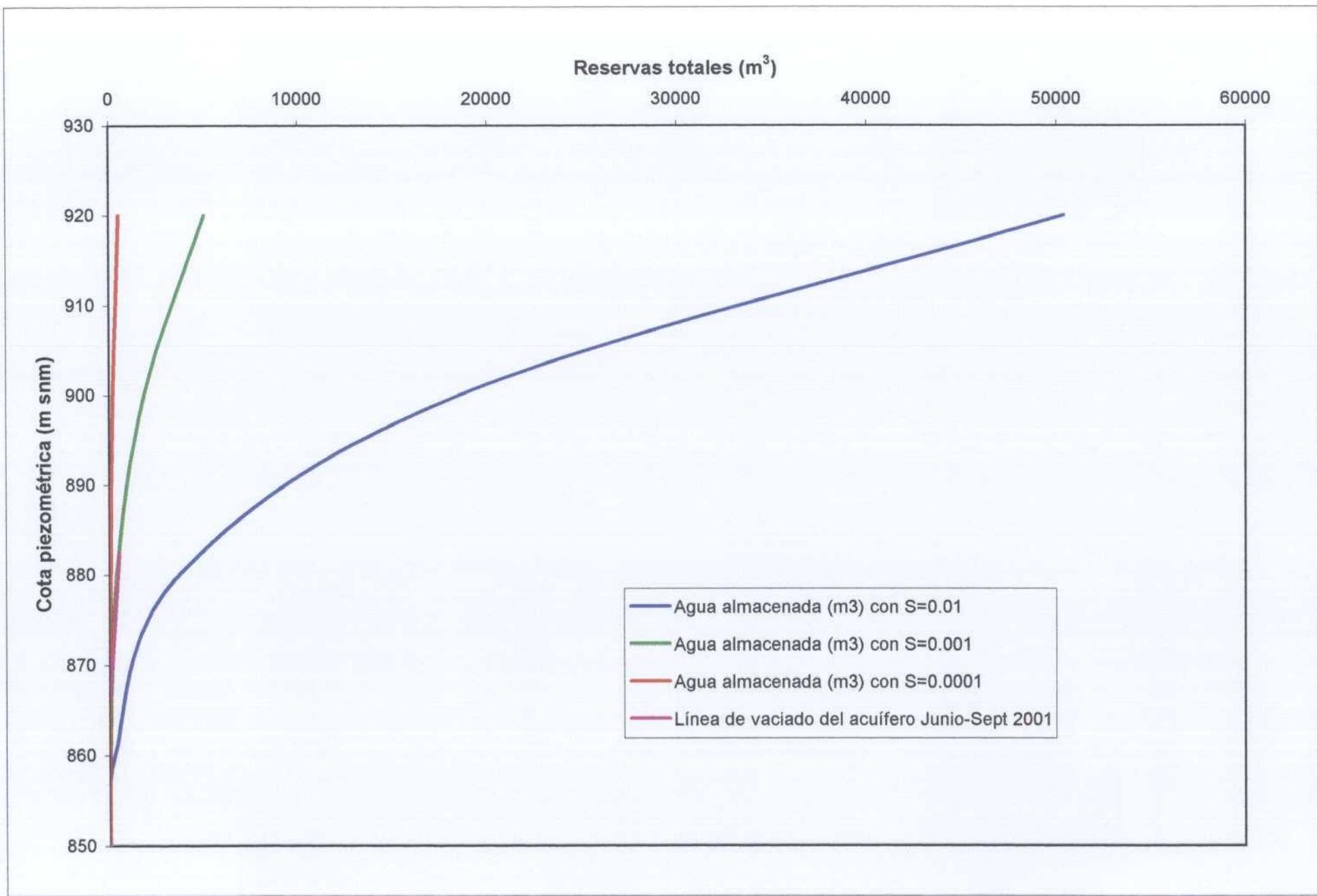
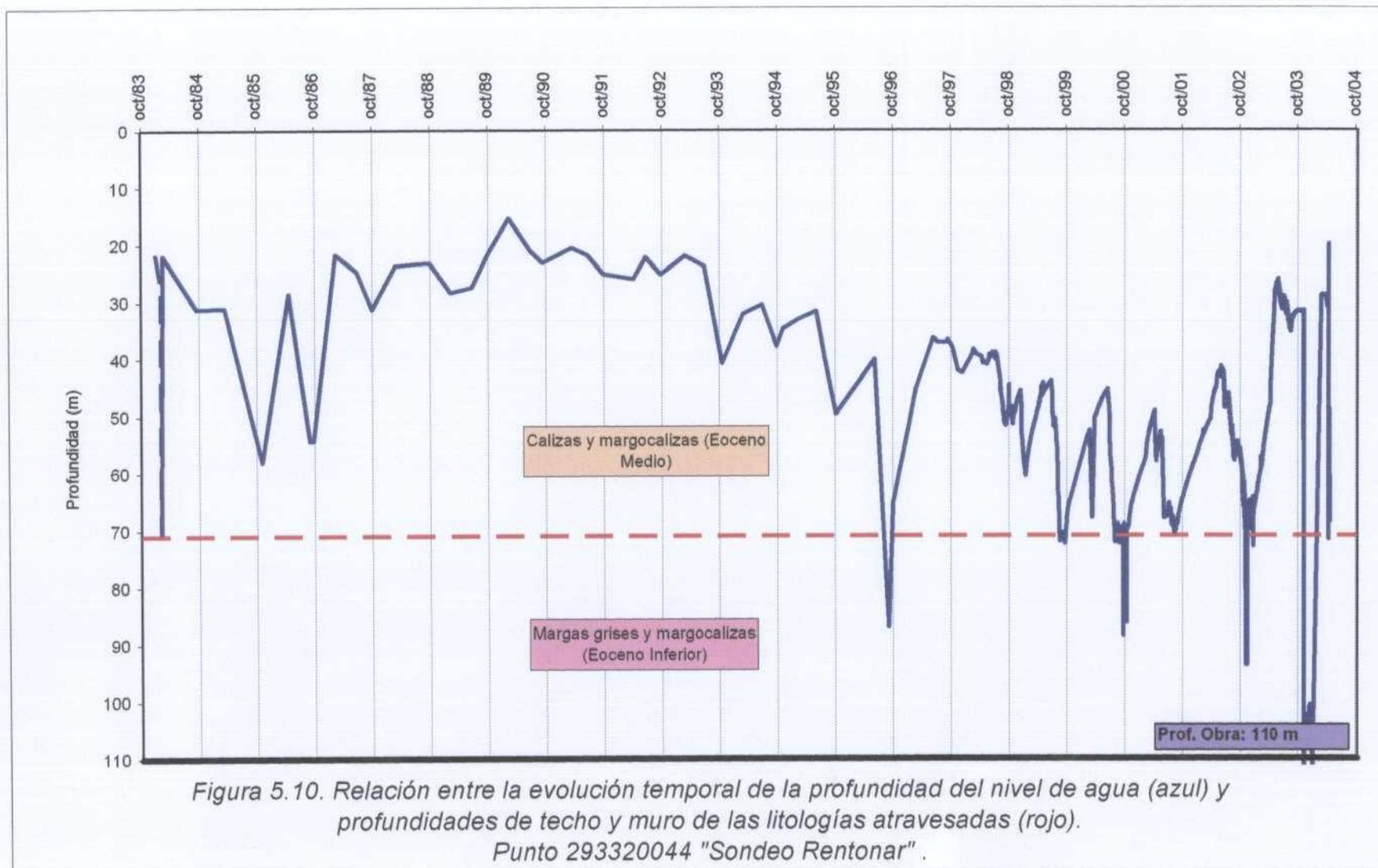


Figura 5.9. Reservas del acuífero Canaleta para distintos valores de coeficiente de almacenamiento.



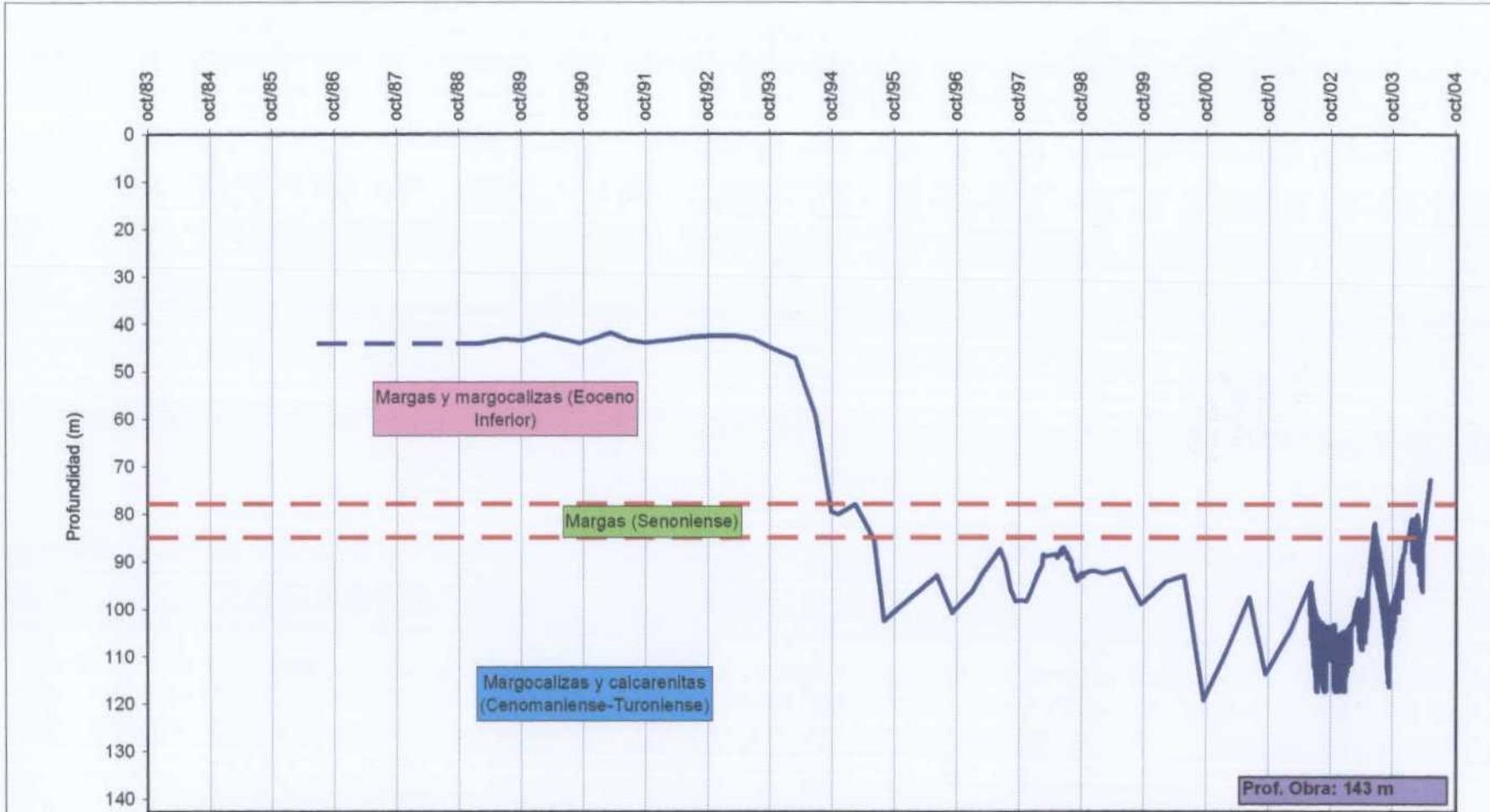


Figura 5.11. Relación entre la evolución temporal de la profundidad del nivel de agua (azul) y profundidades de techo y muro de las litologías atravesadas (rojo).
Punto 293320055 "Sondeo Canaleta".

6. ACUÍFERO MASETS-ALCOYÉS

6.1. Introducción y antecedentes

Este acuífero pertenece a la Unidad Hidrogeológica 08.44 “Barrancones-Carrasqueta” y está situado entre los términos municipales de Torremanzanas (La Torre de les Maçanes) y Benifallim, en la provincia de Alicante. Presenta una extensión superficial de 5,59 km² (según planimetría de la superficie de afloramiento cartografiada en IGME, 1987).

Las principales referencias bibliográficas pueden encontrarse en los siguientes estudios:

- DPA (1996). Informe sobre la prueba de bombeo de ensayo del sondeo Viña de Mira de Torremanzanas (Alicante).
- IGME (1980). “Posibilidades de captación de aguas subterráneas en el término municipal de Benifallim (Alicante)”.
- IGME (1982). “Posibilidades de captación de aguas subterráneas en el término municipal de Torremanzanas (Alicante)”.
- IGME (1987). “Estudio hidrogeológico del termino municipal de Torremanzanas (Alicante)”
- IGME (1993). “Estudio hidrogeológico del término municipal de Benifallim y posibles soluciones al problema de su abastecimiento”.
- IGME (1999). “Estudio para la delimitación de perímetros de protección a las captaciones de abastecimiento urbano de Benifallim (Alicante)”.
- IGME-DPA (2001). “Trabajos geofísicos en los acuíferos Masets, Canaleta y Rentonar (Alicante)”
- IGME-DPA (2003). “Manual del ciclo integral del agua- Municipio de la Torre de les Maçanes. Estado actual, alternativas y directrices”.
- IGME-DPA (en ejecución). “Contribución a la mejora del conocimiento hidrogeológico de la provincia de Alicante. Mapa hidrogeológico de unidades y memoria síntesis (1ª fase)”.

6.2. Geometría y límites

El acuífero Masets-Alcoyés está constituido por materiales detríticos cuaternarios (gravas, arenas, limos y arcillas), con un espesor de unos 20-30 m. El sustrato y límites laterales del acuífero vienen dados por la presencia de materiales margosos del Cenomaniense, salvo por el sector suroriental donde existe contacto lateral con materiales carbonatados pertenecientes al acuífero de Torremanzanas. Una de las principales singularidades del acuífero es la existencia de un umbral del sustrato que provoca una divisoria hidrogeológica de tal manera que se distingue un sector meridional (Masets) con sentido de flujo hacia el este, y un sector septentrional (Alcoyés), donde la circulación subterránea se dirige hacia el suroeste.

De acuerdo con la divisoria citada localizada en la figura 5.1 del anterior capítulo, donde se muestra la cartografía a escala 1:25.000 del acuífero Masets-Alcoyés realizada en el estudio IGME (1987), las superficies de ambos sectores son de 2,76 km²

y 2,83 km² para los sectores Masets y Alcoyés, respectivamente. Conviene señalar que los aspectos de cartografía hidrogeológica y funcionamiento del acuífero están siendo objeto de revisión en el estudio del IGME-DPA (en ejecución) referenciado en el apartado de antecedentes. En la figura 5.2 se muestran los cortes hidrogeológicos que han servido para la determinación de las reservas y que se han obtenido a partir de la cartografía del IGME (1987), los datos de profundidades de captaciones y sus columnas litológicas disponibles, y la prospección geofísica mediante SEDT realizada en la zona para el presente proyecto (IGME-DPA, 2001).

6.3. Inventario de puntos de agua

En la actualidad este acuífero incluye cinco manantiales (293320001, 293320002, 293320012, 293320030 y 293320034), dos pozos de excavación manual (293320003, 293320009) y dos sondeos en explotación 293320004 y 293320056) (Figura 5.1; Tabla 6.1). Conviene aclarar que el sondeo 293320056, perforado en 1996, parece captar también el acuífero carbonatado de Torremanzanas bajo los materiales cuaternarios de Masets

Además de los aprovechamientos citados, existen dos sondeos (293320057 “Foia Boix 1” y 293320058 “Foia Boix 2”), situados a 1,5 km al norte de Torremanzanas, y que por su baja productividad no se llegaron a instalar (año 2001).

Tabla 6.1. Principales características de los puntos de agua del acuífero Masets-Alcoyés según la Base de Datos de la DPA. (M: Manantial; S: Sondeo).

Nº	Toponimia	X_UTM	Y_UTM	Z	Uso	Ntza.	Prof. (m)
<i>Sector Masets</i>							
293320001	Fuente Mayor (del Pueblo)	724767	4276860	784.8	Abto. Agric.	M	-
293320002	Fuente Mayor	724644	4276983	781	Abto.	M	-
293320003	Pozo de Carmelo	725104	4277303	798	Domést.	P	20
293320004	Sondeo Torremanzanas Pla Verd	725063	4277242	806	Abto.	S	105
293320009		724879	4277166	810	Domést.	P	22
293320056	Sondeo Viña de Mira	724962	4277285	810	Abto.	S	56
<i>Sector Alcoyés</i>							
293320012	Fuente D’Ors	726398	4278955	830	Agric.	M	-
293320030	Fuente Alcoyés	726918	4278495	800	Agric.	M	-
293320034	Los Castellanos	726240	4278170	840	Agric.	M	-
293320057	Sondeo Foia Boix 1			875	No instalado	S	-
293320058	Sondeo Foia Boix 2			875	No instalado	S	300

6.4. Piezometría y funcionamiento

El acuífero presenta carácter libre. La recarga se produce a partir de la infiltración de la precipitación sobre los afloramientos permeables y, en épocas de fuertes lluvias a partir de la infiltración de los caudales superficiales procedentes de los manantiales 293320013 (acuífero Rentonar) y 293320047 (acuífero Canaleta).

En condiciones naturales, la descarga se realizaba a través de diversos manantiales, principalmente por la Fuente Mayor de Torremanzanas (293320001), en el sector de Masets, y por la Fuente de Alcoyés (293320030), y en menor medida por los manantiales 293320002-12-34. En la Tabla 6.2 se muestran los únicos datos disponibles de caudales aforados en tales manantiales y que corresponden a una situación de régimen natural (diciembre de 1976).

Tabla 6.2. Datos de caudales aforados en manantiales del acuífero Masets-Alcoyés, según la Base de Datos de la DPA.

Nº	Toponimia	Fecha	Caudal (l/s)	Sector
293320001	Fuente Mayor (del Pueblo)	06/12/1976	4,17	Masets
293320002	Fuente Mayor	06/12/1976	1	
293320012	Fuente D'Ors	02/12/1976	0,2	Alcoyés
293320030	Fuente Alcoyés	02/12/1976	1	
293320034	Los Castellanos	02/12/1976	0,2	

Desde principios de la década de los ochenta, el régimen del acuífero en el sector Masets está influenciado por el bombeo en el sondeo Plan Verd (293320004) y Viña de Mira (293320056), ejecutado éste último en 1996, y ambos regulan la Fuente Mayor del pueblo. En el sector Alcoyés varios intentos de nuevas perforaciones no han proporcionado los resultados deseables respecto a la productividad, por lo que este sector continuaría en régimen natural.

En la Figura 6.1 se representa la evolución temporal de niveles estáticos y dinámicos del sondeo Viña de Mira (293320056) donde se aprecia una tendencia descendente. Tal tendencia se muestra de forma más apreciable en la figura 6.2, donde se han eliminado los niveles dinámicos.

En la Figura 6.3, donde se han eliminado también los valores considerados previamente como niveles estáticos pero que correspondían a momentos de recuperación, también se han representado los datos de nivel disponibles del sondeo Plan Verd (293320004) y las cotas de descarga de los puntos 293320001 y 293320002. La falta de nivelación de precisión de los puntos de agua no permite establecer relaciones detalladas entre la piezometría y cotas de descarga de manantiales lo cual sería de interés, junto con un registro de caudales de los manantiales, para estudiar las afecciones y optimizar la regulación. El descenso medio de niveles en el periodo 1997-2002 es de 1,1 m/año.

6.5. Características hidráulicas

Una vez realizado el sondeo Viña de Mira se procedió a efectuar ensayo de bombeo, en julio de 1996, que permitió evaluar la transmisividad en $38 \text{ m}^2/\text{día}$, con una profundidad del nivel del agua a 26,27 m (DPA, 1996). Tal profundidad del nivel del agua equivale, con la nivelación disponible, a un nivel piezométrico de 783,73 m s.n.m., próximo a la cota de la Fuente Mayor de Torremanzanas (784,8 m s.n.m.), cuya afección hubiese sido interesante controlar. No existen datos experimentales sobre los parámetros de almacenamiento del acuífero.

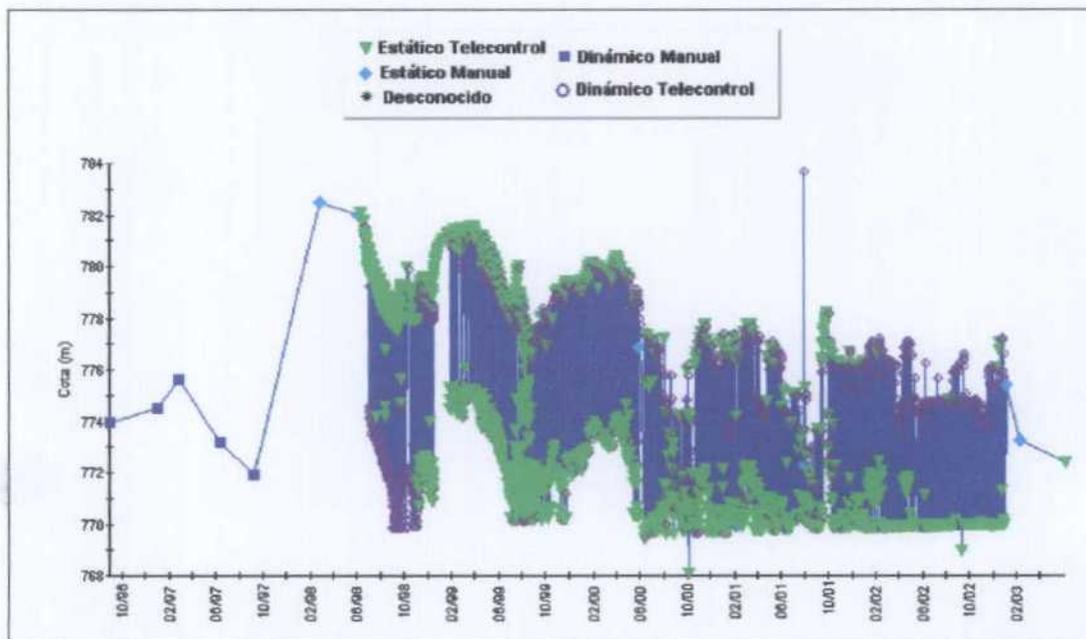


Figura 6.1. Evolución temporal de niveles piezométricos (estáticos y dinámicos) del sondeo Viña Mira (293320056).

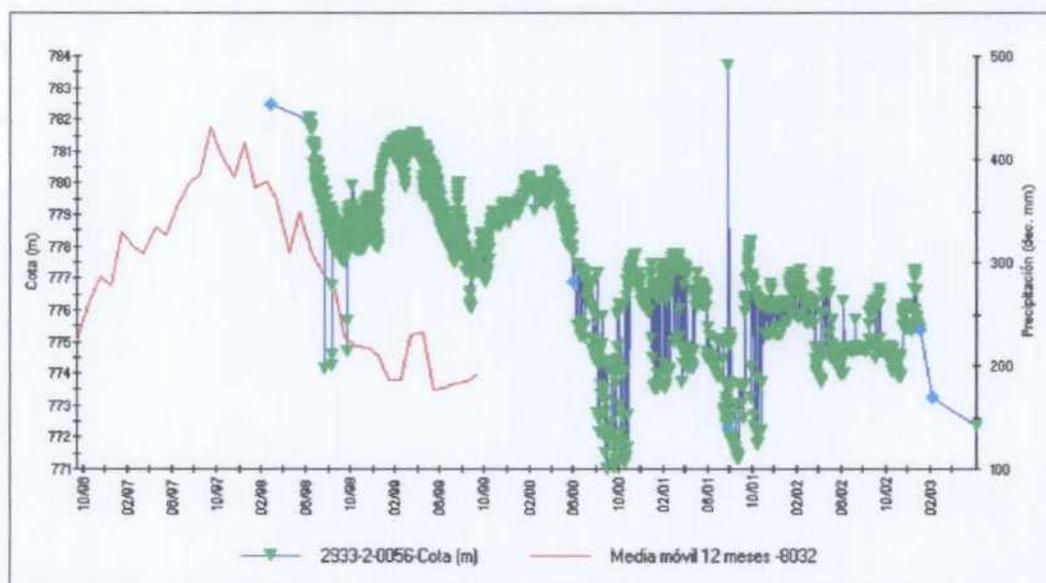


Figura 6.2. Evolución temporal de niveles piezométricos (estáticos) del sondeo Viña Mira (293320056).

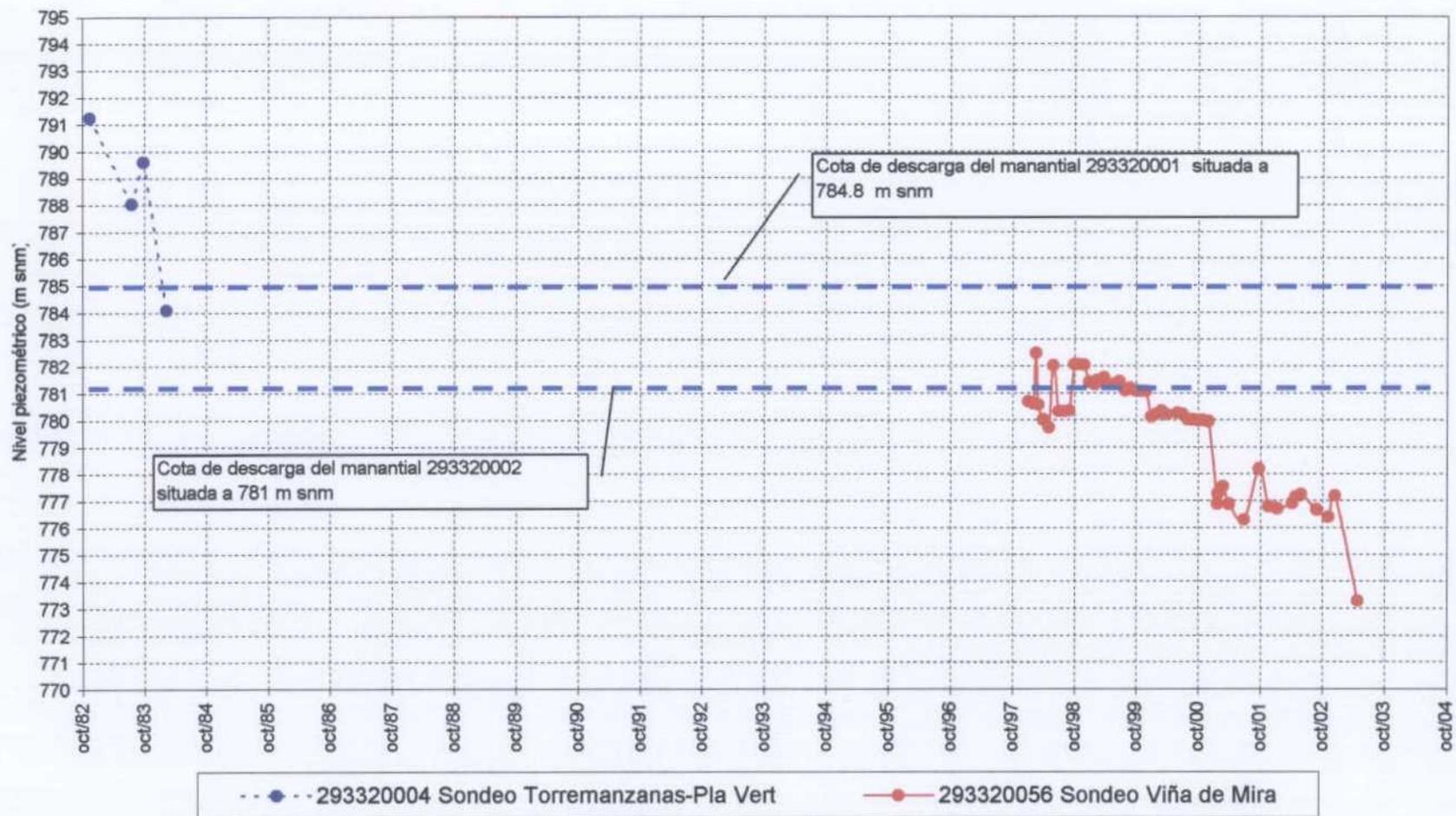


Figura 6.3. Evolución temporal de niveles piezométricos (estáticos) en el acuífero Masets-Alcoyés (U.H. 08.44 "Barrancones-Carrasqueta").

6.6. Balance hídrico

En IGME (1987a) se tratan por separado los acuíferos Masets (2 km²) y Alcoyés (2 km²). Para ambos se estiman una entradas procedentes de la infiltración de la precipitación entre 0,05 y 0,175 hm³/año (se consideran unas tasas de infiltración entre el 15 y el 50% de la lluvia útil media –unos 175 mm– del periodo 1956-1975 y superficie de afloramiento de). A tales entradas se añaden, sólo en el caso del Masets, una cifra máxima de unos 0,05 hm³/año correspondiente a las entradas por recarga artificial de los excedentes canalizados de los manantiales 2933320013 (acuífero Rentonar) y 292320044 (acuífero Canaleta). En este estudio se proporciona un valor de explotación por bombeo en el año 1986 de 5500 a 6000 m³ que corresponde al único punto existente, el sondeo Pla Verd.

En el trabajo de IGME (1999) se estima que las entradas procedentes de la infiltración de la precipitación sobre el acuífero están comprendidas entre 0,047 y 0,05 hm³/año y las procedentes de la recarga desde manantiales de los acuíferos Rentonar y Canaleta se cifran entre 0 y 0,03 hm³/año. Las salidas por bombeo ascienden a 0,046 hm³/año y a 0,006 hm³/año a través de manantiales.

En IGME-DPA (2003) se citan unas entradas por infiltración de la lluvia útil de 0,21 hm³/año, partiendo de una precipitación de 500 mm, un coeficiente de infiltración del 10% y considerando una superficie de afloramiento de 4,24 km². Tales entradas se desglosan en 0,09 hm³/año para el sector Masets (1,92 km²) y 0,12 hm³/año para el de Alcoyés (2,32 km²). La infiltración, en el sector Masets, a partir de la circulación superficial del volumen drenado por los manantiales 293320013 y 293320047 se estima entre 0 y 0,03 hm³/año. Respecto a la explotación, dicho estudio indica que se realiza un aprovechamiento medio de unos 52.000 m³/año (0,05 hm³/año) correspondientes al sector de Masets (Tabla 6.3), por lo que el resto de recursos de este sector (de 0,04 a 0,07 hm³/año) se consideran como volúmenes no aprovechados por la Fuente Mayor.

Tabla 6.3. Datos de salidas por la fuente Mayor y de explotación por bombeo (en m³) en el acuífero Masets-Alcoyés, según estudio IGME-DPA (2003), con datos procedentes de los encargados municipales del abastecimiento a Torremanzanas.

AÑO	Fuente Mayor	Sondeo Pla Verd	Sondeo Viña de Mira	Total
1999	10.105	11.513	32.768	54.386
2000	6.076	9.769	36.798	52.653
2001	3.408	7.821	38.085	49.314

Los distintos balances existentes ponen de manifiesto discrepancias significativas en el balance, especialmente en la evaluación de los recursos, que requerirían de un estudio más detallado.

Por otro lado, según los datos disponibles en la Base de Datos de la DPA, las salidas por la Fuente Mayor tendrían un valor máximo de 114.500 m³ en el año 1989 y la explotación por bombeo en los últimos años puede considerarse con un valor medio de 0,05 hm³/año, principalmente procedentes del sondeo Viña de Mira. (Tabla 6.4).

Tabla 6.4. Datos de salidas por la Fuente Mayor de Torremanzanas y de explotación por bombeo (en m³) en el acuífero Masetes-Alcoyés. Información procedente de la base de Datos de la DPA.

AÑO	Fuente Mayor	Sondeo Pla Verd	Sondeo Viña de Mira	Total
1986	99.400	-	-	≥99.400
1987	104.200	-	-	≥104.200
1988	109.100	-	-	≥109.100
1989	114.500	-	-	≥114.500
1990	62.592	-	-	≥62.592
1991	61.236	-	-	≥61.236
1997	>7.051	>9.463	-	≥15.352
1998	21.195	24.157	-	≥44.386
1999	10.105	32.053	>2.204	≥44.362
2002	-	-	35.668	≥35.668
2003	-	-	>16.143	≥16.143

6.7. Calidad del agua

Las facies de las aguas subterráneas del acuífero son bicarbonatadas cálcicas, aptas para consumo humano y regadío. Se dispone de datos periódicos de la calidad en el sondeo Pla Verd en donde la salinidad total y los parámetros sulfato y calcio muestran una ligera tendencia ascendente que podría estar relacionada con la explotación.

6.8. Determinación de las reservas

Teniendo en cuenta los límites de los acuíferos según la cartografía del IGME (1987a), que no coinciden exactamente con delimitación facilitada por la DPA, y los cortes geológicos se han obtenido los mapas de isohipsas de muro (Figura 5.5; Capítulo anterior) y de isoespesores (Figura 5.6; Capítulo anterior). La interpolación se ha realizado con una malla de 50x50 m. La reducida potencia del acuífero y su geometría condiciona que las reservas sean muy escasas pues, como es obvio, quedan concernidas a la porción de acuífero que queda por debajo de las respectivas cotas de los manantiales, que además están situados en las áreas más bajas.

Una vez realizados los cálculos se ha observado que, con los datos disponibles, los resultados sólo pueden considerarse de forma orientativa al depender en bastante medida de una nivelación precisa tanto de manantiales como de la geometría del acuífero. En el sector de Masetes, las reservas estarían próximas a los 35.600 m³ considerando un 10% de porosidad eficaz (tabla 6.5). En la parte de Alcoyés las reservas, con igual porosidad eficaz, serían de unos 4.739 m³ (tabla 6.5).

Tabla 6.5. Reservas (en m³) en el acuífero de Masets-Alcoyes considerando distintos valores de porosidad eficaz y por debajo de las cotas de los principales manantiales.

Sector	Cota considerada (m s.n.m.)	Porosidad eficaz		
		5%	10%	15%
Masets	785 (Fuente Mayor)	17.328	34.656	51.984
Alcoyés	800 (Fuente de Alcoyés)	2.370	4.739	7.109

En cuanto a la vida útil de las captaciones, sólo se dispone de datos de descensos de nivel del agua en el sondeo de abastecimiento sondeo Viña de Mira. La tasa de descenso medio de niveles (estáticos) en el periodo 1997-2002 fue de 1,1 m/año, con el agua a 34,60 m en diciembre de 2002. Teniendo en cuenta que la profundidad del sondeo es de 56 m, la vida útil del sondeo sería de más de 20 años. No obstante, es posible que, al igual que en los acuíferos Rentonar y Canaleta, se haya producido una recuperación de niveles a lo largo del año 2003.

7. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Este estudio corresponde a la segunda fase del proyecto para la “Determinación de las reservas útiles en acuíferos de abastecimiento público en Alicante” y comprende los acuíferos de Ventós-Castellar, Cabranta, Rentonar, Canaleta y Masets-Alcoyés. El principal objetivo perseguido es el de mejorar el conocimiento del volumen y la distribución espacial de las reservas hídricas subterráneas para establecer las posibilidades de explotación que garanticen el suministro.

El **acuífero de Ventós-Castellar** está compuesto por calizas del Cenomaniense Superior-Turoniense con un espesor medio de unos 125 m y unos límites bien definidos, salvo en el borde occidental. La evolución de niveles piezométricos en el periodo 1979-2003, muestra una clara tendencia descendente de niveles con una tasa media de 3,8 m/año y un descenso total acumulado de unos 95 m. Teniendo en cuenta los datos existentes y que el funcionamiento del acuífero es relativamente conocido, se ha estimado conveniente la realización de un modelo simple de flujo subterráneo en régimen transitorio (periodo 1978/79-2001/02), para integrar los datos hidrogeológicos disponibles y analizar la respuesta futura del acuífero. Con objeto de disponer de datos fiables para el modelo se ha efectuado previamente un balance hídrico del acuífero en el que se ha realizado un cálculo detallado de la recarga a nivel diario mediante Visual Balan con calibración y optimización de parámetros. La recarga media anual del periodo 1978/79-2001/02 ha sido evaluada en 0,11 hm³/año aunque muy variable, y la tasa de infiltración media es del 5% de la precipitación (variable entre 0 y 27%). En lo que concierne a la explotación por bombeo ha sido estimada en 0,24 hm³/año. Para este mismo periodo el balance hídrico anual medio es de -0,13 hm³/año con un consumo total de reservas de -3,1 hm³. Teniendo en cuenta los datos disponibles, el modelo de flujo ha respondido bien a las condiciones y parámetros hidráulicos introducidos inicialmente y la piezometría del acuífero se reproduce adecuadamente. A fecha de septiembre de 2003, las reservas han sido evaluadas en unos 7,1 hm³ que con las actuales tasas de bombeo y recarga, proporcionarían agua para más de 30 años. Respecto a las vidas útiles de las captaciones en función de las tasas de descenso de niveles, el sondeo Tabarias (sin instalar) quedaría seco en 13-14 años (año 2016-2017) y el sondeo Ventós, destinado al abastecimiento, tendría una vida útil de 28-29 años (año 2031-2032). El modelo de flujo subterráneo predice que el tiempo de consumo de las reservas y vidas útiles de los sondeos anteriormente citadas podría llegar a incrementarse en un 25%.

El **acuífero de Cabranta** está formado principalmente por dolomías y calizas micríticas del Kimmeridgiense superior-Portlandiense cuya potencia se estima en unos 400 m. El acuífero, en su mayor parte confinado, aflora únicamente en 2,12 km² aunque su extensión superficial podría alcanzar los 225 km². Tanto la extensión superficial como los límites del acuífero presentan importantes incertidumbres derivadas, fundamentalmente, de las elevadas profundidades a las que se encuentran los términos jurásicos, especialmente en la parte central. El análisis piezométrico parece indicar que el modelo hidrogeológico conceptual debe ser revisado, para lo cual sería interesante disponer de una nivelación de precisión. Los descensos medios para todo el periodo de registro disponible pueden cifrarse en 1,2 m/año en el sector oriental y 2,2 m/año en el sector occidental. La comparación de las cotas piezométricas entre ambos sectores sugieren que se podría haber producido una desconexión hidráulica o una divisoria

hidrogeológica en la parte central con flujo hacia el noreste y suroeste. Un estudio hidrogeoquímico e isotópico podría proporcionar algunas claves sobre el funcionamiento del acuífero y, en particular, sobre las relaciones entre sectores y tramos acuíferos así como la revisión de la hipótesis actual según la cual la recarga principal procede de los acuíferos suprayacentes. Con el conocimiento actual del acuífero sólo es posible facilitar una orientación aproximada del orden de magnitud de las reservas de agua disponibles que pueden superar los 900 hm³.

El **acuífero Rentonar** está constituido por calizas con intercalaciones margosas del Eoceno medio-superior, con una potencia de unos 60 m. Los límites de este acuífero son relativamente claros, salvo en un tramo del borde sureste donde se pone en contacto con el acuífero de Canaleta, no obstante, existen discrepancias significativas en las cartografías hidrogeológicas disponibles que deben ser objeto de revisión en estudios posteriores. La recarga se produce por infiltración de la precipitación y, en condiciones naturales, las salidas se producían por el manantial 293320013, actualmente seco como consecuencia del bombeo en el cercano sondeo de Rentonar. La nueva asignación preliminar al acuífero de Rentonar de dos manantiales situados al norte y oeste implicaría la sectorización del acuífero. La evaluación de la recarga y el conocimiento de las relaciones entre los acuíferos Rentonar y Canaleta son las principales incertidumbres hidrogeológicas. Ambos acuíferos presentan un paralelismo en sus evaluaciones piezométricas que debe tener relación con un régimen de bombeo similar y con la recarga “en cascada” de Rentonar a Canaleta. Las reducidas dimensiones del acuífero (1,93 km²), su geometría y las citadas intercalaciones margosas condicionan que las reservas sean muy escasas de tal manera que el único sondeo existente (sondeo Rentonar) llega a agotar el acuífero en dos-tres meses estivales (Junio-Agosto) con un bombeo de unos 4.000 m³ variable según los recursos del sistema.

Al sureste del acuífero de Rentonar, se sitúa el **acuífero Canaleta**, compuesto por unos 35 m de calizas cretácicas del Cenomaniense-Turonense, con el que presenta un reducido tramo de contacto en superficie de los respectivos materiales acuíferos y, probablemente, también en profundidad. El acuífero Canaleta tiene un sector confinado, donde se ubica el único sondeo existente, y las salidas, en régimen natural, se producían por dos manantiales de funcionamiento dudoso con los escasos datos disponibles. Actualmente las principales salidas se producen mediante el bombeo en un solo punto que se agota en época estival (abril-mayo a julio) con salidas de 6.000-8.000 m³. Las reservas orientativas podrían ser de unos 5000 m³.

El **acuífero Masets-Alcoyés** está formado por materiales detríticos cuaternarios, con un espesor de unos 30 m. El sustrato y límites del acuífero corresponden a materiales margosos cretácicos, salvo por el sector suroriental donde existe contacto lateral con materiales carbonatados del acuífero de Torremanzanas, cuyas relaciones no son del todo conocidas. Una de las principales singularidades del acuífero es la existencia de un umbral del sustrato que provoca una divisoria hidrogeológica con dos sectores, meridional (Masets) y septentrional (Alcoyés), ambos con sus respectivos manantiales que los drenan. La explotación por bombeo sólo se produce en el sector Masets (sondeos Pla Verd y Viña de Mira), con un valor medio en los últimos años de unos 50.000 m³. De forma orientativa, las reservas del acuífero han sido estimadas en unos 2.600 m³ para el sector Masets y unos 4.700 m³ para el sector Alcoyés. De estos datos se deduce la importancia que adquieren los recursos frente a las reservas para el mantenimiento de la explotación y las salidas por los manantiales.

De cara a trabajos futuros en los cinco acuíferos, las investigaciones deben particularizarse en cada caso para resolver las incertidumbres planteadas en este estudio. Los acuíferos del entorno de Torremanzanas (Rentonar, Canaleta y Masetes-Alcoyés) ya están siendo objeto de revisión por parte del IGME y la DPA. A nivel general, las investigaciones a realizar pueden incluir las siguientes líneas de trabajo:

- Mejora de la delimitación de los acuíferos y cartografía hidrogeológica de detalle.
- Definición precisa de la piezometría incluyendo la necesaria nivelación de algunos puntos de observación.
- Evaluación detallada de la recarga, incluyendo en algunos casos la aplicación de técnicas isotópicas.
- Elaboración de balances hídricos y su contraste con los descensos observados.
- Integración de los aspectos anteriores en modelos matemáticos de flujo subterráneo.

**ANEJO. DATOS DE BALANCE HÍDRICO DEL
ACUÍFERO VENTOS-CASTELLAR**

**Anejo 1. Datos de recarga mensual 1978/79-2001/02 obtenida por
Visual Balan**

ACUÍFERO VENTOS-CASTELLAR: Anejo 1.1 Recarga mensual

Tiempo	Fecha	Día inicio	Día fin	Precipitación (mm)	Precipitación (m³/mes)	Recarga (hm³/mes)	Recarga (m³/mes)	Dato de entrada al modelo de flujo: recarga distribuida en 30 pozos (valor por pozo en m3/día)
1	oct-78	0	30	13,2	81048	0,000	0	0,000
2	nov-78	30	60	32,1	197094	0,000	0	0,000
3	dic-78	60	90	12,5	76750	0,000	0	0,000
4	ene-79	90	120	58,7	360418	0,000	0	0,000
5	feb-79	120	150	1,7	10438	0,000	0	0,000
6	mar-79	150	180	5,2	31928	0,000	0	0,000
7	abr-79	180	210	16,0	98240	0,000	0	0,000
8	may-79	210	240	16,9	103766	0,000	0	0,000
9	jun-79	240	270	31,0	190340	0,000	0	0,000
10	jul-79	270	300	0,0	0	0,000	0	0,000
11	ago-79	300	330	0,0	0	0,000	0	0,000
12	sep-79	330	360	22,7	139378	0,000	0	0,000
13	oct-79	360	390	39,5	242530	0,000	0	0,000
14	nov-79	390	420	0,7	4298	0,000	0	0,000
15	dic-79	420	450	0,0	0	0,000	0	0,000
16	ene-80	450	480	71,0	435940	0,000	0	0,000
17	feb-80	480	510	140,7	863898	0,335	335000	372,222
18	mar-80	510	540	6,8	41752	0,167	166900	185,444
19	abr-80	540	570	75,2	461728	0,002	2242	2,491
20	may-80	570	600	61,6	378224	0,002	1901	2,112
21	jun-80	600	630	9,4	57716	0,002	1509	1,677
22	jul-80	630	660	0,0	0	0,001	1280	1,422
23	ago-80	660	690	2,5	15350	0,001	1047	1,163
24	sep-80	690	720	0,3	1842	0,001	831	0,923
25	oct-80	720	750	0,0	0	0,001	705	0,783
26	nov-80	750	780	26,1	160254	0,001	560	0,622
27	dic-80	780	810	0,0	0	0,000	474	0,527
28	ene-81	810	840	12,6	77364	0,000	388	0,431
29	feb-81	840	870	22,2	136308	0,000	289	0,321
30	mar-81	870	900	12,0	73680	0,000	265	0,294
31	abr-81	900	930	84,6	519444	0,000	210	0,233
32	may-81	930	960	19,0	116660	0,000	178	0,198
33	jun-81	960	990	33,8	207532	0,000	141	0,157
34	jul-81	990	1020	0,0	0	0,000	120	0,133
35	ago-81	1020	1050	14,0	85960	0,000	98	0,109
36	sep-81	1050	1080	1,5	9210	0,000	78	0,087
37	oct-81	1080	1110	7,2	44208	0,000	66	0,073
38	nov-81	1110	1140	0,0	0	0,000	52	0,058
39	dic-81	1140	1170	2,0	12280	0,000	44	0,049
40	ene-82	1170	1200	35,1	215514	0,000	36	0,040
41	feb-82	1200	1230	15,5	95170	0,000	27	0,030
42	mar-82	1230	1260	44,5	273230	0,000	25	0,028
43	abr-82	1260	1290	78,0	478920	0,083	82700	91,889
44	may-82	1290	1320	67,4	413836	0,002	1907	2,119
45	jun-82	1320	1350	0,0	0	0,002	1514	1,682
46	jul-82	1350	1380	0,0	0	0,001	1283	1,426
47	ago-82	1380	1410	4,0	24560	0,001	1050	1,167
48	sep-82	1410	1440	5,5	33770	0,001	833	0,926
49	oct-82	1440	1470	234,0	1436760	0,171	170900	189,889
50	nov-82	1470	1500	12,0	73680	0,013	13150	14,611
51	dic-82	1500	1530	7,0	42980	0,011	11150	12,389
52	ene-83	1530	1560	0,0	0	0,009	9116	10,129
53	feb-83	1560	1590	14,5	89030	0,007	6798	7,553
54	mar-83	1590	1620	0,0	0	0,006	6217	6,908
55	abr-83	1620	1650	12,9	79206	0,005	4936	5,484
56	may-83	1650	1680	0,0	0	0,004	4185	4,650
57	jun-83	1680	1710	18,0	110520	0,003	3323	3,692
58	jul-83	1710	1740	0,0	0	0,003	2818	3,131
59	ago-83	1740	1770	25,0	153500	0,002	2304	2,560
60	sep-83	1770	1800	0,0	0	0,002	1830	2,033
61	oct-83	1800	1830	6,0	36840	0,002	1551	1,723
62	nov-83	1830	1860	68,2	418748	0,001	1232	1,369
63	dic-83	1860	1890	3,5	21490	0,001	1044	1,160
64	ene-84	1890	1920	3,0	18420	0,001	854	0,949
65	feb-84	1920	1950	15,5	95170	0,001	658	0,731
66	mar-84	1950	1980	11,2	68768	0,001	579	0,643
67	abr-84	1980	2010	7,8	47892	0,000	460	0,511
68	may-84	2010	2040	26,8	164552	0,000	390	0,433
69	jun-84	2040	2070	2,2	13508	0,000	309	0,344
70	jul-84	2070	2100	0,0	0	0,000	262	0,291
71	ago-84	2100	2130	20,5	125870	0,000	215	0,238

ACUÍFERO VENTOS-CASTELLAR: Anejo 1.1 Recarga mensual

Tiempo	Fecha	Día inicio	Día fin	Precipitación (mm)	Precipitación (m³/mes)	Recarga (hm³/mes)	Recarga (m³/mes)	Dato de entrada al modelo de flujo: recarga distribuida en 30 pozos (valor por pozo en m3/día)
72	sep-84	2130	2160	7,1	43594	0,000	170	0,189
73	oct-84	2160	2190	8,5	52190	0,000	144	0,160
74	nov-84	2190	2220	75,5	463570	0,000	115	0,127
75	dic-84	2220	2250	0,0	0	0,000	97	0,108
76	ene-85	2250	2280	14,2	87188	0,000	80	0,088
77	feb-85	2280	2310	22,0	135080	0,000	59	0,066
78	mar-85	2310	2340	11,0	67540	0,000	54	0,060
79	abr-85	2340	2370	9,7	59558	0,000	43	0,048
80	may-85	2370	2400	50,5	310070	0,000	37	0,041
81	jun-85	2400	2430	3,7	22718	0,000	29	0,032
82	jul-85	2430	2460	0,5	3070	0,000	25	0,027
83	ago-85	2460	2490	0,0	0	0,000	20	0,022
84	sep-85	2490	2520	38,5	236390	0,000	16	0,018
85	oct-85	2520	2550	14,5	89030	0,000	14	0,015
86	nov-85	2550	2580	34,0	208760	0,000	11	0,012
87	dic-85	2580	2610	24,8	152272	0,000	9	0,010
88	ene-86	2610	2640	5,0	30700	0,000	7	0,008
89	feb-86	2640	2670	6,0	36840	0,000	6	0,006
90	mar-86	2670	2700	12,5	76750	0,000	5	0,006
91	abr-86	2700	2730	13,6	83504	0,000	4	0,004
92	may-86	2730	2760	11,3	69382	0,000	3	0,004
93	jun-86	2760	2790	5,0	30700	0,000	3	0,003
94	jul-86	2790	2820	29,5	181130	0,000	2	0,003
95	ago-86	2820	2850	2,0	12280	0,000	2	0,002
96	sep-86	2850	2880	131,0	804340	0,083	82780	91,978
97	oct-86	2880	2910	60,0	368400	0,254	254300	282,556
98	nov-86	2910	2940	9,8	60172	0,007	6957	7,730
99	dic-86	2940	2970	1,2	7368	0,006	5899	6,554
100	ene-87	2970	3000	0,0	0	0,005	4824	5,360
101	feb-87	3000	3030	35,8	219812	0,004	3597	3,997
102	mar-87	3030	3060	0,0	0	0,003	3290	3,656
103	abr-87	3060	3090	0,0	0	0,003	2612	2,902
104	may-87	3090	3120	0,0	0	0,002	2215	2,461
105	jun-87	3120	3150	0,0	0	0,002	1759	1,954
106	jul-87	3150	3180	33,0	202620	0,001	1491	1,657
107	ago-87	3180	3210	3,0	18420	0,001	1219	1,354
108	sep-87	3210	3240	29,5	181130	0,001	968	1,076
109	oct-87	3240	3270	85,7	526198	0,093	92990	103,322
110	nov-87	3270	3300	128,0	785920	0,342	342300	380,333
111	dic-87	3300	3330	29,2	179288	0,011	10660	11,844
112	ene-88	3330	3360	30,7	188498	0,009	8721	9,690
113	feb-88	3360	3390	27,0	165780	0,007	6714	7,460
114	mar-88	3390	3420	0,5	3070	0,006	5909	6,566
115	abr-88	3420	3450	63,5	389890	0,005	4691	5,212
116	may-88	3450	3480	39,1	240074	0,004	3978	4,420
117	jun-88	3480	3510	60,2	369628	0,003	3158	3,509
118	jul-88	3510	3540	5,0	30700	0,003	2678	2,976
119	ago-88	3540	3570	6,0	36840	0,002	2190	2,433
120	sep-88	3570	3600	19,4	119116	0,002	1739	1,932
121	oct-88	3600	3630	84,4	518216	0,001	1474	1,638
122	nov-88	3630	3660	50,1	307614	0,001	1171	1,301
123	dic-88	3660	3690	4,0	24560	0,001	993	1,103
124	ene-89	3690	3720	37,8	232092	0,001	812	0,902
125	feb-89	3720	3750	24,3	149202	0,001	605	0,673
126	mar-89	3750	3780	86,9	533566	0,002	1544	1,716
127	abr-89	3780	3810	21,0	128940	0,009	9353	10,392
128	may-89	3810	3840	56,9	349366	0,008	7931	8,812
129	jun-89	3840	3870	34,1	209374	0,006	6297	6,997
130	jul-89	3870	3900	0,0	0	0,005	5339	5,932
131	ago-89	3900	3930	10,0	61400	0,004	4366	4,851
132	sep-89	3930	3960	146,0	896440	0,341	341100	379,000
133	oct-89	3960	3990	7,7	47278	0,011	10630	11,811
134	nov-89	3990	4020	64,1	393574	0,008	8443	9,381
135	dic-89	4020	4050	72,0	442080	0,008	7683	8,537
136	ene-90	4050	4080	28,8	176832	0,091	91160	101,289
137	feb-90	4080	4110	0,0	0	0,007	6723	7,470
138	mar-90	4110	4140	13,0	79820	0,006	6149	6,832
139	abr-90	4140	4170	43,9	269546	0,005	4882	5,424
140	may-90	4170	4200	30,3	186042	0,004	4140	4,600
141	jun-90	4200	4230	0,0	0	0,003	3287	3,652
142	jul-90	4230	4260	20,5	125870	0,003	2787	3,097

ACUÍFERO VENTOS-CASTELLAR: Anejo 1.1 Recarga mensual

Tiempo	Fecha	Día inicio	Día fin	Precipitación (mm)	Precipitación (m³/mes)	Recarga (hm³/mes)	Recarga (m³/mes)	Dato de entrada al modelo de flujo: recarga distribuida en 30 pozos (valor por pozo en m3/día)
143	ago-90	4260	4290	3,0	18420	0,002	2279	2,532
144	sep-90	4290	4320	5,8	35612	0,002	1810	2,011
145	oct-90	4320	4350	36,9	226566	0,002	1534	1,704
146	nov-90	4350	4380	18,5	113590	0,001	1218	1,353
147	dic-90	4380	4410	13,0	79820	0,001	1033	1,148
148	ene-91	4410	4440	42,0	257880	0,001	845	0,939
149	feb-91	4440	4470	39,8	244372	0,001	630	0,700
150	mar-91	4470	4500	64,3	394802	0,083	83280	92,533
151	abr-91	4500	4530	6,5	39910	0,002	1723	1,914
152	may-91	4530	4560	9,5	58330	0,001	1461	1,623
153	jun-91	4560	4590	16,3	100082	0,001	1160	1,289
154	jul-91	4590	4620	0,0	0	0,001	984	1,093
155	ago-91	4620	4650	0,0	0	0,001	805	0,894
156	sep-91	4650	4680	8,6	52804	0,001	639	0,710
157	oct-91	4680	4710	12,3	75522	0,001	542	0,602
158	nov-91	4710	4740	8,0	49120	0,000	430	0,478
159	dic-91	4740	4770	5,6	34384	0,000	365	0,405
160	ene-92	4770	4800	3,0	18420	0,000	298	0,331
161	feb-92	4800	4830	91,2	559968	0,083	83090	92,322
162	mar-92	4830	4860	18,4	112976	0,006	6113	6,792
163	abr-92	4860	4890	4,5	27630	0,005	5128	5,698
164	may-92	4890	4920	13,3	81662	0,004	4348	4,831
165	jun-92	4920	4950	69,5	426730	0,003	3452	3,836
166	jul-92	4950	4980	0,0	0	0,003	2927	3,252
167	ago-92	4980	5010	0,0	0	0,002	2394	2,660
168	sep-92	5010	5040	0,5	3070	0,002	1901	2,112
169	oct-92	5040	5070	25,7	157798	0,002	1612	1,791
170	nov-92	5070	5100	4,5	27630	0,001	1279	1,421
171	dic-92	5100	5130	15,9	97626	0,001	1085	1,206
172	ene-93	5130	5160	0,0	0	0,001	887	0,986
173	feb-93	5160	5190	74,9	459886	0,001	662	0,735
174	mar-93	5190	5220	31,0	190340	0,001	605	0,672
175	abr-93	5220	5250	8,7	53418	0,000	480	0,534
176	may-93	5250	5280	38,5	236390	0,000	407	0,453
177	jun-93	5280	5310	0,0	0	0,000	323	0,359
178	jul-93	5310	5340	40,0	245600	0,000	274	0,305
179	ago-93	5340	5370	0,8	4912	0,000	224	0,249
180	sep-93	5370	5400	37,3	229022	0,000	178	0,198
181	oct-93	5400	5430	14,5	89030	0,000	151	0,168
182	nov-93	5430	5460	42,0	257880	0,000	120	0,133
183	dic-93	5460	5490	20,0	122800	0,000	102	0,113
184	ene-94	5490	5520	0,0	0	0,000	83	0,092
185	feb-94	5520	5550	0,5	3070	0,000	62	0,069
186	mar-94	5550	5580	0,0	0	0,000	57	0,063
187	abr-94	5580	5610	29,0	178060	0,000	45	0,050
188	may-94	5610	5640	17,0	104380	0,000	38	0,042
189	jun-94	5640	5670	2,0	12280	0,000	30	0,034
190	jul-94	5670	5700	0,0	0	0,000	26	0,029
191	ago-94	5700	5730	0,0	0	0,000	21	0,023
192	sep-94	5730	5760	42,5	260950	0,000	17	0,019
193	oct-94	5760	5790	38,5	236390	0,000	14	0,016
194	nov-94	5790	5820	3,5	21490	0,000	11	0,012
195	dic-94	5820	5850	6,5	39910	0,000	10	0,011
196	ene-95	5850	5880	0,0	0	0,000	8	0,009
197	feb-95	5880	5910	8,7	53418	0,000	6	0,006
198	mar-95	5910	5940	7,5	46050	0,000	5	0,006
199	abr-95	5940	5970	9,4	57716	0,000	4	0,005
200	may-95	5970	6000	0,0	0	0,000	4	0,004
201	jun-95	6000	6030	15,3	93942	0,000	3	0,003
202	jul-95	6030	6060	0,0	0	0,000	2	0,003
203	ago-95	6060	6090	1,5	9210	0,000	2	0,002
204	sep-95	6090	6120	14,5	89030	0,000	2	0,002
205	oct-95	6120	6150	6,8	41752	0,000	1	0,001
206	nov-95	6150	6180	18,5	113590	0,000	1	0,001
207	dic-95	6180	6210	25,7	157798	0,000	1	0,001
208	ene-96	6210	6240	30,2	185428	0,000	1	0,001
209	feb-96	6240	6270	15,0	92100	0,000	1	0,001
210	mar-96	6270	6300	27,4	168236	0,000	0	0,001
211	abr-96	6300	6330	25,1	154114	0,000	0	0,000
212	may-96	6330	6360	17,7	108678	0,000	0	0,000
213	jun-96	6360	6390	0,3	1842	0,000	0	0,000

ACUÍFERO VENTOS-CASTELLAR: Anejo 1.1 Recarga mensual

Tiempo	Fecha	Día inicio	Día fin	Precipitación (mm)	Precipitación (m ³ /mes)	Recarga (hm ³ /mes)	Recarga (m ³ /mes)	Dato de entrada al modelo de flujo: recarga distribuida en 30 pozos (valor por pozo en m ³ /día)
214	jul-96	6390	6420	11,0	67540	0,000	0	0,000
215	ago-96	6420	6450	0,0	0	0,000	0	0,000
216	sep-96	6450	6480	36,0	221040	0,000	0	0,000
217	oct-96	6480	6510	30,0	184200	0,000	0	0,000
218	nov-96	6510	6540	47,7	292878	0,000	0	0,000
219	dic-96	6540	6570	14,9	91486	0,000	0	0,000
220	ene-97	6570	6600	38,7	237618	0,000	0	0,000
221	feb-97	6600	6630	0,0	0	0,000	0	0,000
222	mar-97	6630	6660	17,5	107450	0,000	0	0,000
223	abr-97	6660	6690	43,9	269546	0,000	0	0,000
224	may-97	6690	6720	17,5	107450	0,000	0	0,000
225	jun-97	6720	6750	21,0	128940	0,000	0	0,000
226	jul-97	6750	6780	20,0	122800	0,000	0	0,000
227	ago-97	6780	6810	26,0	159640	0,000	0	0,000
228	sep-97	6810	6840	138,0	847320	0,001	507	0,563
229	oct-97	6840	6870	16,5	101310	0,085	85420	94,911
230	nov-97	6870	6900	18,5	113590	0,002	1541	1,712
231	dic-97	6900	6930	36,9	226566	0,001	1306	1,451
232	ene-98	6930	6960	30,0	184200	0,001	1068	1,187
233	feb-98	6960	6990	23,5	144290	0,001	797	0,885
234	mar-98	6990	7020	2,3	14122	0,001	729	0,810
235	abr-98	7020	7050	12,0	73680	0,001	579	0,643
236	may-98	7050	7080	50,0	307000	0,000	491	0,545
237	jun-98	7080	7110	0,0	0	0,000	389	0,433
238	jul-98	7110	7140	0,0	0	0,000	330	0,367
239	ago-98	7140	7170	0,0	0	0,000	270	0,300
240	sep-98	7170	7200	17,1	104994	0,000	214	0,238
241	oct-98	7200	7230	0,2	1228	0,000	182	0,202
242	nov-98	7230	7260	36,0	221040	0,000	144	0,160
243	dic-98	7260	7290	56,3	345682	0,000	122	0,136
244	ene-99	7290	7320	0,3	1842	0,000	100	0,111
245	feb-99	7320	7350	2,5	15350	0,000	75	0,083
246	mar-99	7350	7380	36,6	224724	0,000	68	0,076
247	abr-99	7380	7410	1,8	11052	0,000	54	0,060
248	may-99	7410	7440	13,5	82890	0,000	46	0,051
249	jun-99	7440	7470	0,0	0	0,000	36	0,041
250	jul-99	7470	7500	17,5	107450	0,000	31	0,034
251	ago-99	7500	7530	0,0	0	0,000	25	0,028
252	sep-99	7530	7560	8,6	52804	0,000	20	0,022
253	oct-99	7560	7590	69,0	423660	0,000	17	0,019
254	nov-99	7590	7620	13,0	79820	0,000	14	0,015
255	dic-99	7620	7650	13,0	79820	0,000	11	0,013
256	ene-00	7650	7680	32,0	196480	0,000	9	0,010
257	feb-00	7680	7710	0,0	0	0,000	7	0,008
258	mar-00	7710	7740	27,3	167622	0,000	6	0,007
259	abr-00	7740	7770	7,5	46050	0,000	5	0,006
260	may-00	7770	7800	20,0	122800	0,000	4	0,005
261	jun-00	7800	7830	0,4	2456	0,000	3	0,004
262	jul-00	7830	7860	0,0	0	0,000	3	0,003
263	ago-00	7860	7890	0,8	4912	0,000	2	0,003
264	sep-00	7890	7920	26,0	159640	0,000	2	0,002
265	oct-00	7920	7950	81,0	497340	0,000	2	0,002
266	nov-00	7950	7980	0,0	0	0,000	1	0,001
267	dic-00	7980	8010	17,3	106222	0,000	1	0,001
268	ene-01	8010	8040	48,5	297790	0,000	1	0,001
269	feb-01	8040	8070	39,0	239460	0,000	1	0,001
270	mar-01	8070	8100	0,0	0	0,000	1	0,001
271	abr-01	8100	8130	61,0	374540	0,000	0	0,001
272	may-01	8130	8160	28,0	171920	0,000	0	0,000
273	jun-01	8160	8190	9,5	58330	0,000	0	0,000
274	jul-01	8190	8220	0,0	0	0,000	0	0,000
275	ago-01	8220	8250	0,0	0	0,000	0	0,000
276	sep-01	8250	8280	24,0	147360	0,000	0	0,000
277	oct-01	8280	8310	16,2	99468	0,000	0	0,000
278	nov-01	8310	8340	46,2	283668	0,000	0	0,000
279	dic-01	8340	8370	71,0	435940	0,002	1585	1,761
280	ene-02	8370	8400	4,5	27630	0,009	8709	9,677
281	feb-02	8400	8430	0,0	0	0,007	6632	7,369
282	mar-02	8430	8460	14,5	89030	0,006	6065	6,739
283	abr-02	8460	8490	41,2	252968	0,005	4815	5,350
284	may-02	8490	8520	52,0	319280	0,004	4083	4,537

ACUÍFERO VENTOS-CASTELLAR: Anejo 1.1 Recarga mensual

Tiempo	Fecha	Día inicio	Día fin	Precipitación (mm)	Precipitación (m ³ /mes)	Recarga (hm ³ /mes)	Recarga (m ³ /mes)	Dato de entrada al modelo de flujo: recarga distribuida en 30 pozos (valor por pozo en m ³ /día)
285	jun-02	8520	8550	16,5	101310	0,003	3242	3,602
286	jul-02	8550	8580	13,0	79820	0,003	2749	3,054
287	ago-02	8580	8610	37,0	227180	0,002	2248	2,498
288	sep-02	8610	8640	15,5	95170	0,002	1785	1,983

**Anejo 2. Datos de explotación mensual 1978/79-2001/02 del acuífero
Ventós-Castellar con indicación de los periodos extrapolados.**

ACUÍFERO VENTÓS-CASTELLAR: Anejo 1.2 Explotación mensual

Tiempo	Fecha	Día inicio	Día fin	Tabarias (m3/mes)	Ventos (m3/mes)	Explotación total (m3/mes)	Tabarias (m3/día)	Ventos (m3/día)
1	oct-78	0	30	0	*	0	0	0
2	nov-78	30	60	0	*	0	0	0
3	dic-78	60	90	0	*	0	0	0
4	ene-79	90	120	11593	*	0	11593	-386
5	feb-79	120	150	7502	*	0	7502	-250
6	mar-79	150	180	11048	*	0	11048	-368
7	abr-79	180	210	14001	*	0	14001	-467
8	may-79	210	240	16586	*	0	16586	-553
9	jun-79	240	270	18564	*	0	18564	-619
10	jul-79	270	300	24142	*	0	24142	-805
11	ago-79	300	330	24681	*	0	24681	-823
12	sep-79	330	360	19575	*	0	19575	-652
13	oct-79	360	390	18102	*	0	18102	-603
14	nov-79	390	420	14425	*	0	14425	-481
15	dic-79	420	450	14784	*	0	14784	-493
16	ene-80	450	480	11593	*	0	11593	-386
17	feb-80	480	510	7502	*	0	7502	-250
18	mar-80	510	540	11048	*	0	11048	-368
19	abr-80	540	570	14001	*	0	14001	-467
20	may-80	570	600	16586	*	0	16586	-553
21	jun-80	600	630	18564	*	0	18564	-619
22	jul-80	630	660	24142	*	0	24142	-805
23	ago-80	660	690	24681	*	0	24681	-823
24	sep-80	690	720	19575	*	0	19575	-652
25	oct-80	720	750	18102	*	0	18102	-603
26	nov-80	750	780	14425	*	0	14425	-481
27	dic-80	780	810	14784	*	0	14784	-493
28	ene-81	810	840	11593	*	0	11593	-386
29	feb-81	840	870	7502	*	0	7502	-250
30	mar-81	870	900	11048	*	0	11048	-368
31	abr-81	900	930	14001	*	0	14001	-467
32	may-81	930	960	16586	*	0	16586	-553
33	jun-81	960	990	18564	*	0	18564	-619
34	jul-81	990	1020	24142	*	0	24142	-805
35	ago-81	1020	1050	24681	*	0	24681	-823
36	sep-81	1050	1080	19575	*	0	19575	-652
37	oct-81	1080	1110	18102	*	0	18102	-603
38	nov-81	1110	1140	14425	*	0	14425	-481
39	dic-81	1140	1170	14784	*	0	14784	-493
40	ene-82	1170	1200	11593	*	0	11593	-386
41	feb-82	1200	1230	7502	*	0	7502	-250
42	mar-82	1230	1260	11048	*	0	11048	-368
43	abr-82	1260	1290	14001	*	0	14001	-467
44	may-82	1290	1320	16586	*	0	16586	-553
45	jun-82	1320	1350	18564	*	0	18564	-619
46	jul-82	1350	1380	24142	*	0	24142	-805
47	ago-82	1380	1410	24681	*	0	24681	-823
48	sep-82	1410	1440	19575	*	0	19575	-652
49	oct-82	1440	1470	18102	*	0	18102	-603
50	nov-82	1470	1500	14425	*	0	14425	-481
51	dic-82	1500	1530	14784	*	0	14784	-493
52	ene-83	1530	1560	11593	*	0	11593	-386
53	feb-83	1560	1590	7502	*	0	7502	-250
54	mar-83	1590	1620	11048	*	0	11048	-368
55	abr-83	1620	1650	14001	*	0	14001	-467
56	may-83	1650	1680	16586	*	0	16586	-553
57	jun-83	1680	1710	18564	*	0	18564	-619
58	jul-83	1710	1740	24142	*	0	24142	-805

ACUÍFERO VENTÓS-CASTELLAR: Anejo 1.2 Explotación mensual

Tiempo	Fecha	Día inicio	Día fin	Tabarias (m3/mes)	Ventos (m3/mes)	Explotación total (m3/mes)	Tabarias (m3/día)	Ventos (m3/día)	
59	ago-83	1740	1770	24681	*	0	24681	-823	0
60	sep-83	1770	1800	19575	*	0	19575	-652	0
61	oct-83	1800	1830	18102	*	0	18102	-603	0
62	nov-83	1830	1860	14425	*	0	14425	-481	0
63	dic-83	1860	1890	14784	*	0	14784	-493	0
64	ene-84	1890	1920	11593	*	0	11593	-386	0
65	feb-84	1920	1950	7502	*	0	7502	-250	0
66	mar-84	1950	1980	11048	*	0	11048	-368	0
67	abr-84	1980	2010	14001	*	0	14001	-467	0
68	may-84	2010	2040	16586	*	0	16586	-553	0
69	jun-84	2040	2070	18564	*	0	18564	-619	0
70	jul-84	2070	2100	24142	*	0	24142	-805	0
71	ago-84	2100	2130	24681	*	0	24681	-823	0
72	sep-84	2130	2160	19575	*	0	19575	-652	0
73	oct-84	2160	2190	18102	*	0	18102	-603	0
74	nov-84	2190	2220	14425	*	0	14425	-481	0
75	dic-84	2220	2250	14784	*	0	14784	-493	0
76	ene-85	2250	2280	11593	*	0	11593	-386	0
77	feb-85	2280	2310	7502	*	0	7502	-250	0
78	mar-85	2310	2340	11048	*	0	11048	-368	0
79	abr-85	2340	2370	14001	*	0	14001	-467	0
80	may-85	2370	2400	16586	*	0	16586	-553	0
81	jun-85	2400	2430	18564	*	0	18564	-619	0
82	jul-85	2430	2460	24142	*	0	24142	-805	0
83	ago-85	2460	2490	24681	*	0	24681	-823	0
84	sep-85	2490	2520	19575	*	0	19575	-652	0
85	oct-85	2520	2550	18102	*	0	18102	-603	0
86	nov-85	2550	2580	14425	*	0	14425	-481	0
87	dic-85	2580	2610	14784	*	0	14784	-493	0
88	ene-86	2610	2640	11593	*	0	11593	-386	0
89	feb-86	2640	2670	7502	*	0	7502	-250	0
90	mar-86	2670	2700	11048	*	0	11048	-368	0
91	abr-86	2700	2730	14001	*	0	14001	-467	0
92	may-86	2730	2760	16586	*	0	16586	-553	0
93	jun-86	2760	2790	18564	*	0	18564	-619	0
94	jul-86	2790	2820	24142	*	0	24142	-805	0
95	ago-86	2820	2850	24681	*	0	24681	-823	0
96	sep-86	2850	2880	19575	*	0	19575	-652	0
97	oct-86	2880	2910	18102	*	0	18102	-603	0
98	nov-86	2910	2940	14425	*	0	14425	-481	0
99	dic-86	2940	2970	14784	*	0	14784	-493	0
100	ene-87	2970	3000	11624	*	0	11624	-387	0
101	feb-87	3000	3030	7522	*	0	7522	-251	0
102	mar-87	3030	3060	11078	*	0	11078	-369	0
103	abr-87	3060	3090	14039	*	0	14039	-468	0
104	may-87	3090	3120	16631	*	0	16631	-554	0
105	jun-87	3120	3150	18614	*	0	18614	-620	0
106	jul-87	3150	3180	24208	*	0	24208	-807	0
107	ago-87	3180	3210	24748	*	0	24748	-825	0
108	sep-87	3210	3240	19628	*	0	19628	-654	0
109	oct-87	3240	3270	18151	*	0	18151	-605	0
110	nov-87	3270	3300	14464	*	0	14464	-482	0
111	dic-87	3300	3330	14824	*	0	14824	-494	0
112	ene-88	3330	3360	18399	*	0	18399	-613	0
113	feb-88	3360	3390	11906	*	0	11906	-397	0
114	mar-88	3390	3420	17534	*	0	17534	-584	0
115	abr-88	3420	3450	22221	*	0	22221	-741	0
116	may-88	3450	3480	26324	*	0	26324	-877	0

ACUÍFERO VENTÓS-CASTELLAR: Anejo 1.2 Explotación mensual

Tiempo	Fecha	Día inicio	Día fin	Tabarias (m3/mes)	Ventos (m3/mes)	Explotación total (m3/mes)	Tabarias (m3/día)	Ventos (m3/día)	
117	jun-88	3480	3510	29463	*	0	29463	-982	0
118	jul-88	3510	3540	38318	*	0	38318	-1277	0
119	ago-88	3540	3570	39172	*	0	39172	-1306	0
120	sep-88	3570	3600	31068	*	0	31068	-1036	0
121	oct-88	3600	3630	28731	*	0	28731	-958	0
122	nov-88	3630	3660	22894	*	0	22894	-763	0
123	dic-88	3660	3690	23464	*	0	23464	-782	0
124	ene-89	3690	3720	19382		0	19382	-646	0
125	feb-89	3720	3750	9130		0	9130	-304	0
126	mar-89	3750	3780	17699		0	17699	-590	0
127	abr-89	3780	3810	31449		0	31449	-1048	0
128	may-89	3810	3840	37807		0	37807	-1260	0
129	jun-89	3840	3870	40777		0	40777	-1359	0
130	jul-89	3870	3900	56540		0	56540	-1885	0
131	ago-89	3900	3930	49907		0	49907	-1664	0
132	sep-89	3930	3960	36806		0	36806	-1227	0
133	oct-89	3960	3990	31350		0	31350	-1045	0
134	nov-89	3990	4020	28790		0	28790	-960	0
135	dic-89	4020	4050	30860		0	30860	-1029	0
136	ene-90	4050	4080	28540		0	28540	-951	0
137	feb-90	4080	4110	27780		0	27780	-926	0
138	mar-90	4110	4140	33880		0	33880	-1129	0
139	abr-90	4140	4170	30280		0	30280	-1009	0
140	may-90	4170	4200	37150		0	37150	-1238	0
141	jun-90	4200	4230	47000		0	47000	-1567	0
142	jul-90	4230	4260	56150		0	56150	-1872	0
143	ago-90	4260	4290	60310		0	60310	-2010	0
144	sep-90	4290	4320	50950		0	50950	-1698	0
145	oct-90	4320	4350	45270		0	45270	-1509	0
146	nov-90	4350	4380	36830		0	36830	-1228	0
147	dic-90	4380	4410	35660		0	35660	-1189	0
148	ene-91	4410	4440	32790		0	32790	-1093	0
149	feb-91	4440	4470	15320		0	15320	-511	0
150	mar-91	4470	4500	25340		0	25340	-845	0
151	abr-91	4500	4530	35750		0	35750	-1192	0
152	may-91	4530	4560	40520		0	40520	-1351	0
153	jun-91	4560	4590	41470		0	41470	-1382	0
154	jul-91	4590	4620	55400		0	55400	-1847	0
155	ago-91	4620	4650	61620		0	61620	-2054	0
156	sep-91	4650	4680	48531		0	48531	-1618	0
157	oct-91	4680	4710	49415		0	49415	-1647	0
158	nov-91	4710	4740	34810		0	34810	-1160	0
159	dic-91	4740	4770	36410		0	36410	-1214	0
160	ene-92	4770	4800	25442	*	0	25442	-848	0
161	feb-92	4800	4830	16464	*	0	16464	-549	0
162	mar-92	4830	4860	24247	*	0	24247	-808	0
163	abr-92	4860	4890	30728	*	0	30728	-1024	0
164	may-92	4890	4920	36401	*	0	36401	-1213	0
165	jun-92	4920	4950	40742	*	0	40742	-1358	0
166	jul-92	4950	4980	52986	*	0	52986	-1766	0
167	ago-92	4980	5010	54167	*	0	54167	-1806	0
168	sep-92	5010	5040	42961	*	0	42961	-1432	0
169	oct-92	5040	5070	39729	*	0	39729	-1324	0
170	nov-92	5070	5100	31658	*	0	31658	-1055	0
171	dic-92	5100	5130	32446	*	0	32446	-1082	0
172	ene-93	5130	5160	22023	*	0	22023	-734	0
173	feb-93	5160	5190	22023	*	0	22023	-734	0
174	mar-93	5190	5220	22023	*	0	22023	-734	0

ACUÍFERO VENTÓS-CASTELLAR: Anejo 1.2 Explotación mensual

Tiempo	Fecha	Día inicio	Día fin	Tabarias (m3/mes)	Ventos (m3/mes)	Explotación total (m3/mes)	Tabarias (m3/día)	Ventos (m3/día)
175	abr-93	5220	5250	22023	*	22023	-734	0
176	may-93	5250	5280	0	0	0	0	0
177	jun-93	5280	5310	0	0	0	0	0
178	jul-93	5310	5340	0	0	0	0	0
179	ago-93	5340	5370	0	0	0	0	0
180	sep-93	5370	5400	0	0	0	0	0
181	oct-93	5400	5430	0	0	0	0	0
182	nov-93	5430	5460	0	0	0	0	0
183	dic-93	5460	5490	0	0	0	0	0
184	ene-94	5490	5520	0	0	0	0	0
185	feb-94	5520	5550	0	0	0	0	0
186	mar-94	5550	5580	0	0	0	0	0
187	abr-94	5580	5610	0	0	0	0	0
188	may-94	5610	5640	0	0	0	0	0
189	jun-94	5640	5670	0	0	0	0	0
190	jul-94	5670	5700	0	0	0	0	0
191	ago-94	5700	5730	0	0	0	0	0
192	sep-94	5730	5760	0	0	0	0	0
193	oct-94	5760	5790	0	0	0	0	0
194	nov-94	5790	5820	0	0	0	0	0
195	dic-94	5820	5850	0	0	0	0	0
196	ene-95	5850	5880	0	0	0	0	0
197	feb-95	5880	5910	0	0	0	0	0
198	mar-95	5910	5940	0	0	0	0	0
199	abr-95	5940	5970	0	0	0	0	0
200	may-95	5970	6000	0	0	0	0	0
201	jun-95	6000	6030	0	0	0	0	0
202	jul-95	6030	6060	0	0	0	0	0
203	ago-95	6060	6090	0	0	0	0	0
204	sep-95	6090	6120	0	0	0	0	0
205	oct-95	6120	6150	0	0	0	0	0
206	nov-95	6150	6180	0	0	0	0	0
207	dic-95	6180	6210	0	0	0	0	0
208	ene-96	6210	6240	0	0	0	0	0
209	feb-96	6240	6270	0	0	0	0	0
210	mar-96	6270	6300	0	0	0	0	0
211	abr-96	6300	6330	0	0	0	0	0
212	may-96	6330	6360	0	0	0	0	0
213	jun-96	6360	6390	0	0	0	0	0
214	jul-96	6390	6420	0	0	0	0	0
215	ago-96	6420	6450	0	0	0	0	0
216	sep-96	6450	6480	0	0	0	0	0
217	oct-96	6480	6510	0	0	0	0	0
218	nov-96	6510	6540	0	0	0	0	0
219	dic-96	6540	6570	0	0	0	0	0
220	ene-97	6570	6600	0	0	0	0	0
221	feb-97	6600	6630	0	0	0	0	0
222	mar-97	6630	6660	0	0	0	0	0
223	abr-97	6660	6690	0	0	0	0	0
224	may-97	6690	6720	0	12834	12834	0	-428
225	jun-97	6720	6750	0	11968	11968	0	-399
226	jul-97	6750	6780	0	16019	16019	0	-534
227	ago-97	6780	6810	0	15744	15744	0	-525
228	sep-97	6810	6840	0	10108	10108	0	-337
229	oct-97	6840	6870	0	9619	9619	0	-321
230	nov-97	6870	6900	0	2804	2804	0	-93
231	dic-97	6900	6930	0	12974	12974	0	-432
232	ene-98	6930	6960	0	25303	25303	0	-843

ACUÍFERO VENTÓS-CASTELLAR: Anejo 1.2 Explotación mensual

Tiempo	Fecha	Día inicio	Día fin	Tabarias (m3/mes)	Ventos (m3/mes)	Explotación total (m3/mes)	Tabarias (m3/día)	Ventos (m3/día)
233	feb-98	6960	6990	0	26905	26905	0	-897
234	mar-98	6990	7020	0	26514	26514	0	-884
235	abr-98	7020	7050	0	45768	45768	0	-1526
236	may-98	7050	7080	0	70663	70663	0	-2355
237	jun-98	7080	7110	0	60648	60648	0	-2022
238	jul-98	7110	7140	0	59789	59789	0	-1993
239	ago-98	7140	7170	0	67269	67269	0	-2242
240	sep-98	7170	7200	0	60145	60145	0	-2005
241	oct-98	7200	7230	0	47185	47185	0	-1573
242	nov-98	7230	7260	0	13684	13684	0	-456
243	dic-98	7260	7290	0	18367	18367	0	-612
244	ene-99	7290	7320	0	22155	22155	0	-739
245	feb-99	7320	7350	0	20746	20746	0	-692
246	mar-99	7350	7380	0	21177	21177	0	-706
247	abr-99	7380	7410	0	29654	29654	0	-988
248	may-99	7410	7440	0	36939	36939	0	-1231
249	jun-99	7440	7470	0	32642	32642	0	-1088
250	jul-99	7470	7500	0	30138	30138	0	-1005
251	ago-99	7500	7530	0	14078	14078	0	-469
252	sep-99	7530	7560	0	17786	17786	0	-593
253	oct-99	7560	7590	0	17498	17498	0	-583
254	nov-99	7590	7620	0	15966	15966	0	-532
255	dic-99	7620	7650	0	19532	19532	0	-651
256	ene-00	7650	7680	0	23163	23163	0	-772
257	feb-00	7680	7710	0	21457	21457	0	-715
258	mar-00	7710	7740	0	20493	20493	0	-683
259	abr-00	7740	7770	0	22217	22217	0	-741
260	may-00	7770	7800	0	27319	27319	0	-911
261	jun-00	7800	7830	0	25311	25311	0	-844
262	jul-00	7830	7860	0	30138	30138	0	-1005
263	ago-00	7860	7890	0	31884	31884	0	-1063
264	sep-00	7890	7920	0	28892	28892	0	-963
265	oct-00	7920	7950	0	24199	24199	0	-807
266	nov-00	7950	7980	0	13684	13684	0	-456
267	dic-00	7980	8010	0	20874	20874	0	-696
268	ene-01	8010	8040	0	21235	21235	0	-708
269	feb-01	8040	8070	0	18452	18452	0	-615
270	mar-01	8070	8100	0	21005	21005	0	-700
271	abr-01	8100	8130	0	20976	20976	0	-699
272	may-01	8130	8160	0	36939	36939	0	-1231
273	jun-01	8160	8190	0	32642	32642	0	-1088
274	jul-01	8190	8220	0	14607	14607	0	-487
275	ago-01	8220	8250	0	30444	30444	0	-1015
276	sep-01	8250	8280	0	27529	27529	0	-918
277	oct-01	8280	8310	0	22493	22493	0	-750
278	nov-01	8310	8340	0	22281	22281	0	-743
279	dic-01	8340	8370	0	20087	20087	0	-670
280	ene-02	8370	8400	0	18919	18919	0	-631
281	feb-02	8400	8430	0	16168	16168	0	-539
282	mar-02	8430	8460	0	16695	16695	0	-557
283	abr-02	8460	8490	0	29654	29654	0	-988
284	may-02	8490	8520	0	36939	36939	0	-1231
285	jun-02	8520	8550	0	32642	32642	0	-1088
286	jul-02	8550	8580	0	30138	30138	0	-1005
287	ago-02	8580	8610	0	31884	31884	0	-1063
288	sep-02	8610	8640	0	28892	28892	0	-963

* Valor extrapolado (véanse criterios en fichero informático)

**Anejo 3. Datos de balance hídrico mensual y acumulado 1978/79-
2001/02 del acuífero Ventós-Castellar.**

ACUÍFERO VENTÓS-CASTELLAR: Anejo 1.3 Balance mensual

Tiempo	Fecha	Día inicio	Día fin	Balance (m ³ /mes)	Balance acumulado (m ³ /mes)
1	oct-78	0	30	0	0
2	nov-78	30	60	0	0
3	dic-78	60	90	0	0
4	ene-79	90	120	-11593	-11593
5	feb-79	120	150	-7502	-19094
6	mar-79	150	180	-11048	-30142
7	abr-79	180	210	-14001	-44143
8	may-79	210	240	-16586	-60728
9	jun-79	240	270	-18564	-79292
10	jul-79	270	300	-24142	-103434
11	ago-79	300	330	-24681	-128115
12	sep-79	330	360	-19575	-147690
13	oct-79	360	390	-18102	-165792
14	nov-79	390	420	-14425	-180216
15	dic-79	420	450	-14784	-195000
16	ene-80	450	480	-11593	-206593
17	feb-80	480	510	327498	120906
18	mar-80	510	540	155852	276758
19	abr-80	540	570	-11759	264999
20	may-80	570	600	-14685	250315
21	jun-80	600	630	-17055	233260
22	jul-80	630	660	-22862	210398
23	ago-80	660	690	-23634	186764
24	sep-80	690	720	-18744	168020
25	oct-80	720	750	-17397	150623
26	nov-80	750	780	-13865	136758
27	dic-80	780	810	-14309	122449
28	ene-81	810	840	-11205	111244
29	feb-81	840	870	-7212	104032
30	mar-81	870	900	-10783	93249
31	abr-81	900	930	-13791	79458
32	may-81	930	960	-16408	63050
33	jun-81	960	990	-18422	44628
34	jul-81	990	1020	-24023	20606
35	ago-81	1020	1050	-24583	-3977
36	sep-81	1050	1080	-19497	-23474
37	oct-81	1080	1110	-18036	-41510
38	nov-81	1110	1140	-14372	-55882
39	dic-81	1140	1170	-14739	-70621
40	ene-82	1170	1200	-11556	-82177
41	feb-82	1200	1230	-7475	-89652
42	mar-82	1230	1260	-11023	-100675
43	abr-82	1260	1290	68699	-31975
44	may-82	1290	1320	-14679	-46654
45	jun-82	1320	1350	-17050	-63704
46	jul-82	1350	1380	-22859	-86563
47	ago-82	1380	1410	-23631	-110194
48	sep-82	1410	1440	-18741	-128935
49	oct-82	1440	1470	152798	23863
50	nov-82	1470	1500	-1275	22588
51	dic-82	1500	1530	-3634	18955
52	ene-83	1530	1560	-2477	16478
53	feb-83	1560	1590	-704	15774

ACUÍFERO VENTÓS-CASTELLAR: Anejo 1.3 Balance mensual

Tiempo	Fecha	Día inicio	Día fin	Balance (m ³ /mes)	Balance acumulado (m ³ /mes)
54	mar-83	1590	1620	-4831	10944
55	abr-83	1620	1650	-9065	1879
56	may-83	1650	1680	-12401	-10522
57	jun-83	1680	1710	-15241	-25762
58	jul-83	1710	1740	-21324	-47087
59	ago-83	1740	1770	-22377	-69463
60	sep-83	1770	1800	-17745	-87208
61	oct-83	1800	1830	-16551	-103759
62	nov-83	1830	1860	-13193	-116952
63	dic-83	1860	1890	-13740	-130691
64	ene-84	1890	1920	-10738	-141430
65	feb-84	1920	1950	-6844	-148274
66	mar-84	1950	1980	-10469	-158743
67	abr-84	1980	2010	-13541	-172284
68	may-84	2010	2040	-16196	-188480
69	jun-84	2040	2070	-18254	-206735
70	jul-84	2070	2100	-23880	-230615
71	ago-84	2100	2130	-24466	-255081
72	sep-84	2130	2160	-19404	-274485
73	oct-84	2160	2190	-17958	-292443
74	nov-84	2190	2220	-14310	-306753
75	dic-84	2220	2250	-14686	-321439
76	ene-85	2250	2280	-11513	-332952
77	feb-85	2280	2310	-7442	-340395
78	mar-85	2310	2340	-10994	-351388
79	abr-85	2340	2370	-13958	-365346
80	may-85	2370	2400	-16549	-381895
81	jun-85	2400	2430	-18535	-400430
82	jul-85	2430	2460	-24118	-424548
83	ago-85	2460	2490	-24661	-449208
84	sep-85	2490	2520	-19559	-468767
85	oct-85	2520	2550	-18089	-486855
86	nov-85	2550	2580	-14414	-501269
87	dic-85	2580	2610	-14775	-516044
88	ene-86	2610	2640	-11585	-527629
89	feb-86	2640	2670	-7496	-535125
90	mar-86	2670	2700	-11043	-546168
91	abr-86	2700	2730	-13997	-560164
92	may-86	2730	2760	-16582	-576747
93	jun-86	2760	2790	-18561	-595307
94	jul-86	2790	2820	-24140	-619448
95	ago-86	2820	2850	-24679	-644126
96	sep-86	2850	2880	63205	-580921
97	oct-86	2880	2910	236198	-344723
98	nov-86	2910	2940	-7468	-352191
99	dic-86	2940	2970	-8885	-361075
100	ene-87	2970	3000	-6800	-367875
101	feb-87	3000	3030	-3925	-371800
102	mar-87	3030	3060	-7788	-379588
103	abr-87	3060	3090	-11427	-391015
104	may-87	3090	3120	-14416	-405431
105	jun-87	3120	3150	-16855	-422286
106	jul-87	3150	3180	-22717	-445003

ACUÍFERO VENTÓS-CASTELLAR: Anejo 1.3 Balance mensual

Tiempo	Fecha	Día inicio	Día fin	Balance (m ³ /mes)	Balance acumulado (m ³ /mes)
107	ago-87	3180	3210	-23529	-468532
108	sep-87	3210	3240	-18660	-487191
109	oct-87	3240	3270	74839	-412353
110	nov-87	3270	3300	327836	-84516
111	dic-87	3300	3330	-4164	-88680
112	ene-88	3330	3360	-9678	-98358
113	feb-88	3360	3390	-5192	-103550
114	mar-88	3390	3420	-11625	-115176
115	abr-88	3420	3450	-17530	-132706
116	may-88	3450	3480	-22346	-155052
117	jun-88	3480	3510	-26305	-181357
118	jul-88	3510	3540	-35640	-216997
119	ago-88	3540	3570	-36982	-253979
120	sep-88	3570	3600	-29329	-283308
121	oct-88	3600	3630	-27257	-310564
122	nov-88	3630	3660	-21723	-332287
123	dic-88	3660	3690	-22471	-354759
124	ene-89	3690	3720	-18570	-373329
125	feb-89	3720	3750	-8525	-381854
126	mar-89	3750	3780	-16155	-398009
127	abr-89	3780	3810	-22096	-420105
128	may-89	3810	3840	-29876	-449981
129	jun-89	3840	3870	-34480	-484461
130	jul-89	3870	3900	-51201	-535662
131	ago-89	3900	3930	-45541	-581203
132	sep-89	3930	3960	304294	-276909
133	oct-89	3960	3990	-20720	-297629
134	nov-89	3990	4020	-20347	-317976
135	dic-89	4020	4050	-23177	-341153
136	ene-90	4050	4080	62620	-278533
137	feb-90	4080	4110	-21057	-299590
138	mar-90	4110	4140	-27731	-327321
139	abr-90	4140	4170	-25398	-352719
140	may-90	4170	4200	-33010	-385729
141	jun-90	4200	4230	-43713	-429442
142	jul-90	4230	4260	-53363	-482805
143	ago-90	4260	4290	-58031	-540836
144	sep-90	4290	4320	-49140	-589976
145	oct-90	4320	4350	-43736	-633712
146	nov-90	4350	4380	-35612	-669324
147	dic-90	4380	4410	-34627	-703951
148	ene-91	4410	4440	-31945	-735896
149	feb-91	4440	4470	-14690	-750586
150	mar-91	4470	4500	57940	-692646
151	abr-91	4500	4530	-34027	-726673
152	may-91	4530	4560	-39059	-765732
153	jun-91	4560	4590	-40310	-806042
154	jul-91	4590	4620	-54416	-860458
155	ago-91	4620	4650	-60815	-921273
156	sep-91	4650	4680	-47892	-969166
157	oct-91	4680	4710	-48873	-1018039
158	nov-91	4710	4740	-34380	-1052419
159	dic-91	4740	4770	-36045	-1088464

ACUÍFERO VENTÓS-CASTELLAR: Anejo 1.3 Balance mensual

Tiempo	Fecha	Día inicio	Día fin	Balance (m ³ /mes)	Balance acumulado (m ³ /mes)
160	ene-92	4770	4800	-25144	-1113609
161	feb-92	4800	4830	66626	-1046983
162	mar-92	4830	4860	-18134	-1065116
163	abr-92	4860	4890	-25600	-1090716
164	may-92	4890	4920	-32053	-1122769
165	jun-92	4920	4950	-37290	-1160059
166	jul-92	4950	4980	-50059	-1210117
167	ago-92	4980	5010	-51773	-1261890
168	sep-92	5010	5040	-41060	-1302950
169	oct-92	5040	5070	-38117	-1341067
170	nov-92	5070	5100	-30379	-1371446
171	dic-92	5100	5130	-31361	-1402807
172	ene-93	5130	5160	-21135	-1423943
173	feb-93	5160	5190	-21361	-1445303
174	mar-93	5190	5220	-21417	-1466721
175	abr-93	5220	5250	-21542	-1488263
176	may-93	5250	5280	407	-1487856
177	jun-93	5280	5310	323	-1487532
178	jul-93	5310	5340	274	-1487258
179	ago-93	5340	5370	224	-1487034
180	sep-93	5370	5400	178	-1486856
181	oct-93	5400	5430	151	-1486705
182	nov-93	5430	5460	120	-1486585
183	dic-93	5460	5490	102	-1486483
184	ene-94	5490	5520	83	-1486400
185	feb-94	5520	5550	62	-1486338
186	mar-94	5550	5580	57	-1486281
187	abr-94	5580	5610	45	-1486236
188	may-94	5610	5640	38	-1486198
189	jun-94	5640	5670	30	-1486168
190	jul-94	5670	5700	26	-1486142
191	ago-94	5700	5730	21	-1486121
192	sep-94	5730	5760	17	-1486104
193	oct-94	5760	5790	14	-1486090
194	nov-94	5790	5820	11	-1486079
195	dic-94	5820	5850	10	-1486069
196	ene-95	5850	5880	8	-1486062
197	feb-95	5880	5910	6	-1486056
198	mar-95	5910	5940	5	-1486051
199	abr-95	5940	5970	4	-1486046
200	may-95	5970	6000	4	-1486043
201	jun-95	6000	6030	3	-1486040
202	jul-95	6030	6060	2	-1486038
203	ago-95	6060	6090	2	-1486036
204	sep-95	6090	6120	2	-1486034
205	oct-95	6120	6150	1	-1486033
206	nov-95	6150	6180	1	-1486032
207	dic-95	6180	6210	1	-1486031
208	ene-96	6210	6240	1	-1486030
209	feb-96	6240	6270	1	-1486029
210	mar-96	6270	6300	0	-1486029
211	abr-96	6300	6330	0	-1486029
212	may-96	6330	6360	0	-1486028

ACUÍFERO VENTÓS-CASTELLAR: Anejo 1.3 Balance mensual

Tiempo	Fecha	Día inicio	Día fin	Balance (m ³ /mes)	Balance acumulado (m ³ /mes)
213	jun-96	6360	6390	0	-1486028
214	jul-96	6390	6420	0	-1486028
215	ago-96	6420	6450	0	-1486028
216	sep-96	6450	6480	0	-1486027
217	oct-96	6480	6510	0	-1486027
218	nov-96	6510	6540	0	-1486027
219	dic-96	6540	6570	0	-1486027
220	ene-97	6570	6600	0	-1486027
221	feb-97	6600	6630	0	-1486027
222	mar-97	6630	6660	0	-1486027
223	abr-97	6660	6690	0	-1486027
224	may-97	6690	6720	-12834	-1498861
225	jun-97	6720	6750	-11968	-1510829
226	jul-97	6750	6780	-16019	-1526848
227	ago-97	6780	6810	-15744	-1542592
228	sep-97	6810	6840	-9601	-1552193
229	oct-97	6840	6870	75801	-1476392
230	nov-97	6870	6900	-1263	-1477655
231	dic-97	6900	6930	-11668	-1489323
232	ene-98	6930	6960	-24235	-1513558
233	feb-98	6960	6990	-26108	-1539666
234	mar-98	6990	7020	-25786	-1565452
235	abr-98	7020	7050	-45189	-1610641
236	may-98	7050	7080	-70173	-1680814
237	jun-98	7080	7110	-60258	-1741072
238	jul-98	7110	7140	-59459	-1800531
239	ago-98	7140	7170	-66999	-1867530
240	sep-98	7170	7200	-59930	-1927460
241	oct-98	7200	7230	-47003	-1974463
242	nov-98	7230	7260	-13539	-1988003
243	dic-98	7260	7290	-18244	-2006247
244	ene-99	7290	7320	-22055	-2028302
245	feb-99	7320	7350	-20671	-2048973
246	mar-99	7350	7380	-21109	-2070081
247	abr-99	7380	7410	-29599	-2099681
248	may-99	7410	7440	-36893	-2136574
249	jun-99	7440	7470	-32606	-2169179
250	jul-99	7470	7500	-30107	-2199287
251	ago-99	7500	7530	-14053	-2213339
252	sep-99	7530	7560	-17766	-2231105
253	oct-99	7560	7590	-17481	-2248586
254	nov-99	7590	7620	-15952	-2264539
255	dic-99	7620	7650	-19521	-2284059
256	ene-00	7650	7680	-23154	-2307213
257	feb-00	7680	7710	-21450	-2328663
258	mar-00	7710	7740	-20487	-2349149
259	abr-00	7740	7770	-22212	-2371361
260	may-00	7770	7800	-27315	-2398676
261	jun-00	7800	7830	-25307	-2423984
262	jul-00	7830	7860	-30135	-2454119
263	ago-00	7860	7890	-31881	-2486001
264	sep-00	7890	7920	-28890	-2514891
265	oct-00	7920	7950	-24197	-2539088

ACUÍFERO VENTÓS-CASTELLAR: Anejo 1.3 Balance mensual

Tiempo	Fecha	Día inicio	Día fin	Balance (m ³ /mes)	Balance acumulado (m ³ /mes)
266	nov-00	7950	7980	-13682	-2552770
267	dic-00	7980	8010	-20873	-2573643
268	ene-01	8010	8040	-21234	-2594877
269	feb-01	8040	8070	-18451	-2613329
270	mar-01	8070	8100	-21004	-2634333
271	abr-01	8100	8130	-20976	-2655308
272	may-01	8130	8160	-36938	-2692247
273	jun-01	8160	8190	-32642	-2724889
274	jul-01	8190	8220	-14607	-2739495
275	ago-01	8220	8250	-30444	-2769939
276	sep-01	8250	8280	-27529	-2797468
277	oct-01	8280	8310	-22493	-2819961
278	nov-01	8310	8340	-22281	-2842242
279	dic-01	8340	8370	-18502	-2860744
280	ene-02	8370	8400	-10210	-2870954
281	feb-02	8400	8430	-9536	-2880490
282	mar-02	8430	8460	-10630	-2891120
283	abr-02	8460	8490	-24839	-2915958
284	may-02	8490	8520	-32856	-2948814
285	jun-02	8520	8550	-29400	-2978214
286	jul-02	8550	8580	-27389	-3005604
287	ago-02	8580	8610	-29636	-3035239
288	sep-02	8610	8640	-27107	-3062346