



MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN



Instituto Geológico  
y Minero de España



DIPUTACIÓN  
DE ALICANTE  
CICLO HÍDRICO

# **ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS APLICADOS AL ESTUDIO DE ACUÍFEROS CARBONATADOS. APLICACIÓN A LOS ACUÍFEROS DE CREVILLENTE Y DE QUIBAS (ALICANTE)**

**ACTUALIZACIÓN DEL MODELO  
MATEMÁTICO DE FLUJO DEL  
ACUÍFERO DE CREVILLENTE.**

Septiembre 2008





<b>INFORME</b>	Identificación: H6-005-08
	Fecha: Febrero 2008
<b>TÍTULO</b> ACTUALIZACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DE FLUJO DEL ACUÍFERO DE CREVILLENTE.	
<b>PROYECTO</b> ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS APLICADOS AL ESTUDIO DE ACUÍFEROS CARBONATADOS. APLICACIÓN A LOS ACUÍFEROS DE CREVILLENTE Y QUIBAS (ALICANTE)	
<b>RESUMEN</b> Modelo matemático de flujo en diferencias finitas del acuífero de Crevillente (Alicante) revisado y actualizado.	
Revisión  <b>Nombre:</b> José Manuel Murillo  <b>Unidad:</b> Area Inv. en Procesos Activos y Calidad Ambiental  <b>Fecha:</b> 29-febrero 2008	<b>Autores:</b>  Catalina Sesmero  <b>Responsable:</b> José Antonio de la Orden Gómez



Este trabajo ha sido realizado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), dentro de un Convenio de colaboración suscrito con la Excelentísima Diputación de Alicante (DPA).

Han actuado como directores del estudio D. José Antonio de la Orden Gómez y D. José Manuel Murillo Díaz, por parte del IGME y D. Luis Rodríguez Hernández, por parte de la DPA.

El presente informe ha sido elaborado por D<sup>a</sup> Catalina Sesmero Cediél, bajo una asistencia técnica supervisada por el IGME y la DPA.



## ÍNDICE GENERAL

1	Introducción .....	1
2	Antecedentes.....	4
3	ACUÍFERO DE CREVILLENTE .....	7
3.1	Localización y contexto geológico del acuífero de Crevillente .....	7
3.2	Modelo conceptual del sistema de Crevillente .....	15
3.2.1	Balance hídrico del sistema de Crevillente. ....	18
3.3	Modelo matemático .....	20
3.3.1	Definición del mallado .....	21
3.3.2	Límites del modelo.....	24
3.4	Software empleado .....	25
3.5	Régimen estacionario.....	25
3.5.1	Condiciones de contorno .....	26
3.5.2	Recarga .....	27
3.5.3	Resultados del modelo en régimen estacionario.....	28
3.6	Calibración en régimen transitorio desde el comienzo de la explotación hasta el año 2004 .....	31
3.6.1	Distribución espacial de los parámetros hidráulicos .....	31
3.6.2	Recarga .....	36
3.6.3	Datos considerados en la calibración.....	45
3.6.4	Resultados de la calibración.....	59
3.7	Calibración en régimen transitorio para el año 2005.....	67
3.7.1	Recarga .....	67
3.7.2	Datos de piezometría .....	68
3.7.3	Datos de explotaciones .....	69
3.7.4	Resultados de la calibración.....	73
3.8	Estimación de las reservas de agua del acuífero de Crevillente a partir de los resultados del modelo. ....	77
3.9	Conclusiones .....	80
4	BIBLIOGRAFÍA.....	83

---

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Rango de permeabilidades de las formaciones del sistema de Crevillente.....	18
<b>Tabla 2.</b>	Balance hídrico para el sistema de Crevillente.....	20
<b>Tabla 3.</b>	Balance hídrico para el sistema de Crevillente obtenido a partir de la simulación en régimen natural.....	29
<b>Tabla 4.</b>	Estación meteorológica nº 7247.....	41
<b>Tabla 5.</b>	Parámetros de modelo de Temez para el sector de Chicamo.....	43
<b>Tabla 6.</b>	Valores de infiltración mensuales promedio.....	43
<b>Tabla 7.</b>	Resultados de la calibración del modelo de precipitación esorrentía. Serie de Infiltración (mm/mes). ....	44
<b>Tabla 8.</b>	Puntos de agua del acuífero de Crevillente (continuación). ....	51
<b>Tabla 9.</b>	Datos de piezometría utilizados en la calibración.....	53
<b>Tabla 10.</b>	Datos de bombeo obtenidos a partir de la figura 17.....	55
<b>Tabla 11.</b>	Datos de explotación proporcionados por el Departamento del Ciclo Hídrico. Diputación de Alicante (m <sup>3</sup> /d). ....	56
<b>Tabla 12.</b>	Datos de bombeo utilizados en el modelo. (m <sup>3</sup> /d).....	57
<b>Tabla 12.</b>	Datos de bombeo utilizados en el modelo. (m <sup>3</sup> /d) (continuación).....	58
<b>Tabla 13.</b>	Balance hídrico medio calculado para año 2004.....	60
<b>Tabla 14.</b>	Valores de infiltración calculados para el periodo enero y diciembre de 2005. ....	68
<b>Tabla 15.</b>	Datos de piezometría disponibles.....	69
<b>Tabla 16.</b>	Datos de explotaciones disponibles (m <sup>3</sup> /d).....	72
<b>Tabla 17.</b>	Balance hídrico en el acuífero de Crevillente para el año 2005....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Unidades Hidrogeológicas y límites de los sectores acuíferos.....	3
<b>Figura 2.</b>	Límites geográficos del sistema de Crevillente.....	8
<b>Figura 3.</b>	Mapa geológico del sistema de Crevillente. ....	13

---



---

Figura 4.	Cortes hidrogeológicos del sistema de Crevillente.....	14
Figura 5.	Posibles puntos de drenaje del sistema de Crevillente en régimen natural. ....	17
Figura 6.	Definición del mallado del modelo .....	23
Figura 7.	Localización de las celdas con condición de contorno tipo dren ...	26
Figura 8.	Piezometría en régimen permanente .....	30
Figura 9.	Mapa de espesores del acuífero de Crevillente. ....	34
Figura 10.	Distribución espacial de la permeabilidad y mapa de espesores del acuífero de Crevillente. ....	35
Figura 11.	Distribución espacial de la porosidad.....	36
Figura 12.	Componentes de la aportación en un intervalo de tiempo (modelo Temez modificado).....	39
Figura 13.	Localización del sector de Chicamo .....	42
Figura 14.	Localización de los puntos de agua del acuífero de Crevillente...	49
Figura 15.	Localización de las captaciones abandonadas en el acuífero de Crevillente.....	52
Figura 16.	Localización de los puntos de piezometría utilizados en la calibración.....	53
Figura 17.	Evolución piezométrica y bombeos de los principales sectores de explotación del sistema de Crevillente. (Andreu, 1997).....	54
Figura 18.	Superficie piezométrica correspondiente a diciembre de 2004. Acuífero de Crevillente.....	61
Figura 19.	Gráfico de calibración de la serie piezométrica en el sector de explotación Sierra de la Cava.....	62
Figura 20.	Gráfico de calibración de la serie piezométrica en el sector de explotación Sierra de Rollo .....	63
Figura 21.	Gráfico de calibración de la serie piezométrica en el sector de explotación Barranco de Tolomó.....	64
Figura 22.	Gráfico de calibración de la serie piezométrica en el punto de observación 51 perteneciente al sector de explotación de Barranco de Tolomó. ....	65

---

---

Figura 23.	Gráfico de calibración de la serie piezométrica en el sector de explotación Galería de los Suizos. ....	66
Figura 24.	Localización de los puntos con información de piezometría para el año 2005. ....	70
Figura 25.	Localización de los puntos de bombeo en 2005.....	71
Figura 26.	Gráfico de calibración de todos los datos de piezometría considerados. Año 2005.....	73
Figura 27.	Calibración de las series temporales consideradas.....	75
Figura 28.	Piezometría diciembre de 2005.....	76
Figura 29.	Estimación de las reservas en el acuífero de Crevillente. ....	79

---

## **1 INTRODUCCIÓN**

El presente informe es el resultado de los trabajos de modelación de los acuíferos de Crevillente y Quibas, en la provincia de Alicante. Dichos trabajos forman parte del Convenio específico de cooperación firmado entre la Excelentísima Diputación de Alicante y el Instituto Geológico y Minero de España para los años 2004-2006. Asimismo, es el informe final del proyecto interno del IGME titulado "Análisis y optimización de los modelos matemáticos aplicados al estudio de los acuíferos carbonatados de Crevillente y Quibas" aprobado por el Director General del IGME el día 2 de noviembre de 2004.

Ambos acuíferos se encuentran ubicados en la cuenca del río Vinalopó, la cual presenta un alto índice de aridez y una elevada irregularidad de los episodios pluviométricos. Ambos factores contribuyen a otorgar a los embalses subterráneos un papel fundamental en la satisfacción de las demandas hídricas consuntivas.

Este hecho ha provocado que en determinados acuíferos de esta zona, entre los que se encuentra el de Crevillente, se haya llevado a cabo una explotación intensiva de sus recursos hídricos, lo que ha dado lugar a una modificación sustancial de las condiciones de flujo y del régimen de funcionamiento.

Asimismo, existe la posibilidad de utilizar excedentes del hipotético trasvase Júcar - Vinalopó, planificado años atrás, pero sin ejecutarse hasta la fecha, para realizar recarga artificial en los acuíferos sobreexplotados de la cuenca media del Vinalopó, entre los cuales se encuentran el objeto del presente estudio.

Por ambas razones, la Diputación de Alicante, considera conveniente disponer de un modelo matemático de flujo calibrado del acuíferos, como herramienta para eliminar ciertas lagunas existentes sobre su funcionamiento y para la gestión de los recursos de este embalse subterráneo.

La elaboración de los modelos de flujo exige la realización de una serie de trabajos previos que han permitido satisfacer el primero de los objetivos fijados. Partiendo de la información generada en esas fases previas, y de otra ya existente con anterioridad, se han desarrollado el modelo, procediendo posteriormente a la calibración y validación del mismo.

Atendiendo a la delimitación en Unidades Hidrogeológicas, llevada a cabo por el Ministerio de Obras Públicas y el Instituto Geológico de España (MOPU, 1990) los acuíferos de Quibas y Crevillente pertenecen a sendas Unidades Hidrogeológicas de carácter intercuenca, estando compartidas por las Cuencas Hidrográficas del Júcar y el Segura. Dentro de la demarcación de la Cuenca Hidrográfica del Júcar estas Unidades se identifican con el código 08.52 Quibas y 08.51 Crevillente, mientras que en el ámbito de la Cuenca Hidrográfica del Segura se identifican con el código 07.12 Quibas, 07.11 Crevillente y 07.42 Argallet. En el presente estudio se han considerado únicamente los sectores de las Unidades Hidrogeológicas que se adscriben a la provincia de Alicante.

La reciente adaptación a las pautas marcadas por la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE, de 23 de octubre de 2000) por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de política de aguas de los estados miembros, ha supuesto una nueva definición de los elementos de gestión recursos subterráneos, cuya nueva denominación es la de masas de agua subterránea. De esta forma la Unidad Hidrogeológica de Crevillente se ha dividido en dos masas de agua denominadas 080.077 Sierra de Argallet y 080.078 Sierra de Crevillente.

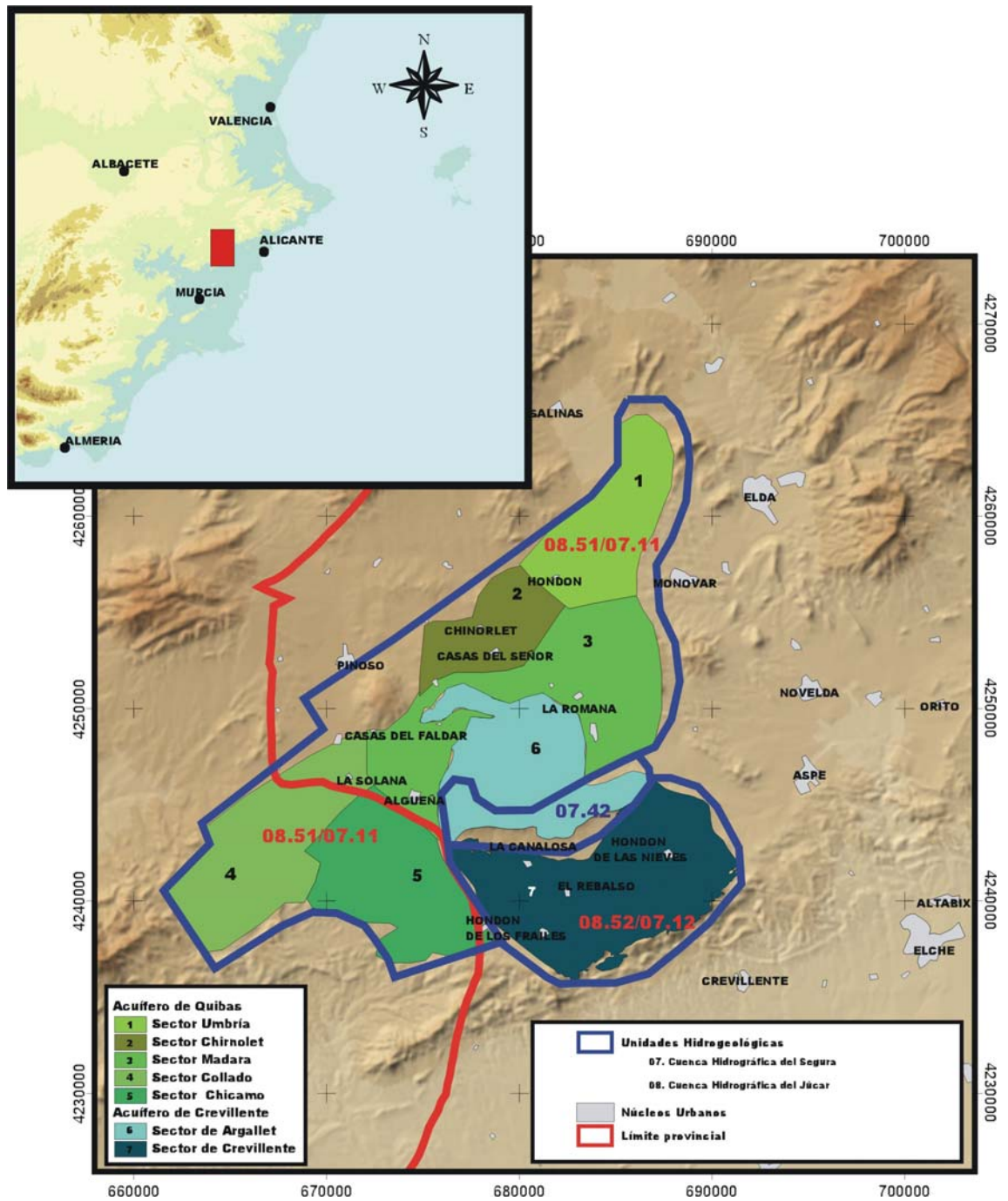


Figura 1. Unidades Hidrogeológicas y límites de los sectores acuíferos.

## 2 ANTECEDENTES

La construcción de un modelo matemático de flujo requiere, como condición previa a la modelación, elaborar un modelo conceptual correcto de funcionamiento hidrogeológico del sistema que se va a modelar. Una parte fundamental de este modelo conceptual es el conocimiento geológico de los materiales que conforman los acuíferos y, en especial, los límites de las formaciones permeables.

Atendiendo a esta necesidad, el Instituto Geológico y Minero de España, conjuntamente con la Diputación de Alicante, planificó las actividades previas necesarias para adquirir ese conocimiento, que se plasmaron en el informe denominado: "Asistencia técnica para la delimitación física de los límites geológicos de los acuíferos de Crevillente y Quibas, en la provincia de Alicante, con vistas a la realización de un Modelo Matemático de Flujo de los mismos." Estas actividades se han estructurado según los siguientes trabajos:

- :- Toma de datos y definición de los límites geológicos de los sistemas a modelar.
- :- Definición de una red de control en la que se ha efectuado una toma de datos sistemática de niveles piezométricos y extracciones.
- :- Delimitación geográfica y geológica de los afloramientos permeables de los sistemas a modelar a escala 1:25.000.
- :- Realización de cortes hidrogeológicos para definir la estructura de los acuíferos en profundidad y las condiciones de contorno.
- :- Encuestas de extracciones de agua, recopilando un dato de extracción para cada uno de los meses que abarca la campaña de medidas realizada, obteniéndose un total de 10 datos en cada uno de los puntos incluidos en la red de control definida.
- :- Campaña de medidas mensuales del nivel piezométrico en cada uno de los puntos de la red de control definida.

- = Cartografía geográfica y geológica de los acuíferos estudiados a escala 1:25.000.
- = Mapa orientativo de permeabilidades en función de la litología. Escala 1:25.000.

Junto con la información proporcionada en el citado estudio, ha sido fundamental, en la realización de los modelos matemáticos de los acuíferos de Quibas y Crevillente, la información incluida en la publicación:

*Mapa de Aguas de la Provincia de Alicante. Segunda Edición. (2007); Editado por el Departamento del Ciclo Hídrico de la Diputación de Alicante,*

en el que se incluye información sobre el funcionamiento hidrogeológico del acuífero objeto del presente estudio, se define el carácter de sus límites y se cuantifica la recarga del mismo, las transferencias laterales, su volumen de explotación y la descarga a través de los manantiales.

Así mismo, se ha recopilado la información procedente de los registros piezométricos de la base de datos del Departamento del Ciclo Hídrico de la Diputación de Alicante, la cual cuenta con una serie histórica que abarca desde 1969 hasta la actualidad; y de la base de datos Aguas del Instituto Geológico y Minero de España, cuyo primer registro piezométrico en la zona de estudio data del año 1959.

Entre la documentación bibliográfica consultada, los documentos de mayor relevancia por su aportación a la realización del presente trabajo han sido los siguientes:

**-“Las aguas subterráneas de la Provincia de Alicante”** editado en 1982 por la Excelentísima Diputación de Alicante en colaboración con el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). En este documento se recoge una recopilación de toda la información hidrogeológica en el ámbito de la Provincia de Alicante existente hasta ese momento, consistente básicamente en la documentación hidrogeológica disponible en el IGME, fruto de las investigaciones hidrogeológicas

que este organismo ha llevado a cabo dentro del Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS) y del Programa de Estudios para la Gestión y Conservación de Acuíferos (PGCA).

**-“Contribución de la Sobreexplotación al conocimiento de los acuíferos Kársticos de Crevillente, Cid y Cabecó D’or (Provincia de Alicante)”.**

(1997). José Miguel Andréu Rodés. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante. Aprovechando la situación de sobreexplotación a la que están sometidos los acuíferos estudiados, además de ampliar y actualizar los conocimientos sobre el comportamiento de los distintos materiales, la geometría de los sistemas y la calidad química del agua, analiza las variaciones sufridas por los parámetros hidráulicos como consecuencia del vaciado y las repercusiones económicas y sociales que conlleva este fenómeno.



### **3 ACUÍFERO DE CREVILLENTE**

#### **3.1 LOCALIZACIÓN Y CONTEXTO GEOLÓGICO DEL ACUÍFERO DE CREVILLENTE**

El de Crevillente se localiza íntegramente al suroeste de la provincia de Alicante, en el límite provincial con Murcia. Los límites orográficos del sistema corresponden al sur con la Sierra de Crevillente, al norte con la Sierra de Reclot, al oeste con el límite provincial entre Murcia y Alicante, y al este con las Sierras de Pelada, Ofra y Ors (Figura 2).

La topografía de este sector se caracteriza por la alternancia de elevaciones montañosas, con una alineación en general este-oeste, que se corresponde con los afloramientos de macizos carbonáticos, con depresiones recubiertas por materiales cuaternarios (Depresiones del Hondón de Las Nieves - Hondón de los Frailes y de Algueña - La Romana). La máxima elevación del terreno se encuentra en torno a los 1.100 m s.n.m. en las Sierras de El Reclot y Argallet, mientras que en las zonas más deprimidas la topografía es del orden de los 300 m s.n.m. En este sector no existen cursos fluviales de carácter permanente, ni cursos efímeros de importancia.

Dentro de sus límites se localizan un total de 10 Términos Municipales, pertenecientes todos ellos a la provincia de Alicante (Pinoso, Monóvar, Algueña, La Romana, Orihuela, Hondón de las Nieves, Aspe, Crevillente, Albatera y Hondón de los Frailes); de los cuales únicamente los núcleos urbanos de Hondón de las Nieves y Hondón de los Frailes se sitúan completamente dentro del perímetro del acuífero de Crevillente.

El sistema de Crevillente ocupa una superficie total de 145 km<sup>2</sup>, de los cuales 76 km<sup>2</sup> corresponden a afloramientos permeables, lo que supone tan sólo el 52% de la superficie total.

En función de la disposición estructural de las formaciones litológicas que conforman el sistema de Crevillente, se distinguen en él dos sectores: El sector de Argallet,

localizado al norte de la alineación montañosa constituida por las Sierras de Argallet, Cava y Rollo; y el sector de Crevillente, el cual se extiende entre la citada alineación montañosa y la Sierra de Crevillente, encontrándose ambos sectores conectados hidráulicamente en el extremo oriental del límite definido entre ambos, al sur de la Sierra de Ofra.



Figura 2. Límites geográficos del sistema de Crevillente.

En un encuadre geológico los materiales que conforman el sistema de Crevillente son principalmente dolomías y calizas masivas del Jurásico Inferior, con un espesor que varían entre 200 y 500 m, siendo la potencia media del orden de 450 m. Estos

materiales constituyen una unidad estructural perteneciente al Subbético, enteramente despegada y cabalgante sobre los materiales de las formaciones del Prebético. El nivel de despegue corresponde con las arcillas y yesos del Triásico, el cual constituyen el nivel de base impermeable, así como el cierre lateral del sistema.

De muro a techo, la columna litológica tipo está constituida por los materiales triásicos, sobre los que se apoyan los niveles calizo-dolomíticos del Jurásico Inferior (Lías). El Jurásico Superior y el Cretácico más alto suelen estar ausentes o reducidos a pequeños retazos. Colmatando las depresiones que se intercalan entre los sistemas montañosos se depositan materiales recientes. Así mismo, en las proximidades de la Sierra de Argallet y en la falda sur de la Sierra de Crevillente, aparecen afloramientos cretácicos del Prebético.

A continuación se describen brevemente las características litológicas de las formaciones que constituyen el sistema de Crevillente:

- **Triásico:** Está constituido por margas abigarradas, arcillas rojas y verdes y yesos blancos o coloreados en facies Keuper. Aflora a lo largo de vastas extensiones, en forma de cordones más o menos continuos, que muy probablemente han ascendido a favor de contactos estructurales. Así mismo, se presentan de forma continua por debajo de las formaciones carbonatadas del Jurásico.
- **Jurásico Inferior (Lías):** La base del Lías está constituida por calizas masivas, blancas o grises de grano fino y estructura oolítica, que en su parte superior presenta niveles glauconíticos, generalmente poco potentes. Sobre esta formación se deposita una unidad de dolomías masivas grises. El conjunto presenta una potencia máxima del orden de 350 m.
- **Jurásico Medio (Dogger):** Esta unidad aflora en el extremo oriental del sector de Argallet y en pequeños retazos en la Sierra de Crevillente. Está constituida por calizas rosas, ligeramente ferruginosas y estratificadas en

pequeños bancos que en algunas zonas presentan gran contenido en filamentos. El conjunto no supera los 50 m de espesor.

- **Jurásico Superior (Malm)**: Está ampliamente representado en el flanco sur de la Sierra de Crevillente y en total, alcanza un espesor del orden de 80 m. La base de este nivel está constituida por calizas relativamente compactas y resistentes, estratificadas y con colores mezclados. Sobre este nivel aparecen calizas blanco-rosáceas con cierto carácter noduloso. A techo se localiza un nivel más blando y noduloso de color rojo ladrillo que suele dar depresiones en la topografía, sobre el que se apoyan bancos regulares de caliza gris o gris verdosa con niveles de sílex y en ocasiones con una textura granoclasificada muy fina. Finalmente, el Jurásico Superior está coronado por un nivel de calizas claras gris-verdosas en pequeños bancos.
- **Cretácico Inferior**: Dentro de la zona de estudio se encuentra poco representado, aflorando en pequeños retazos, fuertemente tectonizados. En conjunto se trata de margas y margocalizas, grises o gris-amarillento ricas en ammonites.

Finalmente y tapizando las formaciones carbonatadas se depositan los materiales del cuaternario indiferenciado con una potencia variable.

Desde el punto de vista estructural, la zona presenta una complejidad marcada, ya que se encuentra en el contacto entre los dominios del Subbético y Prebético. El sistema de Crevillente pertenece a la unidad subbética que está cabalgando a los materiales más modernos del Prebético localizados al norte. El frente del cabalgamiento se sitúa en la vertiente septentrional de la Sierra del Reclot donde las calizas y dolomías subbéticas liásicas se disponen encima de la serie prebética terciaria que forman los relieves de las Sierras del Coto y de Gorgorí, pertenecientes ambas al sistema de Quibas. Entre ambos dominios existe una franja continua, más o menos estrecha, constituida por yesos y arcillas rojas del Trías, la cual ha actuado como nivel de despegue del cabalgamiento subbético.

El desplazamiento de la escama subbética sobre los materiales prebéticos ha conducido a su vez a la formación, dentro de la propia unidad estructural, de pliegues y estructuras tectónicas de gran complejidad, con pliegues muy cerrados e incluso volcados y la formación de escamas de orden menor. En conjunto, estas estructuras presentan una dirección suroeste-noreste.

La Sierra del Reclot constituye el flanco septentrional del sinclinal de Algueña-La Romana, de dirección ENE-WSW y en cuyo núcleo afloran las margas cretácicas. En general los buzamientos de este relieve son suaves. La vertiente sur está afectada por algunas fallas que retocan la estructura, hundiendo algunos bloques. El más importante de ellos es el que genera la Sierra de Pelada, la cual forma un pequeño anticlinal de dirección N-S.

La Sierra de Argallet constituye un anticlinal de dirección ENE-WSW vergente hacia el N-NW, y está constituida principalmente por materiales liásicos. Su flanco septentrional está afectado por una falla inversa que provoca la superposición del bloque de Argallet sobre los materiales del sinclinal de Algueña-La Romana. En general, el anticlinal de Argallet está afectado por numerosas fallas normales de componente N-S que dan lugar a bloques hundidos y que favorecen la extrusión de bandas de yesos triásicos, como ocurre al sur de la estructura. (Andreu, 1997).

La Sierra de Crevillente presenta a su vez, una estructura anticlinal de dirección ENE-WSW que presenta un hundimiento hacia el E. El flanco meridional de la Sierra de Crevillente presenta buzamientos superiores a 45° hacia el S-SE y se encuentra interrumpido por una banda de arcillas y yesos triásicos que separan los materiales mesozoicos de los postorogénicos. Esta banda triásica se prolonga hacia la Sierra de Abanilla, continuación de la Sierra de Crevillente hacia el suroeste, mientras que al NE está cubierta por materiales neógenos. (Andreu, 1997).

El flanco septentrional presenta una serie de fallas normales con componente de desgarre de dirección WSW-ENE que hundan sistemáticamente los bloques hacia el N, donde se sitúan las depresiones del Hondón de las Nieves y de los Frailes. En esta

depresión, los materiales recientes recubren la estructura en sinclinorio. (Andreu, 1997).

El sistema de Crevillente presenta en definitiva una estructura compleja en el que los juegos de fallas han dado lugar a bloques levantados y hundidos que pueden provocar la desconexión hídrica de unos bloques respecto a otros, cuando los niveles piezométricos sean bajos.



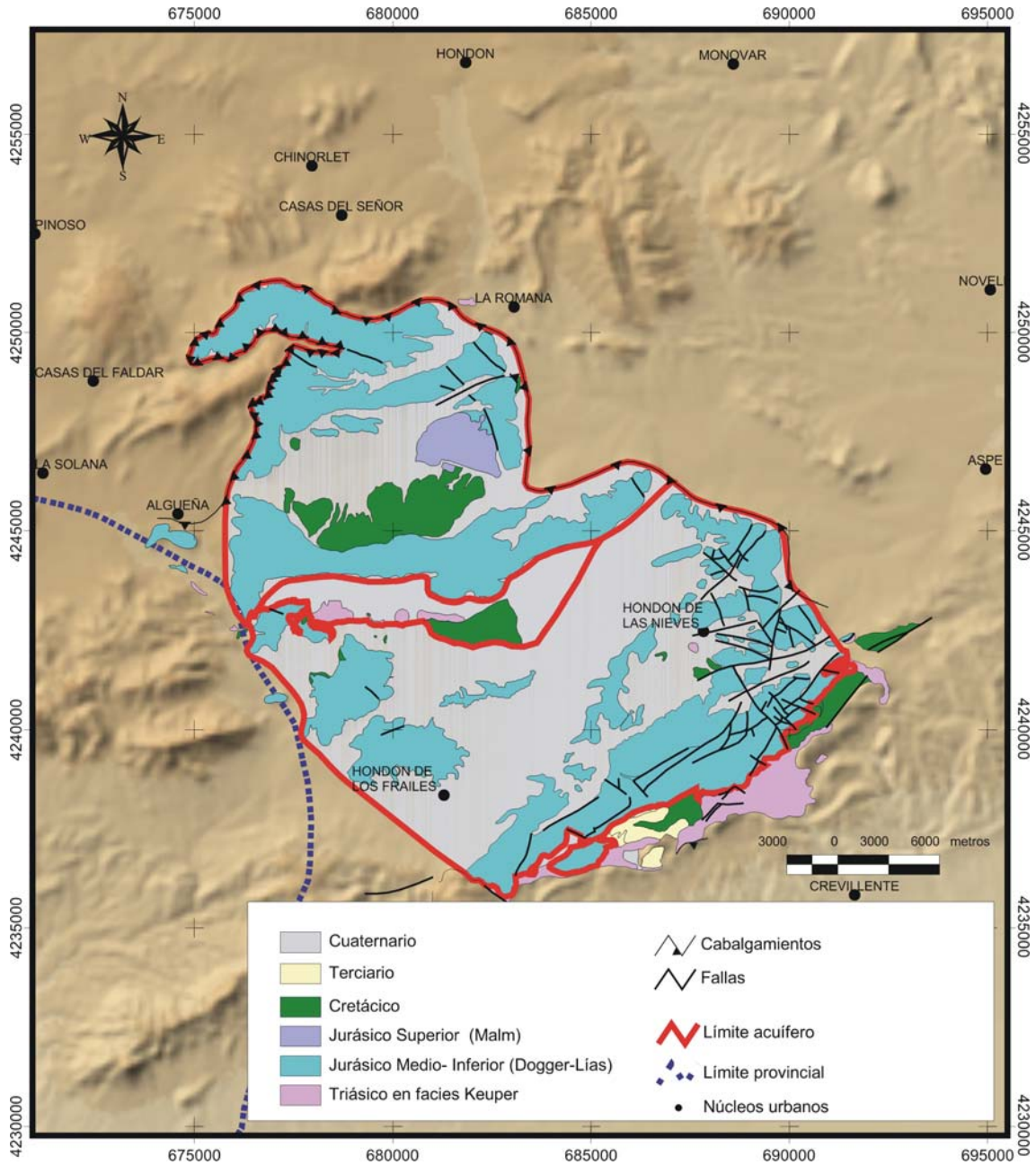
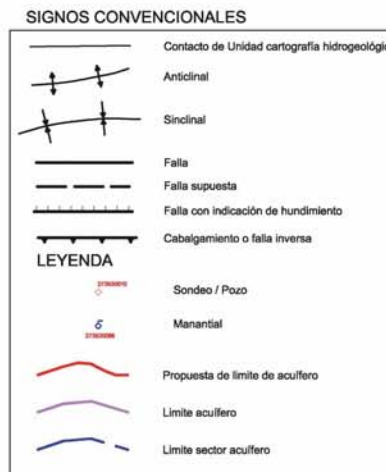
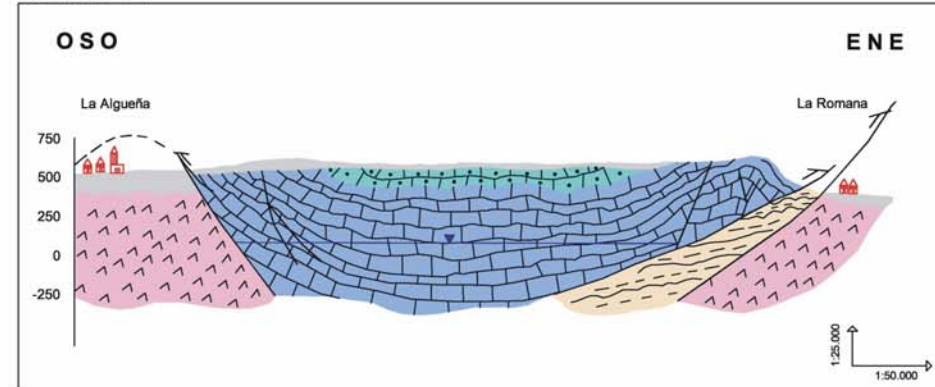
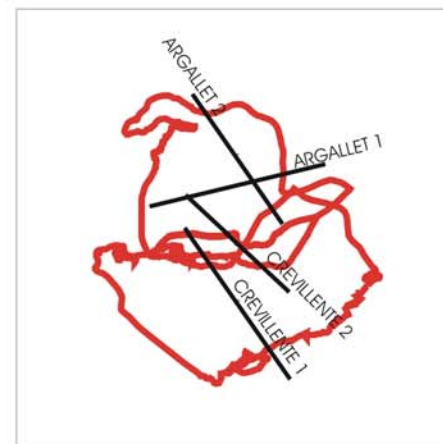
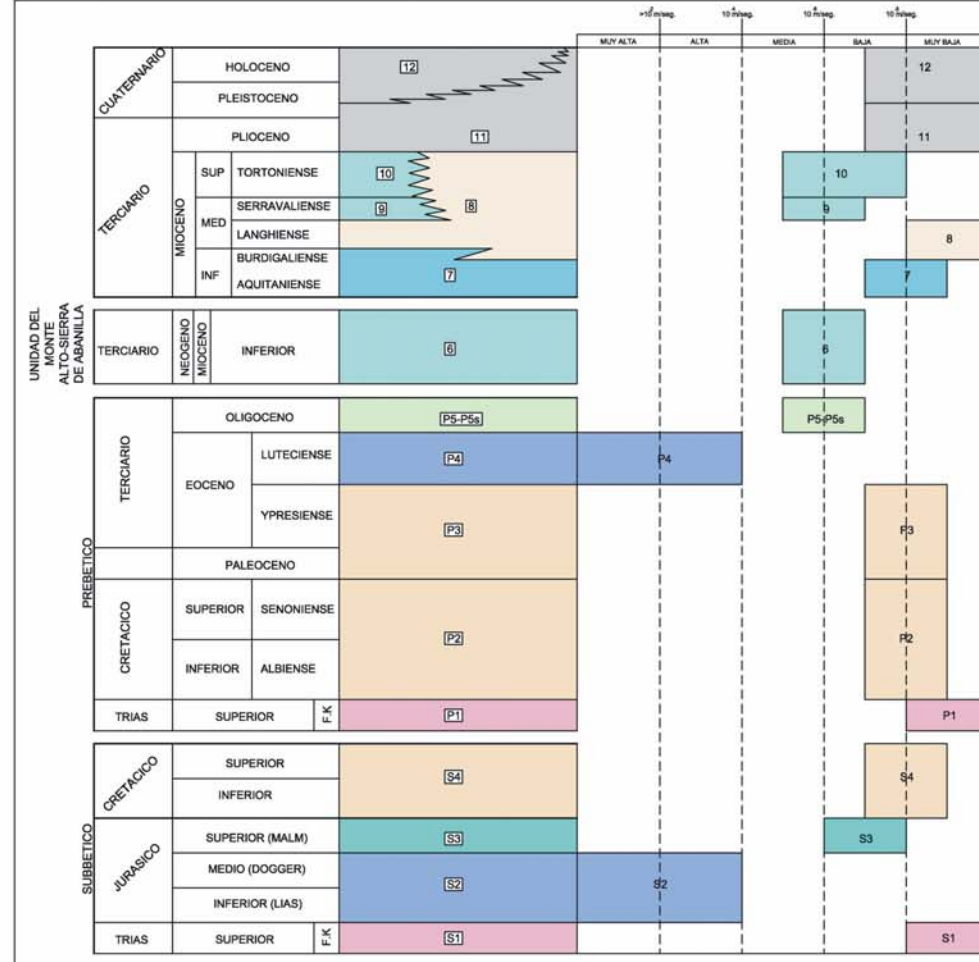


Figura 3. Mapa geológico del sistema de Crevillente.

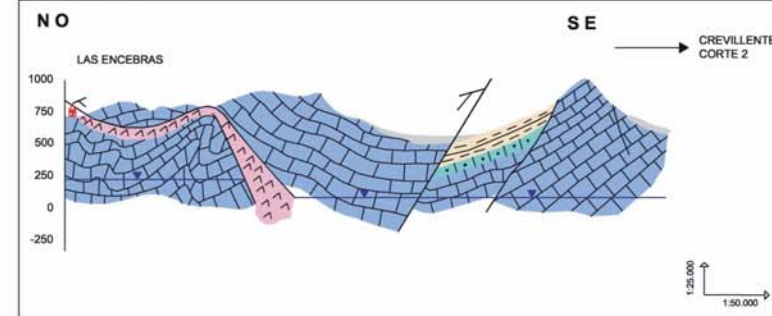
ARGALLET 1



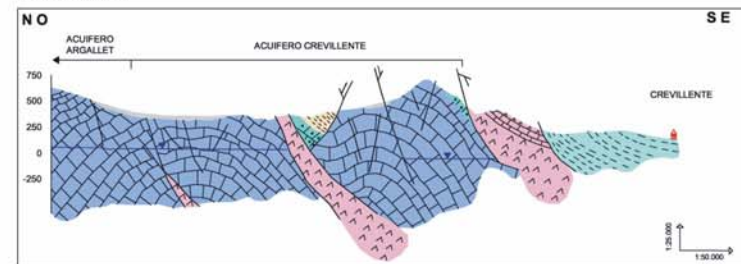
LEYENDA



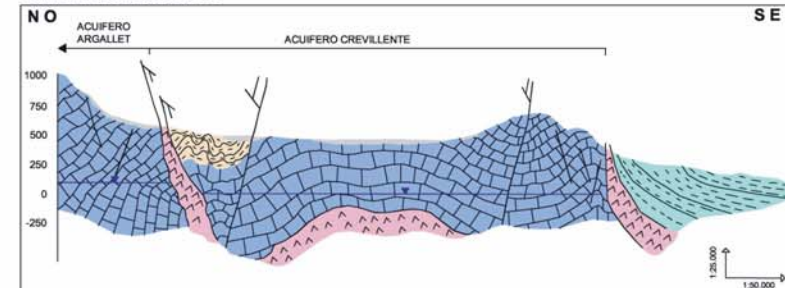
ARGALLET 2



CREVILLENTE CORTE 1



CREVILLENTE CORTE 2



LEYENDA

- 12.- CUATERNARIO. PLEISTOCENO SUPERIOR. HOLOCENO. Conglomerados, arenas y arcillas. Depósitos aluviales. Permeabilidad entre  $10^{-7}$  y  $10^{-9}$  m/s<sup>g</sup>
- 11.- CUATERNARIO. PLEISTOCENO-HOLOCENO. Conglomerados, arenas y arcillas. Depósitos de abanicos aluviales y glaciares. Permeabilidad entre  $10^{-7}$  y  $10^{-9}$  m/s<sup>g</sup>
- 10.- MIOCENO. TORTONIENSE SUPERIOR. Margas, arenas, conglomerados y calizas bioclasticas. Permeabilidad entre  $10^{-7}$  y  $10^{-9}$  m/s<sup>g</sup>
- 09.- MIOCENO. SERRAVALIENSE. Calizas margosas con intercalaciones de bancos calciferos. Permeabilidad entre  $10^{-7}$  y  $10^{-9}$  m/s<sup>g</sup>
- 08.- MIOCENO. LANGHIENSE-TORTONIENSE. Margas blancas masivas. Permeabilidad entre  $10^{-7}$  y  $10^{-9}$  m/s<sup>g</sup>
- 07.- MIOCENO. AQUITANIENSE - LANGHIENSE INFERIOR. Calizas arenosas, biocalcarentitas. Permeabilidad entre  $10^{-7}$  y  $10^{-9}$  m/s<sup>g</sup>
- 06.- MIOCENO INFERIOR. Margas arenosas y calizas arenosas. Permeabilidad entre  $10^{-7}$  y  $10^{-9}$  m/s<sup>g</sup>
- P5 / P5a.- TERCARIO. OLIGOCENO. Conglomerados. Calizas arenosas, calcarenitas, areniscas. Permeabilidad entre  $10^{-7}$  y  $10^{-9}$  m/s<sup>g</sup>
- P4.- TERCARIO. YPRESIENSE MEDIO - LUTECIENSE. Calizas, biocalcarentitas y calizas paramarciferas. Permeabilidad mayor a  $10^{-7}$  m/s<sup>g</sup>
- P3.- TERCARIO. PALEOCENO - YPRESIENSE. Arcillas masivas. Permeabilidad entre  $10^{-7}$  y  $10^{-9}$  m/s<sup>g</sup>
- P2.- CRETACICO. ALBIENSE SUPERIOR - SENONIENSE. Margas y margocalizas. Permeabilidad entre  $10^{-7}$  y  $10^{-9}$  m/s<sup>g</sup>
- P1.- TRIASICO SUPERIOR. Margas abigarradas y arcillas yesíferas, areniscas y dolomías. Permeabilidad menor a  $10^{-7}$  m/s<sup>g</sup>
- S4.- CRETACICO. NEOCOMIENSE - SENONIENSE. Margas, margas arenosas y margocalizas. Permeabilidad entre  $10^{-7}$  y  $10^{-9}$  m/s<sup>g</sup>
- S3.- JURASICO SUPERIOR. MALM. Calizas nodulosas con margas. Permeabilidad entre  $10^{-7}$  y  $10^{-9}$  m/s<sup>g</sup>
- S2.- JURASICO INFERIOR - MEDIO. LIAS - DOGGER. Calizas y dolomías. Permeabilidad mayor a  $10^{-7}$  m/s<sup>g</sup>
- S1.- TRIASICO SUPERIOR. FACIES KEUPER. Margas abigarradas y arcillas versicolores yesíferas. Permeabilidad menor a  $10^{-7}$  m/s<sup>g</sup>



Figura 4. Cortes hidrogeológicos del sistema de Crevillente (IGME, 2007).



### 3.2 MODELO CONCEPTUAL DEL SISTEMA DE CREVILLENTE

El sistema de Crevillente está constituido fundamentalmente por las formaciones calizo-dolomíticas del Jurásico, siendo las de mayor presencia las formaciones del Lias y Malm. La potencia media es del orden de 450 m, aunque la disposición estructural de los materiales que lo configuran da lugar a una disminución de este espesor, por causas tectónicas (presencia de fallas inversas que disminuyen la potencia de los niveles afectados y fallas normales que provocan el hundimiento de unos bloques respecto a otros), y estructurales (disminución del espesor por compresión en el núcleo de los anticlinales), o como se observa en el corte denominado Crevillente 2 de la figura 4, por la presencia de las formaciones que constituyen el muro impermeable en el núcleo de las antiformalas. Así mismo, se produce una disminución del espesor medio del sistema acuífero en las proximidades de los límites laterales, que pueden estar fuertemente tectonizados, como es el caso del límite sureste

El muro del sistema acuífero corresponde a los materiales impermeables de Triásico en facies Keuper constituidos fundamentalmente por arcillas y yesos, el cual se extiende de forma continua y con más o menos espesor en la base de los materiales carbonatados que conforman el acuífero.

Los límites laterales del acuífero están constituidos de igual forma por los afloramientos del Triásico, los cuales se presentan bien como la base aflorante del cabalgamiento sobre los materiales del Prebético, como ocurre en todo el sector septentrional del acuífero y en el límite sur del mismo, bien por afloramientos masivos en forma de cordones, los cuales han ascendido a través de fracturas como es el caso del límite oeste, al sur de la población de Algueña, y el caso del límite este, en el extremo oriental de la Sierra de Ofra.

En el sistema de Crevillente se han distinguido dos sectores: el sector de Argallet al norte y el sector de Crevillente al sur. Ambos sectores se encuentran divididos por los afloramientos de Keuper que se localizan al sur de las Sierras de Argallet y Cava. Este afloramiento triásico, parece no estar presente en el extremo oriental de este límite, al

sur de la Sierra de Rollo, de forma que ambos sectores se encuentran conectados hidráulicamente a través de un frente del orden de 3 km de longitud.

El sistema de Crevillente constituye un acuífero kárstico único, de funcionamiento libre, donde la porosidad se ha originado por el desarrollo de los fenómenos de disolución a favor de las fracturas y discontinuidades presente.

Ocupa una superficie total de 145 km<sup>2</sup>, de los cuales 56 km<sup>2</sup> corresponde al sector de Argallet y 80 km<sup>2</sup> corresponden al sector de Crevillente. Los casi 10 km<sup>2</sup> restantes, corresponden a los afloramientos impermeables que independizan ambos sectores. Los afloramientos permeables en el sector de Argallet son del orden de 37 km<sup>2</sup>, mientras que en el sector de Crevillente son de 34,5 km<sup>2</sup>.

En régimen natural, la única entrada de agua al sistema se efectúa por infiltración del agua de lluvia a través de los afloramientos permeables. No se tiene conocimiento del funcionamiento del sistema de Crevillente antes del comienzo de las explotaciones, las cuales comenzaron en la década de los cincuenta. No obstante, es previsible que, al no existir dentro de los límites del sistema acuífero cursos fluviales relevantes, la principal descarga del acuífero, en régimen natural, se efectuaría por rebosamiento, drenándose en forma de manantiales. Estos manantiales estarían localizados en los puntos situados topográficamente más bajos. En la figura 5 se incluye la localización de los puntos del perímetro del sistema de Crevillente que presenta las cotas topográficas más bajas, puntos que podrían albergar las principales descargas del sistema, antes de que la explotación del acuífero produjera un cambio en el funcionamiento del mismo. Los tres puntos señalados en la figura se sitúan a cotas topográficas de norte a sur de 360, 300 y 315 m s.n.m.

Admitiendo esta hipótesis de drenaje en régimen natural, la dirección del flujo en el sistema de Crevillente en régimen estacionario sería principalmente noroeste-sureste en el sector de Argallet y de dirección oeste-este en el sector de Crevillente.

Suponiendo una permeabilidad media para las formaciones del Lías del orden de  $10^{-4}$  m/s, en el límite de contacto entre los dos sectores, y un gradiente hidráulico del orden de 0,5‰, en régimen natural el nivel freático en esta zona podría estar en torno a 300 m s.n.m. En ese caso, la transferencia lateral entre ambos sectores sería del orden de  $1,66 \text{ hm}^3/\text{año}$ . La piezometría media del acuífero sería entonces del orden de 305 m s.n.m.

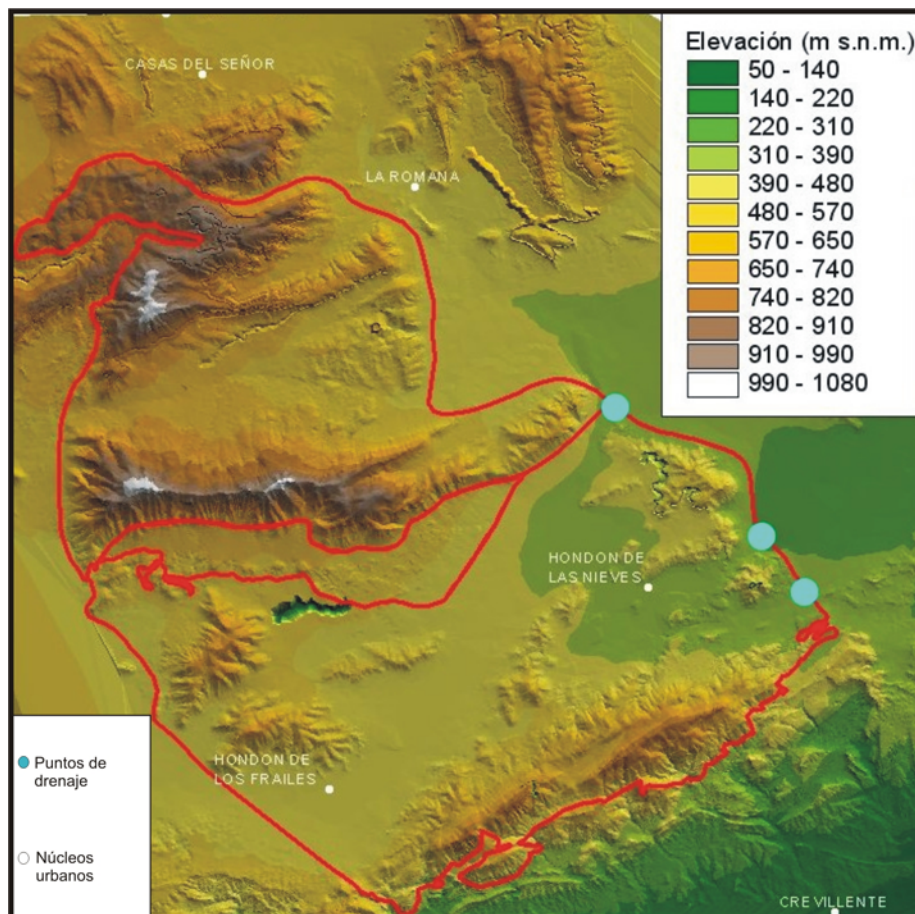


Figura 5. Posibles puntos de drenaje del sistema de Crevillente en régimen natural.

La explotación que se ha venido produciendo en el sistema de Crevillente ha provocado una transformación significativa del régimen de funcionamiento hidrogeológico, de forma que en la actualidad no se conoce ninguna salida natural del acuífero y las únicas salidas se efectúan por bombeos.

En la actualidad la superficie piezométrica está fuertemente influenciada por el régimen de explotaciones, principalmente en el sector de Crevillente, donde las extracciones son significativamente superiores, existiendo conos de bombeo en los cuales los niveles alcanzan valores inferiores a la cota 0. La dirección del flujo en el sector de Argallet, sigue siendo principalmente noroeste-sureste, mientras que en el sector de Crevillente la dirección de flujo está marcada por la localización de los principales puntos de extracción.

En la tabla 1 se establece un rango de valores de permeabilidad para las formaciones que constituyen el sistema acuífero (IGME, 2007):

Materiales geológicos	Rango de permeabilidades (m/s)
Cuaternario indiferenciado	$>10^{-8}$
Cretácico	$10^{-7}$ y $10^{-9}$
Jurásico Superior	$10^{-6}$ y $10^{-8}$
Calizas y dolomías del Jurásico Medio e Inferior	$>10^{-2}$ y $10^{-4}$
Triásico	$10^{-8}$

Tabla 1. Rango de permeabilidades de las formaciones del sistema de Crevillente.

### 3.2.1 **Balance hídrico del sistema de Crevillente.**

Existe una gran disparidad en los distintos estudios realizados hasta la fecha, tanto en los valores de recarga como en los datos de extracciones referidos al acuífero de Crevillente. A continuación se describen brevemente los datos recopilados, referentes al balance hídrico del sistema de Crevillente.

El informe provisional sobre el artículo nº 5 de la Directiva Marco del Agua de la Cuenca Piloto del Río Júcar emitido por la Confederación Hidrográfica del Júcar en septiembre de 2004, en lo que se refiere al acuífero de Crevillente, al que se le asigna una superficie de 71,27 km<sup>2</sup>, cuantifica la recarga al acuífero en 1,14 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales 0,39 hm<sup>3</sup>/año corresponderían a la infiltración del agua de lluvia y los 0,75

hm<sup>3</sup>/año restantes a la infiltración procedente de los retornos de riego. La extracción por bombeo se cifra en 17,26 hm<sup>3</sup>/año de los cuales 1,66 hm<sup>3</sup>/año se destinan a satisfacer la demanda urbana, 12,49 hm<sup>3</sup>/año a riego y 3,11 hm<sup>3</sup>/año a uso industrial.

El informe sobre los artículos nº 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua, relativo a la caracterización de las Masas de Agua de la demarcación del Júcar, publicado en Abril de 2005 por la Confederación Hidrográfica del Júcar, aporta datos tanto para la unidad de Crevillente, como para la unidad de Sierra de Argallet. La recarga del acuífero de Crevillente, con una superficie de 70,28 km<sup>2</sup>, se establece en 1,55 hm<sup>3</sup>/año, sin determinar la procedencia. Las extracciones por bombeo se cifran en 16,05 hm<sup>3</sup>/año. En el caso de la unidad de Argallet, la superficie es de 16,98 km<sup>2</sup>, la recarga directa se cifra en 0,45 hm<sup>3</sup>/año y las extracciones en 2,36 km<sup>3</sup>.

El *Mapa de Agua de la Provincia de Alicante*, editado por la Diputación Provincial de Alicante en 2007, establece la recarga por infiltración de lluvia en 3,2 hm<sup>3</sup>/año para un año de tipo medio para el total del sistema de Crevillente, correspondiendo 1,7 hm<sup>3</sup>/año al sector de Argallet y 1,5 hm<sup>3</sup>/año al sector de Crevillente. Las extracciones por bombeo están cifradas en un total de 10,15 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales únicamente 0,15 hm<sup>3</sup>/año corresponde al sector de Argallet y los 10 hm<sup>3</sup>/año restantes al sector de Crevillente. La transferencia lateral del sector de Argallet hacia el sector de Crevillente, se cifra para un año tipo medio en 1,55 hm<sup>3</sup>/año.

Finalmente, en el *Estudio Posibilidades de almacenamiento de las aguas del transvase Júcar-Vinalopó en los embalses subterráneos provinciales mediante recarga artificial. Simulación de la gestión de los recursos hídricos en el Medio Vinalopó*, realizado por el Instituto Geológico y Minero de España en 2000, se indica que la demanda media para periodo comprendido entre 1996 y 1998 fue de 6,4 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales 1,2 hm<sup>3</sup>/año fueron abastecidos con agua subterránea procedente del sector de Argallet y 5,2 hm<sup>3</sup>/año se abastecieron con agua procedente del sector de Crevillente.

En la tabla 2 se incluye un resumen los datos sobre balance hídrico recopilados:

		1	2	3	4
<b>Sector de Crevillente</b>	<b>Entradas (hm<sup>3</sup>/año)</b>				
	Infiltración del agua de lluvia	0.39	1.55	1.5	
	Transferencias laterales			1.55	
	Retornos de regadío	0.75			
	<b>Total</b>	<b>1.14</b>	<b>1.55</b>	<b>3.05</b>	
<b>Salidas (hm<sup>3</sup>/año)</b>					
	Bombeos	17.26	16.05	10	5.2
	<b>Total</b>	<b>17.26</b>	<b>16.05</b>	<b>10</b>	<b>5.2</b>
<b>Sector de Argallet</b>	<b>Entradas (hm<sup>3</sup>/año)</b>				
	Infiltración del agua de lluvia		0.45	1.7	
	Retornos de regadío				
	<b>Total</b>		<b>0.45</b>	<b>1.70</b>	
	<b>Salidas (hm<sup>3</sup>/año)</b>				
Bombeos			2.36	0.15	1.2
Transferencias laterales				1.55	
<b>Total</b>			<b>2.36</b>	<b>1.7</b>	<b>1.2</b>

1 Informe provisional sobre el artículo nº5 de la Directiva Marco del Agua. Confederación Hidrográfica del Júcar. Sep. 2004

2 Informe sobre el artículo nº5 y 6 de la Directiva Marco del Agua. Confederación Hidrográfica del Júcar. Abr. 2005

3 Mapa de Aguas de Alicante. Diputación de Alicante. 2007

4 Posibilidades de almacenamiento de las aguas del transvase Júcar-Vinalopó en los embalses subterráneos provinciales mediante recarga artificial. Simulación de la gestión de los recursos hídricos en el Medio Vinalopó. IGME, 2000

Tabla 2. Balance hídrico para el sistema de Crevillente.

### 3.3 MODELO MATEMÁTICO

La información relativa a los niveles piezométricos y a las extracciones de agua subterránea recopilada durante la Asistencia Técnica para la delimitación Física de los Límites Geológicos de los Acuíferos de Crevillente y Quibas, en la Provincia de Alicante, con vista a la realización de un Modelo Matemático de Flujo de los mismos, hace referencia al periodo comprendido entre enero de 2005 y marzo de 2006. Por esta razón, el modelo matemático realizado se ha desarrollado con mayor precisión en el citado periodo, ya que es cuando se dispone de una mayor cantidad de información para realizar la calibración de los parámetros hidrogeológicos que definen el funcionamiento del sistema. No obstante, y tal y como se ha indicado anteriormente, la explotación del sistema de Crevillente comenzó a principios de los años cincuenta y se ha mantenido hasta la actualidad. Por ello, el modelo matemático de flujo del sistema de Crevillente se ha llevado a cabo generando en primer lugar un modelo en régimen

permanente, cuyo objetivo es obtener una superficie piezométrica representativa del sistema acuífero previa al comienzo de la explotación.

Tomando como piezometría de partida, la superficie generada con el modelo en régimen permanente, se ha generado posteriormente un modelo en régimen transitorio en el cual la información se ha introducido en períodos de tiempo anuales, que abarca desde el comienzo de la explotación hasta el año 2004. Finalmente y tomando como piezometría de partida, la superficie obtenida por la calibración del modelo anterior, se ha generado un segundo modelo en régimen transitorio correspondiente al año 2005, único año completo del que se dispone de información mensual, el cual se ha utilizado un paso de tiempo mensual.

En los siguientes apartados se describe con más detalle las simulaciones realizadas y los resultados obtenidos.

### **3.3.1 Definición del mallado**

La superficie total que ocupa el sistema de Crevillente (145 km<sup>2</sup>) se ha discretizado en una sola capa con una malla de 35 columnas, con un ancho de columna de 350 m, y 31 filas, con un alto de fila de 500 m cada una de ellas. Las celdas activas ocupan una superficie total de 140 km<sup>2</sup>.

Para la construcción del muro del acuífero se ha tomado los datos necesarios de los trabajos realizados por la Dirección General de Obras Públicas (MOPU. 1982). En el trabajo citado se incluye un mapa de las isohipsas del muro del acuífero para el sector de Crevillente. La superficie construida no representa fielmente la superficie incluida en el citado informe, ya que las grandes diferencias de cota que presenta el muro del acuífero, debido a la presencia de bloques hundidos, junto con el gran tamaño de las celdas del modelo, origina a veces que las celdas se descuelguen en la vertical unas respecto a otras, provocando errores de convergencia matemática. No obstante, y a fin de representar fielmente, en la medida de lo posible, la geometría del acuífero, se han mantenido los valores en los sectores en los que, según la cartografía indicada, el



acuífero presenta un mayor espesor, como es el caso de los sectores de Tolomó y la zona correspondiente a las explotaciones conocidas como galería de los Suizos. En el sector de Argallet no ha sido posible disponer de información geométrica sobre el muro del acuífero, por lo que en este sector la superficie construida corresponde a un muro plano de cota -150 m s.n.m. La superficie del terreno se ha considerado a partir del mapa topográfico escala 1:25.000.

La malla se ha rotado  $35^\circ$  en sentido de las agujas del reloj, con el fin de alinear las filas del mallado con la dirección de las principales estructuras geológicas existentes en la zona de estudio. De esta forma se facilita, por un lado, la adaptación de la distribución de las permeabilidades en el mallado ortogonal a la disposición geológica real, y por otro, se adapta la dirección de la circulación del flujo dentro del modelo, a la que probablemente será la dirección preferencial de circulación en el macizo kárstico, dentro del cual, el desarrollo de los fenómenos de karstificación es mayor en las direcciones paralela y perpendicular de los esfuerzos tectónicos sufridos por la unidad estructural.

En la figura 6 se muestra el mallado del modelo, así como su proyección sobre el mapa geológico del sistema a modelar.



a) Malla colocada sobre el mapa geológico



b) Mallado del modelo

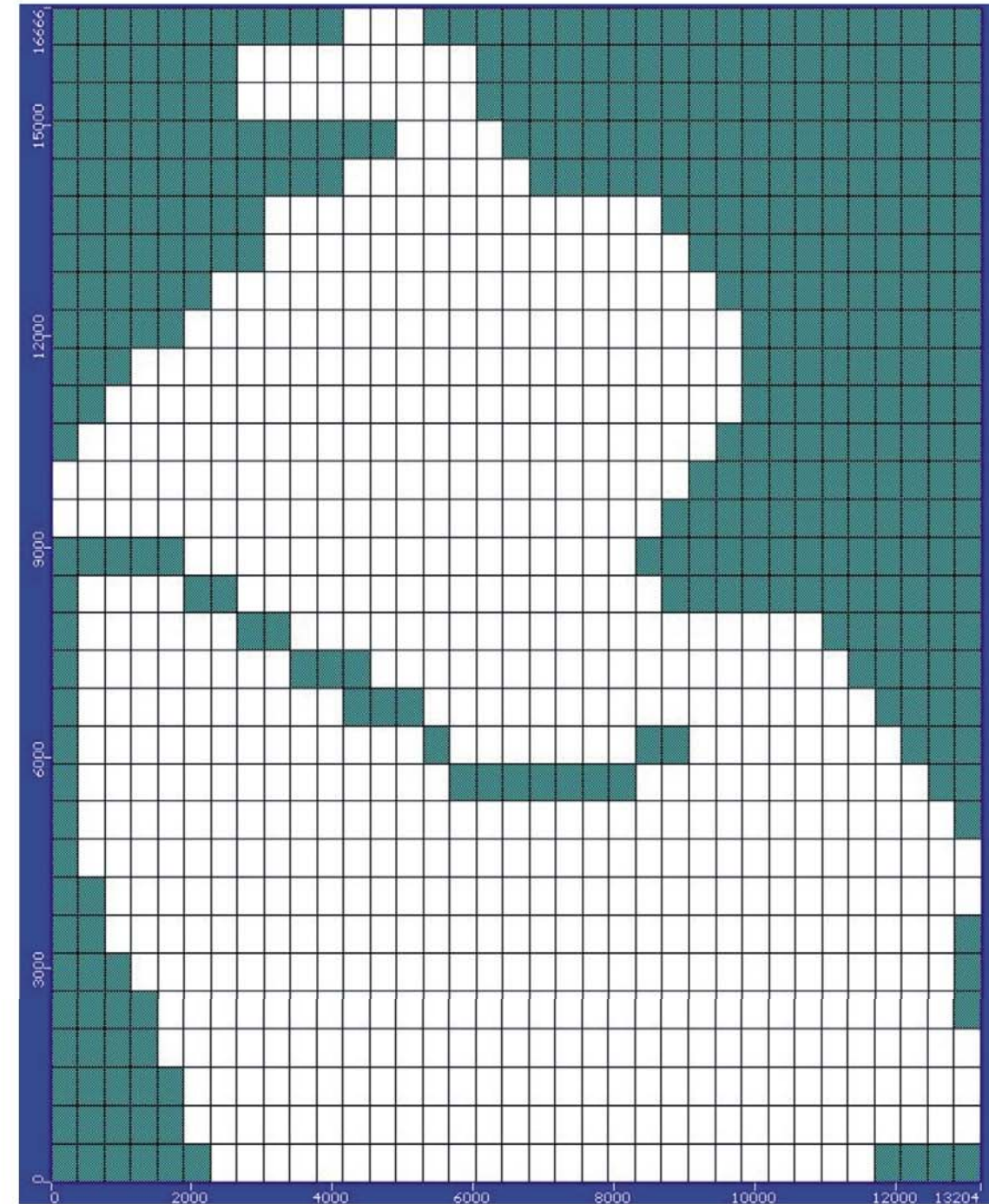


Figura 6. Definición del mallado del modelo



### 3.3.2 Límites del modelo

Los límites del sistema de Crevillente se consideran cerrados, y se corresponden con afloramientos o subafloramientos de las arcillas y yesos del Triásico en facies Keuper, salvo en el límite este, el cual está definido por el contacto entre los materiales del Jurásico y la formación de margas del Cretácico Inferior de carácter impermeable. De esta forma, el límite septentrional del sistema coincide con el frente de cabalgamiento de la unidad subbética sobre los materiales carbonatados de la unidad prebética, que alcanza por el límite oeste hasta la población de Algueña, y por el este hasta las últimas estribaciones orientales de la Sierra de Crevillente. Tal y como se ha indicado en apartados anteriores, el nivel de despegue está constituido por los materiales plásticos de Keuper, los cuales, a la luz de los estudios de índole geológica llevados a cabo en la zona, se encuentran presentes con mayor o menor espesor bajo las formaciones subbéticas y cerrando lateralmente la estructura, aflorando directamente tras el frente de cabalgamiento, como ocurre al norte de la población de La Romana, o subyacente a las formaciones cuaternarias. (ver perfiles hidrogeológicos Argallet 1 y 2, en la Figura 4).

El límite sur coincide con el cordón de Keuper que aflora de forma casi continua a lo largo de la vertiente meridional de la Sierra de Crevillente.

El límite oeste, al sur del núcleo urbano de Algueña, coincide con la presencia de una fractura de dirección norte-sur, a favor de la cual han ascendido los materiales triásicos, los cuales se encuentran en su mayor parte tapizados por los sedimentos cuaternarios, aunque en el extremo más meridional afloran en pequeños retazos. Esta estructura geológica independiza hidráulicamente las formaciones jurásicas que aparecen a ambos lados de la mencionada fractura.

### 3.4 SOFTWARE EMPLEADO

En la resolución de la ecuación fundamental del flujo subterráneo se ha utilizado el código MODFLOW-2000 elaborado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) que simula el flujo subterráneo resolviendo la ecuación por el método de diferencias finitas. El software empleado para el desarrollo del modelo ha sido el paquete informático Visual MODFLOW versión 3.1.0., desarrollado por Waterloo Hydrogeologic Inc.

### 3.5 RÉGIMEN ESTACIONARIO

Con el objetivo último de obtener una piezometría de partida representativa del estado piezométrico existente en el sistema de Crevillente antes del comienzo de la explotación de las aguas subterráneas, se ha generado un primer modelo en régimen permanente.

La información disponible sobre el estado piezométrico del acuífero previo al comienzo de la explotación es muy escasa. Únicamente se conoce que en las primeras perforaciones llevadas a cabo, situadas al sur de la población del Hondón de los Frailes y en el Barranco de Tolomó, situado al sur del Hondón de las Nieves, la piezometría registrada era prácticamente la misma, incluso en sondeos localizados a más de 6 km de distancia, y se situaba en torno a los 260 m s.n.m. (Andreu, 1997).

Estos datos dan indicios de que la transmisividad del acuífero es alta y el gradiente hidráulico, por tanto, bajo en ausencia de explotaciones intensivas.

La generación del modelo en régimen estacionario se ha basado en la hipótesis de funcionamiento hidrogeológico apuntada en el apartado en el que se describe el modelo conceptual, en el que se indica que la única fuente de entrada de agua del sistema corresponde a la recarga procedente del agua de lluvia y el drenaje tendría lugar a favor de descargas puntuales a través de manantiales, localizados en el límite

este del sistema. (Ver figura 5). Por otro lado, se considera que, a la vista de los datos aportados, los valores de transmisividad del acuífero deben ser altos.

### 3.5.1 Condiciones de contorno

Los límites cerrados del acuífero se han modelizado como límites de no flujo, mientras que las salidas en forma de manantial se han simulado utilizando la tercera condición de borde o condición de Cauchy, para lo cual se ha utilizado el módulo dren del programa visual modflow. Esta condición requiere para su modelización un valor de cota de drenaje, que se ha hecho corresponder con la cota topográfica del punto medio de la celda a la que se le ha aplicado esta condición. A su vez, las cotas de estos hipotéticos manantiales se corresponden con los puntos de cota topográfica más baja del contorno del sistema acuífero.

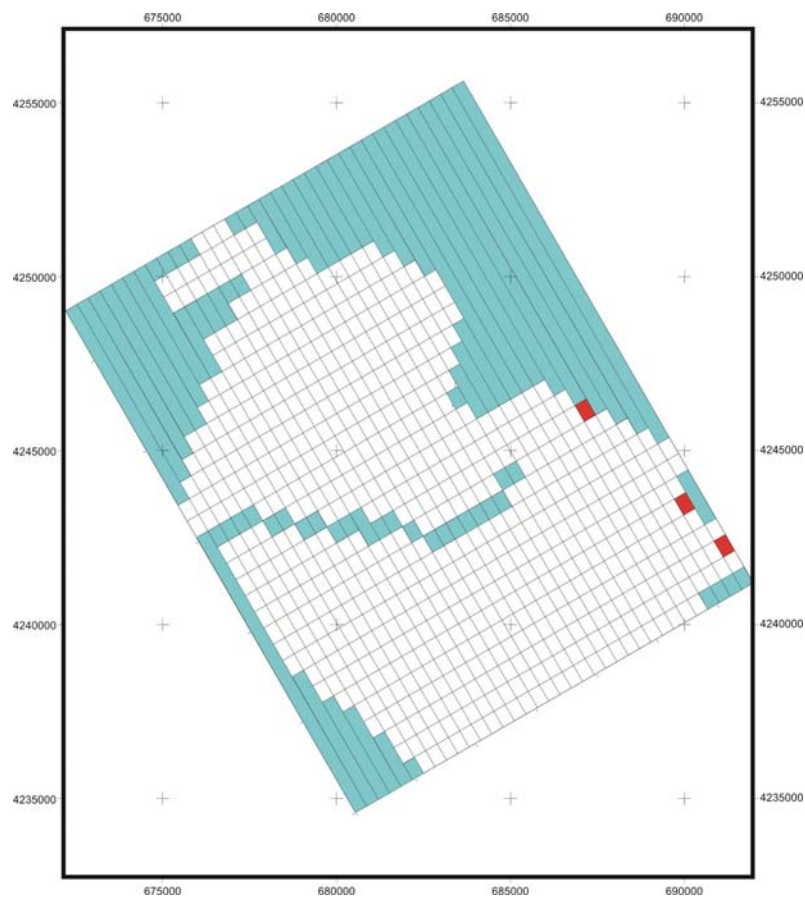


Figura 7. Localización de las celdas con condición de contorno tipo dren

Junto con el valor de la cota de drenaje es necesario indicar un valor de conductancia, el cual representa un concepto similar a la permeabilidad del acuífero e indica la mayor o menor resistencia que encuentra el agua al pasar del sistema acuífero al dren. Depende de varios factores, entre ellos la permeabilidad del dren. En el caso de los manantiales se produce un paso de un medio con una permeabilidad determinada que representa el acuífero o un medio de permeabilidad infinita, que representa el exterior del acuífero, es decir, que no existe prácticamente ninguna resistencia al paso del agua desde el acuífero hacia el exterior. Por esta razón el valor de conductancia asignado a las celdas con condición de dren ha sido un valor muy alto, al fin de representar el paso a un medio de permeabilidad infinita.

### 3.5.2 Recarga

En el régimen natural, previo al comienzo de las explotaciones, la única entrada de agua en el sistema es la procedente de la infiltración directa del agua de lluvia. De la superficie total que abarca el sistema de Crevillente (145 km<sup>2</sup>) únicamente 71,5 km<sup>2</sup> corresponden a afloramientos permeables, 34,5 km<sup>2</sup> en el sector de Crevillente y 37 km<sup>2</sup> en el sector de Argallet. En virtud a los cálculos realizados para estimar la recarga que se incluyen en apartados posteriores, la infiltración media anual en el acuífero es del orden de 55,8 mm/año, lo que supondría una recarga total del sistema del orden de 3,9 hm<sup>3</sup>/año. Este valor de infiltración anual se encuentra dentro de los márgenes establecidos por los valores de infiltración registrados en la bibliografía consultada.

En el modelo realizado la recarga se ha distribuido de forma homogénea en toda la área activa del modelo, la cual ocupa una superficie correspondiente a 140 km<sup>2</sup>. De esta forma y a fin de equiparar el volumen de infiltración anual estimada al volumen de entradas asignadas al modelo se ha introducido un valor de recarga unitaria en cada celda de 28 mm/año.

### **3.5.3 Resultados del modelo en régimen estacionario.**

No ha sido posible disponer, por tanto, de información para la validación del modelo en régimen permanente, por esta razón, el procedimiento empleado ha consistido en generar una primera superficie piezométrica asignando un valor homogéneo de permeabilidad y porosidad a todas las celdas del modelo y los valores de recarga y las condiciones de contorno indicadas. El valor de permeabilidad de partida ha sido de  $10^{-4}$  m/s, lo que considerando un espesor medio del acuífero de 450 m, supone una transmisividad del orden de 3900 m<sup>2</sup>/d. El valor de porosidad asignado al inicio de la calibración ha sido de 0.01%.

Esta primera superficie, se ha introducido como piezometría inicial en el modelo en régimen transitorio generado para modelizar la evolución de la piezometría en el periodo comprendido desde el comienzo de la explotación hasta el año 2004. Una vez se ha considerado calibrado, se ha tomado la distribución de permeabilidades obtenida por calibración de este segundo modelo y se ha reproducido en el modelo en régimen permanente, obteniendo una nueva superficie piezométrica, que se ha considerado como representativa del estado de equilibrio del sistema de Crevillente y la que se estima que reproduce de forma más ajustada las variaciones de gradiente hidráulico del acuífero derivadas de los cambios de transmisividad que se generan por los cambios de espesor de los niveles permeables que constituyen el acuífero.

La superficie piezométrica obtenida para el sistema de Crevillente en el modelo de régimen natural es consecuente con las hipótesis de partida consideradas en el modelo conceptual, tal y como puede observarse en la figura 8. La dirección de flujo principal en el sector de Argallet es hacia el sureste, mientras que en el sector de Crevillente es fundamentalmente hacia el este, siendo el gradiente hidráulico del orden del 1‰.

En la segunda simulación en régimen permanente se obtiene que la transferencia lateral entre el sector de Argallet y el sector de Crevillente es de 1,76 hm<sup>3</sup>/año.

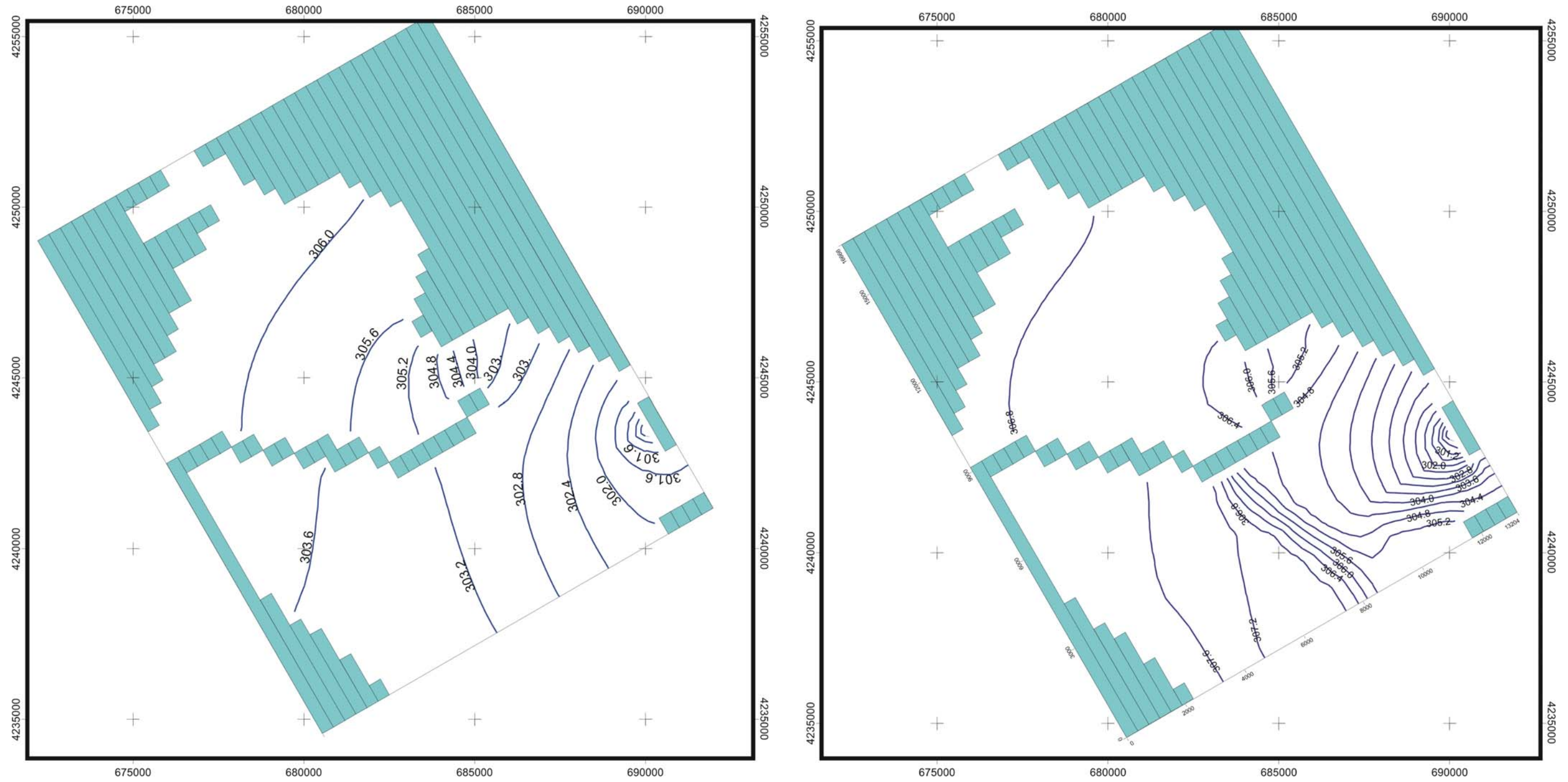
En la tabla 3 se incluye el balance hídrico del sistema de Crevillente en régimen natural obtenido como resultado del modelo matemático.

<b>Sector de Argallet</b>		hm <sup>3</sup> /año	<b>Sector de Crevillente</b>		hm <sup>3</sup> /año
<b>Entradas</b>			<b>Entradas</b>		
	Recarga	1.8		Recarga	2.1
				Transferencias laterales	1.8
	<b>Total</b>	<b>1.8</b>		<b>Total</b>	<b>3.9</b>
<b>Salidas</b>			<b>Salidas</b>		
	Salidas hacia manantiales	0		Salidas hacia manantiales	4.6
	Transferencias laterales	1.8			
	<b>Total</b>	<b>1.8</b>		<b>Total</b>	<b>4.6</b>

Tabla 3. Balance hídrico para el sistema de Crevillente obtenido a partir de la simulación en régimen natural.

Finalmente, esta segunda superficie piezométrica se ha introducido como piezometría inicial en el modelo en régimen transitorio.





- a) Superficie piezométrica obtenida con un valor homogéneo de permeabilidad
- b) Piezometría obtenida en régimen permanente a partir de los valores de permeabilidad obtenidos en la calibración del modelo en régimen transitorio

Figura 8. Piezometría en régimen permanente



### **3.6 CALIBRACIÓN EN RÉGIMEN TRANSITORIO DESDE EL COMIENZO DE LA EXPLOTACIÓN HASTA EL AÑO 2004**

La explotación de los recursos del embalse subterráneo que constituye el sistema de Crevillente comenzó, según la documentación consultada, al inicio de la década de los años cincuenta.

Entre 1959 y 1964 comienza la proliferación de las captaciones en el acuífero que se centran, en el sector de Crevillente, en dos zonas principalmente: en el área occidental, al sur de la Población del Hondón de los Frailes, donde se construye la galería de los Suizos, y en el área oriental, en el Barranco de Tolomó donde se construyen numerosos sondeos. (Andreu,1997).

El primer dato histórico del que se ha sido posible disponer sobre el volumen anual de la explotación del sistema de Crevillente data del año 1966. Por esta razón, el modelo realizado en régimen transitorio abarca un total de 39 años (1966-2005), y se ha elegido un paso de tiempo anual. Tal y como se ha indicado, como superficie piezométrica inicial se ha tomado la resultante de la simulación en régimen natural.

En los siguientes apartados se describe de forma detallada los valores asignados a las celdas de la malla y los resultados obtenidos en la calibración del modelo.

#### **3.6.1 Distribución espacial de los parámetros hidráulicos**

El estudio geológico realizado junto con el mapa de isohipsas del muro del acuífero muestran que existen variaciones considerables del espesor del acuífero, que no ha sido posible reflejar en el modelo debido a las causas mencionadas con anterioridad.

Con objeto de representar las variaciones de transmisividad en el acuífero que suponen las variaciones del espesor, durante el proceso de calibración se han definido varias zonas en las que se ha variado la permeabilidad con respecto al valor general asignado

al resto del acuífero, de modo que los valores de transmisividad resultantes se aproximen en lo máximo posible a los valores reales.

En la figura 9 se ha incluido un mapa de espesores, el cual se ha obtenido restando al MDT del terreno la superficie obtenida a partir del mapa de isohipsas del muro del acuífero, en el sector de Crevillente. En el sector de Argallet, en el que no se dispone de información geométrica del muro, el espesor del acuífero se ha estimado considerando una superficie plana para el muro situada a cota -150 m s.n.m.

Como se observa en la figura 9, las zonas en las cuales el acuífero tiene menor espesor son: el área más occidental del sector de Crevillente situado al norte de Hondón de los Frailes, y la zona central del mismo, entre las poblaciones de Hondón de Los Frailes y de Las Nieves. En las zonas donde se concentran las explotaciones del Barranco de Tolomó (al sur del Hondón de Las Nieves) y en la ubicación de los sondeos de las Galianas y la Galería de los Suizos (este y su del Hondón de Los Frailes respectivamente), los espesores son superiores. Para mantener valores de transmisividad similares en todo el sector, durante el proceso de calibración se han utilizado valores de permeabilidad mayores en aquellos sectores en los que el espesor del acuífero son menores. La distribución de permeabilidades alcanzada una vez se ha considerado calibrado el modelo se muestra en la figura 10.

Por otro lado, en el proceso de calibración de la porosidad, se ha tenido en cuenta las siguientes observaciones:

-La zona central del sector de Crevillente geológicamente corresponde a un anticlinorio, por lo que es previsible que los esfuerzos distensivos a los que han sido sometidos los materiales carbonatados jurásicos hayan dado lugar a un mayor número de fracturas abiertas que favorecen los fenómenos de disolución y aumentan por tanto la porosidad. Un efecto similar puede suceder en el sector de Argallet, inmediatamente al norte del afloramiento de Keuper que independiza ambos sectores (ver corte Crevillente 2, Figura 4).

- Por el contrario, en la vertiente meridional de la Sierra de Crevillente las formaciones calizas presentan un fuerte buzamiento, disponiéndose casi verticales en la zona oriental. Esta estructura ha sido generada por procesos compresivos que muy probablemente hayan dado lugar a una disminución de la porosidad (ver corte Crevillente 1, Figura 4).

De esta forma, en las zonas distensivas se ha asignado un valor superior de porosidad, (entre 3,7 y 3,5 %) mientras que en las zonas compresivas se ha asignado valores ligeramente inferiores de porosidad (0,7%). La disposición final obtenida para este parámetro, una vez se ha considerado calibrado el modelo, puede verse en la figura 11.

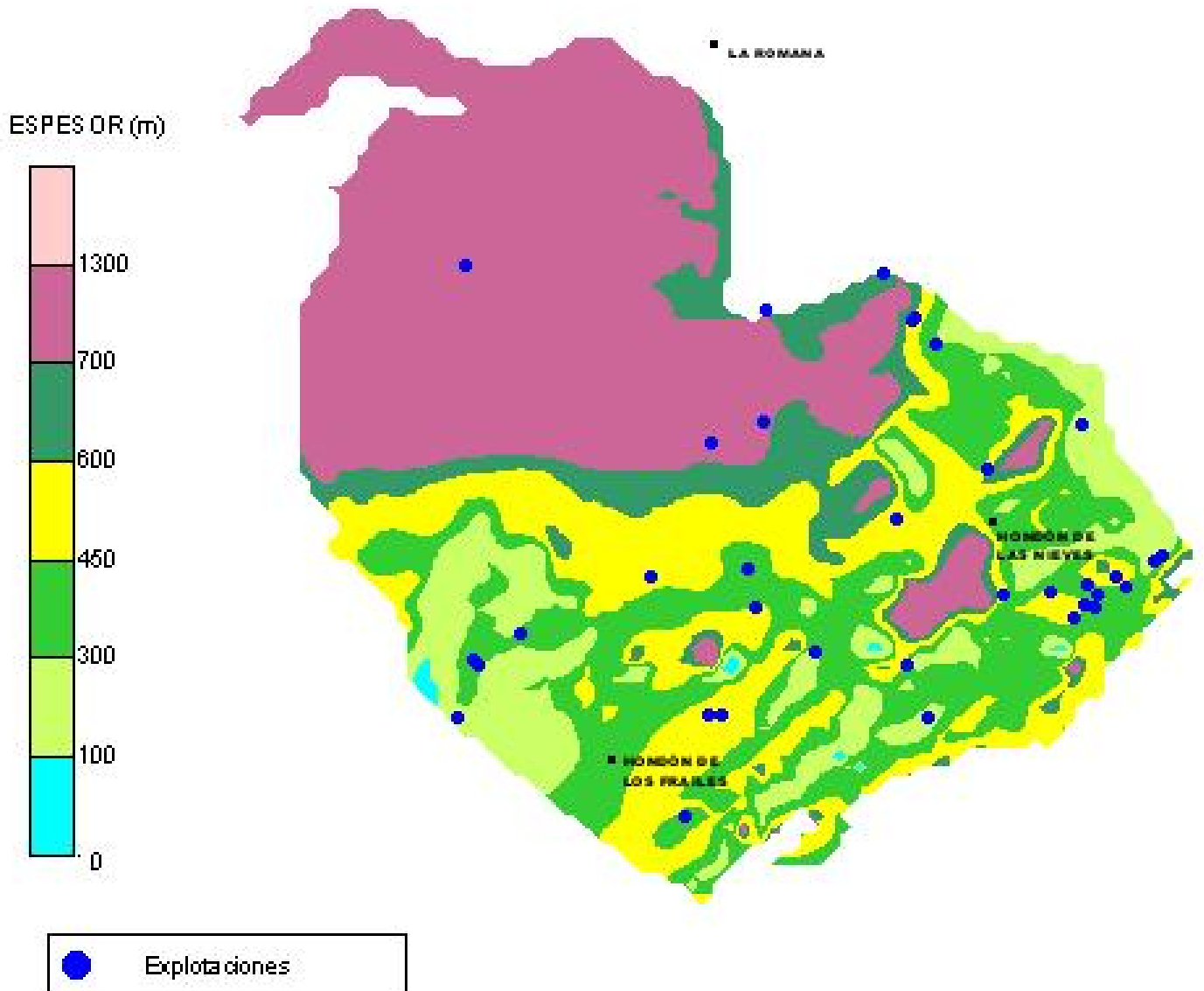


Figura 9. Mapa de espesores del acuífero de Crevillente.

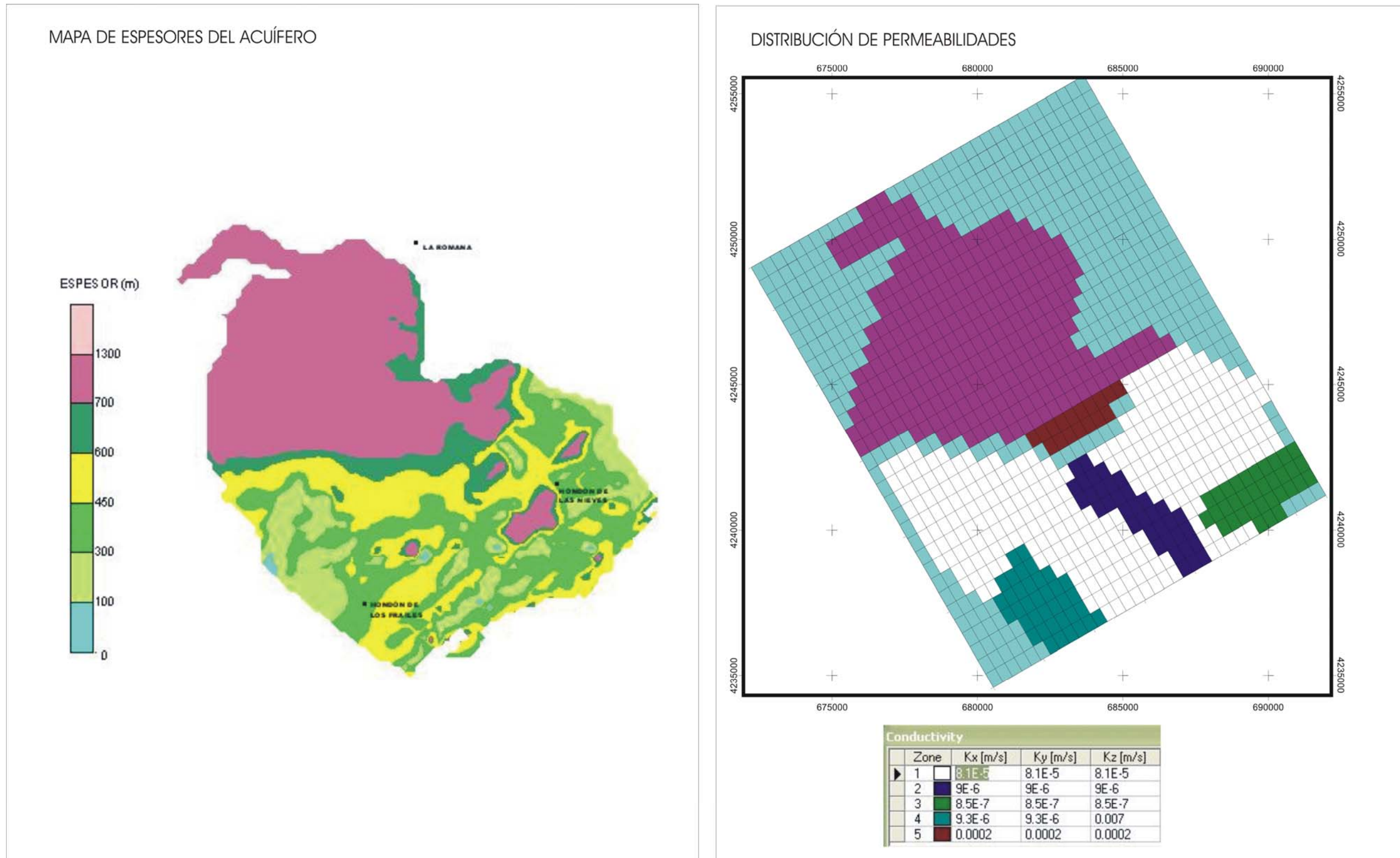


Figura 10. Distribución espacial de la permeabilidad y mapa de espesores del acuífero de Crevillente.



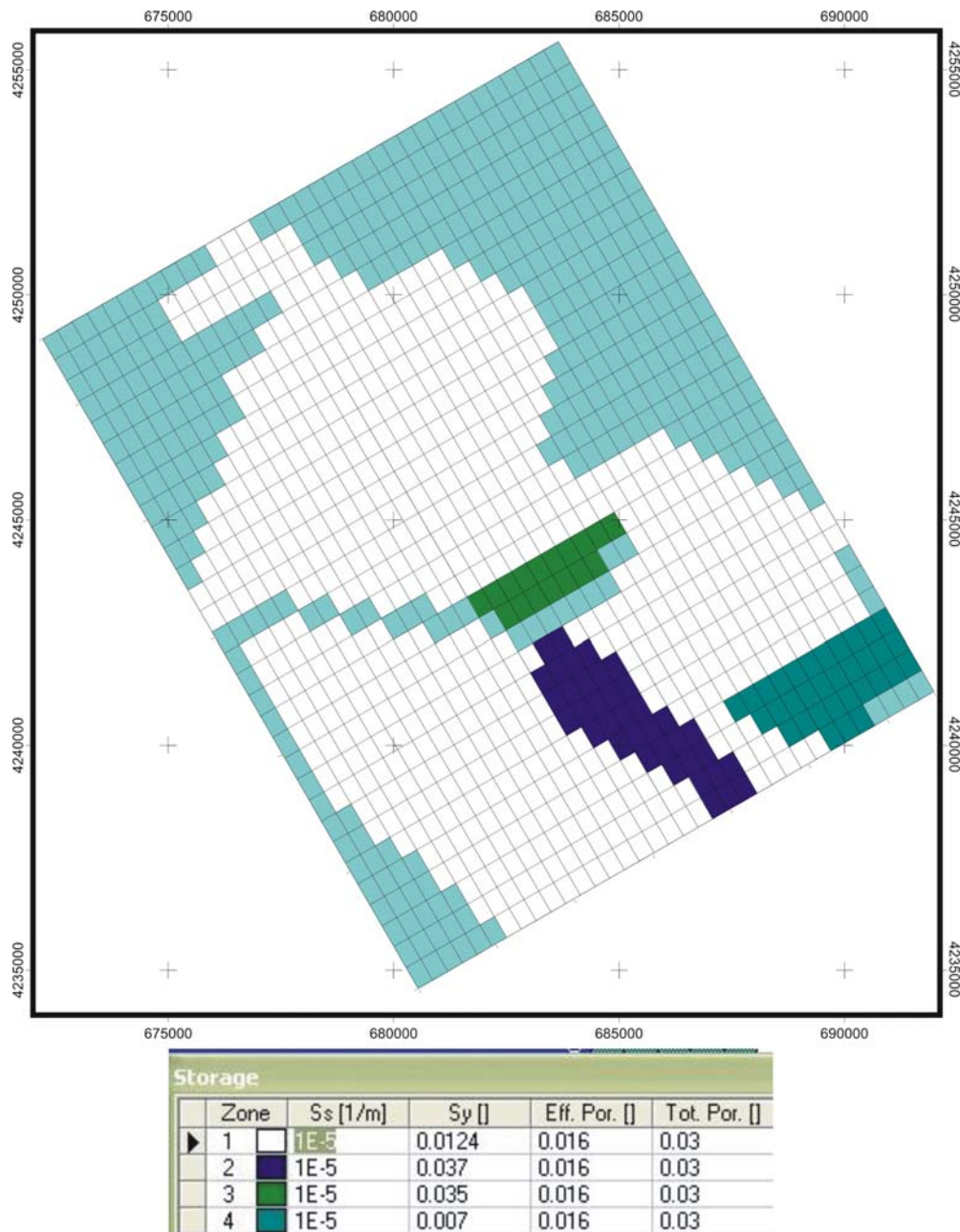


Figura 11. Distribución espacial de la porosidad.

### 3.6.2 Recarga

En régimen influenciado la recarga del sistema de Crevillente está constituida, por un lado, por la infiltración del agua de lluvia, y por otro, por los retornos de riego a través

de las zonas agrícolas, que se ubican sobre las depresiones existentes entre los sistemas montañosos presentes dentro de los límites del sistema acuífero modelizado. A continuación se describe el procedimiento llevado a cabo para calcular el valor de cada uno de dichos factores.

### **Recarga por infiltración.**

Con objeto de estimar el valor de la recarga procedente de la infiltración directa del agua de lluvia sobre los afloramientos permeables se ha empleado el modelo de precipitación-escorrentía desarrollado por Téméz, en el cual, a partir de una serie de precipitación y temperatura, se calcula el excedente total de la cuenca descomponiéndolo en sus dos componentes fundamentales: la escorrentía superficial (E) más la infiltración (I) a través del suelo.

El modelo de Temez original se ha modificado para determinar la escorrentía subterránea, calculando las salidas de los acuíferos kársticos a través de descargas puntuales (manantiales), mediante una formulación basada en la curva de agotamiento de Maillet.

$$Qf_i = Qf_{i-1} \cdot e^{-\alpha\Delta t} + K \cdot \frac{I}{\Delta t} \cdot S_{per} \cdot (1 - e^{-\alpha\Delta t}) \quad (1)$$

$$A_s = Q_f \Delta t \quad (2)$$

donde:

$Q_{fi}$ : caudal subterráneo en un intervalo de tiempo determinado

$Q_{fi-1}$ : caudal subterráneo en el intervalo de tiempo anterior

$A_s$ : aportación subterránea

$S_{per}$ : superficie permeable

$K$ : factor que depende de las unidades consideradas. Para  $Q_f$  en l/s,  $I$  en mm,  $\Delta t$  en días (30 días) y  $S_{per}$  en km<sup>2</sup>, este factor vale  $3,858 \cdot 10^{-7}$

Según el modelo de Temez, la escorrentía total que recibe el río en el intervalo de tiempo de cálculo considerado será la suma de la escorrentía superficial directa (E) más la aportación subterránea ( $A_F$ ), la cual se calcula mediante la expresión:

$$A_F = A_{min} + (1 - \beta)I \quad (3)$$

donde:

$A_{\min}$ : escorrentía mínima (agotamiento de las reservas de los embalses subterráneos existente al inicio del intervalo de simulación)

$$A_{\min} = \frac{Q_{f_{i-1}}}{\alpha} (1 - \beta^2) \quad (4)$$

$Q_{f_{i-1}}$ : caudal subterráneo en el intervalo de tiempo anterior

$\beta$ : factor que depende del factor de agotamiento del acuífero ( $\alpha$ ) y la duración del intervalo de tiempo considerado (1 mes en este caso)

$$\beta = e^{-\alpha D/2} \quad (5)$$

$\alpha$ : factor de agotamiento de la capa freática

D: duración del intervalo de tiempo (paso de discretización temporal)

I: infiltración (aumento de las reservas de la capa freática)

La aportación que recibe una cuenca en un determinado punto de su cauce principal vendrá dada por la expresión:

$$A_T = A_{\min} + T - \beta I \quad (6)$$

T: Excedente de agua (mm). El excedente total de la cuenca es igual a la suma de la escorrentía (E) y la infiltración (I).

La aportación freática proporcionada por el método de Temez (expresión 3) se descompondría en dos componentes:

- Escorrentía subterránea ( $A_S$ )
- Escorrentía hipodérmica ( $A_H$ ):
  - Si  $A_S > A_F$ , entonces  $A_H = A_F - A_S$
  - Si  $A_S = A_F$ , entonces  $A_H = 0$

Y por tanto:

$$A^*_F = A_S + A_H \quad (7)$$

donde:



$A^*_F$ : aportación subterránea, cuyo cálculo se apoya en el propuesto por Temez y la fórmula de Maillet ( $A^*_F > A_F$ )

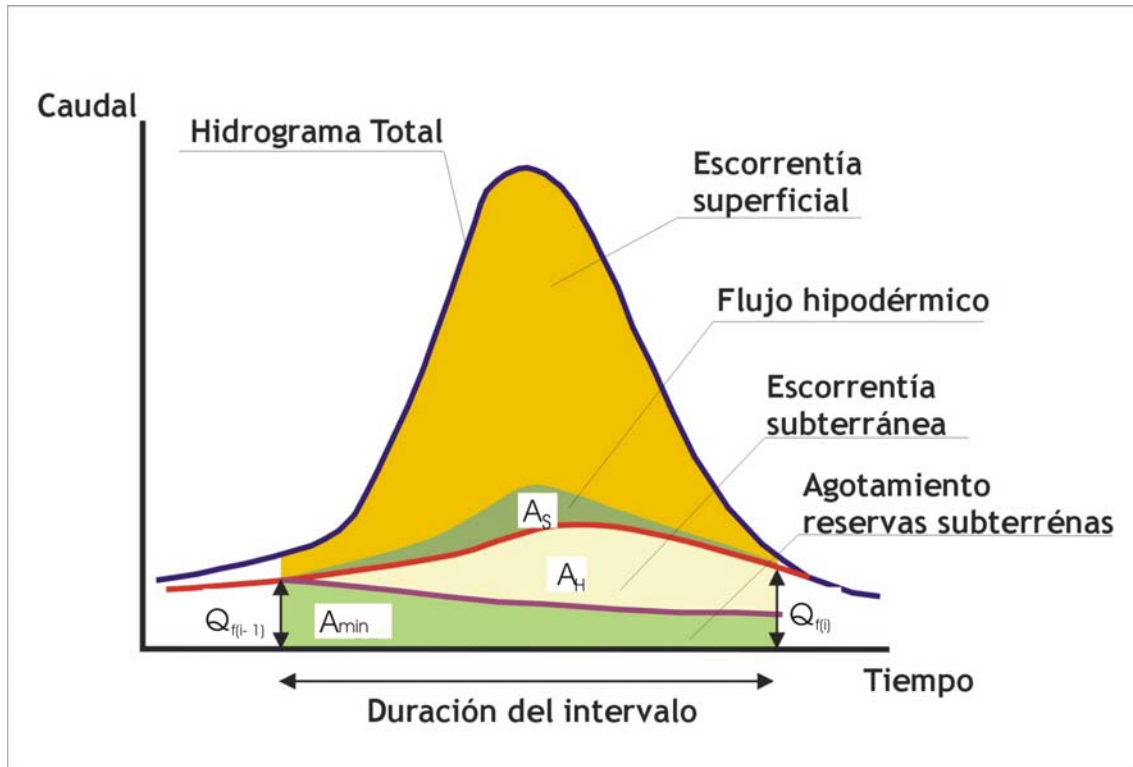


Figura 12. Componentes de la aportación en un intervalo de tiempo (modelo Temez modificado)

Para el cálculo de la escorrentía superficial estricta se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Si } A_T > A^*_F, \text{ entonces } A_E = A_T - A^*_F = A_T - (A_S + A_H)$$

$$\text{Si } A_T \leq A^*_F, \text{ entonces } A_T = 0$$

Y en cualquier caso:

$$A_T = A_E + (A_S + A_H) \quad (8)$$

Estas escorrentías son específicas, por superficie de cuenca, de tal manera que para el cálculo de la aportación subterránea se utiliza sólo la superficie de materiales

permeables ( $S_{per}$ ), para la escorrentía hipodérmica la de materiales impermeables ( $S_{imp}$ ) y para la aportación superficial la totalidad de la superficie considerada ( $S_T = S_{per} + S_{imp}$ ).

$$V_T = A_E \cdot S_T + A_S \cdot S_{per} + A_H \cdot S_{imp} \quad (9)$$

El modelo de Temez exige, para su aplicación, de una serie de datos de partida que son los siguientes:

- Factor C. Sirve para obtener el valor del umbral de precipitación  $P_0$  a partir del déficit de humedad del suelo ( $P_0 = C \cdot (H_{m\acute{a}x} - H_{i-1})$ ), presenta valores próximos a 0,30.
- Coeficiente  $\alpha$ : factor de agotamiento del acuífero a considerar en el cálculo de los caudales asociados a la escorrentía subterránea.
- Coeficiente  $\beta$ : ligado al factor de agotamiento. Toma valores comprendidos entre 0 y 1, si bien suele variar entre 0,60 y 0,80.
- $H_{m\acute{a}x}$ (mm): capacidad de retención de humedad del suelo, aumentando de acuerdo con la coexistencia de circunstancias que facilitan la retención superficial del agua.
- $I_{m\acute{a}x}$  (mm): máxima infiltración posible, que no depende exclusivamente de las condiciones del terreno, sino de la intensidad y concentración de las precipitaciones. Respecto a este parámetro y al objeto de considerar el significativo contraste que existe en las cuencas simuladas entre los afloramientos permeables y los impermeables, y no considerando aspectos relacionados con la intensidad y concentración de las precipitaciones, se procedió a contabilizar de forma diferenciada las superficies de las formaciones que constituyen los acuíferos principales ( $S_{per}$ ) de las superficies asociadas a los impermeables ( $S_{imp}$ ), de forma que la  $I_{m\acute{a}x}$  de una determinada cuenca o subcuenca se obtuvo como promedio ponderado de la infiltración máxima en los acuíferos ( $I_{aq}$ ) y en los impermeables ( $I_{nq}$ ), utilizando la siguiente expresión:

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{(S_{per} I_{aq} + S_{imp} I_{nq})}{(S_{per} + S_{imp})} \quad (10)$$

Las modificaciones del funcionamiento hidrogeológico sufridas en el sistema de Crevillente como consecuencia del régimen de explotaciones ha provocado el descenso del nivel piezométrico general por debajo de la cota de las surgencias naturales del sistema, dando lugar a la desaparición de los manantiales.

El sector de Chicamo, perteneciente al sistema de Quibas, adyacente al sistema de Crevillente (ver figura 13), constituye un acuífero carbonatado en el que las formaciones permeables se corresponden con los materiales que conforman el sistema de Crevillente, esto es, las formaciones calizo-dolomíticas del Jurásico Inferior y Medio. Este acuífero responde a un sistema kárstico que se descarga a través del manantial de Chicamo, localizado al sur del sector y del que existe un registro histórico de aforos en la base de datos AGUAS del IGME (Registro nº 273530001) que abarca desde el año 1973 hasta casi la actualidad. Dada la proximidad de este sector y la patente similitud de las formaciones geológicas que lo constituyen con las del sistema modelizado, se ha aplicado el modelo de precipitación-escorrentía en el sector de Chicamo para estimar la recarga procedente de la infiltración y extrapolar los resultados a los sectores de Argallet y Crevillente.

Los datos climáticos utilizados en el estudio corresponden a la estación nº 7247 (Pinoso.C.H. Segura), perteneciente a la red oficial del Instituto Nacional de Meteorológica, cuyas características se recogen en la tabla 4:

CÓDIGO	ESTACIÓN	TIPO	LONGITUD	LATITUD	COTA	PROVINCIA
7247	PINOSO C H SEGURA	P/T	-1.04	38.4	574	ALICANTE

Tabla 4. Estación meteorológica nº 7247

Los datos climáticos empleados corresponden a la serie de precipitaciones mensuales y de temperatura media mensual registradas en el periodo comprendido entre octubre de 1945 hasta mayo de 2006.

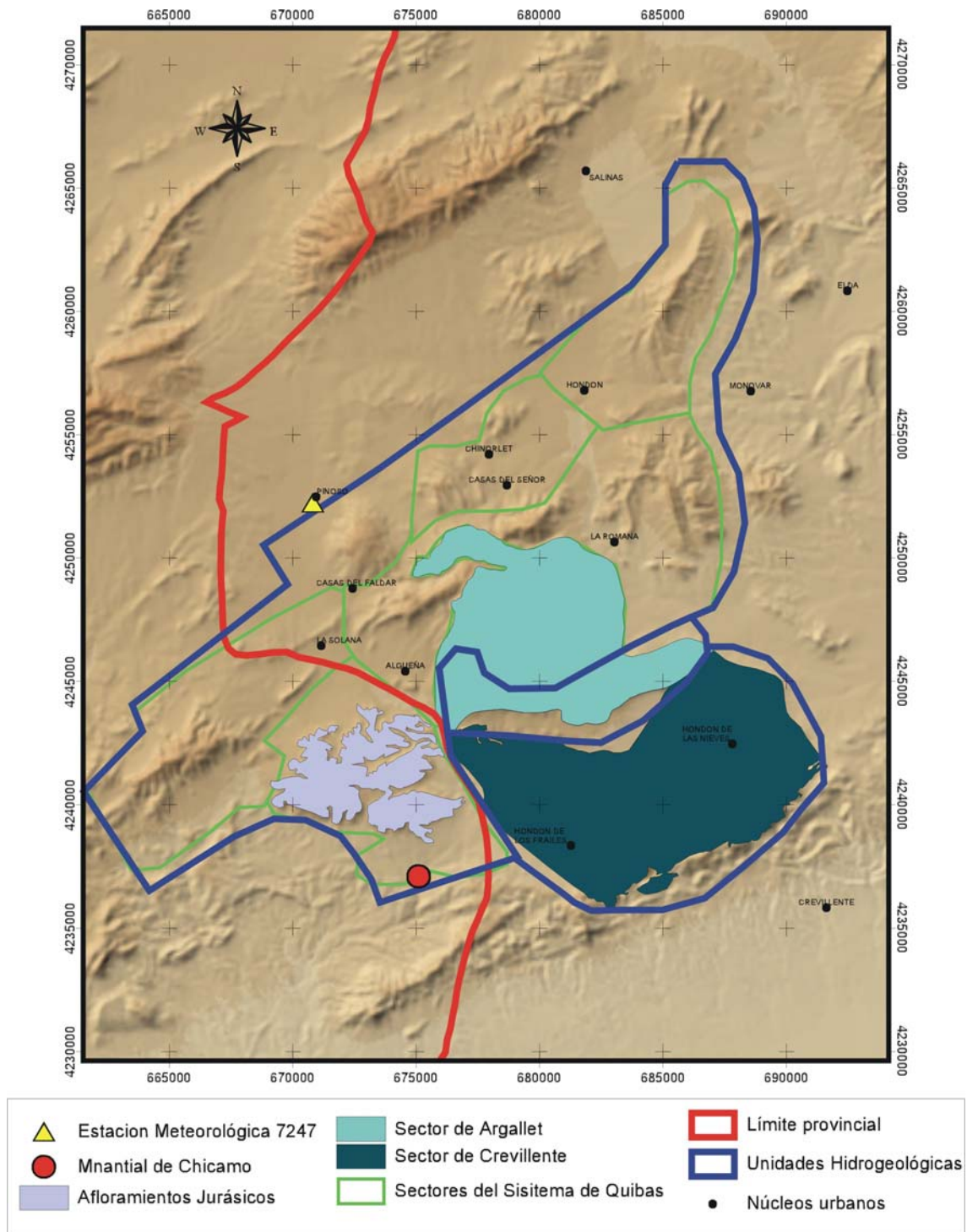


Figura 13. Localización del sector de Chicamo

En la tabla 5 se incluyen los parámetros del modelo de Temez que definen la cuenca de recepción del acuífero de Chicamo obtenidos mediante la aplicación de la metodología indicada y calibrados con la serie de aforos del manantial del Chicamo.

<b>S.permeable (km<sup>2</sup>)</b>	22.0
<b>S.impermeable (km<sup>2</sup>)</b>	40.0
<b><math>\alpha</math> (días<sup>-1</sup>)</b>	0.002
<b>Hmax (mm/mes)</b>	45.0
<b>Imax (mm/mes)</b>	200.0
<b>C</b>	0.3
<b>q<sub>0</sub> (l/s)</b>	20.0

Tabla 5. Parámetros de modelo de Temez para el sector de Chicamo

De los resultados obtenidos en el modelo de precipitación escorrentía aplicado y una vez se considera calibrado, se obtiene para la serie analizada que la infiltración media para el sector acuífero de Crevillente es de 55,8 mm/año, lo que supone un volumen de recarga anual para el sector de Argallet de 2,03 hm<sup>3</sup>/año, y para el sector de Crevillente de 1,89 hm<sup>3</sup>/año.

En la tabla 6 se muestra la distribución mensual de la infiltración obtenida.

Infiltración mensual (mm/mes)			
Octubre	14.42	Abril	4.82
Noviembre	6.41	Mayo	4.22
Diciembre	4.15	Junio	5.89
Enero	1.74	Julio	0.38
Febrero	2.85	Agosto	2.15
Marzo	2.68	Septiembre	6.34
<b>Total</b>		<b>55.81</b>	

Tabla 6. Valores de infiltración mensuales promedio

En la tabla 7 se muestran los resultados de la infiltración calibrada para toda la serie estudiada.

AÑOS	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	ANUAL
1945-46	0.16	4.71	0.00	7.38	0.00	2.68	51.03	8.16	0.00	0.00	0.00	0.00	74.12
1946-47	10.04	47.58	5.72	4.54	0.58	0.96	0.00	17.67	0.00	0.00	3.02	35.25	125.35
1947-48	6.28	2.69	0.00	4.40	12.02	0.93	9.08	2.34	0.00	0.00	0.00	0.00	37.74
1948-49	46.65	0.00	0.00	1.92	17.27	21.01	8.07	0.89	15.03	0.00	5.98	0.00	116.83
1949-50	0.00	0.00	19.28	13.97	0.00	0.00	0.65	9.56	0.00	0.00	12.44	0.00	55.90
1950-51	40.25	0.00	0.00	5.28	0.00	4.20	38.61	0.10	0.13	0.00	11.51	22.17	122.26
1951-52	38.49	3.17	46.48	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.14	1.60	96.73
1952-53	12.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.36	0.00	30.29	3.75	0.00	0.00	48.71
1953-54	37.87	1.48	0.00	0.00	1.59	0.71	17.51	0.00	10.97	0.00	0.00	0.00	70.14
1954-55	3.87	0.00	0.22	0.00	0.00	0.64	0.19	16.91	0.44	0.00	3.61	0.30	26.18
1955-56	0.00	2.14	0.03	3.10	1.03	0.45	0.75	7.40	0.00	0.00	0.57	0.00	15.46
1956-57	14.03	18.87	0.00	0.74	0.00	0.00	8.40	12.62	0.50	0.00	0.00	0.00	55.15
1957-58	55.55	2.02	0.16	1.69	0.00	0.00	2.66	4.56	0.00	0.00	0.00	0.00	66.64
1958-59	27.88	1.47	5.10	0.37	18.70	1.56	0.00	27.47	0.00	0.00	0.00	59.00	141.56
1959-60	23.93	0.66	0.00	10.32	2.94	0.00	8.90	1.54	12.44	0.00	0.00	0.00	60.72
1960-61	19.66	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00	4.86	0.48	8.85	0.00	0.00	0.00	34.67
1961-62	0.00	11.21	0.00	0.00	0.00	4.84	3.93	1.47	1.98	0.00	0.24	0.00	23.67
1962-63	55.71	25.90	0.00	0.28	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.94	0.00	90.86
1963-64	0.00	0.00	0.58	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	1.61	0.53	0.00	0.01	2.75
1964-65	7.65	0.27	33.46	0.00	9.97	0.00	0.11	0.00	8.44	0.00	2.30	6.07	68.28
1965-66	39.27	1.88	11.03	1.04	0.51	0.00	6.90	0.59	37.64	0.00	0.00	5.35	104.20
1966-67	24.54	0.00	0.00	0.00	3.09	0.00	12.92	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	40.82
1967-68	5.48	27.40	0.00	3.78	1.46	1.76	0.00	0.42	24.04	0.00	0.00	0.00	64.34
1968-69	0.00	2.02	3.53	3.76	1.87	3.69	2.83	0.30	10.88	0.00	3.01	0.00	31.90
1969-70	43.92	4.86	0.00	2.34	0.00	0.29	0.52	0.00	3.33	0.00	0.00	0.00	55.26
1970-71	9.87	0.00	0.00	0.00	0.00	14.34	3.90	2.57	0.00	1.87	0.00	1.94	34.50
1971-72	20.13	13.59	31.26	1.88	0.00	4.82	0.02	8.25	0.00	0.00	0.78	42.72	123.46
1972-73	45.75	53.46	0.00	0.00	0.00	18.38	0.00	0.00	26.65	0.00	0.00	1.05	145.29
1973-74	17.28	0.00	2.55	0.00	1.88	1.67	6.71	0.00	0.00	0.51	12.41	0.00	43.00
1974-75	22.15	0.00	0.00	0.00	0.33	17.17	1.75	10.67	18.82	0.00	10.01	0.00	80.89
1975-76	0.04	0.00	1.81	0.00	0.10	0.00	2.72	8.53	6.24	0.00	32.03	0.16	51.63
1976-77	15.91	0.00	8.57	3.33	0.00	0.07	0.40	15.61	0.48	0.01	0.00	0.42	44.81
1977-78	0.05	3.81	0.00	0.06	0.00	0.01	0.49	0.92	3.06	0.00	0.00	0.00	8.40
1978-79	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.83	5.64	0.00	2.37	10.95
1979-80	14.36	0.00	0.00	11.83	6.53	0.00	18.08	2.68	0.00	2.47	0.00	0.00	55.95
1980-81	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	10.52	0.16	3.92	0.00	0.00	0.00	14.65
1981-82	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.61	2.71	10.79	0.00	0.00	0.00	0.00	14.18
1982-83	60.39	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	61.59
1983-84	0.00	9.77	0.00	0.00	0.00	0.15	0.01	5.23	0.00	0.00	0.00	0.00	15.17
1984-85	0.29	15.23	0.00	0.00	3.90	0.00	0.00	12.40	0.00	0.00	0.00	0.00	31.82
1985-86	0.00	2.01	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	8.01	0.00	15.93	26.71
1986-87	44.91	1.22	0.00	0.00	1.16	0.00	0.00	1.36	0.00	0.00	0.00	0.00	48.66
1987-88	2.18	34.30	1.68	1.22	3.84	0.00	4.68	1.50	53.26	0.00	0.00	0.36	103.01
1988-89	13.25	30.25	0.00	0.08	0.00	24.34	0.00	0.22	17.69	0.00	8.43	94.73	188.98
1989-90	0.00	4.46	8.62	1.23	0.00	0.21	0.91	6.62	0.00	0.00	0.00	0.00	22.05
1990-91	3.58	0.00	0.00	0.00	4.55	16.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	24.74
1991-92	9.88	0.00	0.00	0.00	25.69	0.46	0.00	2.96	32.89	0.00	0.00	0.00	71.87
1992-93	0.19	0.00	0.23	0.00	41.83	7.02	2.96	2.77	0.68	0.00	0.00	0.00	55.67
1993-94	0.00	1.79	0.80	0.00	0.00	0.00	3.35	0.00	0.00	0.00	5.93	0.00	11.86
1994-95	19.82	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.56	0.00	0.44	0.00	28.92
1995-96	0.00	0.00	9.00	0.47	1.32	0.00	1.87	2.73	0.00	0.00	11.10	0.00	26.50
1996-97	0.68	19.67	12.57	8.47	0.00	1.83	24.56	0.43	1.29	0.00	0.00	36.79	106.28
1997-98	0.46	6.65	3.11	1.43	0.00	3.64	0.01	2.51	0.00	0.00	0.10	0.00	17.90
1998-99	0.00	5.36	16.00	0.00	0.00	1.99	0.00	0.00	0.00	0.00	9.17	0.00	32.52
1999-00	9.88	0.12	0.36	0.01	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.51
2000-01	38.00	0.66	0.28	0.60	6.85	0.00	4.35	13.85	0.00	0.00	11.45	0.00	76.04
2001-02	9.64	15.18	19.86	0.00	0.00	0.57	10.72	6.74	12.27	0.00	20.17	0.04	95.19
2002-03	0.10	7.57	2.42	0.00	3.19	0.00	1.03	5.08	0.00	0.00	0.00	0.06	19.47
2003-04	7.50	2.74	3.67	0.00	0.09	6.33	5.64	9.27	1.35	0.00	0.00	0.00	36.60
2004-05	0.00	0.00	3.81	0.00	0.39	0.00	2.71	0.00	0.30	0.00	2.22	0.00	9.42
2005-06	0.00	2.01	0.00	8.31	0.00	0.00	3.46	11.18	0.00	0.00	0.00	0.00	24.96
MINIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.75
25%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.95
MEDIANA	22.15	5.36	3.53	1.92	1.87	1.83	4.86	7.40	7.03	0.00	0.11	2.26	74.12
PROMEDIO	14.42	6.41	4.15	1.74	2.85	2.68	4.82	4.22	5.89	0.38	2.15	6.34	55.81
75%	22.15	5.36	3.53	1.92	1.87	1.83	4.86	7.40	7.03	0.00	0.11	2.26	74.12
MAXIMO	60.39	53.46	46.48	13.97	41.83	24.34	51.03	27.47	53.26	8.01	32.03	94.73	188.98
DE SV. EST.	17.56	11.56	9.00	3.15	7.06	5.64	9.04	5.82	11.03	1.38	5.53	16.38	40.51
CV	1.22	1.80	2.17	1.82	2.48	2.10	1.88	1.38	1.87	3.62	2.58	2.58	0.73

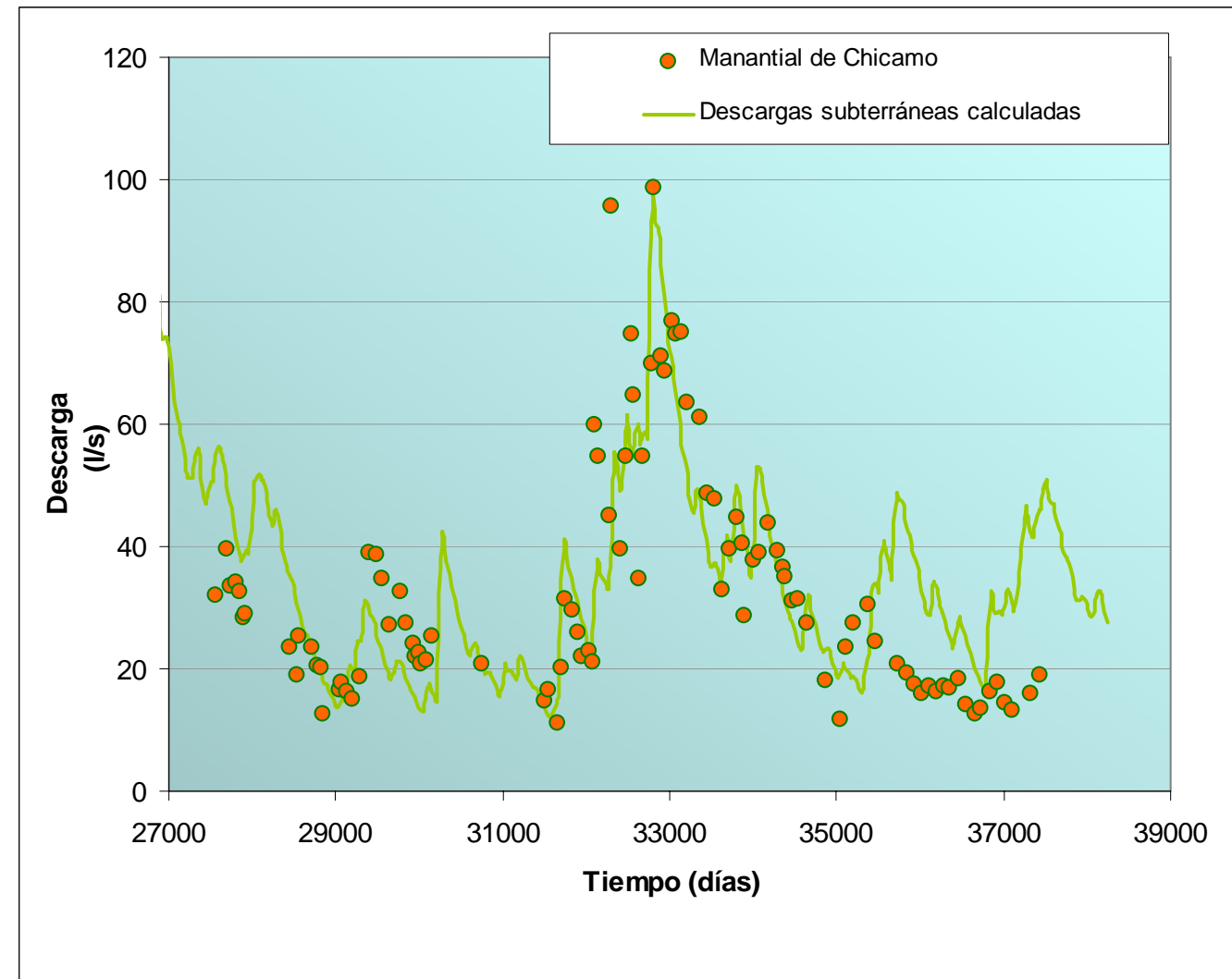


Tabla 7. Resultados de la calibración del modelo de precipitación escorrentía. Serie de infiltración (mm/mes)



## **Retornos de riego**

Dentro de los límites del sistema de Crevillente existe un total de 3.950 ha de uso agrícola que se abastecen con agua procedente de los recursos del embalse subterráneo de Crevillente, de los cuales únicamente 480 ha se localizan en el sector de Argallet, mientras que las 2.750 ha restantes se localizan en el sector de Crevillente, entre las poblaciones de Hondón de las Nieves y Hondón de Los Frailes.

En el Plan Hidrológico del Segura se estima que la dotación media de los cultivos de esta zona es del orden de 3.500 m<sup>3</sup>/ha/año y que los retornos de riego provocados por los fallos del sistema de riego y por el exceso de riego son de aproximadamente un 10 % del riego total.

Aplicando estas cifras a la zona de estudio se obtiene que el volumen de agua que retorna al sistema por este concepto es del orden de 1,05 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales 0,16 hm<sup>3</sup>/año estarían circunscritos a los cultivos del sector de Argallet y los 0,96 hm<sup>3</sup>/año restantes a los cultivos del sector de Crevillente, lo que supone un incremento de la recarga en las zonas en las que se ubican los terrenos de cultivo de 2,85 mm/año y 12 mm/año respectivamente.

### **3.6.3 Datos considerados en la calibración**

#### **Puntos de agua**

La información referente a los puntos de agua del sistema de Crevillente procede, por un lado, de las bases de datos de la Diputación de Alicante y del Instituto Geológico y Minero de España, y por otro del inventario de puntos de agua incluida en la Tesis Doctoral "Contribución de la sobreexplotación al conocimiento de los acuíferos kársticas de Crevillente, Cid y Cabeço D'or (Provincia de Alicante)". (Andreu, 1997.). Esta información ha sido completada finalmente con el inventario de puntos de agua más reciente, recogido en la "Asistencia Técnica para la delimitación física de los límites

geológicos de los acuíferos de Crevillente y Quibas, en la provincia de Alicante, con vistas a la realización de un modelo matemático de flujo de los mismos" (IGME, 2007).

Lógicamente, muchos de los puntos de agua son coincidentes en las distintas fuentes consultadas, aunque en ocasiones existen discrepancias en cuanto a la localización exacta, la cota del terreno, etc. Por esta razón, ha sido necesario realizar un proceso de homogeneización de la información, previa a la utilización de la misma.

El total de puntos de agua identificados en el área de estudio son 57 y corresponden en su totalidad a sondeos. La mayor parte de los puntos de agua se agrupan en 6 sectores de explotaciones en los que se ha registrado un historial piezométrico similar. El resto de captaciones se encuentran dispersas por el acuífero y en su mayor parte abandonadas. La relación de los mismos se acompaña en la tabla 8, y su localización geográfica, en la figura 14. Los sectores de explotación son los siguientes:

**-Sector de explotación Sierra de Cava:** Pertenece al sector acuífero de Argallet y se encuentra justo al norte del afloramiento de arcillas y yesos del Keuper que separa los dos sectores acuíferos que configuran el sistema de Crevillente. En él se han incluido los sondeos identificados con el número de punto 32, 35 y 43.

**-Sector de explotación Sierra de Rollo:** Pertenece al sector acuífero de Argallet y se encuentra en el extremo oriental del límite abierto que separa los sectores acuíferos de Argallet y Crevillente. Engloba los sondeos identificados con el número de punto 31, 33 y 34.

**-Sector de explotación Sierra de Ofra:** Se sitúa justo al sur del sector anterior y pertenece al sector acuífero de Crevillente. En él se han incluido los sondeos con número de punto 39, 38 y 16.

**-Sector de explotación Barranco Tolomó:** Situado en el extremo suroriental del sistema acuífero, abarca las captaciones localizadas sobre el Barranco del Tolomó y las situadas al sur del núcleo del Hondón de las Nieves. Es el sector que agrupa un mayor

número de explotaciones y a su vez el que concentra mayor número de captaciones abandonadas, ya que históricamente es la zona del acuífero que ha sufrido una mayor explotación de los recursos subterráneos que en su mayor parte se han destinado a satisfacer la demanda agrícola de la zona, aunque también abastecen la demanda urbana de Aspe, Hondón de las Nieves y Elche. En el se han incluido 21 de los puntos del agua.

**-Sector de Casas Galianas:** Esta constituido por las captaciones denominados Galianas y Galianas-I (números 19 y 20), localizadas en el paraje de Casas de Galiana al sueste del Hondón de Los Frailes.

**-Sector de la Galería de los Suizos:** Situado al sur del Hondón de Los Frailes, incluye el conjunto de captaciones realizadas en el interior de la denominada Galería de Los Suizos o Galería de Riegos La Salud. Dicha galería alcanza un total de 2.360 m y presenta una anchura variable entre 2.5 y 3 m. Dentro de la galería existen un total de 12 perforaciones verticales que llegan a alcanzar los 300 m de profundidad, aunque en la actualidad parte de los sondeos han sido abandonados debido a la disminución de su rendimiento, consecuencia del descenso piezométrico que ha experimentado el acuífero. Junto con el de Tolomó este sector es uno de los principales sectores de explotación dónde se efectúa una mayor extracción de recursos subterráneos, los cuales se utilizan en su mayor parte para abastecer el riego en Albaterra, Orihuela, Crevillente y Elche, aunque también abastece los núcleos del Hondón de Los Frailes y Elche.

Por otro lado, la comparación de inventarios antiguos con el inventario más reciente ha permitido comprobar que existe un gran número de captaciones que han sido abandonadas, lo que aporta información sobre aquellas zonas del acuífero en las que el proceso de sobreexplotación conjugado con la geometría del muro del acuífero han dado lugar a la extinción total, o al menos durante buena parte del año, del nivel piezométrico, provocando la existencia de zonas desconectadas hidráulicamente.

En la figura 14 se observa cómo las captaciones realizadas en la zona central del sector de Crevillente han sido todas abandonadas, así como los sondeos localizados al norte de la población de Hondón de Los Frailes y gran parte de las perforaciones localizadas en el Barranco de Tolomó.



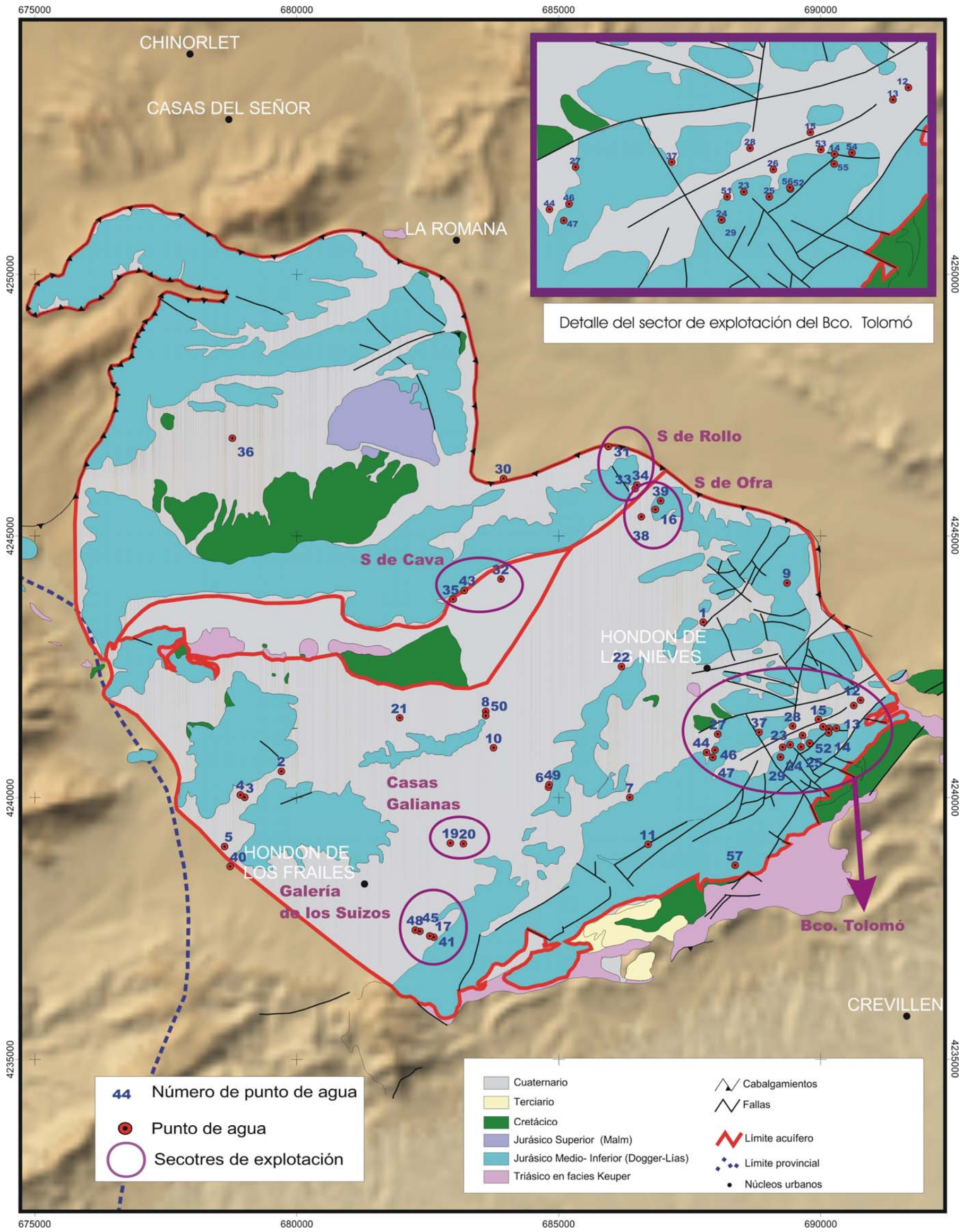


Figura 14. Localización de los puntos de agua del acuífero de Crevillente.

Punto	Registro	Naturaleza	Toponimia	Municipio	UTM X	UTM Y	Cota (m s.n.m.)	Profund. (m)	Caudal (l/s)	Sector explotación
1	29	sondeo	R. Michavilla	H. De las Nieves	687750	4243350	375	370		
2	62	sondeo	Collado del rumbo	H. De los Frailes	679700	4240500	520	250		
3	63	sondeo	Collado del rumbo	H. De los Frailes	679000	4240000	252	265		
4	64	sondeo	Collado del rumbo	H. De los Frailes	678920	4240050	252	265		
5	65	sondeo	Sondeo nº1	H. De los Frailes	678620	4239060	252	205		
6	70	sondeo	Caminanto	H. De las Nieves	684800	4240200	446			
7	71	sondeo	Caminanto	H. De las Nieves	686350	4240000	455			
8	75	sondeo	Casas de Regan	H. De las Nieves	683600	4241650	426	686		
9	77	sondeo	Ofra	Aspe	689350	4244100	375	370		
10	79	sondeo	Sondeo A bis	H. De las Nieves	683750	4240950	410	260		
11	80	sondeo	Crevillente	H. De las Nieves	686700	4239100	575			
12	283510018	sondeo		Aspe	690755	4241862	340	276		Bco Tolomó
13	283510017	sondeo		Aspe	690629	4241763	345	275	40	
14	283510013	sondeo		H. De las Nieves	690150	4241317	397	288	80	
15	283510008	sondeo		H. De las Nieves	689952	4241494	375	400	80	
25	283510014	sondeo		H. De las Nieves	689617	4240967	382.5	400		
26	283510021	sondeo	G.Elche-1	H. De las Nieves	689649	4241189	373	400	30	
27	283510026	sondeo	La vaguada	H. De las Nieves	688031	4241211	370.5	440	60	
28	283510027	sondeo	Bejarano	H. De las Nieves	689459	4241365	357	502	45	
29	283510030	sondeo	Tolomó alto-6	H. De las Nieves	689227	4240775	412	573	45	
37	283510041	sondeo		H. De las Nieves	688820	4241250	391.5	528		
44	283510029	sondeo		H. De las Nieves	687819	4240862	400	528		
46	283510028	sondeo		H. De las Nieves	687978	4240907	420	502		
47	283510025	sondeo		H. De las Nieves	687936	4240770	405			
51	283510005	sondeo		H. De las Nieves	689271	4240965	410	525		
52	283510007	sondeo		H. De las Nieves	689789	4241029	390	401		

Tabla 8. Puntos de agua del acuífero de Crevillente.



Punto	Registro	Naturaleza	Toponimia	Municipio	UTM X	UTM Y	Cota (m s.n.m.)	Profund. (m)	Caudal (l/s)	Sector explotación
53	283510009	sondeo		H. De las Nieves	690039	4241352	380	400		Bco Tolomó
54	283510012	sondeo		Aspe	690293	4241327	385	400		
55	283510013	sondeo		H. De las Nieves	690147	4241235	397	288		
56	283510019	sondeo		H. De las Nieves	689785	4241043	410	402		
19	273540021	sondeo	Galianas	H. De las Nieves	682927	4239128	418	558	38	Casas Galianas
20	273540022	sondeo	Galianas I	H. De las Nieves	683173	4239114	424		90	
21	273540028	sondeo	La Canalosa	H. De las Nieves	681959	4241524	461	675	90	
22	273540031	sondeo		H. De las Nieves	686192	4242502	400			
23	283510006	sondeo	Tolomó alto-13	H. De las Nieves	689409	4241008	382	413	100	
24	283510010	sondeo		H. De las Nieves	689228	4240776		267	100	
30	273480016	sondeo		La Romana	683939	4246097	490			
31	273480019	sondeo		La Romana	685943	4246708	440	300		S. Rollo
33	273480032	sondeo		H. De las Nieves	686453	4245898	428	577		
34	273480033	sondeo		H. De las Nieves	686491	4245972	428.5	545	25	
32	273540023	sondeo	Solana	H. De los Frailes	683891	4244174	502	502	55	S. de Cava
35	273540018	sondeo		H. De las Nieves	682978	4243788	560	400		
43	273540019	sondeo		H. De las Nieves	683194	4243959	560	600		
36	273470047	sondeo		La Romana	678763	4246869	602	146.7	25	
16	273480034	sondeo	Rollo 4	H. De las Nieves	686837	4245501	379.5	480	25	S. Ofra
38	273480026	sondeo		H. De las Nieves	686569	4245359	403	300		
39	273480035	sondeo		H. De las Nieves	686941	4245670	382	480		
40	273530008	sondeo		Orihuela	678725	4238679	410	250		
41	273540003	sondeo		H. De los Frailes	682610	4237332	252	234		Galería de los Suizos
45	273540009	sondeo		H. De los Frailes	682345	4237444	252	250		
48	273540012	sondeo		H. De los Frailes	682254	4237468	252	252		
17	273540004	sondeo	Galería de los Suizos	H. De los Frailes	682535	4237354	252	250		
18	273540008	sondeo	Galería de los Suizos	H. De los Frailes	682534	4237355	252	179.5		
42	273540005	sondeo		H. De los Frailes	682535	4237354	252	142		
49	273540026	sondeo		H. De las Nieves	684814	4240245				
50	273540029	sondeo		H. De las Nieves	683601	4241568				
57	283510020	sondeo		Crevillente	688360	4238703	420	400		

Tabla 8. Puntos de agua del acuífero de Crevillente (continuación).

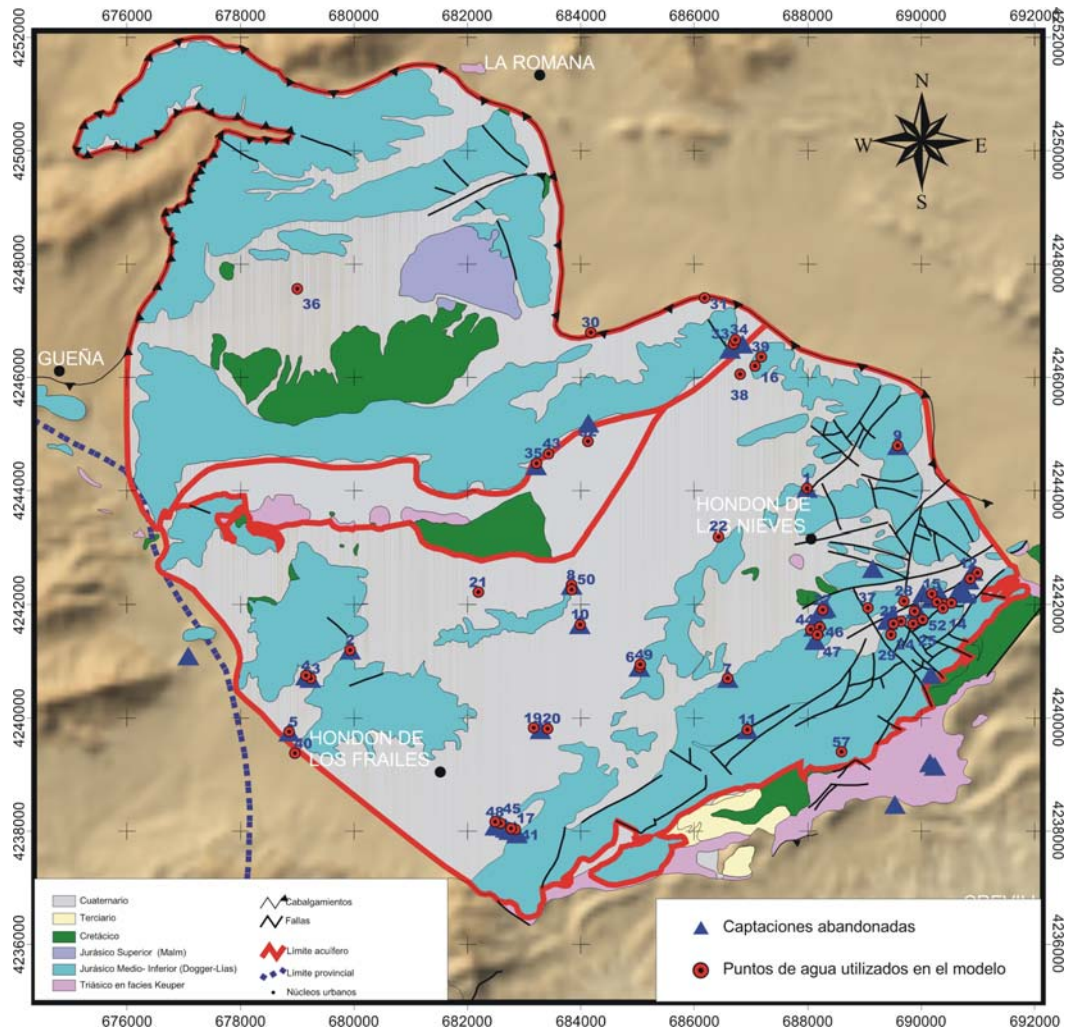


Figura 15. Localización de las captaciones abandonadas en el acuífero de Crevillente

### Niveles piezométricos

Los datos de piezometría utilizados en la calibración del modelo en régimen transitorio para el periodo 1966-2004 proceden de la base de datos del Departamento del Ciclo Hídrico de la Diputación de Alicante. En total se ha utilizado 386 registros de piezometría, correspondientes a los 15 puntos señalados en la tabla 9 y localizados geográficamente en la figura 16.

Punto	Registro	UTM X	UTM Y	Inicio de la serie	Fin de la serie	Número de medidas	Sector explotación
43	273540019	683194	4243959	11/10/2000	31/12/2004	48	S. Cava
35	273540018	682978	4243788	12/01/1973	12/01/1978	3	
33	273480032	686453	4245898	27/06/1997	30/09/1999	3	S. Rollo
34	273480033	686491	4245972	26/01/1988	3/09/2004	22	
17	273540004	682535	4237354	19/11/1981	10/02/1988	5	G de Los Suizos
42	273540005	682535	4237354	20/11/1975	10/02/1988	2	
45	273540009	682345	4237444	19/11/1981	10/02/1988	2	
48	273540012	682254	4237468	20/11/1975	10/02/1988	2	C Galianas
19	273540021	682927	4239128	15/06/1985	30/11/2004	89	
50	273540029	683601	4241568	7/10/1994	3/09/2004	31	Bco Tolomó
22	273540031	686192	4242502	6/01/2001	23/09/2003	44	
51	283510005	689271	4240965	11/01/1977	27/01/2005	117	
52	283510007	689789	4241029	16/11/1978	26/01/1988	3	
53	283510009	690039	4241352	25/08/1978	11/01/1979	4	
13	283510017	690578	4241669	27/06/1980	14/05/1981	11	

Tabla 9. Datos de piezometría utilizados en la calibración

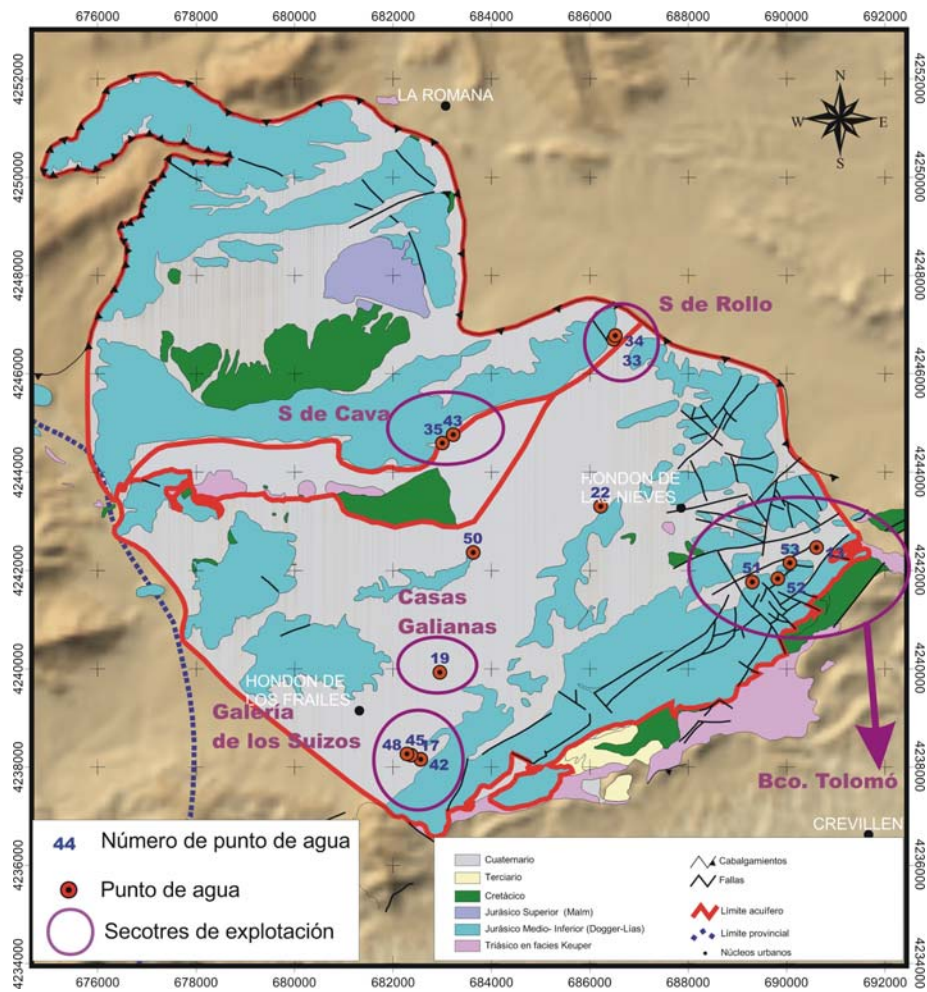


Figura 16. Localización de los puntos de piezometría utilizados en la calibración.

## Explotaciones

La información referente a la explotación de los recursos subterráneos que se ha venido ejerciendo en el sistema de Crevillente, que ha sido posible obtener procede de las siguientes fuentes:

- Serie de explotaciones anuales desde el año 1966 hasta 1993. En la Tesis Doctoral. "Contribución de la sobreexplotación al conocimiento de los acuíferos kársticos de Crevillente, Cid y Cabeço D'or (Provincia de Alicante)". (Andreu, 1997), se incluye un gráfico en el que se muestra la evolución de la piezometría en el acuífero, acompañada de los datos de explotación anual, diferenciando entre los sectores de explotación oriental y occidental. El sector occidental de explotación corresponde con las captaciones de la Galería de Los Suizos y los sondeos de las Galianas y el sector oriental con las captaciones del Barranco de Tolomó. De la lectura de dicho gráfico, el cual se adjunta en la figura 17, se han inferido los datos de explotación anual para el periodo 1966-1993 que se incluyen en la tabla 10.

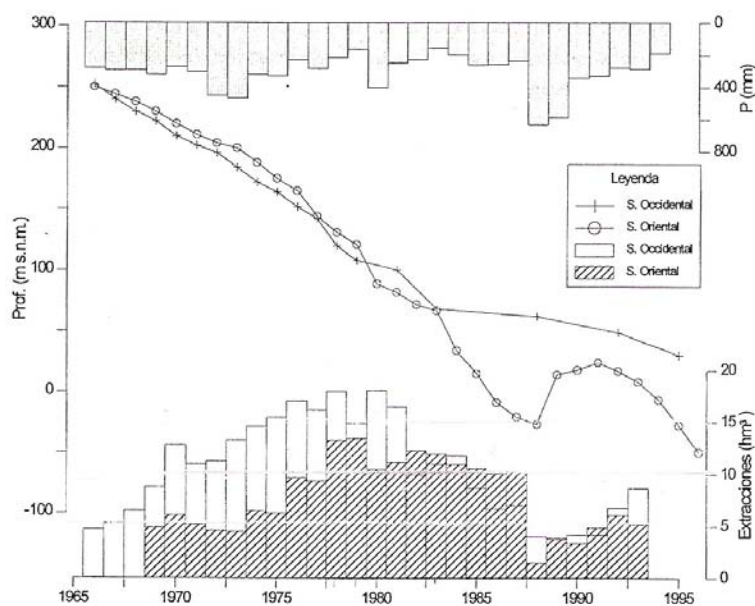


Figura 17. Evolución piezométrica y bombeos de los principales sectores de explotación del sistema de Crevillente. (Andreu, 1997)

AÑO	Galería de los suizos (hm <sup>3</sup> /año)	Barranco de Tolomó (hm <sup>3</sup> /año)
1966	4.9	
1967	5	
1968	6	
1969	8.5	4.6
1970	12.5	5.4
1971	10.9	5
1972	11	4.4
1973	13	4.4
1974	14.8	6.1
1975	15.4	6
1976	17	9.1
1977	15	9
1978	18	13
1979	15	13.1
1980	17.8	10.1
1981	16.1	11
1982	9.9	12
1983	11	11.9
1984	11.5	10.5
1985	8.2	10.2
1986	6	9.8
1987	6.2	10
1988	4	1.6
1989	3.9	3.5
1990	4.1	3
1991	4.1	4.8
1992	7	6
1993	8.1	5

Tabla 10. Datos de bombeo obtenidos a partir de la figura 17

- = Serie de explotaciones anuales desde el año 1999-2004. Los datos de extracciones para los años 1999-2004 han sido proporcionados por el Departamento del Ciclo Hídrico de la Diputación de Alicante y se incluyen en la tabla 11.



Punto	Registro	Toponimia	1999	2000	2001	2002	2003	2004
21	273540028	La Canalosa						4374.3
22	273540031	La Cuesta						1847.2
16	273480034	Rollo 4						263.0
17	273540004	Galería de los Suizos	6997.3	8602.7	8482.2	9134.2		
18	273540008	Galería de los Suizos						11894.3
19	273540021	Galianas	11227.6	11770.5	8178.1	7192.9		392.1
20	273540022	Galianas I						392.1
23	283510006	Tolomó alto-13	1063.0	790.3	1285.1	1654.6		
24	283510010		1775	1783	1586	2583		1229
25	283510014		1596	1551	1915	2253		691
26	283510021	G.Elche-1						251
27	283510026	La vaguada						448
28	283510027	Bejarano	1378	1706	1389	1523		1869
29	283510030	Tolomó alto-6	1376	1467	1894	1883		631
34	273480033		444	245	580	423		12.7
35	273540018		2182.1	3752.3	4012.2	3555.3		164.8

Tabla 11. Datos de explotación proporcionados por el Departamento del Ciclo Hídrico. Diputación de Alicante (m<sup>3</sup>/d).

La serie de datos de explotaciones es incompleta, porque no ha sido posible disponer de información para todos los años, pero también porque en varias ocasiones faltan datos de bombeo en sondeos en los que según la documentación se estaba extrayendo agua, o, como ocurre para la serie comprendida entre 1966 y 1993, únicamente se dispone de un dato global de los principales sectores de explotación. Por este motivo los datos ausentes se han ido obteniendo durante el proceso de calibración con el ajuste de las series piezométricas obtenidas en los pozos de bombeo simulados con las series piezométricas reales. En la tabla 12 se incluye la serie completa de bombeos utilizados en el modelo.



Punto	Registro	Toponimia	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	
1	29	R. Michavilla	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
9	77	Ofra	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
2	62	Collado del rumbo	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	63	Collado del rumbo	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
4	64	Collado del rumbo	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
5	65	Sondeo nº1	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
6	70	Caminanto	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0
7	71	Caminanto	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0
8	75	Casas de Regan	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0
10	79	Sondeo A bis	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0
11	80	Crevillente	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0
21	273540028	La Canalosa	525	525	508	900	9967	9237	9237	10000	9461	9461	10667	9461	12368	9461	12368	10659	9237	9237	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
22	273540031	La Cuesta	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	500	500	500	500	500	500
16	273480034	Rollo 4	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
17	273540004	Galería de los Suizos	6000	6000	7530	11200	15380	13726	14000	16370	19361	19909	21361	20361	16400	16361	10400	12000	9370	9000	16369	9000	17657	17657	5000	5750	
18	273540008	Galería de los Suizos	6500	6800	8000	10430	16000	14000	14000	18000	19050	21547	20547	15547	16547	10000	10047	18547	3000	8000	12000	11808	7050	3850	5000	4000	
19	273540021	Galianas	400	406	400	757	900	900	900	1246	1675	274	2000	2727	6000	10274	16000	6000	7900	3900	900	757	906	954	6500	12000	
20	273540022	Galianas I	525	493	508	900	1967	1237	1237	0	461	461	2667	2461	10368	4461	12368	7563	6853	9237	2237	900	925	525	525	525	
12	283510018		0	0	0	500	500	600	500	600	500	1025	2000	3000	4000	3500	1000	3000	3000	3500	3500	3345	2557	2500	0	0	
13	283510017		0	0	0	500	500	600	500	605	500	1000	2000	2000	4000	3500	1500	1200	1275	2500	3000	3500	3000	2500	0	0	
14	283510013		0	0	0	500	500	600	500	500	612	500	2000	2520	4000	4000	3000	3000	3000	3000	2500	3100	2840	2500	0	800	
15	283510008		0	0	0	500	500	600	555	550	600	600	2000	2000	4000	3500	3000	3000	3000	2500	2500	2500	2500	2500	0	1000	
23	283510006	Tolomó alto-13	0	0	0	2000	2500	2000	2000	2000	3000	3000	3500	3200	3500	3500	3000	3500	4000	3800	3367	2500	2500	3500	980	1400	
24	283510010		0	0	0	1800	2000	2000	1500	1800	2500	2200	3500	3000	3000	3500	3000	3500	4000	3800	3000	2500	2500	3445	600	1700	
25	283510014		0	0	0	2000	2500	2299	2000	2000	2500	2500	2000	2500	3000	3100	3000	3430	4000	4000	2900	2500	3000	3000	600	2200	
26	283510021	G.Elche-1	0	0	0	303	495	1000	1000	500	1500	1000	2000	1000	2500	3000	2500	2000	2000	2000	1500	1500	1500	1500	203	500	
27	283510026	La vaguada	0	0	0	500	500	500	500	500	500	500	897	1437	1096	1500	2000	2000	2500	2055	2000	2000	2000	2000	500	500	
28	283510027	Bejarano	0	0	0	2000	2300	2000	1500	1500	2000	2000	2034	1500	2900	2900	2219	2000	2451	2000	1500	2000	1500	1500	1000	1000	
29	283510030	Tolomó alto-6	0	0	0	2000	2500	1500	1500	1500	2500	2113	3000	2500	3616	3887	3452	3511	3650	3448	3000	2500	2953	2452	500	500	
32	273540023	Solana	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
33	273480032		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
34	273480033		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	500	500	500	500	500	500	500	500	500
35	273540018		1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
36	273470047		500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500

TOTAL (m³/d)	20350	20624	23346	43190	65409	59199	57829	64071	73120	74490	88573	81614	103695	92844	95254	91310	75136	77627	68923	58560	61538	58533	29558	40025
TOTAL (m³/año)	7.33	7.42	8.40	15.55	23.55	21.31	20.82	23.07	26.32	26.82	31.89	29.38	37.33	33.42	34.29	32.87	27.05	27.95	24.81	21.08	22.15	21.07	10.64	14.41

500 Dato obtenido por reparto del total bombeado en el sector

200 Dato promocionado por Diputación

500 Dato obtenido por calibración

Tabla 12. Datos de bombeo utilizados en el modelo. (m³/d)

Punto	Registro	Toponimia	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1	29	R. Michavilla	200	200	200	200	200	200	200	0	0	0	0	0	0	0	0
9	77	Ofra	200	200	200	200	200	200	200	0	0	0	0	0	0	0	0
2	62	Collado del rumbo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	63	Collado del rumbo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	64	Collado del rumbo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	65	Sondeo nº1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	70	Caminanto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	71	Caminanto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	75	Casas de Regan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	79	Sondeo A bis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	80	Crevillente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	273540028	La Canalosa	3000	9000	9000	9000	5000	3000	3000	3000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	4374.26
22	273540031	La Cuesta	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	1000	1000	1000	1847.19
16	273480034	Rollo 4	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	263.022
17	273540004	Galería de los Suizos	6300	6300	9697	14000	6000	6000	6000	6000	6000	6997.3	8602.7	8482.19	9134.25	6500	6500
18	273540008	Galería de los Suizos	4000	4000	8075	6500	6000	6000	6000	6000	6000	6500	6500	6500	6500	6500	11894.3
19	273540021	Galianas	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	11228	11770	8178.12	7192.93	350	392.058
20	273540022	Galianas I	525	525	525	900	500	1000	1000	1000	1000	10000	10000	10000	10000	350	392.058
12	283510018		0	0	1500	0	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1000	1000	1000	1000
13	283510017		500	500	1500	500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1000	1000	1000	1000
14	283510013		500	1150	1500	700	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1000	1000	1000	1000
15	283510008		500	1000	1500	1500	1550	1550	1550	1550	1550	1550	1550	1000	1000	1000	1000
23	283510006	Tolomó alto-13	1000	1000	1000	1000	2500	2500	2500	2500	2500	1063	790.34	1285.09	1654.62	1600	1600
24	283510010		1020	2500	2500	2500	1700	1700	1700	1700	1700	1775	1783	1586	2583	1000	1229
25	283510014		1500	2500	2000	2500	1600	1600	1600	1600	1600	1596	1551	1915	2253	600	691
26	283510021	G.Elche-1	500	500	500	500	500	500	500	500	500	1000	1000	1000	1000	1000	251
27	283510026	La vaguada	600	1000	1000	1000	500	1000	1000	1000	1000	1000	500	500	450	450	448
28	283510027	Bejarano	1600	2000	1500	1500	1000	2000	2000	1700	1500	1378	1706	1389	1523	1500	1869
29	283510030	Tolomó alto-6	500	1000	2000	2000	2500	1500	1550	1500	1500	1376	1467	1894	1883	500	631
32	273540023	Solana	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
33	273480032		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	888	1099	611	811	1000	1000
34	273480033		500	500	500	500	500	500	500	250	250	444	245	580	423	350	12.7151
35	273540018		1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	2182.1	3752.3	4012.18	3555.25	150	164.844
36	273470047		500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500

TOTAL (m³/d)	39195	50125	60947	61250	51000	50000	50050	49050	46850	56226	59567	55182.1	56213.1	29100	38558.1
TOTAL (m³/año)	14.11	18.05	21.94	22.05	18.36	18.00	18.02	17.66	16.87	20.24	21.44	19.87	20.24	10.48	13.88

500 Dato obtenido por reparto del total bombeado en el sector

200 Dato promocionado por Diputación

500 Dato obtenido por calibración

Tabla 12. Datos de bombeo utilizados en el modelo. (m³/d) (continuación)

### 3.6.4 Resultados de la calibración

La superficie piezométrica obtenida tras la calibración para el último periodo simulado correspondiente a diciembre de 2004, y refleja una dirección de flujo principal noroeste-sureste en el sector de Argallet, con un valor de piezometría que varía entre 65 y 50 m s.n.m, mientras que en el sector de Crevillente la superficie piezométrica se encuentra fuertemente distorsionada por la presencia de conos de descensos ocasionados por las extracciones. En este sector la piezometría alcanza valores desde 50 m s.n.m. hasta -67 m s.n.m en las depresiones generadas en el límite sureste del modelo, correspondiente con el sector de explotación de Barranco de Tolomó, que junto con el sector de la galería de los Suizos son los que presentan las mayores depresiones del nivel piezométrico.

Los valores de transmisividad estimados a partir de los valores de permeabilidad asignados a cada celda y del espesor saturado correspondiente al primer periodo de la simulación (año 1966) son de 8050 m<sup>2</sup>/d en el sector de Argallet, y varían entre 3200 y 45 m<sup>2</sup>/d en el sector de Crevillente. Los valores estimados para el último periodo de simulación (año 2004) son de 3720 m<sup>2</sup>/d en el sector de Argallet y entre 1300 m<sup>2</sup>/d y 20 m<sup>2</sup>/d en el sector de Crevillente.

En la tabla 13 se incluye el balance hídrico obtenido para el último periodo de simulación (año 2004) una vez se ha considerado calibrado el modelo. En el balance se ha incluido el término de vaciado del almacenamiento, que representa el volumen de agua que se extrae del sistema procedente de los recursos no renovables del acuífero. Este término supone en el sector de Argallet el 46% de total de las salidas de agua que se producen, mientras que en el sector de Crevillente este valor asciende hasta un 76% de las extracciones que se efectúan del acuífero.

En la figura 18 se representa la piezometría correspondiente al último mes de la calibración (diciembre de 2004).

<b>Sector de Crevillente</b>	<b>Entradas (hm<sup>3</sup>/año)</b>	
	Infiltración del agua	1,78
	Transferencias laterales	5,33
	Vaciado del almacenamiento	5,98
	<b>Total</b>	<b>13,10</b>
	<b>Salidas (hm<sup>3</sup>/año)</b>	
Bombes	13,10	
<b>Total</b>	<b>13,10</b>	
<b>Sector de Argallet</b>	<b>Entradas (hm<sup>3</sup>/año)</b>	
	Infiltración del agua	1,47
	Vaciado del almacenamiento	4,64
	<b>Total</b>	<b>6,11</b>
	<b>Salidas (hm<sup>3</sup>/año)</b>	
	Bombes	0,78
Transferencias laterales	5,33	
<b>Total</b>	<b>6,11</b>	

Tabla 13. Balance hídrico medio calculado para año 2004.

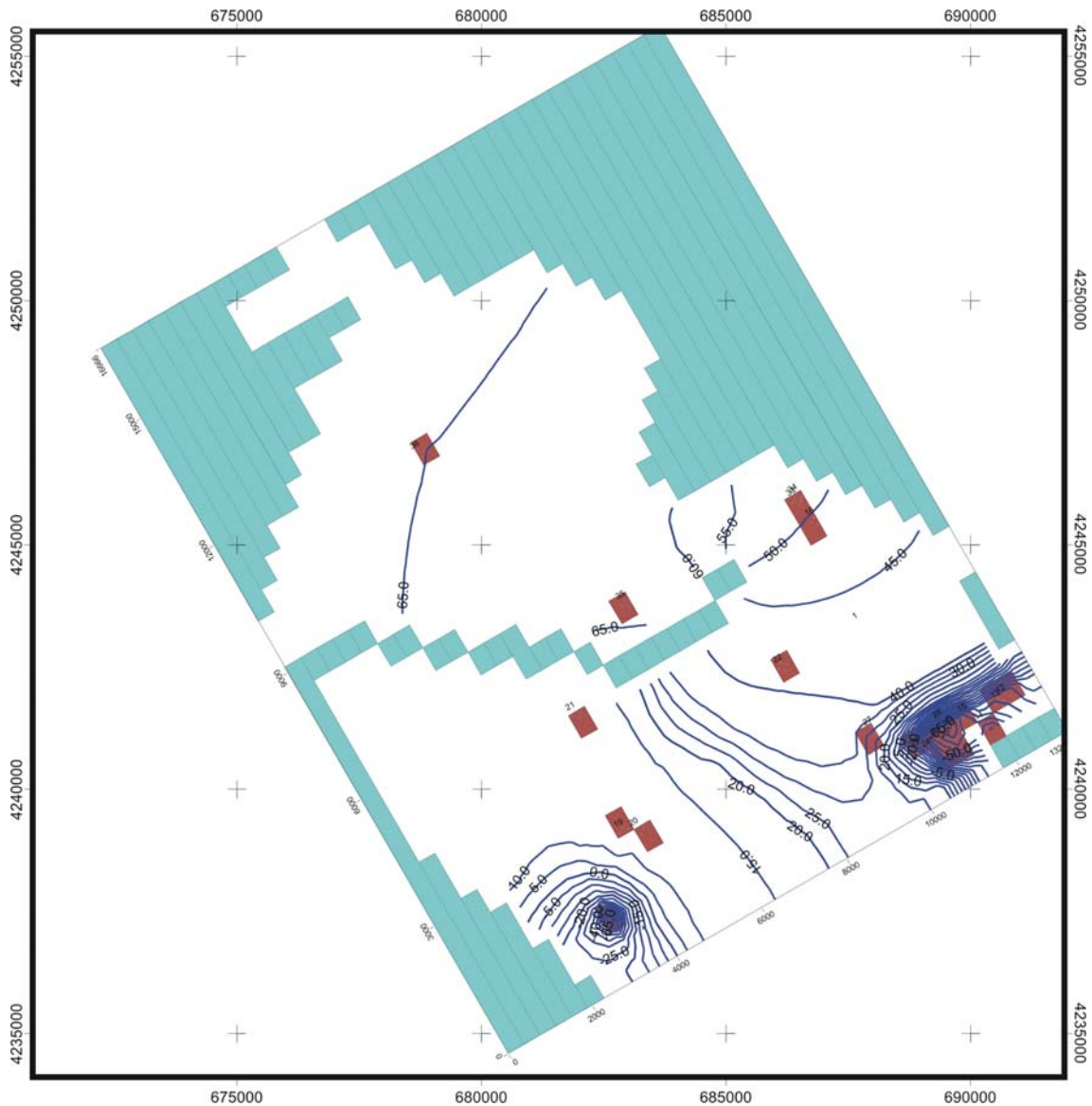


Figura 18. Superficie piezométrica correspondiente a diciembre de 2004. Acuífero de Crevillente.

A continuación se muestran los ajustes entre las series de piezometría reales y las series obtenidas una vez se ha considerado calibrado el modelo del acuífero de Crevillente para el periodo 1966-2004 en régimen transitorio, agrupados según los distintos sectores de explotación (figuras 19 a 23). En las mismas, se observa claramente el acusado descenso que están experimentando los niveles piezométricos debido al proceso de sobreexplotación al que se viene sometiendo al sistema de Crevillente:

**-Sector de explotación S. de Cava**

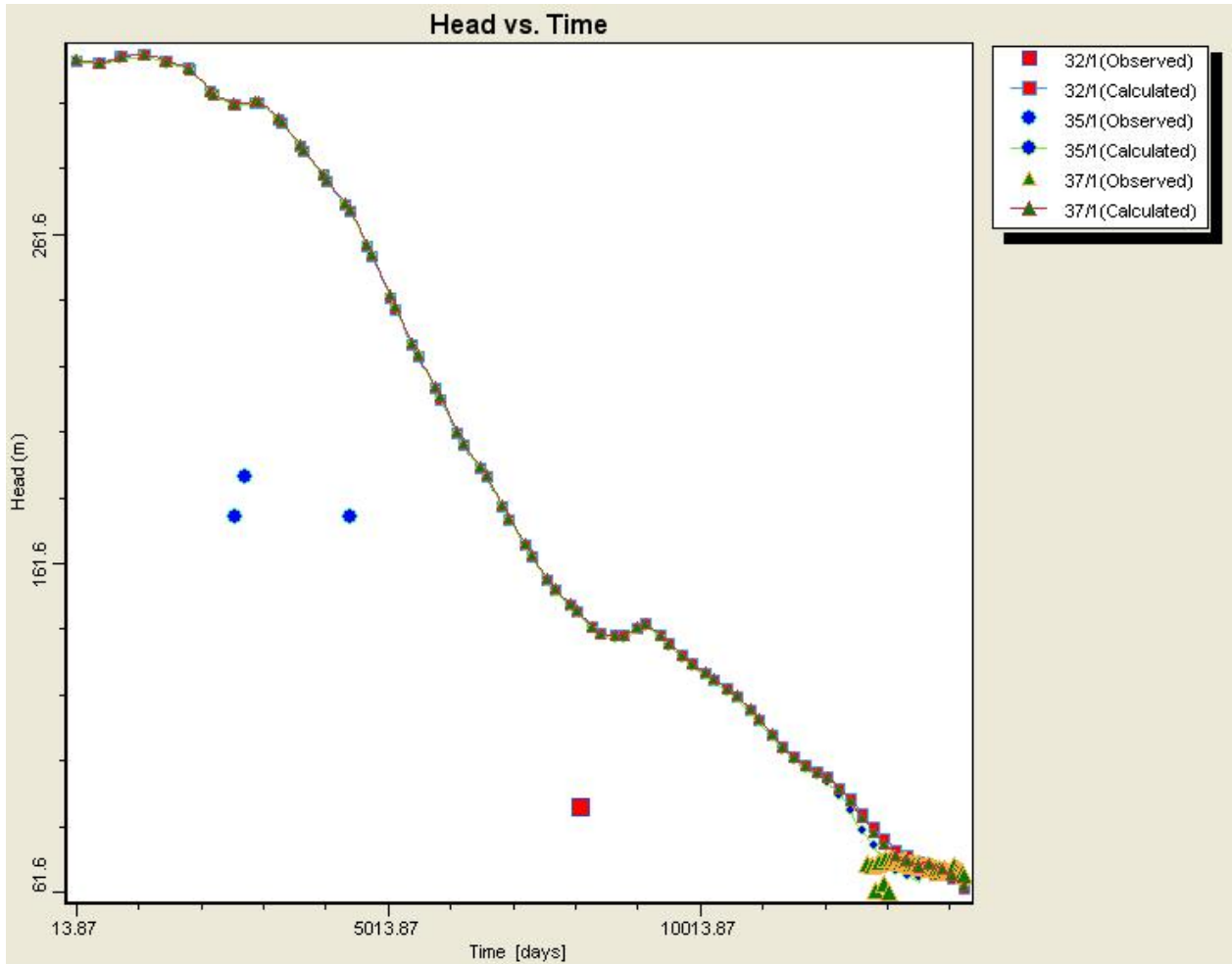


Figura 19. Gráfico de calibración de la serie piezométrica en el sector de explotación Sierra de la Cava.



**-Sector de explotación S. de Rollo**

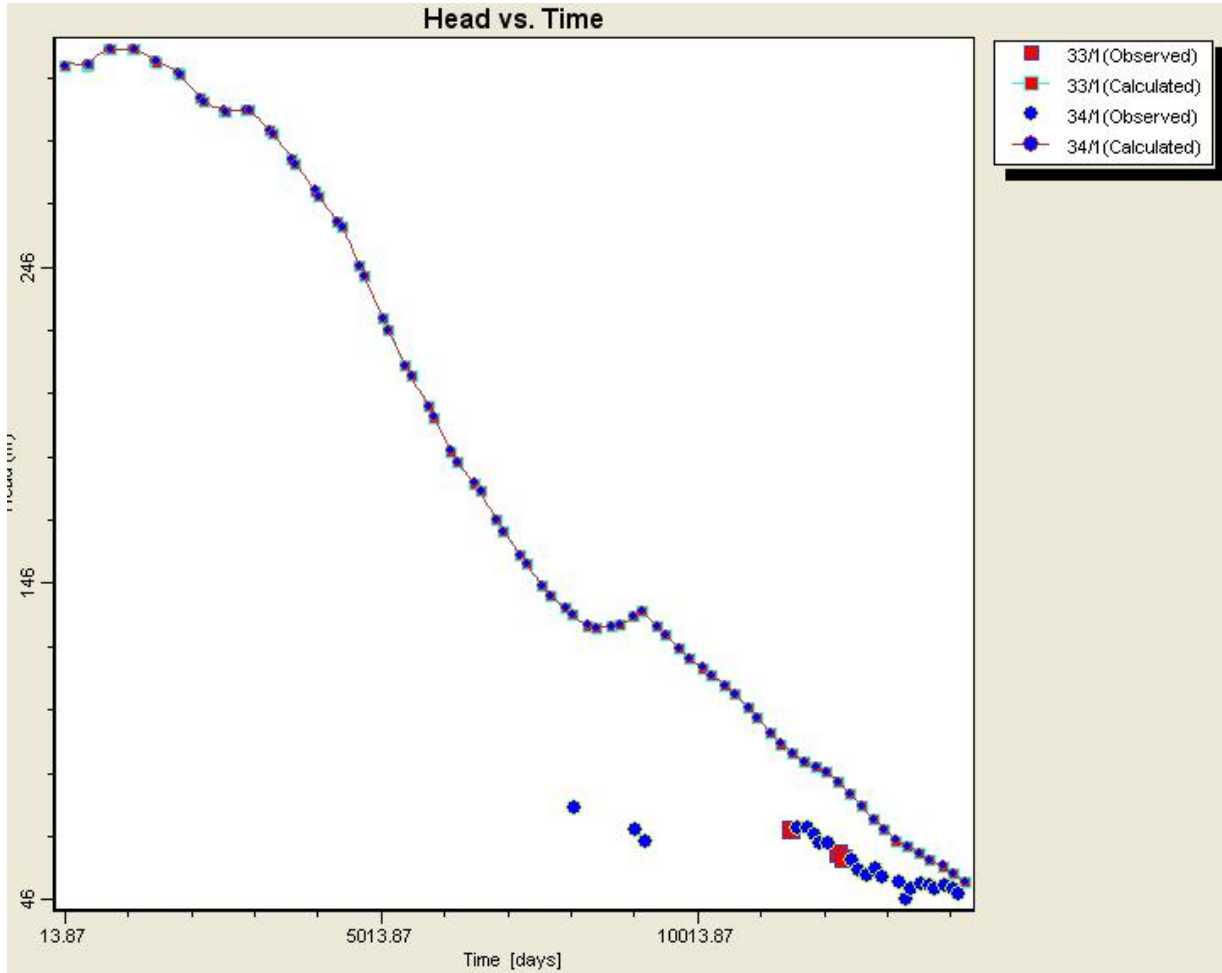


Figura 20. Gráfico de calibración de la serie piezométrica en el sector de explotación Sierra de Rollo

**-Sector de explotación S. de Tolomó**

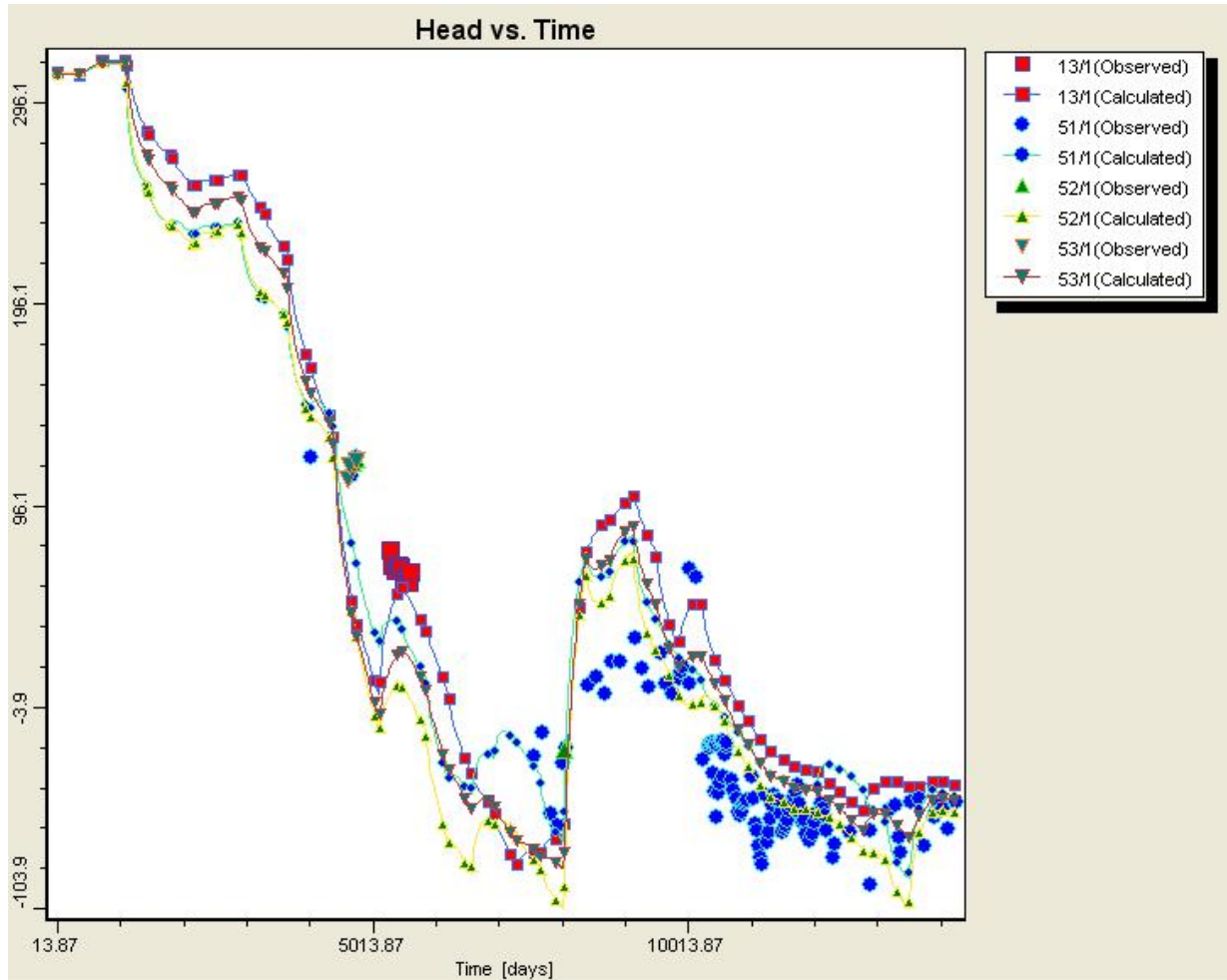


Figura 21. Gráfico de calibración de la serie piezométrica en el sector de explotación Barranco de Tolomó.

En el siguiente gráfico se incluye únicamente la calibración de la evolución piezométrica en el punto 51 que es el que recoge la serie de datos piezométricos más extensa del sector de Bco. de Tolomó

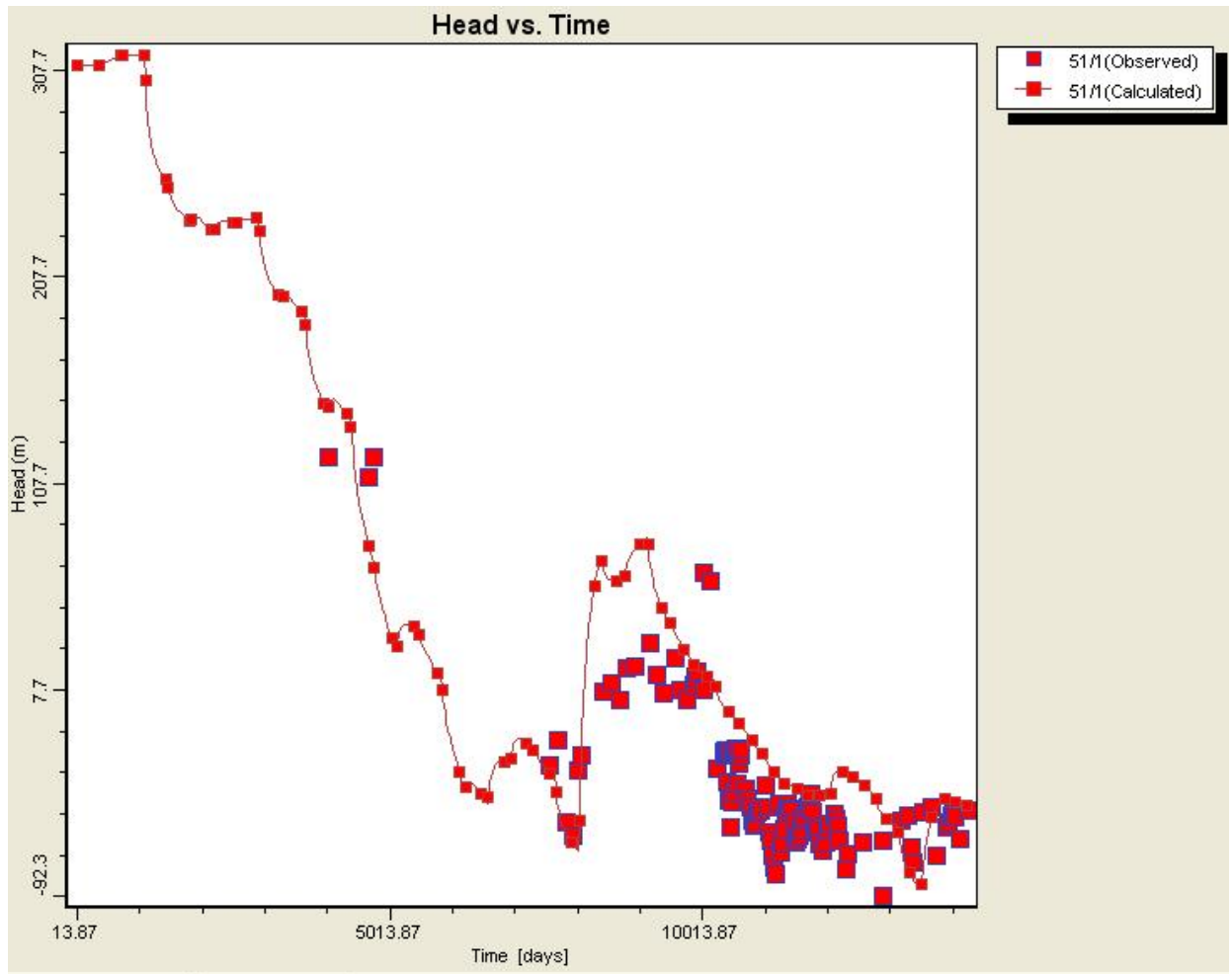


Figura 22. Gráfico de calibración de la serie piezométrica en el punto de observación 51 perteneciente al sector de explotación de Barranco de Tolomó.

-Sector de explotación Galería de los Suizos

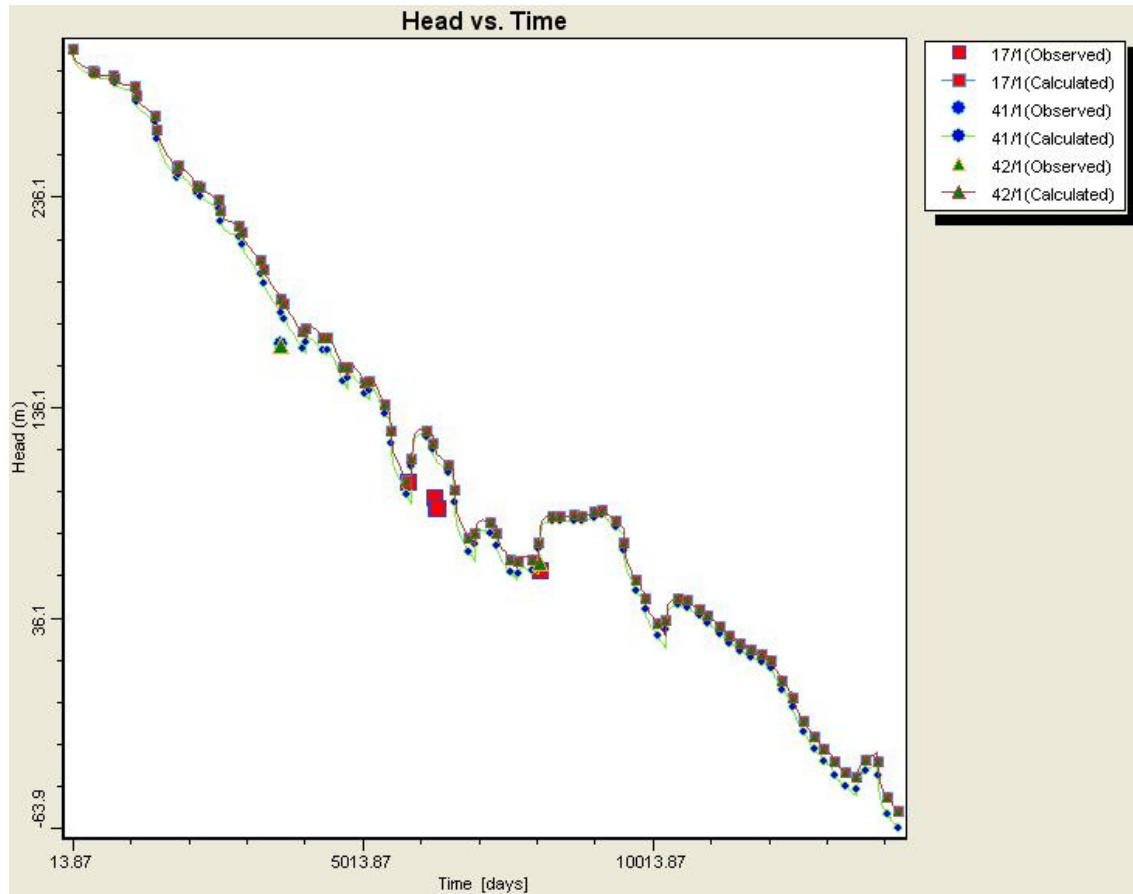


Figura 23. Gráfico de calibración de la serie piezométrica en el sector de explotación Galería de los Suizos.

### 3.7 CALIBRACIÓN EN RÉGIMEN TRANSITORIO PARA EL AÑO 2005

La última de las simulaciones realizadas corresponde al periodo comprendido entre enero y diciembre de 2005. La simulación se ha llevado a cabo en régimen transitorio y con un paso de tiempo mensual con un total de 12 periodos.

La superficie piezométrica de partida utilizada se corresponde con la superficie obtenida como resultado de la calibración del modelo realizado para el periodo comprendido desde el comienzo de la explotación hasta enero de 2004.

La distribución espacial de los parámetros hidráulicos se corresponde con la obtenida por calibración del modelo anterior.

#### 3.7.1 **Recarga**

##### **Recarga por infiltración.**

En la tabla 14 se incluyen los valores de recarga mensual obtenidos por calibración del modelo de Temez a partir de la serie de precipitación mensual registrada en la estación nº 7242 de Pinoso, según los cuales la infiltración anual para el año 2005, el cual fue un año seco, asciende a 7,62 mm, lo que supone un volumen del orden de 0,28 hm<sup>3</sup>/año para el sector de Argallet y 0,26 hm<sup>3</sup>/año para el sector de Crevillente. Este valor difiere sustancialmente de los valores obtenidos como promedio de la serie aunque se aproximan a los valores de recarga estimados en el informe de caracterización de las Masas de Agua de la demarcación del Júcar (Confederación Hidrográfica del Júcar, 2005), en el que la recarga por infiltración para esta zona se estima en 0,45 hm<sup>3</sup>/año.

	Precipitación (mm)	Infiltración (mm)
enero 2005	0.00	0.00
febrero 2005	21.70	0.39
marzo 2005	11.00	0.00
abril 2005	39.50	2.71
mayo 2005	3.50	0.00
junio 2005	19.30	0.30
julio 2005	0.00	0.00
agosto 2005	11.90	0.00
septiembre 2005	24.30	2.22
octubre 2005	7.80	0.00
noviembre 2005	21.50	2.01
diciembre 2005	10.70	0.00

Tabla 14. Valores de infiltración calculados para el periodo enero y diciembre de 2005.

### **Retornos de riego**

Aplicando los criterios indicados en apartados anteriores para la estimación del volumen de agua generado como retorno de riego se ha estimado el volumen mensual, para lo cual a partir del volumen anual se ha repartido entre los meses correspondientes a la campaña estival de riego, meses de mayo a agosto, en los que se concentra prácticamente la totalidad del riego efectuado en el año, obteniéndose de esta forma una recarga de 6,64 mm/mes.

### **3.7.2 Datos de piezometría**

La información piezométrica utilizada para la realización del modelo del acuífero de Crevillente en régimen transitorio para el año 2005 procede de la base de datos del Departamento del Ciclo Hídrico de la Diputación de Alicante.



Ha sido posible disponer de 7 puntos de control piezométrico y un total de 80 registros de piezometría mensual. En la tabla 15 se incluye la información referente a cada uno de los puntos junto con las medidas piezométricas disponibles.

Punto	Registro	UTM X	UTM Y	Inicio de la serie	Fin de la serie	Número de medidas	Sector explotación
34	273480033	686470	4245816	6/02/2005	7/01/2006	11	S. Rollo
31	273540019	683194	4243959	1/03/2005	29/10/2005	9	
19	273540021	682784	4239173	1/03/2005	24/10/2005	9	C. Galianas
37	273540026	684814	4240245	20/02/2005	25/01/2006	12	Bco.Tolomó
38	283510005	689263	4241060	20/02/2005	25/01/2006	12	S. Ofra
39	273540029	683601	4241568	19/03/2005	12/11/2005	3	
30	273480016	683939	4246097	5/02/2005	22/01/2006	12	
22	273540031	686108	4242450	20/02/2005	25/01/2006	12	

Tabla 15. Datos de piezometría disponibles

### 3.7.3 Datos de explotaciones

La información referida a la explotación efectuada en el acuífero de Crevillente durante el año 2005 ha sido facilitada por el Departamento del Ciclo Hídrico de la Diputación de Alicante, completando la información obtenida por el IGME en la asistencia técnica anteriormente mencionada.

En la actualidad existe un total de 13 captaciones en el embalse subterráneo de Crevillente. De todas ellas ha sido posible disponer de una serie anual de caudales de explotación mensuales (figuras 24 y 25). Es importante destacar que los puntos 18 y 17, correspondientes a los registros 273540008 y 273540006 (contabilizados como un único punto de captación), en realidad, representan la denominada galería de los Suizos, en la cual existe un total de 4 sondeos de 310 metros de profundidad. La explotación efectuada en el conjunto de sondeos existentes dentro de la galería se han asignado a un único punto en el modelo, el cual corresponde con las coordenadas asignadas al punto 18 (273540008).

En la tabla 16 se incluyen los datos de explotación empleados en la realización del modelo.

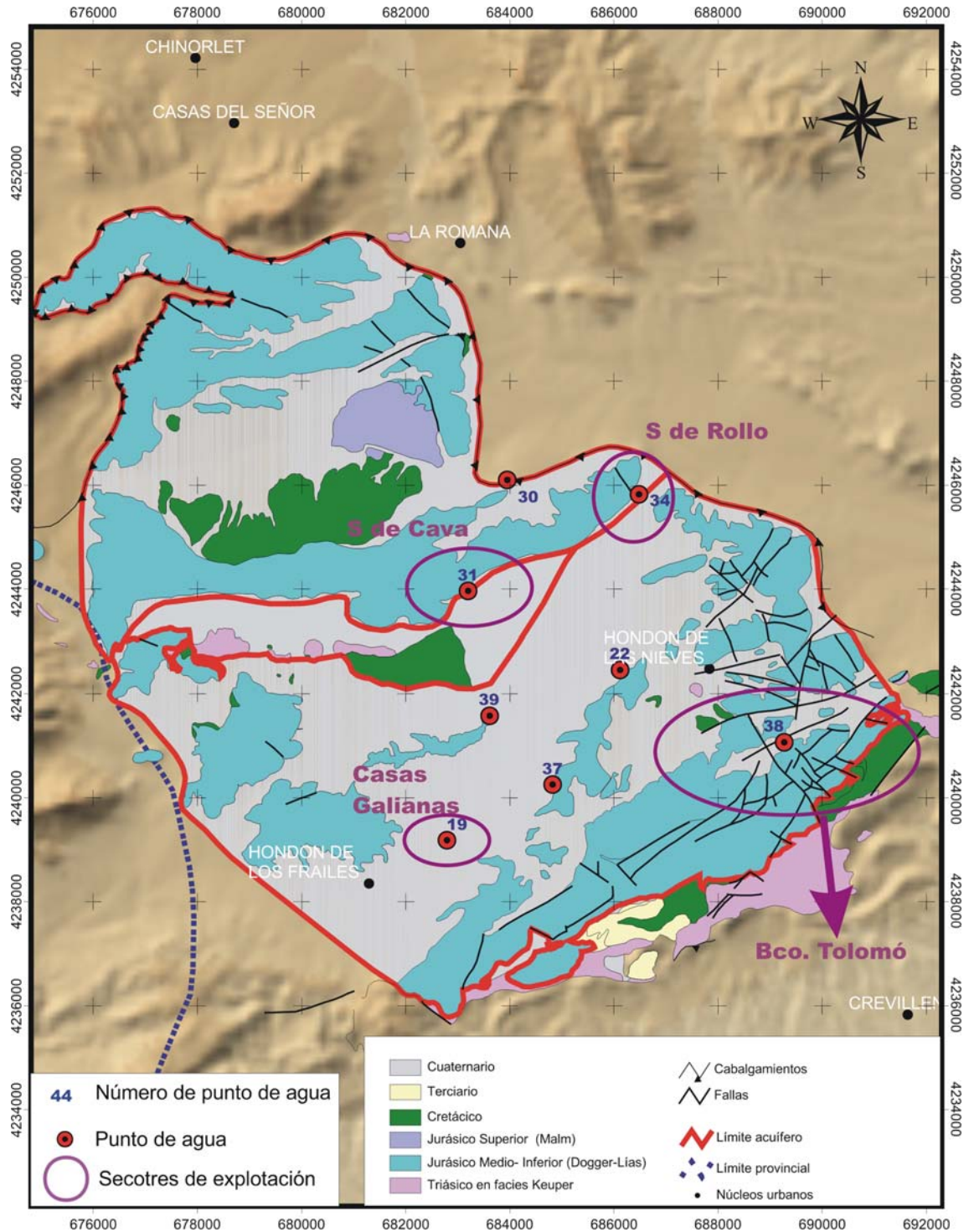


Figura 24. Localización de los puntos con información de piezometría para el año 2005.

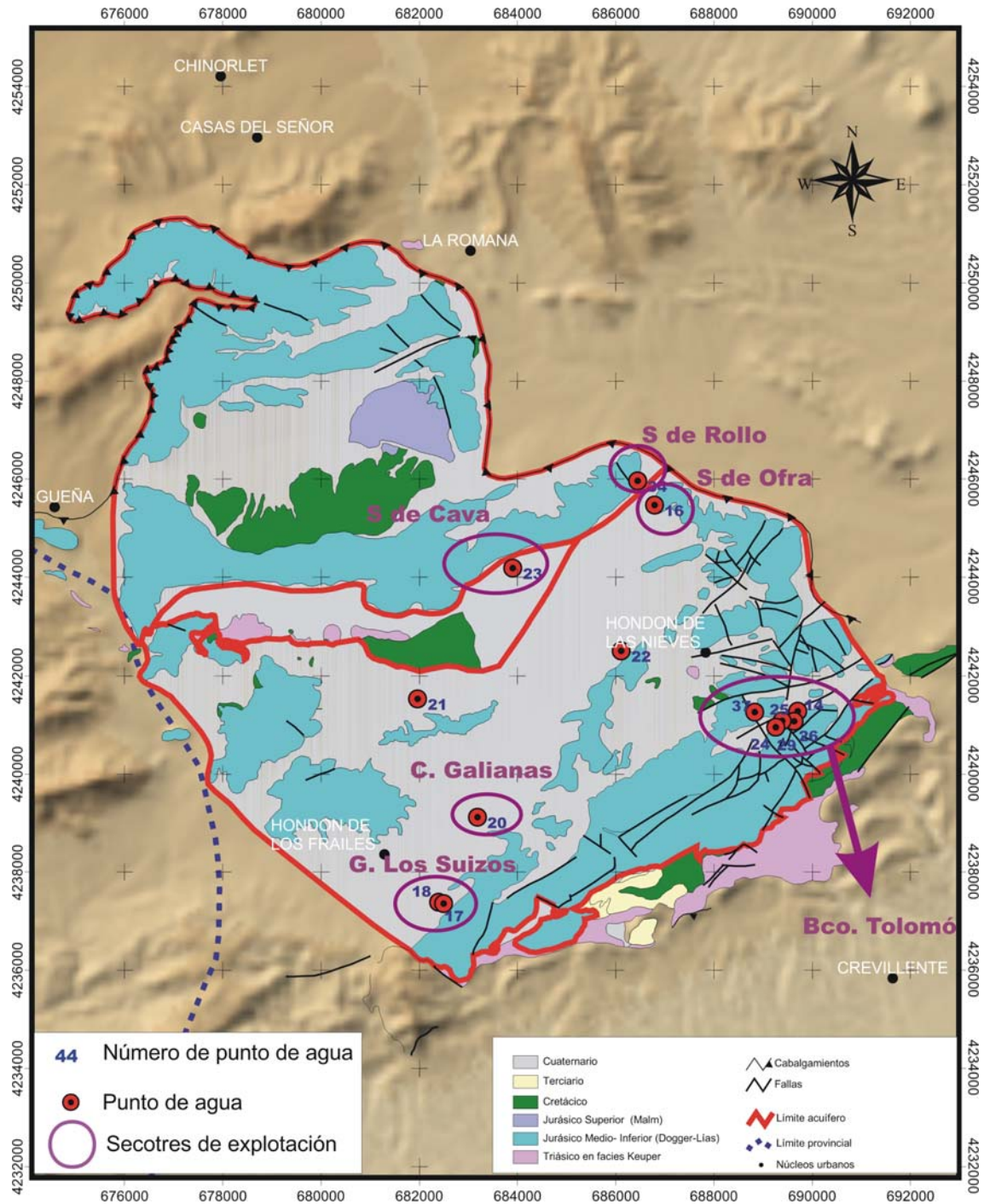


Figura 25. Localización de los puntos de bombeo en 2005



Sector	Galería Los Suizos		Casas Galianas	Sierra Cava	Sierra Rollo	Sierra Ofra	Barranco Tolomó								Total (m³/d)	Total (hm³/a)
	18	17	20	32	34	16	25	29	37	14	26	24	21	22		
Registro	273540008	273540006	273540022	273540023	273480033	273480034	283510014	283510030	283510041	283510022	283510021	283510010	273540028	273540031		
enero	0.0	0.0	0.0	171.0	0.0	715.7	0.0	0.0	0.0	264.6	69.6	2493.6	4432.6	1092.5	3714.5	0.11
febrero	0.0	0.0	1201.0	192.4	0.3	282.6	0.0	0.0	0.0	212.6	223.5	2329.6	3792.3	737.1	4442.0	0.13
marzo	0.0	0.0	2980.6	218.5	0.0	780.2	0.0	103.7	0.0	452.6	316.5	2738.4	5333.0	813.4	7590.5	0.23
abril	10232.8	2303.9	2839.9	165.4	2.6	644.8	30.1	2560.5	0.0	636.6	153.5	2349.9	6176.7	3076.5	21920.0	0.66
mayo	21574.6	2363.2	7193.3	254.8	0.0	113.6	720.1	2432.9	0.0	1618.0	0.0	2298.1	6285.7	2875.5	38568.7	1.16
junio	21538.4	2537.1	181.0	270.9	0.0	89.7	2328.9	2249.4	4632.2	1287.2	251.5	2187.2	3247.0	3975.9	37553.5	1.13
julio	21706.8	2656.1	174.6	162.0	1893.4	834.0	2765.9	2417.5	3823.7	1374.1	189.4	2392.5	2501.3	3739.1	40389.8	1.21
agosto	22564.0	3298.2	3794.4	146.1	1.7	45.3	2183.0	0.0	1941.6	2253.5	923.1	2631.6	3851.7	5228.3	39782.4	1.19
septiembre	22577.5	2895.2	900.5	132.7	0.0	0.0	920.3	96.3	1200.5	1339.8	194.6	742.1	2226.7	1191.1	30999.5	0.93
octubre	20933.0	2932.9	0.0	88.8	0.0	0.0	175.3	155.8	0.0	1308.7	404.6	0.0	4118.4	1126.5	25999.1	0.78
noviembre	14869.9	1548.7	0.0	75.4	0.0	0.0	118.5	62.8	0.0	931.4	53.9	28.7	2435.0	1027.8	17689.3	0.53
diciembre	14866.7	1478.5	0.0	49.4	0.0	319.3	0.0	26.3	0.0	673.4	275.4	0.0	3654.3	129.7	17689.0	0.53

Tabla 16. Datos de explotaciones disponibles (m³/d)

### 3.7.4 Resultados de la calibración

En la figura 26 se incluye la calibración obtenida para todos los valores de piezometría correspondiente al año 2005 considerados en la realización del modelo. En la misma, se observa que prácticamente todos los datos se encuentran dentro del intervalo de confianza del 95%.

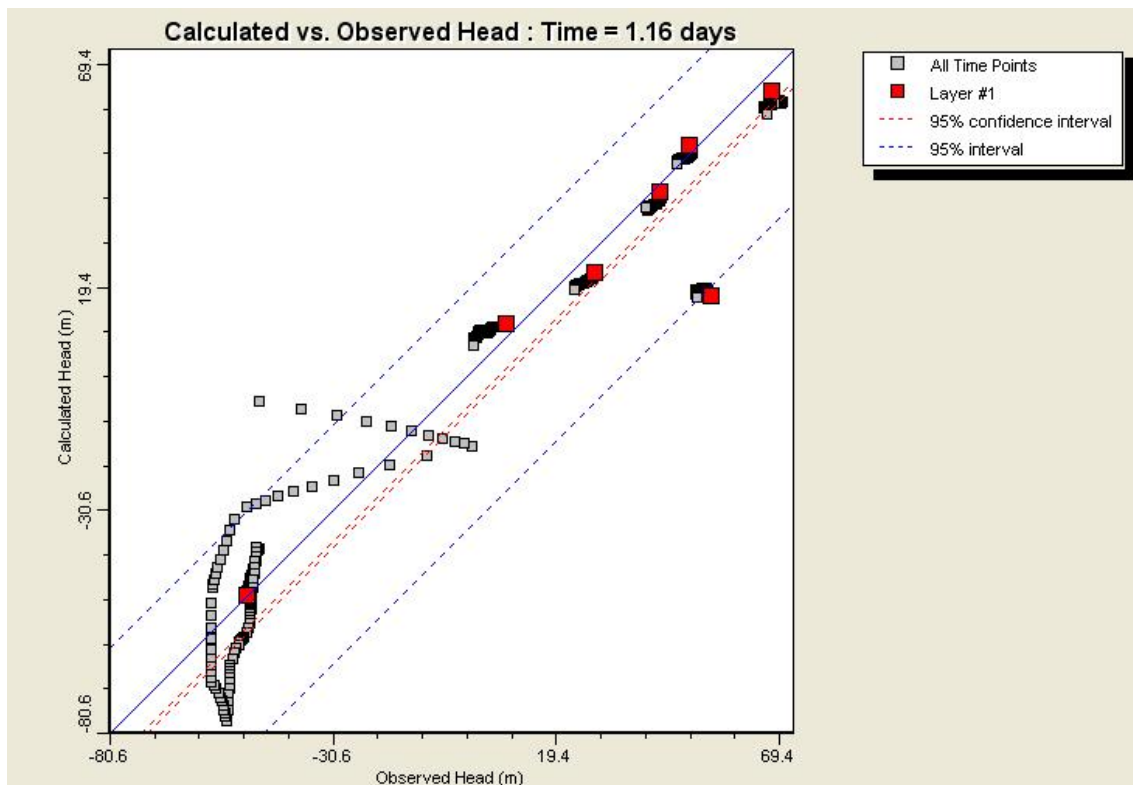


Figura 26. Gráfico de calibración de todos los datos de piezometría considerados. Año 2005.

El punto 38, localizado en el sector de explotación del Barranco de Tolomó, presenta una dispersión significativa con respecto a los datos calculados en el modelo, en comparación con el resto de los datos considerados. El sector de explotación del Barranco de Tolomó es, junto con el de la Galería de los Suizos, donde se ha producido la explotación más intensiva de los recursos del embalse subterráneo de Crevillente y, en consecuencia, donde los niveles piezométricos alcanzan cotas inferiores, encontrándose muy próximas a la cota del muro del acuífero.

Los acuíferos kársticos de gran espesor, como el de Crevillente, son susceptibles de presentar una variación de los parámetros hidráulicos en la vertical, ya que los fenómenos de disolución que dan lugar a la porosidad secundaria de los edificios kársticos son más frecuentes en superficie y disminuyen en profundidad, ya que el propio peso litostático, entre otros factores, da lugar al cierre de las posibles discontinuidades existentes en la roca caliza, dificultando la libre circulación del agua y, por tanto, disminuyen el desarrollo de las cavidades kársticas y de la porosidad.

De esta forma los valores de porosidad que calibran la serie de piezometría en periodos anteriores, cuando el nivel piezométrico es más elevado, pueden no proporcionar el mismo ajuste cuando el nivel piezométrico es menor. Este mismo fenómeno puede estar ocurriendo en los sondeos de Casas Galianas, en los cuales, como se observa en la figura 27, que muestra el ajuste entre las series de piezometría medidas y las series calculadas por el modelo (punto 19 en la figura 16, que corresponde con el número 38 en la figura 27), los descensos calculados en el modelo son inferiores que los medidos en la realidad, posiblemente porque el valor de porosidad del modelo es superior a la porosidad de las calizas a la profundidad a la que se encuentra el nivel piezométrico.

Los valores de transmisividad estimados en función de los resultados de piezometría para diciembre de 2005 son de 3600 m<sup>2</sup>/d en el sector de Argallet y varían entre 1300 m<sup>2</sup>/d y 20 m<sup>2</sup>/d en el sector de Crevillente.

El balance hídrico para el año 2005 (tabla 17) muestra que, a pesar de que la explotación de acuífero es similar a la del año 2004, el consumo de las reservas no renovables que se está efectuando, especialmente en el sector acuífero de Crevillente, es muy superior al del año anterior, aunque en contraposición, se observa una ligera recuperación de los niveles en aquellas zonas del sector de Crevillente en las que se ha dejado de bombear (recuperación del almacenamiento de 2,7 hm<sup>3</sup>/año).

La piezometría obtenida para diciembre de 2005 se muestra en la figura 28.



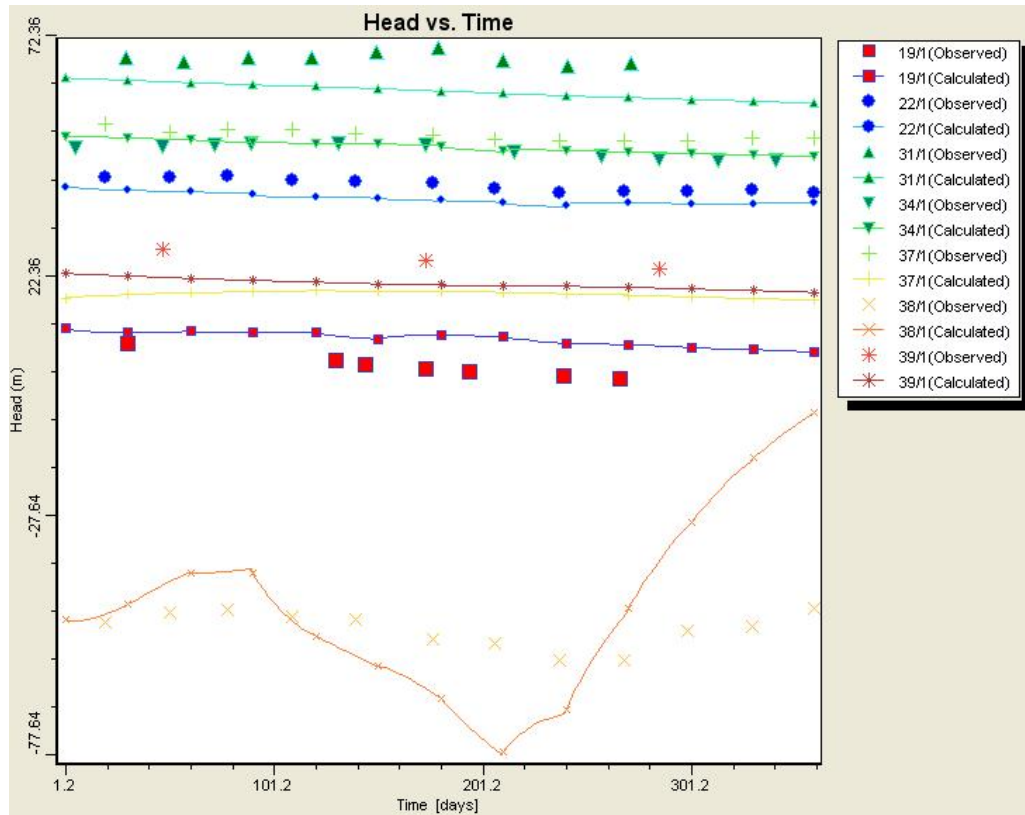


Figura 27. Calibración de las series temporales consideradas.

<b>Sector de Crevillente</b>	<b>Entradas (hm<sup>3</sup>/año)</b>	
	Infiltración del agua	1,8
	Transferencias laterales	5,6
	Vaciado del almacenamiento	5,9
	<b>Total</b>	<b>13,2</b>
	<b>Salidas (hm<sup>3</sup>/año)</b>	
	Bombes	10,7
Recuperación del almacenamiento	2,7	
	<b>Total</b>	<b>13,3</b>
<b>Sector de Argallet</b>	<b>Entradas (hm<sup>3</sup>/año)</b>	
	Infiltración del agua	1.0
	Vaciado del almacenamiento	4.7
	<b>Total</b>	<b>5.7</b>
	<b>Salidas (hm<sup>3</sup>/año)</b>	
	Bombes	0.1
	Transferencias laterales	5.6
	<b>Total</b>	<b>5.7</b>

Tabla 17. Balance hídrico en el acuífero de Crevillente para el año 2005.

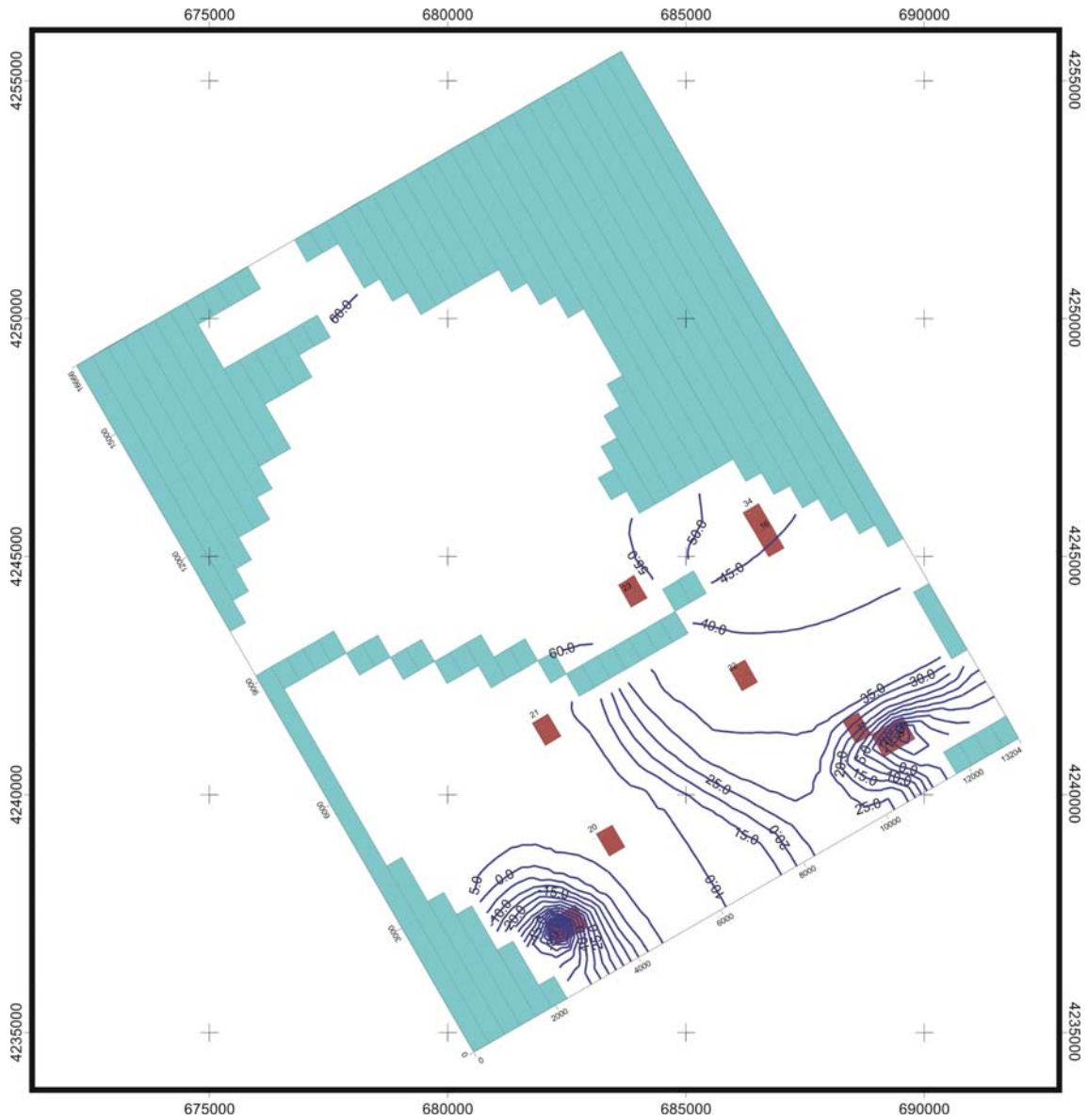


Figura 28. Piezometría diciembre de 2005.

### 3.8 ESTIMACIÓN DE LAS RESERVAS DE AGUA DEL ACUÍFERO DE CREVILLENTE A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL MODELO.

Partiendo de la superficie piezométrica obtenida para diciembre de 2005 una vez se ha considerado calibrado el modelo matemático y considerando los valores de porosidad asignado a cada una de las celdas del modelo, se han estimado por medio de la utilización de un sistema de información geográfica (SIG), las reservas del embalse subterráneo de Crevillente a finales de 2005.

Para ello se han construido sendas superficies raster (pixeladas) de igual extensión que el acuífero de Crevillente, a partir de los valores de porosidad y de la superficie piezométrica correspondiente a diciembre de 2005. Cada uno de los pixeles que forman dichas superficies se ha construido con un tamaño de celda de 50x50 m y a cada pixel se le ha asignado su valor de piezometría y porosidad correspondiente. De igual forma se ha procedido con la superficie del muro del acuífero obtenida a partir de la digitalización del mapa de isohipsas del muro del acuífero (IGME, 1992), de forma que se ha obtenido una tercera superficie pixelada en la que cada pixel o celda tiene el valor correspondiente de cota del muro del acuífero.

Las superficies así generadas se han combinado mediante la siguiente función:

$$V_{ac} = [(P_c - M_c) * S_c] * A_c$$

donde:

- $V_{ac}$ : corresponde al volumen de agua de cada celda o pixel de la superficie resultante en m<sup>3</sup>.
- $P_c$ : el valor de piezometría (m s.n.m.) correspondiente a cada celda o pixel en la superficie de piezometría de diciembre de 2005.
- $M_c$ : valor de la cota (m s.n.m.) de cada celda o pixel en la superficie del muro del acuífero.

- $S_c$ : valor de porosidad (%) en cada celda o pixel en la superficie que representa la porosidad del acuífero.
- $A_c$ : área de cada celda o pixel ( $m^2$ )

La superficie resultante, (mapa de volumen de agua de la figura 29) proporciona el volumen de agua existente en cada una de las celdas o pixeles de  $2500 m^2$  de superficie. La suma de los volúmenes de cada una de las celdas proporciona el volumen total de agua existente en el acuífero para la situación piezométrica de diciembre de 2005, siendo este valor de  $274,2 hm^3$ . Esta metodología permite a su vez estimar las zonas del acuífero (en amarillo en el mapa de volumen de agua de la figura 29) dónde el acuífero está, probablemente, casi seco.

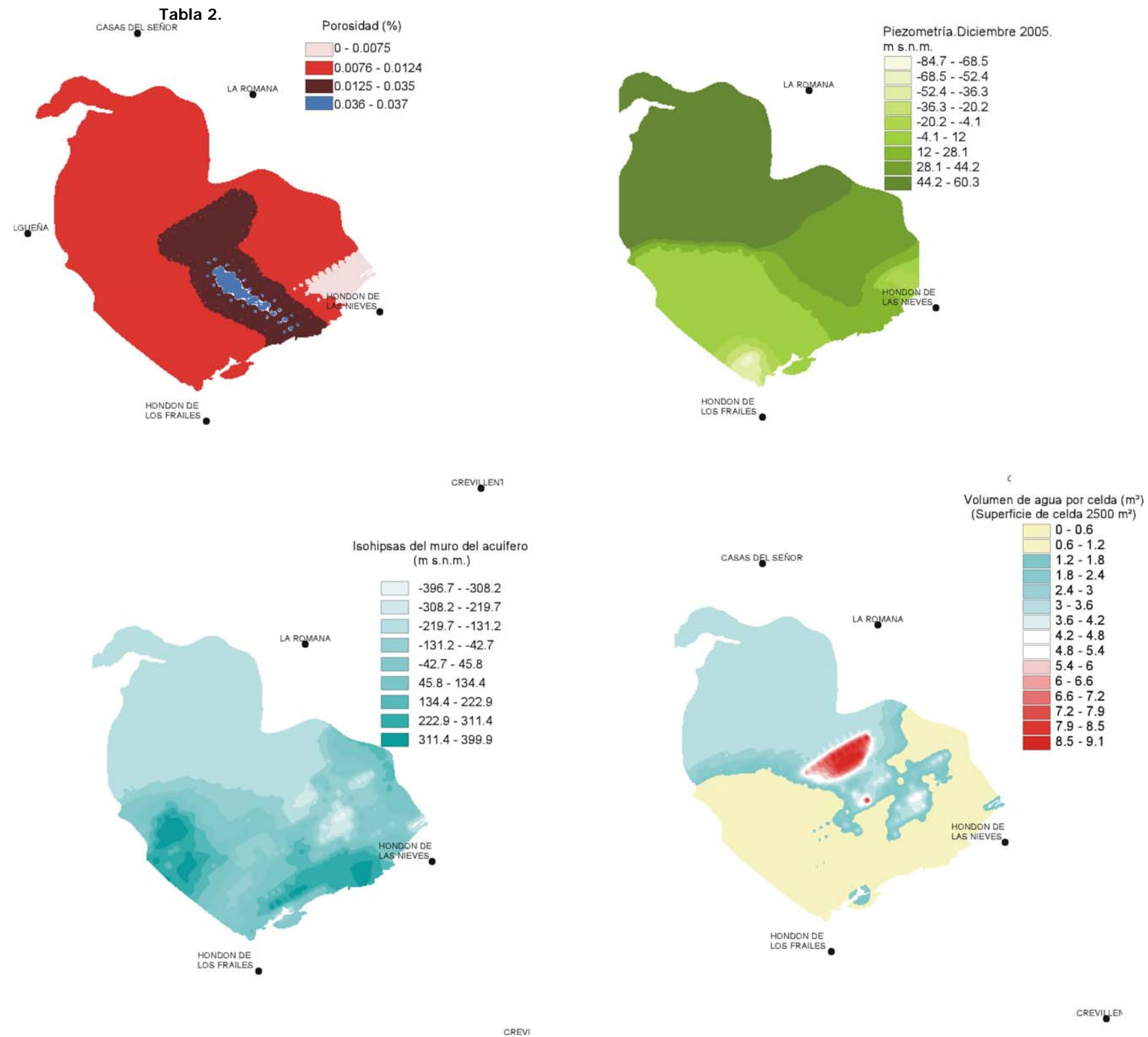


Figura 29. Estimación de las reservas en el acuífero de Crevillente.

### 3.9 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a partir de la calibración del modelo del acuífero de Crevillente, resuelto mediante el método de diferencias finitas en régimen transitorio con un paso de tiempo anual para el periodo de tiempo comprendido entre 1966 y 2004 y con un paso de tiempo mensual para el año 2005 permite establecer las siguientes conclusiones:

- Los materiales que conforman el sistema de Crevillente son principalmente dolomías y calizas masivas del Jurásico Inferior, con una potencia media del orden de 450 m. El sustrato impermeable está constituido por arcillas y yesos del Triásico.
- En el acuífero de Crevillente se diferencian dos sectores: El sector de Argallet al norte y el sector de Crevillente al sur, independizados por el afloramiento del sustrato impermeable a lo largo del límite que les separa, salvo en el extremo oriental del mismo, en el que ambos se encuentran conectados hidráulicamente.
- Los límites del modelo corresponden en su mayor parte a los afloramientos del sustrato impermeable, salvo en el tramo meridional del límite este en el que el cierre del acuífero está constituido por el afloramiento de materiales margosos de edad Cretácica.
- En régimen natural el acuífero se alimenta únicamente por la infiltración del agua de lluvia y se descarga probablemente por rebose a través de manantiales localizados en el sector meridional del límite este.
- El descenso de los niveles piezométricos, consecuencia de la explotación de los recursos subterráneos, ha provocado la desaparición de las surgencias naturales del acuífero, de forma que en régimen influenciado la entrada de



agua se efectúa por infiltración de agua de lluvia y por retorno de riego y las salidas se limitan a la extracción por bombeo.

- Los valores de transmisividad del acuífero, obtenidos por calibración, son de 8050 m<sup>2</sup>/d en el sector de Argallet y de entre 3200 y 45 m<sup>3</sup>/d en el sector de Crevillente, al principio de la explotación en la década de los 60. En la situación piezométrica correspondiente a finales de 2005, la transmisividad del acuífero desciende a valores de 3600 m<sup>2</sup>/d en el sector de Argallet y a valores comprendidos entre 1300 y 20 m<sup>2</sup>/d en el sector de Crevillente.
- La porosidad del acuífero obtenida por calibración varía entre 1,2% y 3,5% en el sector de Argallet y entre 0,07 y 3,7% en el sector de Crevillente.
- La realización de un modelo de precipitación-escorrentía ha permitido estimar que la infiltración media anual del acuífero procedente de la lluvia es del orden de 56 mm/año.
- En régimen influenciado, se estima que los retornos de riego son de 2,85 mm/año en el sector de Argallet (0,16 hm<sup>3</sup>/año) y de 12 mm/año en el sector de Crevillente (0,96 hm<sup>3</sup>/año).
- El balance hídrico obtenido una vez se considera calibrado el modelo para el año 2005 estima un volumen de recarga del sector de Argallet de 1 hm<sup>3</sup> y un volumen de extracciones de 0,11 hm<sup>3</sup>. La transferencia lateral hacia el sector de Crevillente calculada es de 5,6 hm<sup>3</sup>. Esta situación hídrica deficitaria supone un vaciado del acuífero de 4,7 hm<sup>3</sup>. En el sector de Crevillente, la recarga calculada para el año 2005 es de 1,8 hm<sup>3</sup> y los bombeos de 10,66 hm<sup>3</sup>, produciéndose un vaciado del acuífero en las zonas de máxima explotación de 5,9 hm<sup>3</sup>. En los sectores en los que durante el año 2005 no se produjo explotación se produce un incremento del almacenamiento de 2,7 hm<sup>3</sup>.

- Existen zonas en el acuífero que se encuentran secas, al menos parte del año, como son las áreas central y occidental del sector de Crevillente o el extremo más próximo al límite sur del acuífero, lo que produce discrepancias en el ajuste de las series de piezometría calculadas con las series reales disponibles, ya que en el modelo realizado el secado de celdas provoca errores en el proceso de convergencia.
- Los acuíferos kársticos de gran espesor son susceptibles de presentar una variación de los parámetros hidráulicos en la vertical. Este hecho puede provocar que los valores de porosidad que calibran la serie de piezometría para el periodo 1966-2004, cuando el nivel piezométrico es más elevado, no proporcionen el mismo ajuste para el año 2005, cuando el nivel piezométrico es menor.
- A partir de la superficie piezométrica obtenida para diciembre de 2005 y los valores de porosidad que calibran el modelo, se estima que el volumen de agua existente en el acuífero de Crevillente es del orden de 275 hm<sup>3</sup>.

#### 4 **BIBLIOGRAFÍA**

Andreu, J.M. 1997. Contribución de la sobreexplotación al conocimiento de los acuíferos kársticos de Crevillente, Cid y Cabeço D'or. (Provincia de Alicante). Tesis Doctoral. Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.

Confederación Hidrográfica del Júcar, 2004. Informe provisional sobre el artículo nº 5 de la Directiva Marco del Agua de la cuenca piloto del río Júcar.

Confederación Hidrográfica del Júcar, 2005. Informe sobre los artículos nº 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua. Caracterización de las masas de agua de la demarcación del Júcar.

Diputación Provincial de Alicante. Departamento del Ciclo Hídrico, 2007. Mapa de agua de la provincia de Alicante. Segunda Edición.

Diputación de Alicante - Instituto Geológico y Minero de España, 1982. Las aguas subterráneas en la provincia de Alicante.

Instituto Geológico y Minero de España, 1972. Hoja Geológica nº 870 Pinoso. Serie MAGNA.

Instituto Geológico y Minero de España, 1978. Hoja Geológica nº 892 Fortuna. Serie MAGNA.

Instituto Geológico y Minero de España, 1992. Estudio de las reservas de los embalses subterráneos de la unidad del Prebético de Murcia.

Instituto Geológico y Minero de España, 2000. Estudio de las posibilidades de almacenamiento de las aguas del transvase Júcar-Vinalopó en los embalses

subterráneos provinciales mediante recarga artificial. Simulación de la gestión de los recursos hídricos en el Medio Vinalopó.

Instituto Geológico y Minero de España, 2007. Delimitación física de los límites geológicos de los acuíferos de Crevillente y Quibas, en la provincia de Alicante, con vista a la realización de un modelo matemático de flujo de los mismos.

MOPU, 1982. Estudio de la infraestructura hidráulica de la cuenca del Vinalopó. Dirección General de Obras Hidráulicas.

MOPU, 1990. Unidades hidrogeológicas de la España peninsular e Islas Baleares. Informaciones y Estudios nº 52.