

ÍNDICE GENERAL

1	Introducción	1
2	Antecedentes.....	4
3	localización y Contexto geológico del acuífero de Crevillente	6
4	Modelo conceptual del sistema acuífero de Crevillente.....	11
4.1	Balance hídrico del sistema acuífero de Crevillente.....	14
5	modelo matemático.....	17
5.1	Definición del mallado	18
5.2	Límites del modelo	20
6	Software empleado	20
7	régimen estacionario	21
7.1	Condiciones de contorno.....	21
7.2	Recarga.....	22
7.3	Distribución espacial de los parámetros hidráulicos.	23
8	Calibración en régimen transitorio desde el comienzo de la explotación del acuífero hasta el año 2005	25
8.1	Distribución espacial de los parámetros hidráulicos	25
8.2	Recarga.....	27
8.3	Datos considerados en la calibración.....	37
8.4	Resultados de la CALIBRACIÓN	42
9	Calibración en régimen transitorio. Periodo 2005-2006	44
9.1	RECARGA	45
9.2	Datos de piezometría.....	46
9.3	Datos de explotaciones.....	47
9.4	Resultados de la CALIBRACIÓN	48
10	BIBLIOGRAFÍA	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Rango de permeabilidades de las formaciones del sistema acuífero de Crevillente.....	14
Tabla 2.	Balance hídrico para el sistema acuífero de Crevillente.....	16
Tabla 3.	Estación meteorológica nº 7247.....	33
Tabla 4.	Parámetros de modelo de Temez para el sector de Chicamo	35
Tabla 5.	Valores de infiltración promedio	35
Tabla 6.	Resultados de la calibración del modelo de Precipitación escorrentía. Serie de Infiltración (mm/mes).	36
Tabla 7.	Datos de piezometría utilizados en la calibración correspondiente a enero de 2005.....	38
Tabla 8.	Datos de bombeo utilizados en la simulación.....	39
Tabla 9.	Balance hídrico medio calculado para el periodo 1960-2004.	44
Tabla 10.	Valores de infiltración calculados para el periodo enero de 2005-marzo de 2006.....	45
Tabla 11.	Datos de piezometría disponibles	47
Tabla 12.	Datos de explotaciones disponibles	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Unidades Hidrogeológicas y límites de los sectores acuíferos.	3
Figura 2.	Límites geográficos del sistema acuífero de Crevillente.	7
Figura 3.	Mapa geológico y cortes hidrogeológicos del sistema acuífero de Crevillente.	10
Figura 4.	Posibles puntos de drenaje del sistema acuífero de Crevillente en régimen natural.....	13
Figura 5.	Definición del mallado del modelo.....	19
Figura 6.	Localización de las celdas con condición de contorno tipo dren....	22
Figura 7.	Piezometría en régimen permanente	24

Figura 8.	Distribución espacial de la permeabilidad	27
Figura 9.	Componentes de la aportación en un intervalo de tiempo (modelo Temiz modificado	30
Figura 10.	Localización del sector de Chicamo	34
Figura 11.	Puntos con información piezométrica	40
Figura 12.	Puntos de bombeo	41
Figura 13.	Gráfico de calibración obtenido para la simulación del periodo comprendido entre el comienzo de la explotación y enero de 2005	42
Figura 14.	Piezometría simulada para enero de 2005.	43
Figura 15.	Gráfico de calibración de todos los datos de piezometría considerados	49
Figura 16.	Gráfico de calibración de las series temporales consideradas.....	49

1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio forma parte del Convenio específico firmado entre la Exc Diputación de Alicante y el Instituto Geológico y Minero de España, dentro de los trabajos titulados: "Análisis y optimización de los modelos matemáticos aplicados al estudio de los acuíferos carbonáticos de Crevillente y Quibas."

Ambos acuíferos se encuentran ubicados en la cuenca del río Vinalopó, donde el alto índice de aridez y la extrema irregularidad de los episodios pluviométricos confieren a los embalses subterráneos un papel fundamental en la satisfacción de las demandas consuntivas.

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

Por esta razón, se considera conveniente disponer de modelos hidrogeológicos calibrados de ambos acuíferos, como vía de eliminar ciertas lagunas existentes sobre su funcionamiento y disponer de una herramienta para la gestión de las reservas de estos embalses subterráneos.

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 disponible se han desarrollado los modelos matemáticos de flujo subterráneo, procediendo a la calibración y validación de los mismos.

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 sedas Unidades Hidrogeológicas de carácter intercuenca, estando compartidas por las Cuenas Hidrográficas del Júcar y el Segura. Dentro de la demarcación de la Cuenca Hidrográfica del Júcar esta 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. No obstante, 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 recursos subterráneos diferenciándolos en las denominadas 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, mientras que la Unidad Hidrogeológica de Quibas se corresponde con la masa de agua 080.076 Sierra de Reclot.

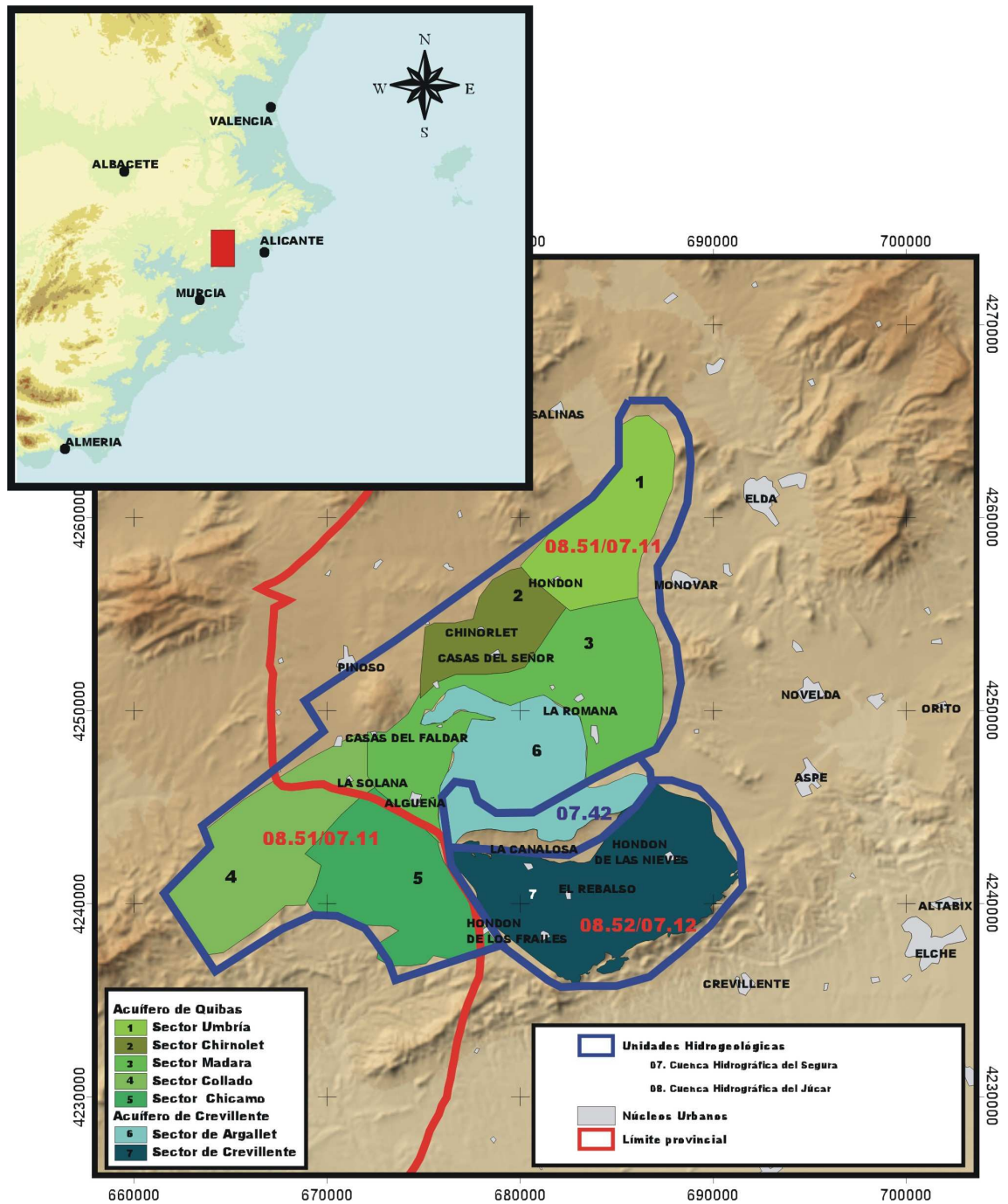


Figura 1. Unidades Hidrogeológicas y límites de los sectores acuíferos.

2 ANTECEDENTES

La elaboración de un modelo matemático de flujo requiere, como condición previa a la modelación, disponer de un modelo conceptual 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 a modelar y, en especial, los límites de las formaciones permeables.

Atendiendo a esta necesidad el Instituto Geológico y Minero de España encargó a la empresa SEDELAM, la realización del estudio denominado: "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." en el que se han llevado a cabo 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, susceptibles de generar recarga 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, y en el que se incluye información sobre el funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos objeto del presente estudio, se define el carácter de los límites de los acuíferos y se cuantifica la recarga de los acuíferos, las transferencias laterales, el volumen de explotación de los mismos, la descarga a través de los manantiales y se identifican los principales puntos de agua de cada uno de los acuíferos.

ACUÍFERO DE CREVILLENTE

3 LOCALIZACIÓN Y CONTEXTO GEOLÓGICO DEL ACUÍFERO DE CREVILLENTE

El sistema acuífero de Crevillente se localiza íntegramente en 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 Ofre.

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. La máxima elevación del terreno se encuentra en torno a los 1.000 m s.n.m. en las Sierras del 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 incorporan de forma parcial un total de 10 Términos Municipales, pertenecientes todos ellos a la provincia de Alicante (Pinoso, Monovar, Algueña, La Romana, Orihuela, Hóndón de las Nieves, Aspe, Crevillente, Albaterra y Hondón de los Frailes); de los cuales únicamente los núcleos urbanos de Hondón de las Nieves y Hondón de los Frailes se sitúan dentro del perímetro del acuífero de Crevillente.

El sistema acuífero de Crevillente ocupa una superficie total de 145 km², de los cuales 76 km² 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 conforma el sistema acuífero de Crevillente, se distinguen en él, dos sectores: El sector de

Argallete, localizado al norte de la sierra del mismo nombre y el sector de Crevillente, ubicado al sur de dicha Sierra, encontrándose ambos sectores conectados hidráulicamente en el extremo oriental del límite definido entre ambos.



Figura 2. Límites geográficos del sistema acuífero de Crevillente.

En un encuadre geológico los materiales que conforman el sistema acuífero 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 Subético, 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 acuífero de Crevillente:

- : **Triásico:** Esta 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 constituido por caliza 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 dolías 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 y está constituida por calizas rosas, ligeramente ferruginosas y estratificada en pequeños bancos que en algunas zonas presentan gran contenido en filamentos. Este nivel presenta un espesor que no supera los 50 m.

- **Jurásico Superior (Malm)**:_Este nivel 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 silex y en ocasiones con una textura granoclasificada muy fina. Finalmente, el Jurásico Superior está coronado por un nivel de caliza 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 el cuaternario indiferenciado con una potencia variable.

Desde el punto de vista estructural, tal y como se menciona al inicio de este apartado, el sistema acuífero de Crevillente constituye una unidad estructural perteneciente al subético, que está cabalgando sobre la unidad prebética localizada hacia el norte. El nivel de despegue de los macizos arrastrados de materiales jurásicos y cretácicos, corresponde con las arcillas y yesos en facies Keuper del Triásico, el cual se encuentra siempre presente, con mayor o menor espesor, por debajo de los materiales carbonatados que constituyen el sistema acuífero de Cerevillente.

El desplazamiento de la escama subética 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 pligues muy cerrados e incluso volcados y la formación de escamas de orden menor. En conjunto estas estructuras presentan una dirección suroeste-noreste.

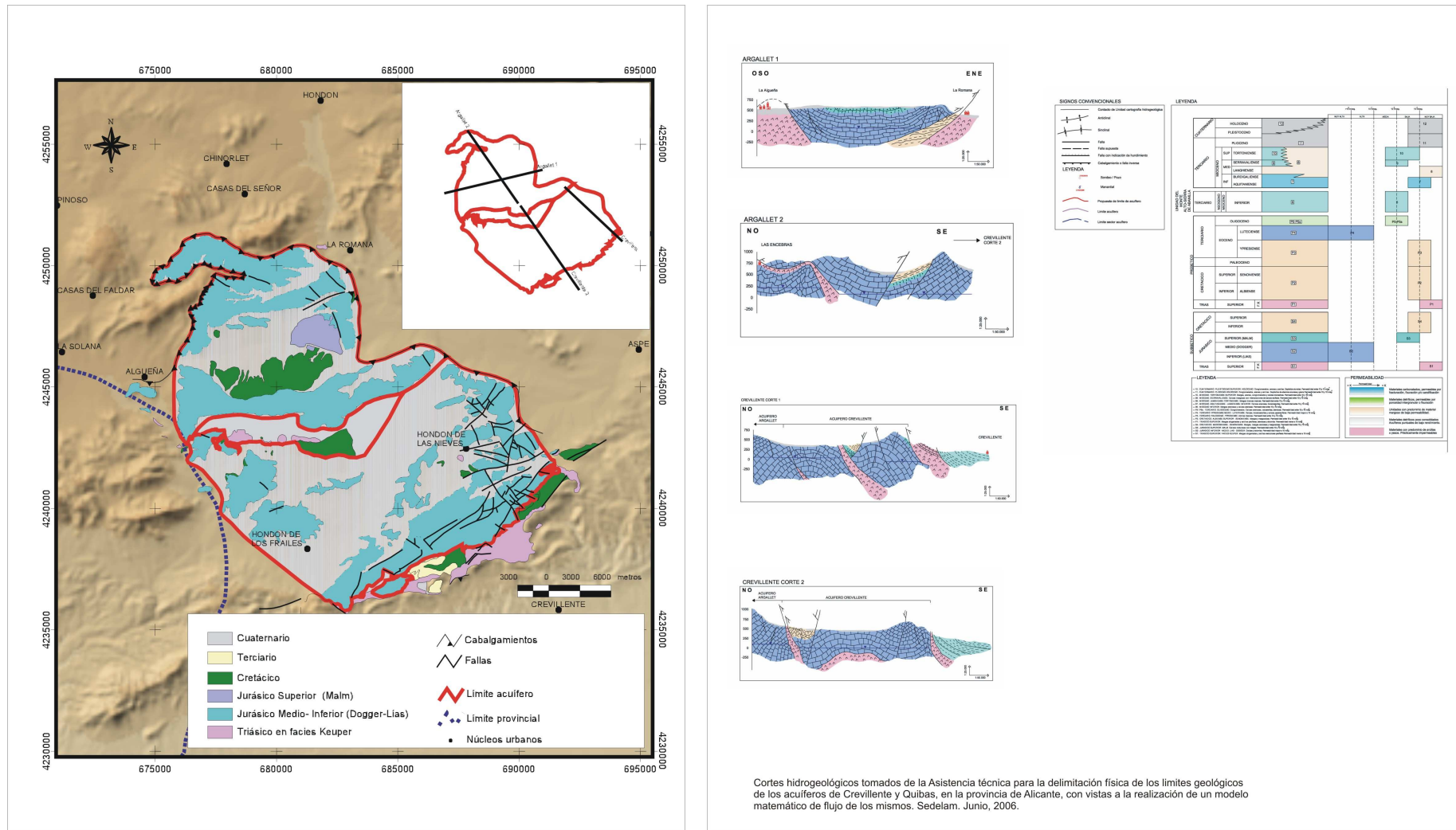


Figura 3. Mapa geológico y cortes hidrogeológicos del sistema acuífero de Crevillente.

4 MODELO CONCEPTUAL DEL SISTEMA ACUÍFERO DE CREVILLENTE

El sistema acuífero de Crevillente está cosnstituido 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 s.n.m., aunque la disposición estructural de los materiales que lo configuran da lugar a una disminución de este espesor, bien por causas tectónicas (presencia de fallas inversas que disminuyen la potencia de los niveles afectados), bien por causas estructurales (disminución del espesor por compresión en el núcleo de los anticlinales), o como se obserba en el corte denominado Crevillente 2 de la figura anterior, 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 tectonizacos, como es el caso del límite sureste

El muro del sistema acuífero corresponde, tal y como se ha indicado en apartados anteriores, a los materiales impermeables de Triásico en facies Keuper constituidos fundamentalamente por arcillas y yesos.

Los límites laterales del acuífero están constituidos de igual forma por los afloramientos del Triásico, los caules se presentan bien como la base aflorante del cabalgamiento sobre los materieales 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 acuífero de Crevillente se han distinguido dos sectores: el sector de Argallet al norte y el sector de Crevillente al sur. Ambos sectores se encuentra divididos por los afloranmientos de Keuper que se localizan al sur de las Sierras de Argallet y Cava. Este afloramiento trásico, parece no estar presente en el extremo

oriental de este límite, 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 donde porosidad se ha originado por el desarrollo de los fenómenos de disolución a favor de las fracturas y discontinuidades presente, el cual que funciona como un acuífero libre.

Ocupa una superficie total de 145 km², de los cuales 56 km² corresponde al sector de Argallet y 80 km² corresponden al sector de Crevillente. Los casi 10 km² restantes, corresponden a los afloramientos impermeables que independizan ambos sectores. Los afloramientos permeables en el sector de Argallet son del orden de 37 km², mientras que en el sector de Crevillente son de 34,5 km².

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 comenzarán 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, localizados en los puntos situados topográficamente más bajos. En la figura adjunta se incluye la localización de los puntos del perímetro del sistema acuífero 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 acuífero 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 dónde la piezometría en esta zona podría ser del orden 300 m s.n.m, la transferencia lateral entre ambos sectores del orden de 1,66 hm³/año. La piezometría media del acuífero sería del orden de 305 m s.n.m.

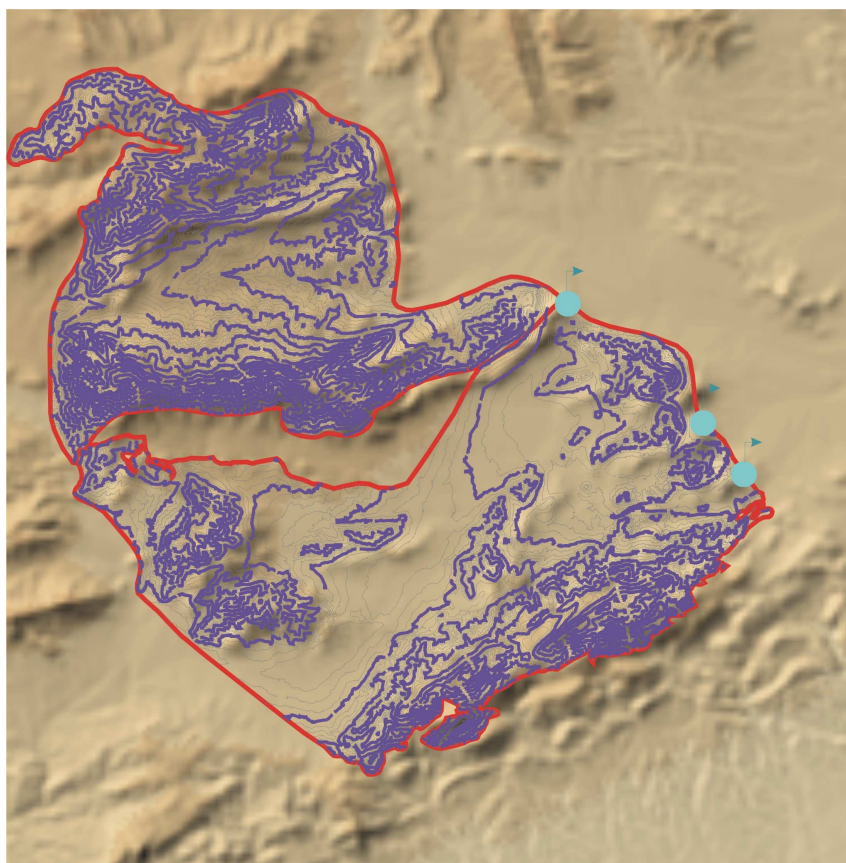


Figura 4. Posibles puntos de drenaje del sistema acuífero de Crevillente en régimen natural.

La explotación que se ha venido produciendo en el sistema acuífero de Crevillente ha provocado una transformación significativa del régimen de funcionamiento hidrogeológico, de forma que en la actualidad no se conoce ninguna salidad 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, dónde las extracciones son significativamente superiores, existiendo conos de bombeo, dónde los niveles

piezométricos alcanzan valores inferiores a la cota 0. La dirección del flujo en el sector de Argallete, sigue siendo principalmente noroeste-sureste, mientras que en el sector de Crevillentela dirección de flujo está marcada por la localización de los principales puntos de extracción.

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 vista a la realización de un Modelo Matemático de Flujo de los mismos, se establece un rango de valores de permeabilidad para las formaciones que constituyen el sistema acuífero los cuales se incluyen en la siguiente tabla:

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 acuífero de Crevillente.

4.1 BALANCE HÍDRICO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE CREVILLENTE.

En la documentación consultada referente a los términos que definen el balance hídrico del sistema acuífero de Crevillente, existe gran disparidad, tanto en los valores de recarga como en los datos de extracciones que se imputan a este sistema. A continuación se describe brevemente los datos recopilados, referentes al balance hídrico del sistema acuífero de Crevillente en la documentación consultada.

Atendiendo a los datos incluidos en 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, únicamente se hace referencia al acuífero de Crevillente al que se le asigna una superficie de 71,27 km². La

cifra asignada a la recarga del acuífero es de 1,14 hm³/año de los cuales 0,39 hm³/año se asigna a la infiltración del agua de lluvia y los 0,75 hm³/año restantes a la infiltración procedente de los retornos de regadío. La extracción por bombeo está cifrada en 17,26 hm³/año de los cuales 1,66 hm³/año se destinan a satisfacer la demanda urbana, 12,49 hm³/año a riego y 3,11 hm³/año a uso industrial.

En el 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 publicado en Abril de 2005 por la Confederación Hidrográfica del Júcar se aporta datos además de para la unidad de Crevillente, para la unidad de Sierra de Argallet. La recarga del acuífero de Crevillente con una superficie de 70,28 km² se establece en 1,55 hm³/año, sin determinar la procedencia y las extracciones por bombeo en 16,05 hm³/año. En el caso de la unidad de Argallet la superficie es de 16,98 km², donde la recarga directa se cifra en 0,45 hm³/año y las extracciones en 2,36 km².

En la segunda edición del Mapa de Agua de la Provincia de Alicante editado por la Diputación Provincial de Alicante. Ciclo Hídrico, en 2006, se cifra para un año tipo medio la recarga en 3,2 hm³/año, para el total del sistema acuífero de Crevillente, correspondiendo 1,7 hm³/año al sector de Argallet y 1,5 hm³/año al sector de Crevillente, sin especificar de igual forma la procedencia de la recarga. Las extracciones por bombeo están cifradas en un total de 10,15 hm³/año, de los cuales únicamente 0,15 hm³/año corresponde al sector de Argallet y los 10 hm³/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 hm³/año.

Finalmente en el 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 realizado por el Instituto Geológico y Minero de España, se estima que el consumo medio de agua subterránea entre los años 1996 y 1998 fue de 3,56 hm³/año, de los cuales 0,58 hm³/año procedían del sector de Argallet y 2,98 hm³/año del sector de Crevillente. En este mismo informe se indica que la demanda media para ese mismo periodo de

tiempo fue de 6,4 hm³/año, 1,2 hm³/año fueron abastecidos con agua subterránea procedente del sector de Argallet y 5,2 hm³/año se abastecieron con agua procedente del sector de Crevillente.

En la siguiente tabla se incluye a modo de resumen los datos sobre balance hídrico recopilados:

		1	2	3	4	
Sector de Crevillente	Entradas (hm³/año)					
	Infiltración del agua de lluvia	0.39	1.55	1.5		
	Transferencias laterales			1.55		
	Retornos de regadío	0.75				
	Total	1.14	1.55	3.05		
Salidas (hm³/año)	Bombeos	17.26	16.05	10	5.2	
	Total	17.26	16.05	10	5.2	
	Entradas (hm³/año)					
Sector de Argallet	Infiltración del agua de lluvia		0.45	1.7		
	Retornos de regadío					
	Total		0.45	1.70		
	Salidas (hm³/año)	Bombeos		2.36	0.15	1.2
		Transferencias laterales			1.55	
Total			2.36	1.7	1.2	

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. 2004

3 Mapa de Aguas de Alicante. Diputación de Alicante. 2006

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

Tabla 2. Balance hídrico para el sistema acuífero de Crevillente.

5 MODELO MATEMÁTICO

La información piezométricas y referente 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 hacen 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 acuífero 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 acuífero de Crevillente se ha llevado a cabo con el planteamiento que seguidamente se describe. En primer lugar se ha generado un modelo en régimen permanente cuyo objetivo es obtener una superficie piezométricas representativa del sistema acuífero previa al comienzo de la explotación.

Tomando como piezometría de partida, la superficie generada con el modelo en régimen estacionario se ha generado un modelo en régimen transitorio con un paso de tiempo anual que abarca desde el comienzo de la explotación hasta el año 2005. La información disponible para este periodo es escasa, principalmente en lo referente a los datos de extracciones, ya que no se dispone de un registro histórico de cómo han ido evolucionando los volúmenes de explotación en el sistema. Por esta razón en la simulación realizada se ha asumido la simplificación de asignar el mismo volumen de explotación para todos los años.

Finalmente y tomando como piezometría de partida, la superficie obtenida por calibración del modelo anterior, se ha generado un tercer modelo en régimen transitorio

que abarca desde enero de 2005 hasta marzo de 2006 con un paso de tiempo mensual.

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

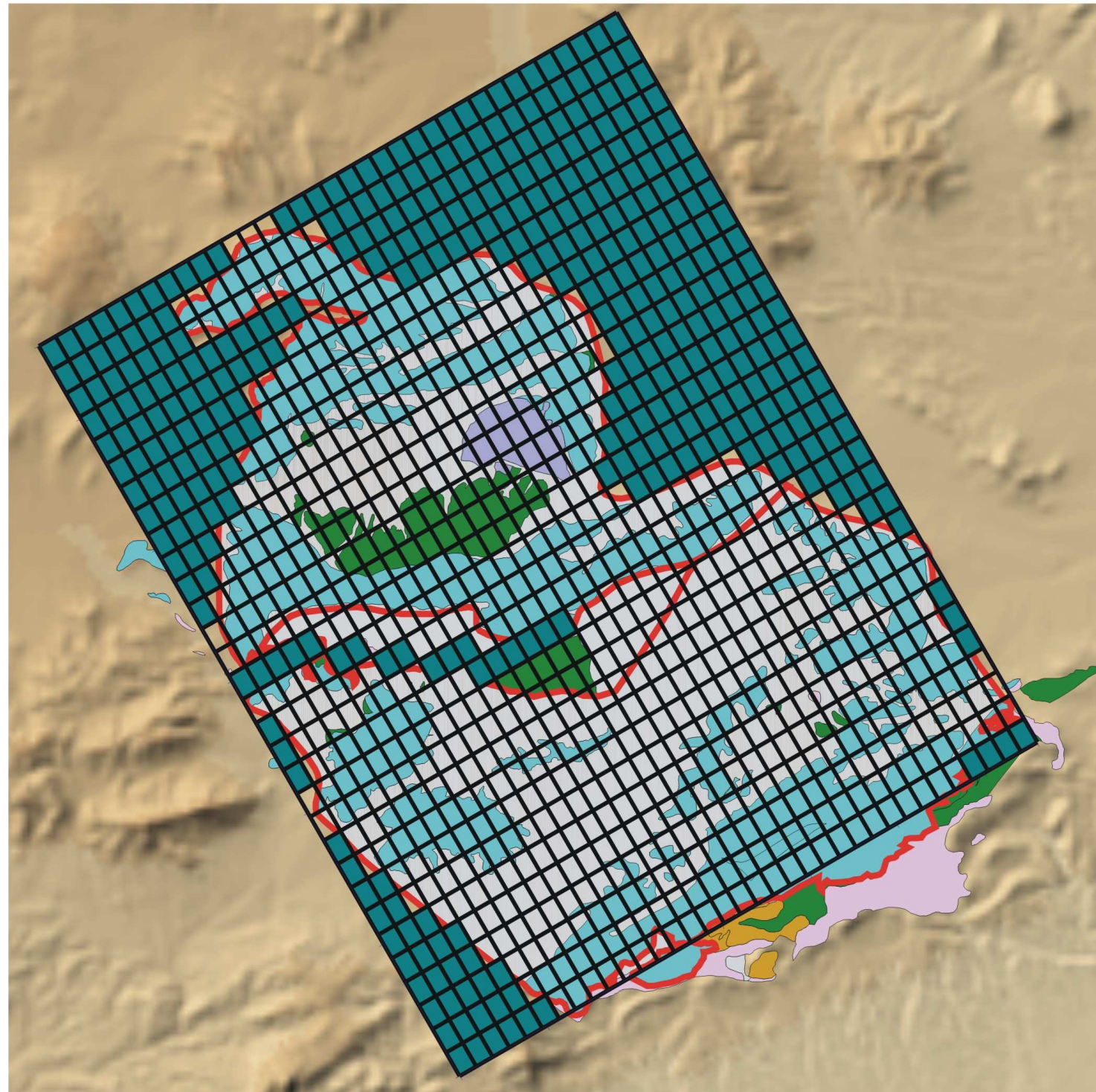
5.1 DEFINICIÓN DEL MALLADO

La superficie total que ocupa el sistema acuífero de Crevillente (145 km²) se ha discretizado en una malla de 35 columnas, con un ancho de columna de 350 m y 31 filas con un alto de celda de 500 m cada una de ellas.

El sistema acuífero se ha discretizado en una única capa dónde el muro de la misma es plano y se encuentra a -150 m r.n.m. y el techo corresponde al modelo digital del terreno obtenido a partir del mapa topográfico escala 1:25.000.

La malla se ha rotado 35° 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 que en el modelo de diferencias finitas únicamente puede efectuarse, dentro de una misma capa, paralela a los ejes principales (X e Y), a la que muy probablemente será las direcciones preferenciales de circulación en el macizo kárstico, dónde el desarrollo de los fenómenos de karstificación son mayores en la dirección paralela y perpendicular de los esfuerzos tectónicos sufrido por la unidad estructural.

a) Malla colocada sobre el mapa geológico



b) Mallado del modelo

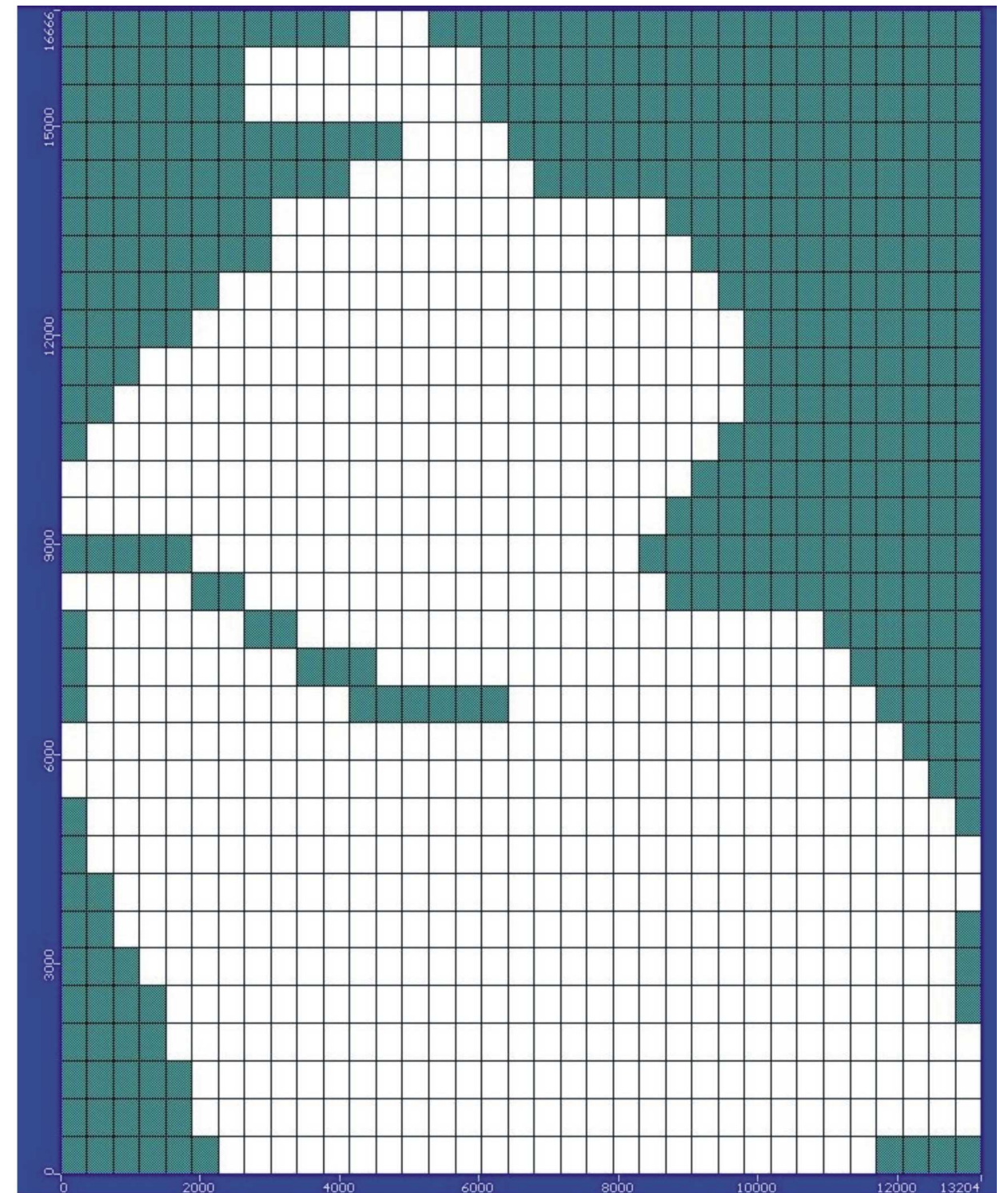


Figura 5. Definición del mallado del modelo

5.2 LÍMITES DEL MODELO

Los límites del sistema acuífero de Crevillente se consideran cerrados y corresponde en su totalidad con afloramientos o subafloramientos de las arcillas y yesos del Triásico en facies Keuper. De esta forma, el límite septentrional del sistema coincide con el frente de cabalgamiento de la unidad Subbtica sobre los materiales carbonatados de la unidad prebética que alcanza por el límite oeste hasta la población de Alagueña 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 las materiales plásticos de Keuper, los cuales, a la luz de los estudios de índole geológica llevados a cabo en la zona, se encuentra presente con mayor o menor espesor bajo las formaciones subéticas y cerrando lateralmente la estructura, aflorando directamente tras el frente cabalgamiento como ocurre al norte de la población de La Roma o subyacente a las formaciones cuaternarias.(ver perfiles hidrogeológicos Argallet 1 y 2).

El límite sur coincide con el cordón de Keuper, el cual aflora de forma casi continua a lo largo del eje que discurre al norte de Cantón, la Canalosa baja y Cerro de los Puertos, el cual a su vez constituye un nuevo frente de cabalgamiento.

El límite oeste, al sur del núcleo urbano de Alagueña, 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, pero que en el extremo más meridional aflora en pequeños retazos. Esta estructura geológica independiza hidráulicamente las formaciones jurásicas que aparecen a ambos lados de la mencionada fractura.

6 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 que

simula el flujo subterráneo resolviendo la ecuación por el método de las diferencias finitas. El software empleado para el desarrollo del modelo ha sido el paquete informático denominado Visual MODFLOW v 3.1.0., desarrollado por Waterloo Hydrogeologic Inc.

7 RÉGIMEN ESTACIONARIO

Con el objetivo último de obtener una piezometría de partida que correspondiera a la superficie piezométrica que existía en el sistema acuífero de Crevillente antes del comienzo de la explotación de las aguas subterráneas, se ha generado un primer modelo en régimen permanente.

Lógicamente no existe información referente al estado del nivel piezométrico en el sistema previa al comienzo de los bombeos, los cuales según la información consultada comenzaron al principio de la década de los cincuenta, aunque no es hasta los años setenta, cuando se tienen los primeros registros históricos de piezometría recogidos en la base de datos aguas del Instituto Geológico y Minero de España.

La generación del modelo en régimen estacionario se ha basado, por tanto, en la hipótesis de funcionamiento hidrogeológico apuntada en el apartado en el que se describe el modelo conceptual, en la 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 nº 4).

7.1 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 con la condición de contorno tipo dren. 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, los cuales corresponde en la realidad con los puntos de cota topográfica más baja del contorno del sistema acuífero.

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 y el cual indica la mayor o menor resistencia que encuentra el agua al pasar del sistema acuífero al dren y que 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 un medio de permeabilidad infinita.

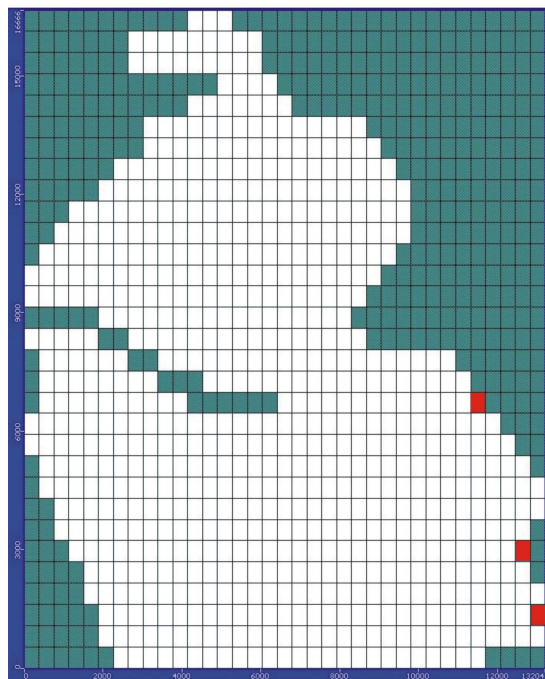


Figura 6. Localización de las celdas con condición de contorno tipo dren

7.2 RECARGA

En el régimen natural, previo al comienzo de las explotaciones, la única fuente de estradas de agua en el sistema es la procedene de la infiltración directa del agua de

lluvia. De esta forma, los valores de recarga asignados han sido de 29 mm/año en el sector de Argallet y de 19 mm/año en el sector de Crevillente, lo que supone una recarga total anual de 1,7 hm³/año y 1,6 hm³/año, respectivamente., valores que se encuentran en consonancia con los considerados en la documentación recopilada (ver tabla nº2).

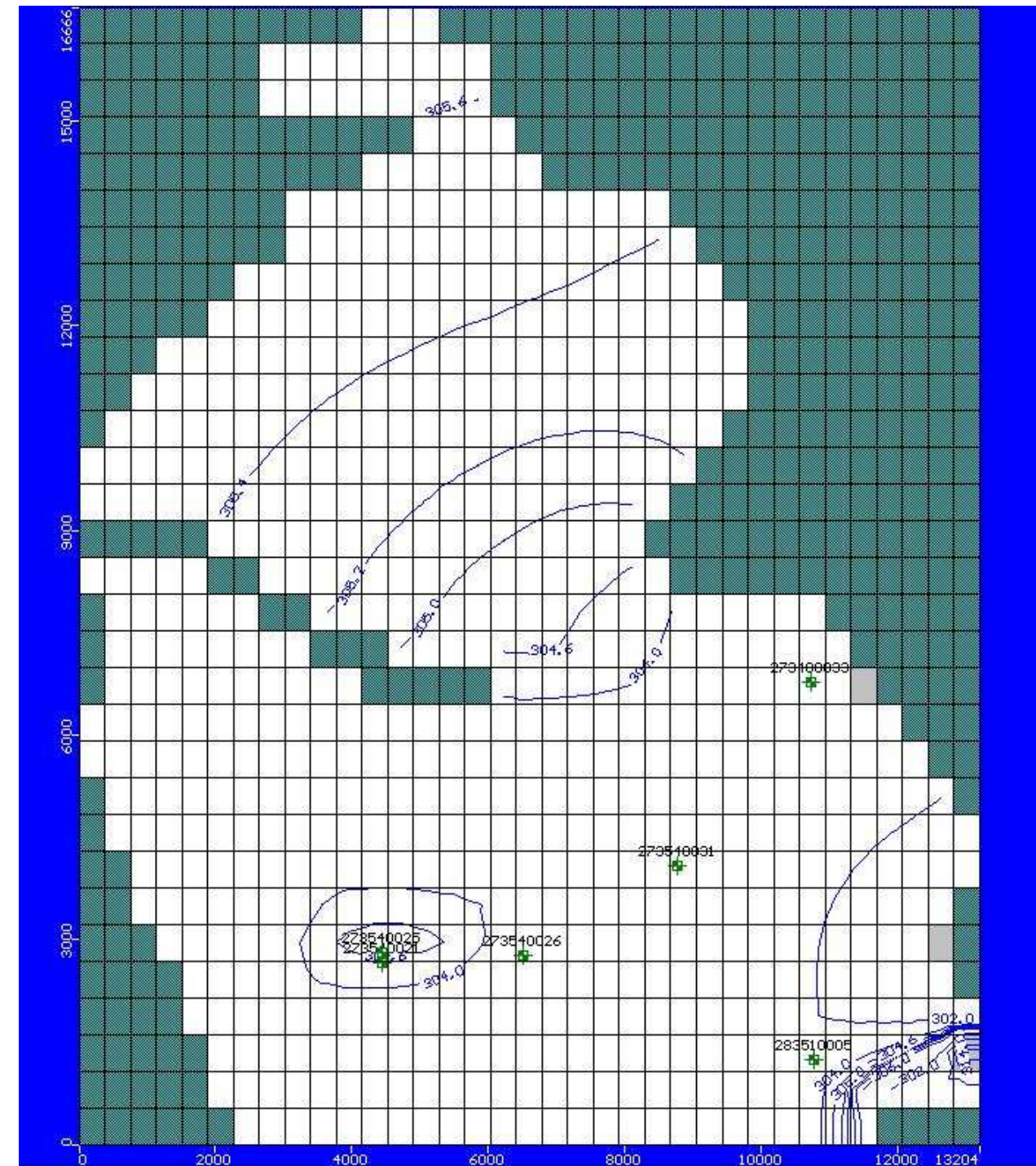
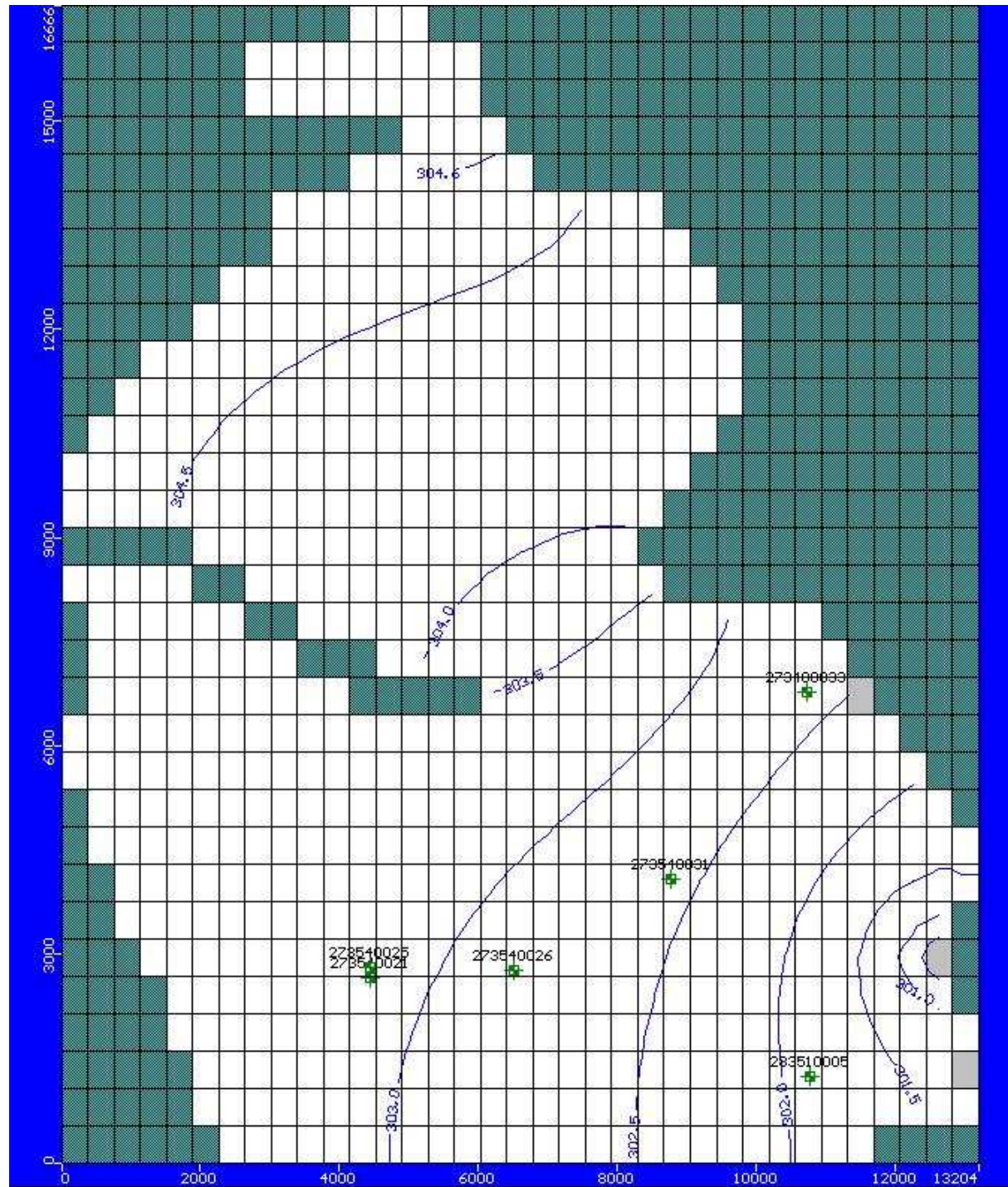
7.3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS.

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 (10⁻⁴ m/s) y porosidad (0.01%) a todas las celdas del modelo y, con los valores de recarga y las condiciones de contorno indicadas.

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 2005. 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 acuífero 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.

En esta segunda simulación en régimen permanente se obtiene que la transferencia lateral entre el sector de Argallet y de Crevillente es de 1,7 hm³/año. Los resultados piezométricos obtenidos se incluyen la figura adjunta

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



a) Superficie piezométricas 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 7. Piezometría en régimen permanente

8 CALIBRACIÓN EN RÉGIMEN TRANSITORIO DESDE EL COMIENZO DE LA EXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO HASTA EL AÑO 2005

La explotación de los recursos del embalse subterráneo que constituye el sistema acuífero de Crevillente comenzó, según la documentación consultada al inicio de la década de los años cincuenta. No se dispone un registro preciso de cual era el volumen de extracción total del sistema ni del número y disposición de las captaciones existentes al comienzo de la explotación, ya que las primeras labores de inventario llevadas a cabo por el IGME son de principios de la década de los setenta. Las técnicas de perforación disponibles en los años cincuenta, no permitían la construcción de sondeos de gran profundidad por lo que se estima que la explotación intensiva del sistema comenzaría a partir de los años sesenta.

Por esta razón el modelo realizado en régimen transitorio, abarca un total de 45 años (1960-2005) y se ha llevado a cabo con 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.

8.1 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Al comienzo de la calibración se ha partido de una distribución homogénea en todo el mallado de los valores de permeabilidad y porosidad (10^{-4} m/s y 1% respectivamente), la cual se ha ido modificando durante el proceso de calibración, hasta obtener la distribución espacial que se observa en la figura adjunta.

La disposición estructural de las formaciones que constituyen el embalse subterráneo y el alto grado de tectonización que presenta, no permite conocer con exactitud la localización de techos del sustrato impermeable en toda la extensión del sistema, por

lo que se ha simulado el muro del acuífero plano y a cota de -150 m s.n.m asumiendo la simplificación que ello supone.

La presencia de las formaciones impermeables del keuper en el núcleo de los anticlinales, como es el caso de de la estructura anticlinal que se desarrolla con dirección suroeste-noreste entre los núcleos urbanos de Hondón de los Frailes y Hondón de las Nieves y la estructura existente en el límite entre los setores de Crevillente y Argallet, supone una disminución del espesor del acuífero y por tanto de los valores de transmisividad (ver perfiles de la figura nº 3).

Un efecto similar se produce en en los límites laterales del acuífero, principalmente en el sector oriental del límite sur, dónde la el buzamiento elevado del flanco sur del anticlinal que da origen a la elevación orográfica de la Sierra de Crevillente, sobre el que se apoya directamente los materiales de Keuper cabalgante, provocan a su vez una disminución del espesor efectivo del acuífero.

Con objeto de modelizar esta disminución de la transmisividad se ha asignado a las celdas del mallado que se corresponden con estos sectores valores de permeabilidad menores (10^{-7} m/s). Disminuyendo de esta forma el valor de la permeabilidad, se obtiene un descenso de transmisividad similar al que provoca la reducción del espesor, dado que la trasmisividad de un acuífero es igual al producto del espesor saturado por la permeabilidad de los materiales acuíferos.

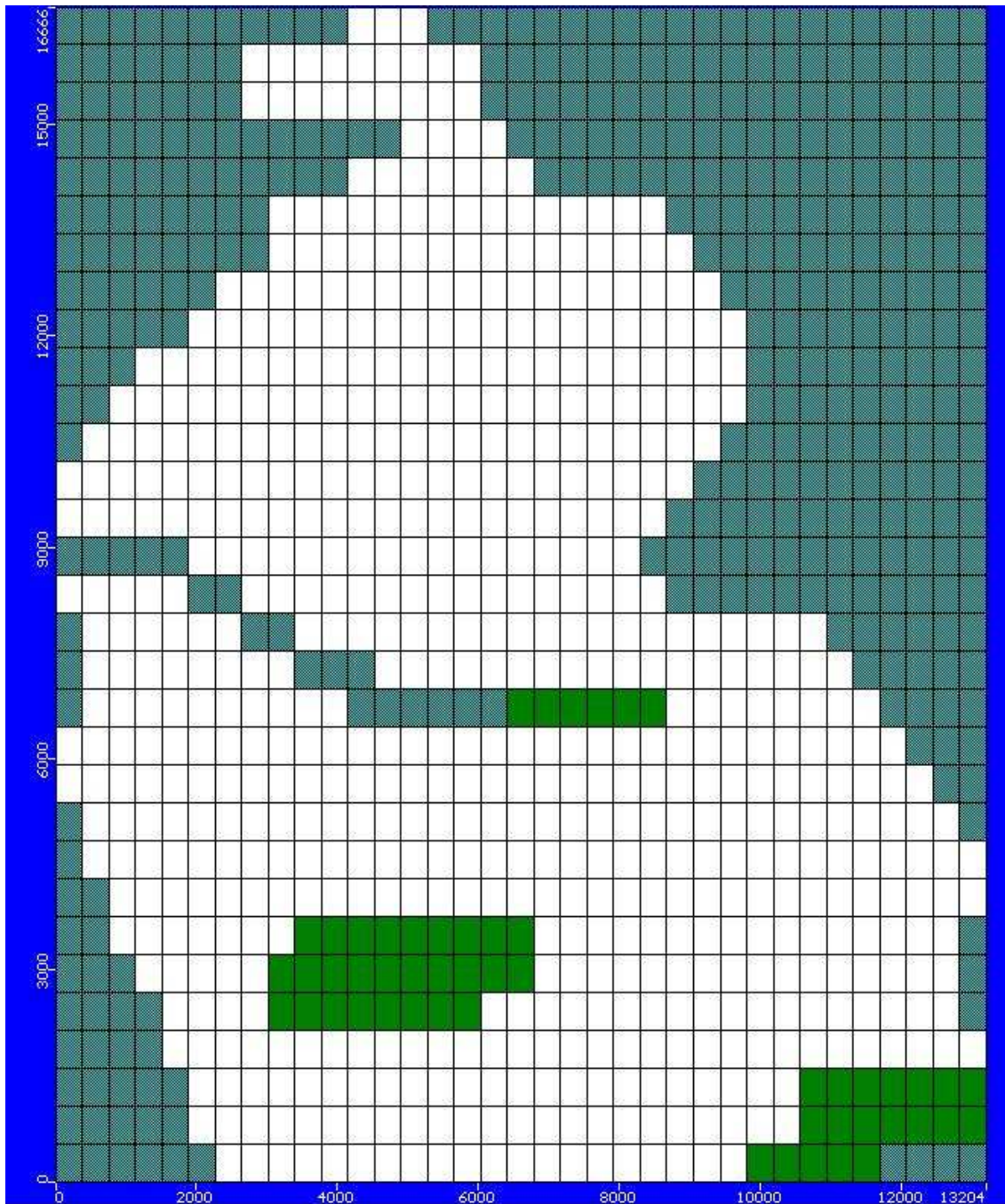


Figura 8. Distribución espacial de la permeabilidad

8.2 RECARGA

En régimen influenciado la recarga del sistema acuífero de Crevillente está constituida por un lado por la infiltración del agua de lluvia y por otro por los retornos de riego 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 Temez, 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 la descarga 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:

S_{per} , superficie permeable

K, factor que depende de las unidades consideradas. Para Q_f en l/s, I en mm, Δt en días (30 días) y S_{per} en km^2 , 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 considerando 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

β , factor que depende del factor de agotamiento del acuífero (α) y la duración del intervalo de tiempo considerado (1 mes en este caso)

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

α , 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:

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

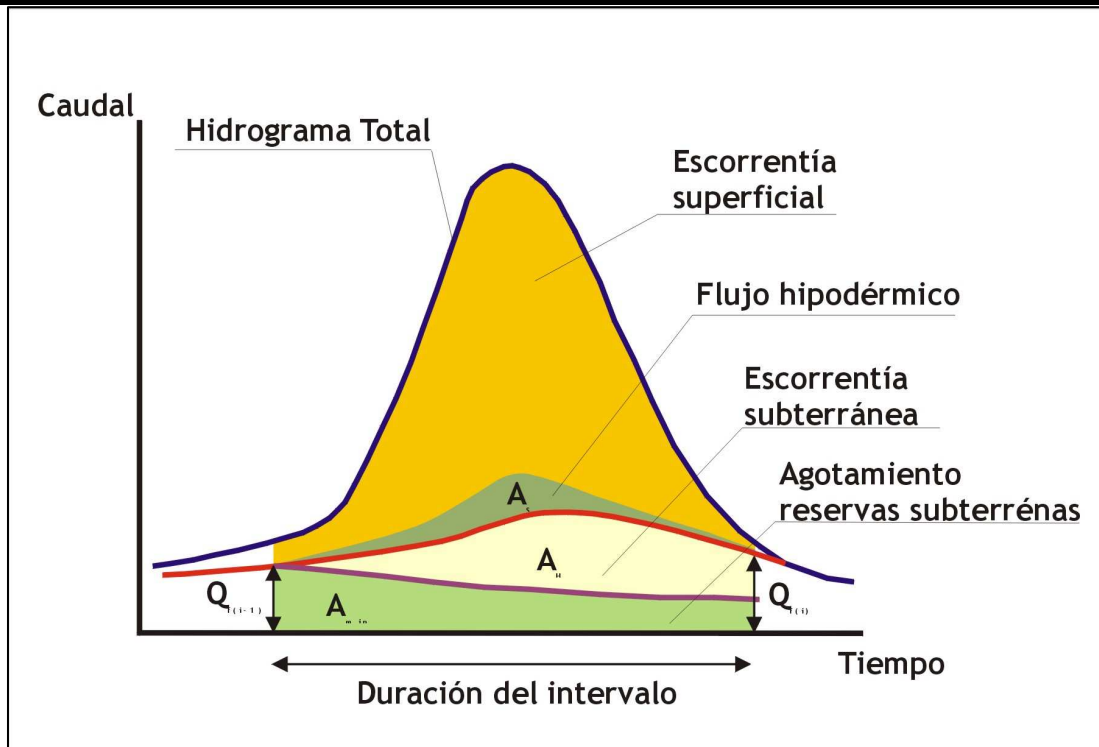


Figura 9. Componentes de la aportación en un intervalo de tiempo (modelo Temez modificado)

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

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

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

Si $A_T \leq A^*_F$, 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 ($ST = S_{per} + S_{imp}$).

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

El modelo de Temez exige, para su aplicación, de una serie de datos de partida que corresponde a:

- Factor C , sirve para obtener el valor del umbral de precipitación P_0 a partir del déficit de humedad del suelo ($H_{m\acute{a}x} - H_{i-1}$), presenta valores próximos a 0,30.
- Coeficiente α , factor de agotamiento del acuífero a considerar en el cálculo de los caudales asociados a la escorrentía subterránea.
- Coeficiente β , está ligado al factor de agotamiento y 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 acuífero 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 acuífero de Quibas, adyacente al sistema de Crevillente (ver figura 1), constituye un acuífero carbonatado en el que las formaciones permeables se corresponden con los materiales que conforman el sistema acuífero 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 discurre 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 considerado oportuno aplicar el modelo de precipitación escorrentía en el sector de Chicamo para estimar la recarga procedente de la infiltración y extrapolar los resultados a los setores 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 Meteorología, cuyas características se recogen en la siguiente tabla:

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

Tabla 3. 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.

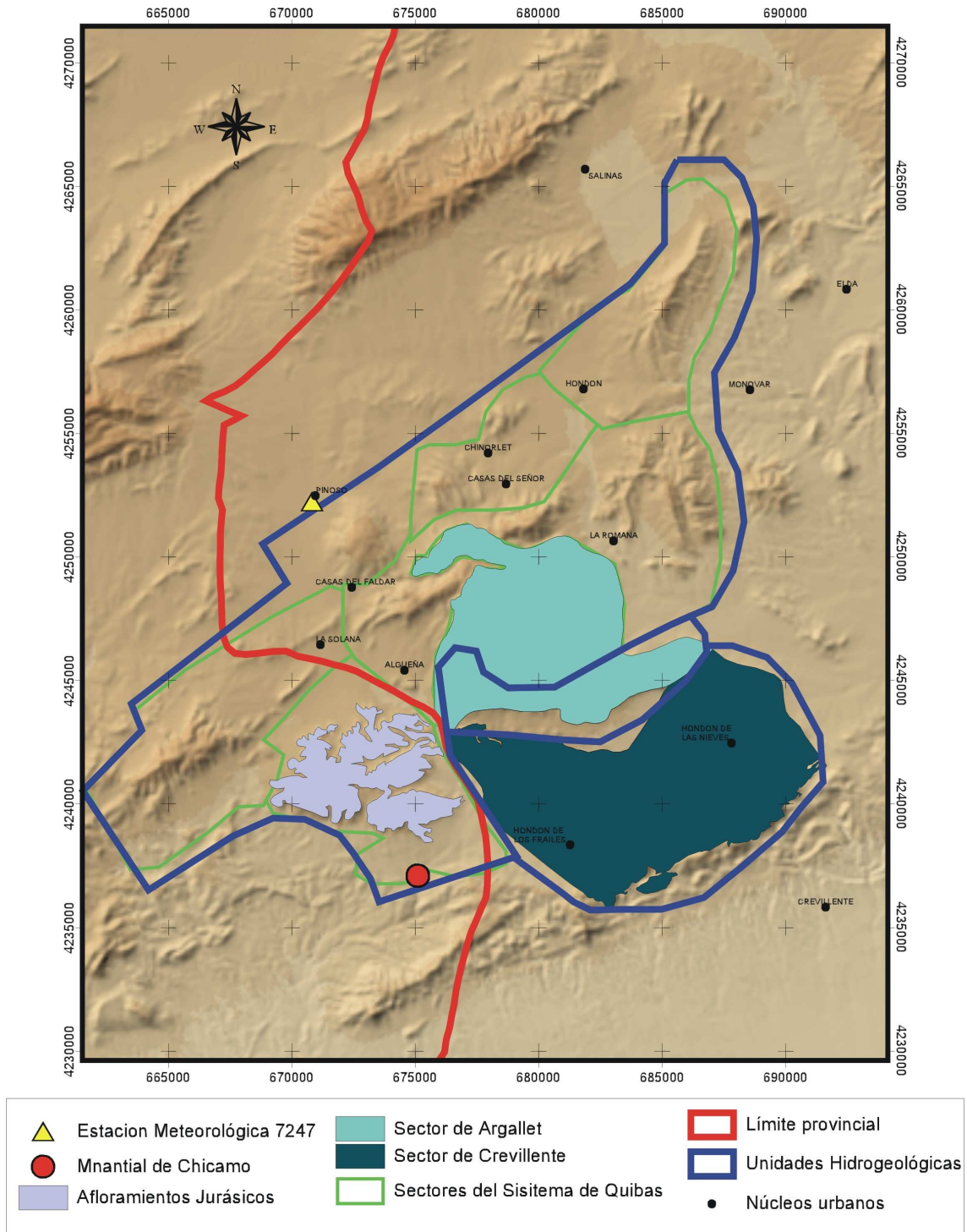


Figura 10. Localización del sector de Chicamo

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

S.permeable (km²)	22.0
S.impermeable (km²)	40.0
α (días⁻¹)	0.002
Hmax (mm/mes)	45.0
Imax (mm/mes)	200.0
C	0.3
q₀ (l/s)	20.0

Tabla 4. Parámetros de modelo de Temez para el sector de Chicamo

De los resultados obtenidos en el modelo de precipitación esorrentía 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 hm³/año y de 1,89 hm³/año para el sector de Crevillente.

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

Tabla 5. Valores de infiltración promedio

ANOS	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	ANUAL
1945-46	0,160	4,707	0,000	7,378	0,000	2,685	51,031	8,159	0,000	0,000	0,000	0,000	74,119
1946-47	10,039	47,581	5,715	4,537	0,576	0,960	0,000	17,667	0,000	0,000	3,021	35,254	125,350
1947-48	6,277	2,692	0,000	4,402	12,022	0,927	9,080	2,337	0,000	0,000	0,000	0,000	37,738
1948-49	46,652	0,000	0,000	1,921	17,268	21,007	8,069	0,893	15,034	0,000	5,982	0,000	116,826
1949-50	0,000	0,000	19,281	13,972	0,000	0,000	0,647	9,558	0,000	0,000	0,000	12,439	55,897
1950-51	40,254	0,000	0,000	5,283	0,000	4,196	38,611	0,099	0,135	0,000	11,513	22,172	122,262
1951-52	38,495	3,167	46,480	0,000	0,853	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,135	1,599	96,730
1952-53	12,302	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,364	0,000	30,294	3,753	0,000	0,000	48,714
1953-54	37,875	1,475	0,000	0,000	1,591	0,710	17,514	0,000	10,971	0,000	0,000	0,000	70,137
1954-55	3,871	0,000	0,217	0,000	0,000	0,639	0,188	16,907	0,436	0,000	3,612	0,305	26,177
1955-56	0,000	2,142	0,026	3,100	1,031	0,447	0,747	7,402	0,000	0,000	0,000	0,569	15,465
1956-57	14,031	18,866	0,000	0,739	0,000	0,000	8,397	12,620	0,501	0,000	0,000	0,000	55,154
1957-58	55,550	2,021	0,162	1,690	0,000	0,000	2,658	4,562	0,000	0,000	0,000	0,000	66,643
1958-59	27,880	1,469	5,103	0,370	18,702	1,562	0,000	27,473	0,000	0,000	0,000	59,001	141,560
1959-60	23,927	0,657	0,000	10,324	2,943	0,000	8,898	1,536	12,437	0,000	0,000	0,000	60,723
1960-61	19,660	0,000	0,813	0,000	0,000	0,000	4,863	0,485	8,848	0,000	0,000	0,000	34,670
1961-62	0,000	11,208	0,000	0,000	0,000	4,842	3,928	1,466	1,979	0,000	0,000	0,245	23,666
1962-63	55,710	25,899	0,000	0,278	0,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,935	0,000	90,858
1963-64	0,000	0,000	0,584	0,000	0,023	0,000	0,000	0,000	1,605	0,531	0,000	0,007	2,750
1964-65	7,653	0,270	33,465	0,000	9,970	0,000	0,107	0,000	8,442	0,000	2,295	6,074	68,275
1965-66	39,267	1,881	11,028	1,038	0,514	0,000	6,904	0,588	37,636	0,000	0,000	5,347	104,202
1966-67	24,537	0,000	0,000	0,000	3,092	0,000	12,918	0,000	0,275	0,000	0,000	0,000	40,822
1967-68	5,478	27,402	0,000	3,781	1,456	1,762	0,000	0,422	24,036	0,000	0,000	0,000	64,337
1968-69	0,000	2,024	3,535	3,760	1,868	3,690	2,831	0,304	10,881	0,000	3,006	0,000	31,899
1969-70	43,922	4,858	0,000	2,343	0,000	0,287	0,518	0,000	3,335	0,000	0,000	0,000	55,263
1970-71	9,870	0,000	0,003	0,000	0,000	14,339	3,905	2,566	0,000	1,871	0,000	1,943	34,498
1971-72	20,128	13,593	31,261	1,879	0,000	4,824	0,025	8,249	0,000	0,000	0,782	42,717	123,456
1972-73	45,751	53,456	0,000	0,000	0,000	18,383	0,000	0,000	26,654	0,000	0,000	1,049	145,292
1973-74	17,276	0,000	2,548	0,000	1,880	1,674	6,709	0,001	0,000	0,511	12,406	0,000	43,005
1974-75	22,148	0,000	0,000	0,000	0,329	17,169	1,745	10,672	18,818	0,000	10,005	0,000	80,887
1975-76	0,036	0,004	1,809	0,000	0,101	0,000	2,721	8,527	6,242	0,000	32,027	0,161	51,628
1976-77	15,909	0,000	8,571	3,332	0,000	0,074	0,404	15,609	0,484	0,009	0,000	0,416	44,808
1977-78	0,050	3,805	0,000	0,062	0,000	0,012	0,489	0,918	3,062	0,000	0,000	0,000	8,398
1978-79	0,000	0,000	0,000	2,002	0,000	0,000	0,101	0,000	0,834	5,645	0,000	2,370	10,952
1979-80	14,357	0,000	0,000	11,826	6,530	0,000	18,083	2,682	0,000	0,000	2,468	0,000	55,946
1980-81	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,035	10,522	0,160	3,924	0,000	0,000	0,000	14,652
1981-82	0,000	0,000	0,000	0,073	0,000	0,612	2,710	10,789	0,000	0,000	0,000	0,000	14,184
1982-83	60,391	0,742	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,454	0,000	61,587
1983-84	0,000	9,774	0,000	0,000	0,000	0,150	0,011	5,235	0,000	0,000	0,000	0,000	15,171
1984-85	0,287	15,231	0,000	0,000	3,897	0,000	0,000	12,402	0,000	0,000	0,000	0,000	31,818
1985-86	0,000	2,005	0,341	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,429	8,008	0,000	15,927	26,711
1986-87	44,912	1,221	0,000	0,000	1,164	0,000	0,000	1,359	0,000	0,000	0,000	0,000	48,656
1987-88	2,178	34,304	1,675	1,219	3,838	0,000	4,677	1,496	53,262	0,000	0,000	0,358	103,006
1988-89	13,247	30,249	0,000	0,080	0,000	24,337	0,000	0,220	17,693	0,000	8,428	94,730	188,985
1989-90	0,000	4,463	8,620	1,226	0,000	0,206	0,915	6,621	0,000	0,000	0,000	0,000	22,050
1990-91	3,581	0,000	0,000	0,000	4,551	16,339	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,269	24,739
1991-92	9,876	0,000	0,000	0,000	25,687	0,455	0,000	2,965	32,890	0,000	0,000	0,000	71,873
1992-93	0,188	0,000	0,225	0,000	41,826	7,018	2,964	2,770	0,680	0,000	0,000	0,000	55,671
1993-94	0,000	1,787	0,797	0,000	0,000	0,000	3,346	0,000	0,000	0,000	0,000	5,927	11,858
1994-95	19,817	2,105	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,560	0,000	0,000	0,443	28,924
1995-96	0,000	0,000	8,997	0,475	1,325	0,000	1,871	2,733	0,000	0,000	0,000	11,102	26,501
1996-97	0,678	19,671	12,573	8,467	0,000	1,831	24,558	0,431	1,286	0,000	0,000	36,788	106,283
1997-98	0,457	6,653	3,112	1,425	0,000	3,635	0,007	2,508	0,000	0,000	0,000	0,098	17,896
1998-99	0,000	5,364	16,003	0,000	0,000	1,991	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	9,167	32,524
1999-00	9,880	0,116	0,360	0,011	0,000	0,000	0,142	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,509
2000-01	38,004	0,659	0,285	0,604	6,845	0,000	4,346	13,851	0,000	0,000	0,000	11,448	76,042
2001-02	9,643	15,184	19,859	0,000	0,000	0,574	10,716	6,737	12,269	0,000	20,168	0,039	95,189
2002-03	0,103	7,572	2,424	0,000	3,193	0,000	1,030	5,083	0,000	0,000	0,000	0,063	19,468
2003-04	7,498	2,740	3,670	0,000	0,089	6,334	5,642	9,275	1,352	0,000	0,000	0,000	36,600
2004-05	0,000	0,000	3,806	0,000	0,388	0,000	2,708	0,000	0,297	0,000	0,000	2,223	9,423
2005-06	0,000	2,007	0,000	6,314	0,000	0,000	3,458	11,175					24,934
MINIMO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,750
25%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	24,954
MEDIANA	22,148	5,364	3,535	1,921	1,868	1,831	4,863	7,402	7,031	0,000	0,113	2,259	74,119
PROMEDIO	14,423	6,410	4,153	1,736	2,846	2,684	4,821	4,221	5,893	0,380	2,146	6,337	55,810
75%	22,148	5,364	3,535	1,921	1,868	1,831	4,863	7,402	7,031	0,000	0,113	2,259	74,119
MAXIMO	60,391	53,456	46,480	13,972	41,826	24,337	51,031	27,473	53,262	8,008	32,027	94,730	188,985
ESV. EST.	17,558	11,557	9,005	3,155	7,063	5,638	9,044	5,821	11,027	1,375	5,530	16,377	40,506
CV	1,217	1,803	2,106	1,617	2,462	2,101	1,676	1,379	1,871	3,619	2,577	2,364	0,726

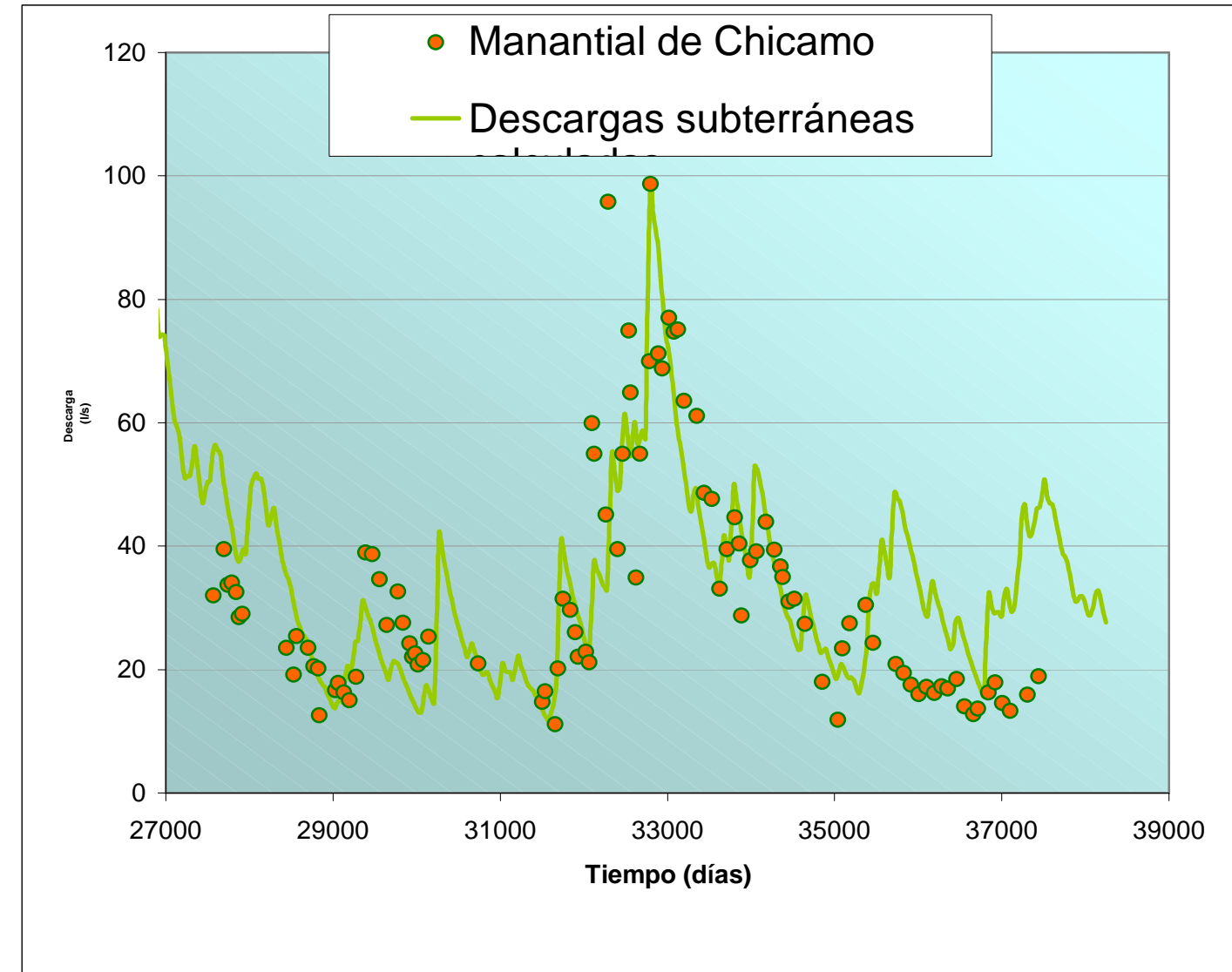


Tabla 6. Resultados de la calibración del modelo de Precipitación escorrentía. Serie de Infiltración (mm/mes).

Retornos de riego

Dentro de los límites del sistema de Crevillente existe un total de 3.950 ha de uso agrícola que se abastecen en su totalidad 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 m³/ha/año y ue los retornos de riego provocados por los fallos del sistema de riego y por el exceso de riego se estiman en el 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 hm³/año, de los cuales 0,16 hm³/año estarían circunscritos a los cultivos del sector de Argallet y los 0,96 hm³/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.

8.3 DATOS CONSIDERADOS EN LA CALIBRACIÓN

Los datos considerados para llevar a cabo el proceso de calibración han sido principalmente los consignados en la campaña de piezometría llevada a cabo por la empresa Sedelam y recogida en la asistencia técnica citada, correspondiente a enero de 2005. Se ha conatdo con un total de 5 puntos cuya referencia se incluye en la siguiente tabla:

Punto	Registro IGME	UTM X	UTM Y	Cota del terreno m.s.n.m	Nivel Piezométrico m.s.n.m.
10	273480033	686470	4245816	428,5	49.12
17	273540021	682784	4239173	417	8.2
19	273540026	684814	4240245	420	53.95
23	273540031	686108	4242450	384	42.7
25	283510005	689263	4241060	410	-50
16	273540025	683000	4239250	420	29

Tabla 7. Datos de piezometría utilizados en la calibración correspondiente a enero de 2005.

En lo referente a las extracciones, como se mencionó anteriormente, no existe unaniformación precisa sobre la localización de las captaciones en el periodo comprendido entre el comienzo de la explotación y el año 2005, por lo que como puntos de explotación para este periodo se ha considerado las mismas explotaciones que se indican en la campaña de inventario realizada por Sedelam. En lo referente al volumen de explotación, la única información de la que se ha podido disponer ha sido la recogida en el 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 realizado por el Instituto Geológico y Minero de España, en el que se estima que la demandada media para el periodo comprendido entre 1996 y 1998 fue de 6,4 hm³/año, 1,2 hm³/año fueron abastecidos con agua subterránea procedente del sector de Argallet y 5,2 hm³/año se abastecieron con agua procedente del sector de Crevillente.

En la tabla adjunta se incluyen los datos de extracciones anuales asignados a cada uno de los puntos de bombeo considerados en la simulación realizada. El volumen de extracción total es de 9,05 hm³/año de los cuales 1,44 hm³/año corresponde a el sector de Argallet y 7,6 hm³/año al sector de Crevillente.

Punto	Registro IGME	UTM X	UTM Y	Caudal (hm ³ /año)
11	273480034	686778	4245459	0.073
12	273480035	686889	4245628	0.1825
16	273540021	683071	4239106	0.1825
20	273540028	681946	4241521	1.46
23	273540031	686100	4242502	0.7665
26	283510006	689266	4241060	0.365
27	283510011	689180	4240920	0.73
25	283510014	689736	4241179	0.365
32	283510019	689788	4241276	0.365
31	283510022	689829	4241205	0.4015
	273470047	678763	4246869	0.73
	273540006	682485	4237349	0.365
	273540007	682385	4237349	0.365
	273540009	682385	4237380	0.5475
15	273540019	683162	4243889	0.73

Tabla 8. Datos de bombeo utilizados en la simulación.

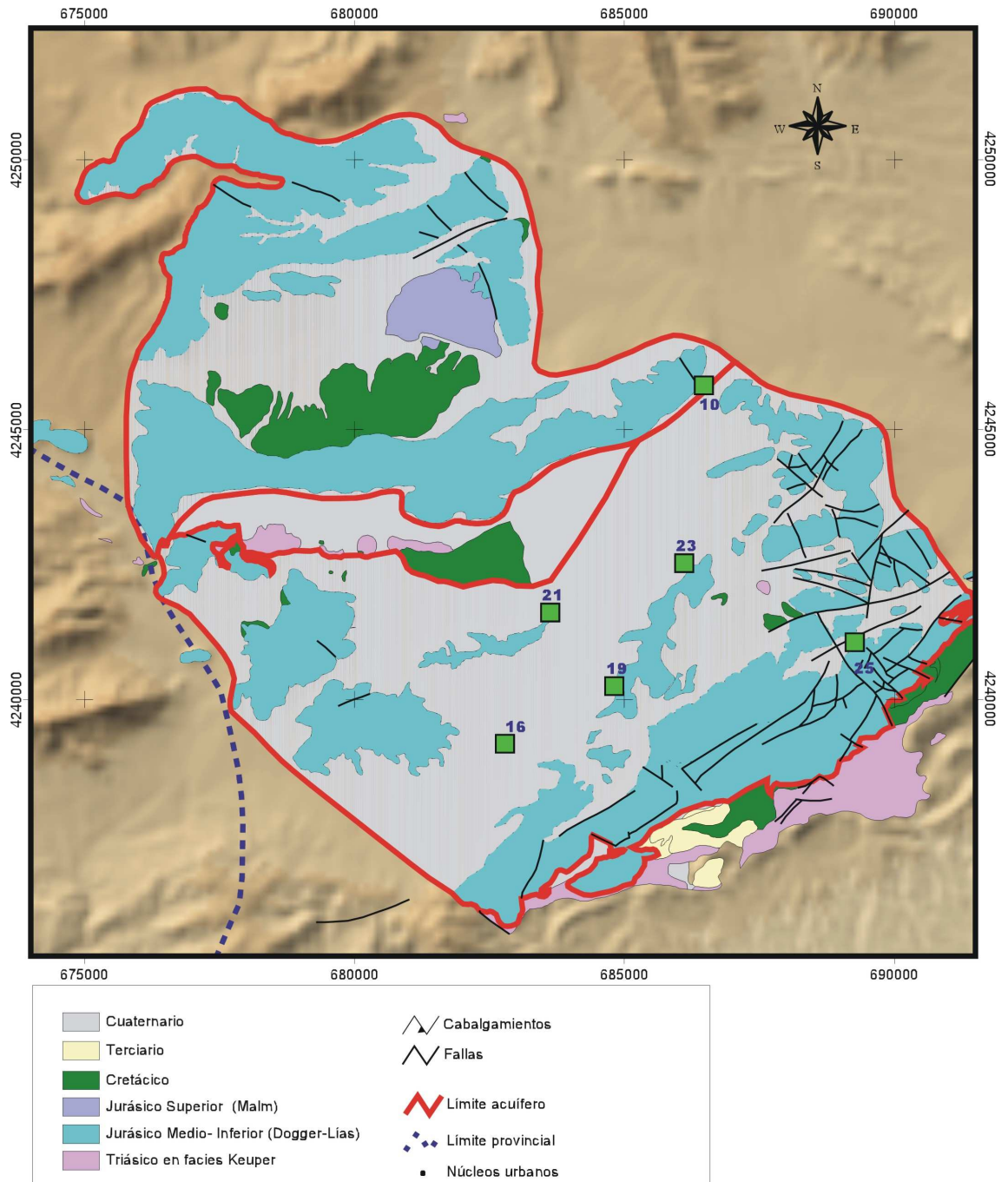


Figura 11. Puntos con información piezométrica

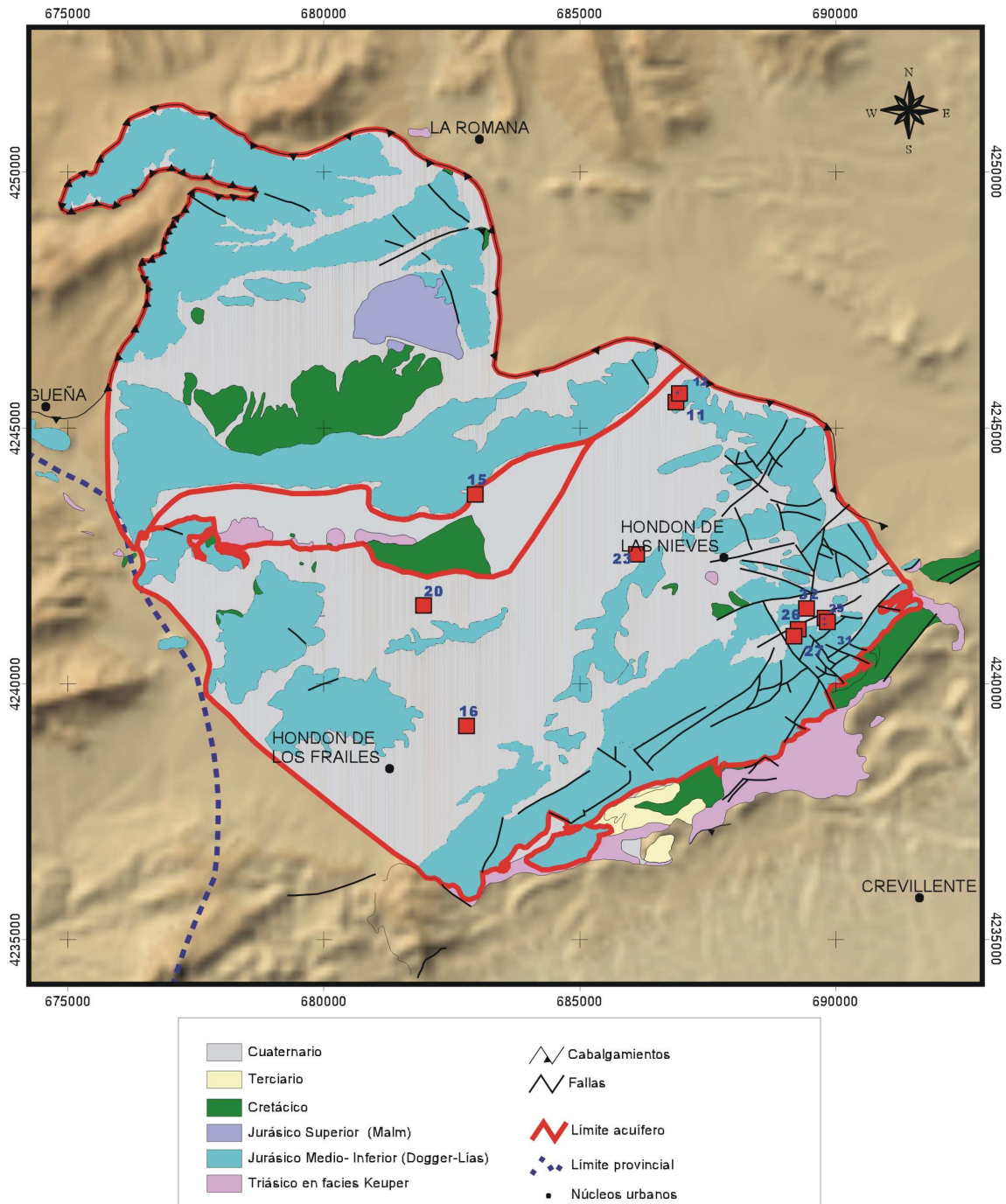


Figura 12. Puntos de bombeo

8.4 RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

El gráfico adjunto se incluye la calibración obtenida para el último periodo simulado correspondiente a enero de 2005, en el que se observa que todos los datos considerados se encuentran dentro del intervalo de confianza del 95% y que el error cuadrático medio conseguido es del 7,3%.

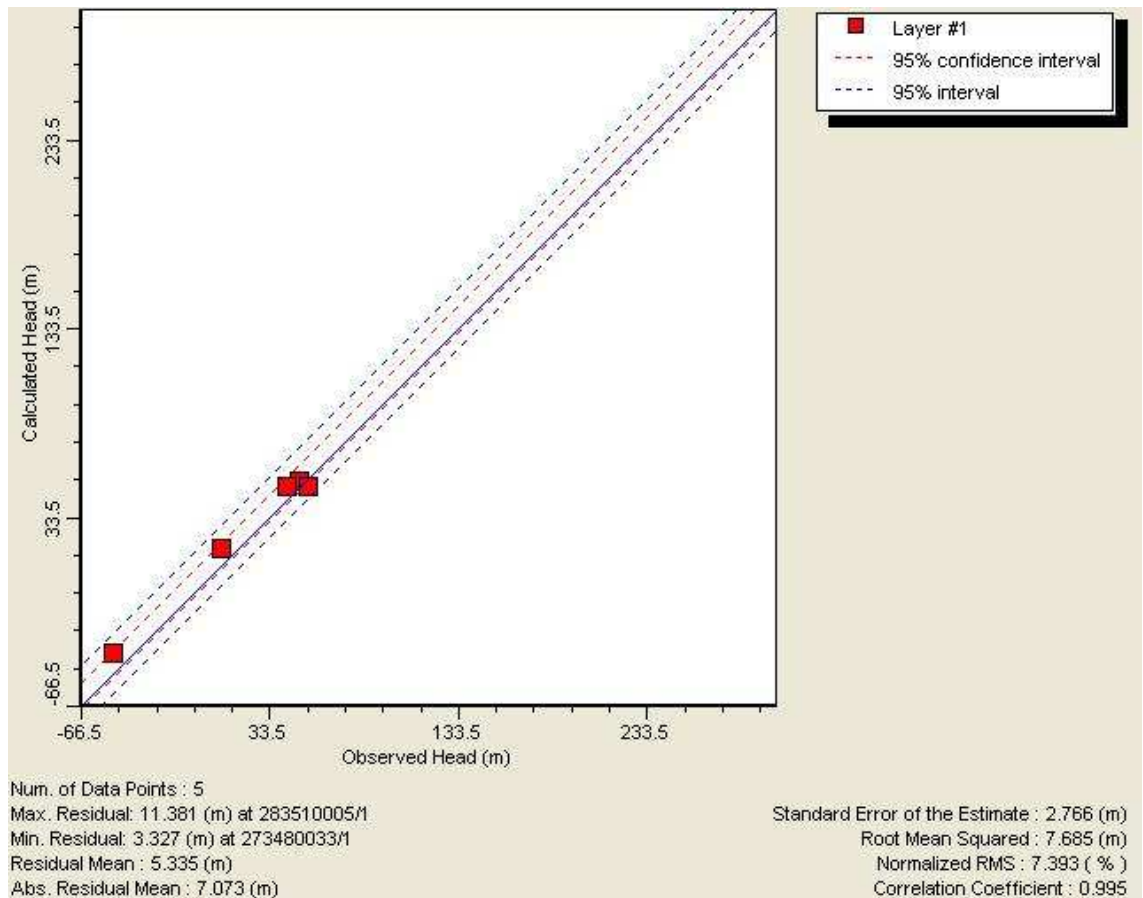


Figura 13. Gráfico de calibración obtenido para la simulación del periodo comprendido entre el comienzo de la explotación y enero de 2005

La superficie piezométrica obtenida tras la calibración para enero de 2005 refleja una dirección de flujo principal noroeste-sureste en el sector de Argallet, con un valor de piezometría media de 61 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 -51 m r.n.m en las depresiones generadas en el límite sureste del modelo.

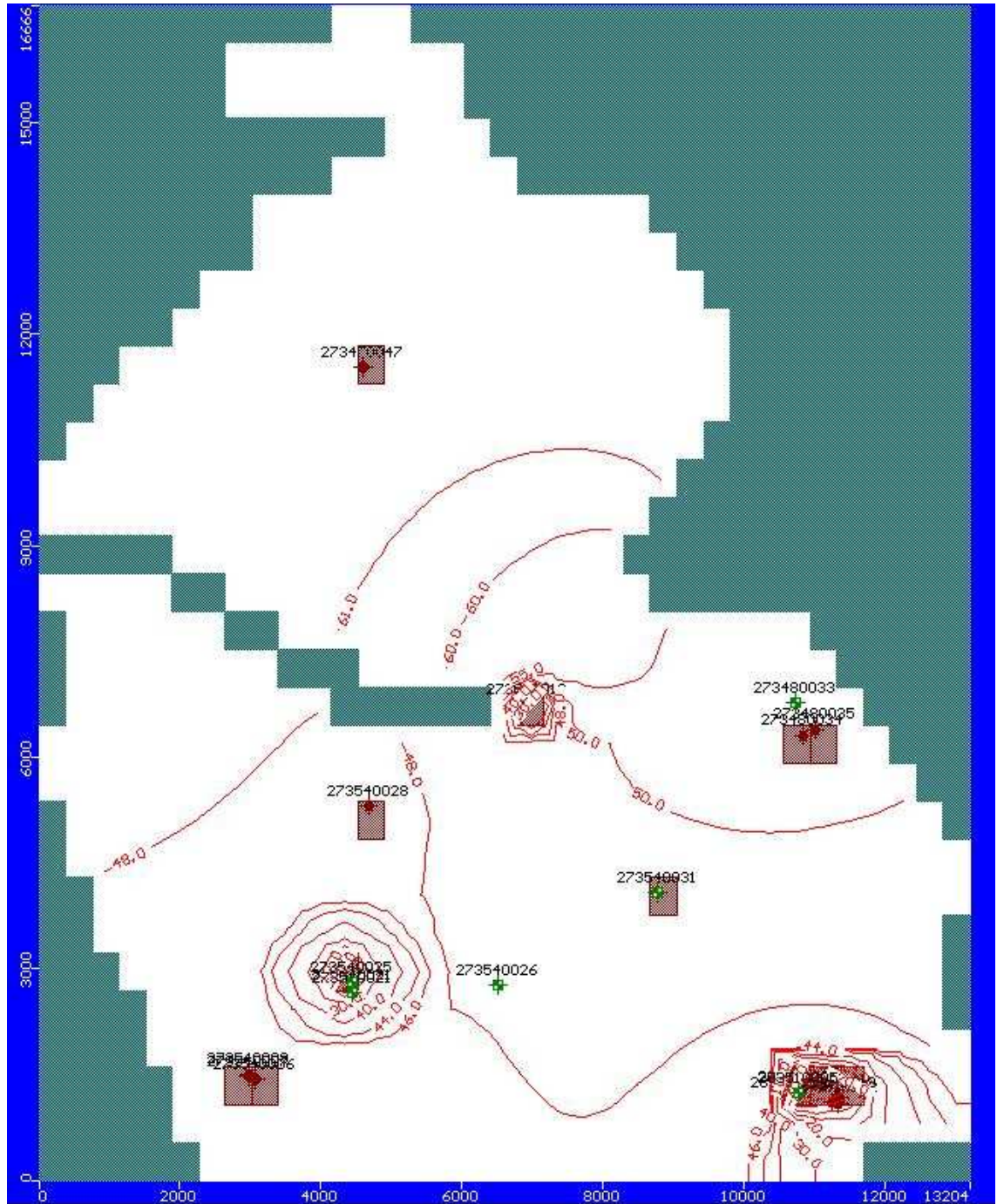


Figura 14. Piezometría simulada para enero de 2005.

Finalmente el balance hídrico obtenido tras la calibración para el periodo comprendido entre el comienzo de las explotaciones hasta enero de 2005, refleja un déficit anual de 1,89 hm³/año en el sector de Argallet y de 3,95 hm³/año en el sector de Crevillente.

Sector de Crevillente	Entradas (hm³/año)	
	Infiltración del agua de lluvia	1.71
	Transferencias laterales	2.72
	Retornos de regadío	0.96
	Total	3.68
	Salidas (hm³/año)	
	Bombeos	7.61
	Total	7.61
Sector de Argallet	Entradas (hm³/año)	
	Infiltración del agua de lluvia	2.11
	Retornos de regadío	0.16
	Total	2.27
		Salidas (hm³/año)
Bombeos		1.44
Transferencias laterales		2.72
Total		4.16

Tabla 9. Balance hídrico medio calculado para el periodo 1960-2004.

9 CALIBRACIÓN EN RÉGIMEN TRANSITORIO. PERIODO 2005-2006

La última de las simulaciones realizadas corresponde al periodo comprendido entre enero de 2005 y marzo de 2006. La simulación se ha llevado a cabo en régimen transitorio y con un paso de tiempo mensual con un total de 15 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 2005.

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

9.1 RECARGA

Recarga por infiltración.

En la tabla adjunta 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 asciende a 7,62 mm, lo que supone un volumen del orden de 0,28 hm³/año para el sector de Argallet y 0,26 hm³/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 hm³/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
enero 2006	55.70	8.31
febrero 2006	10.90	0.00
marzo 2006	0.60	0.00

Tabla 10. Valores de infiltración calculados para el periodo enero de 2005-marzo de 2006

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.

El incremento de la recarga que suponen los retorno de riego se han aplicado únicamente a las celdas que se corresponden con las zonas en las que se extienden los cultivos presentes en el área de estudio.

9.2 DATOS DE PIEZOMETRÍA

En la calibración en régimen transitorio del modelo matemático del sistema acuífero de Crevillente correspondiente al periodo comprendido entre enero de 2005 y marzo de 2006, se ha contado con 6 puntos de control piezométrico, en los que se ha realizado siempre que ha sido posible, una medida de piezometría mensual. En la tabla adjunta se incluye la información referente a cada uno de los puntos junto con las medidas piezométricas disponibles.

Punto	Registro	Punto	Registro	Punto	Registro	Punto	Registro	Punto	Registro	Punto	Registro
10	273480033	19	273540026	16	273540029	23	273540031	25	283510005	17	273540021
UTM X	UTM Y	UTM X	UTM Y	UTM X	UTM Y	UTM X	UTM Y	UTM X	UTM Y	UTM X	UTM Y
686470	4245816	684814	4240245	683000	4239250	686108	4242450	689263	4241060	682784	4239173
07/01/2005	49,12	21/01/2005	53,95	07/01/2005	16,35	21/01/2005	42,7	21/01/2005	-50		
18/02/2005	49,39	21/02/2005	52,1	18/02/2005	15,91	21/02/2005	42,7	21/02/2005	-47,86		
15/03/2005	49,68	21/03/2005	52,9	15/03/2005	15,3	21/03/2005	43	21/03/2005	-47,3		
01/04/2005	49,77	21/04/2005	52,9	15/04/2005	14,75	21/04/2005	42,1	21/04/2005	-48,9	02/04/2005	8,2
13/05/2005	49,86	21/05/2005	52	18/05/2005	13,98	21/05/2005	42,05	21/05/2005	-49,5	12/05/2005	4,5
24/06/2005	49,66	27/06/2005	51,5	24/06/2005	13,44	27/06/2005	41,78	27/06/2005	-53,6	26/05/2005	3,74
15/07/2006	49,26	27/07/2005	50,7	31/07/2005	12,86	27/07/2005	40,44	27/07/2005	-54,3	24/06/2005	2,95
05/08/2005	48,03	27/08/2005	50,5	15/08/2005	12,02	27/08/2005	39,71	27/08/2005	-57,8	15/07/2005	2,21
16/09/2005	47,31	27/09/2005	50,5	16/09/2005	11,91	27/09/2005	39,97	27/09/2005	-58	29/08/2005	1,5
14/10/2005	46,52	27/10/2005	50,5	14/10/2005	11,6	27/10/2005	40	27/10/2005	-51,65	25/09/2005	0,73
11/11/2005	46,32	27/11/2005	51	21/11/2005	11,64	27/11/2005	40,15	27/11/2005	0,51		
09/12/2005	46,47	27/12/2005	50,9	29/12/2005	11,78	27/12/2005	39,6	27/12/2005	-47,1		
06/01/2006	46,6			15/01/2006	10,98						
03/02/2006	46,66			05/02/2006	11,06						
07/03/2006	46,88			07/03/2006	11,32			07/03/2006	-40,61		

Tabla 11. Datos de piezometría disponibles

9.3 DATOS DE EXPLOTACIONES

En la actualidad existe un total de trece puntos de captación de los recursos del embalse subterráneo de Crevillente, de los cuales ha sido posible disponer de una serie anual de caudales de explotación mensual de cada uno de ellos. Es importante destacar que el punto nº 25 correspondiente al registro 283510005, en realidad, representa la denominada galería de los Suizos, en la que existe un total de 4 sondeos de 310 metros de profundidad. Debido a las características constructivas de la galería no es posible ubicar la posición exacta de la boca de los sondeos, de forma que las coordenadas asignadas al punto 283510005 corresponden a la boca de salida de la galería. De la misma manera, 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 283510005.

En la siguiente tabla se incluyen los datos de explotación empleados en la realización del modelo:

Registro	2,7E+08	2,7E+08	2,7E+08	2,7E+08	2,7E+08	2,7E+08	2,7E+08	2,74E+08	2,8E+08	2,8E+08	2,8E+08	2,8E+08	2,8E+08
Enero	0	21.471	5.131	8.696	0	132.977	32.776	0	0	74.811	0	2.088	7.937
Febrero	0	11.125	5.771	8.700	36.029	113.769	22.113	0	0	81.142	0	6.706	6.378
Marzo	10	20.758	6.555	8.700	89.417	159.990	24.403	0	3.113	70.896	0	9.496	13.579
Abril	0	19.343	4.961	20.844	85.198	185.300	92.296	376.101	76.815	70.496	907	4.606	19.098
Mayo	12.903	3.409	7.644	20.845	215.800	188.570	86.266	718.135	72.987	68.943	21.604	0	48.539
Junio	11.895	3.841	8.126	20.845	5.431	97.410	119.277	722.264	68.005	70.763	70.888	7.545	38.617
Julio	22.082	23.871	4.859	18.298	5.237	75.040	112.174	730.885	72.001	66.627	81.957	5.682	41.224
Agosto	50	1.359	4.383	18.298	113.832	115.550	156.850	775.866	0	78.947	65.491	27.692	67.606
Septiembre	0	0	3.981	18.297	27.015	66.800	35.733	764.181	2.888	22.263	27.609	5.839	40.193
Octubre	0	0	2.663	11.544	0	123.552	33.795	715.978	4.673	0	5.260	12.137	39.262
Noviembre	0	0	2.263	11.544	0	73.050	30.835	492.559	1.884	861	3.554	1.616	27.943
Diciembre	0	0	1.482	11.543	0	109.630	38.900	490.355	789	0	1.560	8.261	20.203
Total	46.940	105.177	57.819	178.154	577.959	#####	785.418	5.786.324	303.155	605.749	278.830	91.668	370.579

Tabla 12. Datos de explotaciones disponibles

9.4 RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

El el gráfico adjunto se incluye la calibración obtenida para los valores de piezometría correspondiente al periodo comprendido entre enero de 2005 y marzo de 2006, en el que se observa que practicamente todos los datos considerados se encuentran dentro del intervalo de confianza del 95% y que el error cuadrático medio conseguido es del 5,5%. En el siguiente gráfico se incluye, a su vez, el gráfico de calibración de las series temporales, donde la mayor diferencia entre los valores observados y calculados se registran en el punto 273540031, donde el desfase es del orden de 8 m.

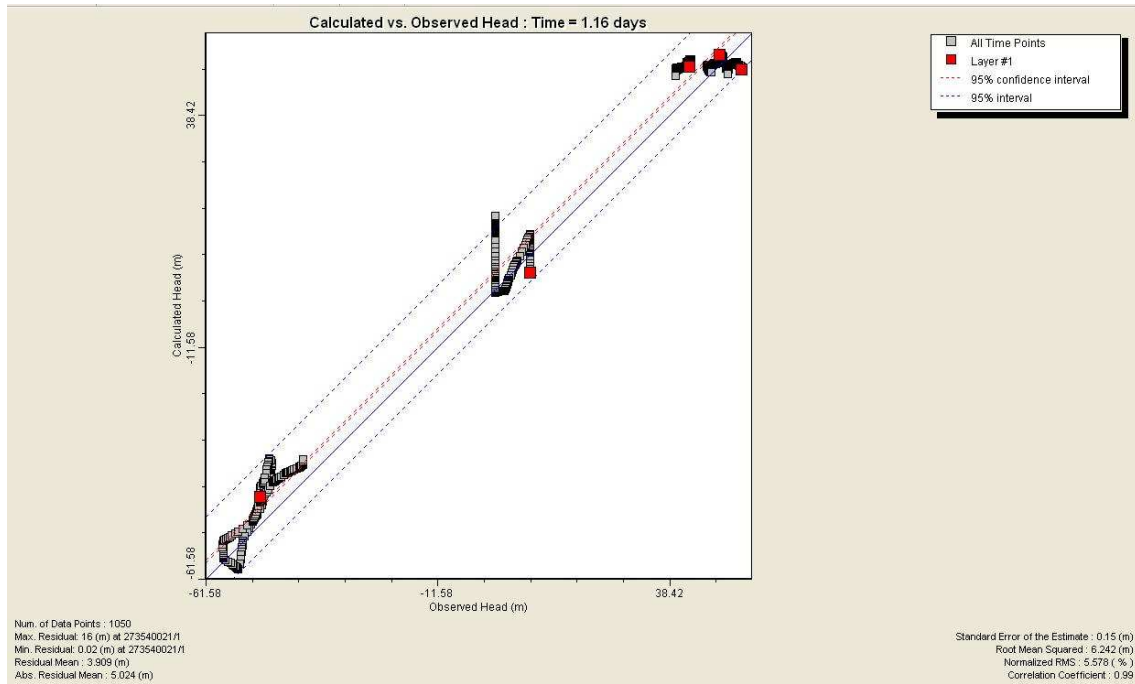


Figura 15. Gráfico de calibración de todos los datos de piezometría considerados

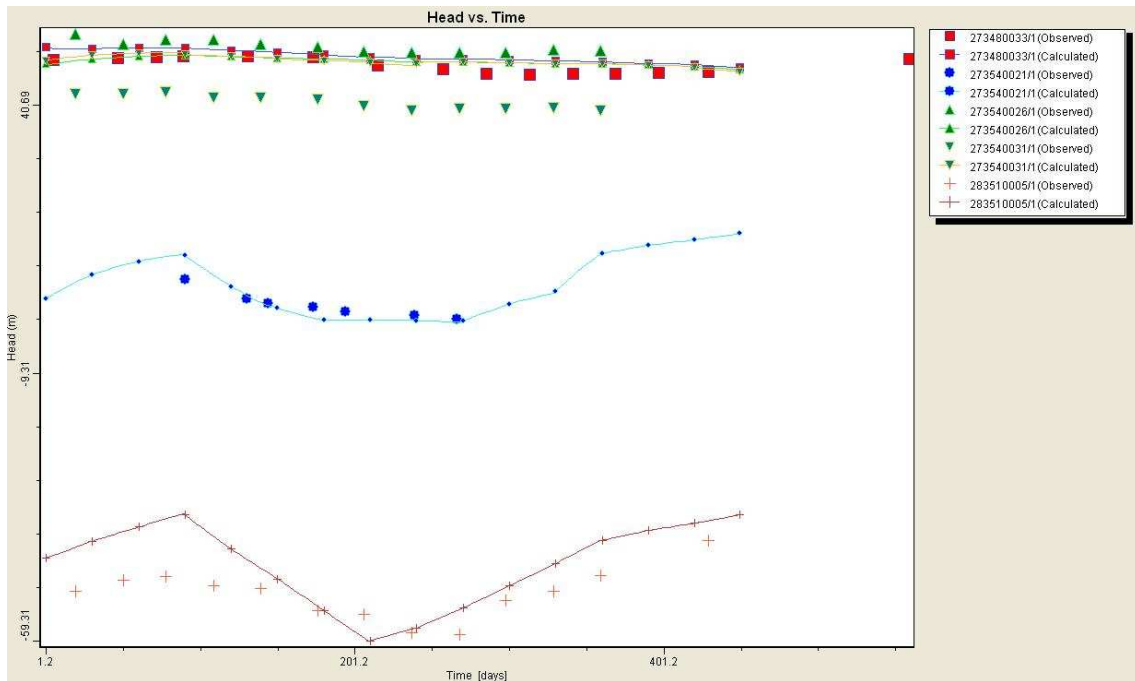


Figura 16. Gráfico de calibración de las series temporales consideradas.

10 BIBLIOGRAFÍA

Hoja Geológica nº 871 Pinoso. Serie MAGNA. Instituto Geológico y Minero de España.

Hoja Geológica nº 892 Pinoso. Serie MAGNA. Instituto Geológico y Minero de España.

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

Informe provisional sobre el artículo nº 5 de la Directiva Marco del Agua de la Cuenca Piloto del Río Júcar. Confederación Hidrográfica del Júcar. 2004.

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. Confederación Hidrográfica del Júcar. 2005

Mapa de Agua de la Provincia de Alicante. Segunda Edición. Diputación Provincial de Alicante. Ciclo Hídrico, 2007.

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 realizado por el Instituto Geológico y Minero de España

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. SEDELAM. 2007