



---

---

En este documento se exponen los resultados obtenidos por el “*Estudio del comportamiento hidrodinámico del acuífero kárstico de la Depresión de Benisa (Alicante). Aprovechamiento sostenible de agua salobre. Modelo de intrusión*” llevado a cabo dentro del marco del Convenio de Colaboración suscrito entre el **Instituto Geológico y Minero de España (IGME)** y la **Excma. Diputación Provincial de Alicante (DPA)** para el periodo 2010-2013. Estos trabajos quedan contemplados, a su vez, dentro del proyecto “*Gestión sostenible de acuíferos de la Marina Alta mediante modelos numéricos de densidad variable en régimen transitorio. Funcionamiento hidrodinámico del acuífero kárstico de la Depresión de Benisa y del Detrítico del marjal de Pego-Oliva (GESAMODV)*”.

#### **Autores**

#### **Dirección y supervisión**

D. Bruno J. Ballesteros Navarro (IGME)  
D. Juan Grima Olmedo (IGME)  
D. Luis Rodríguez Hernández (DPA)

#### **Estudio hidrodinámico e hidroquímico**

D<sup>a</sup> Elisabeth Díaz Losada (IGME)  
D. Santos Ortiz Pérez (Consultor)  
D. Bruno J. Ballesteros Navarro (IGME)

#### **Modelo numérico**

D. Juan Grima Olmedo (IGME)  
D. Bruno J. Ballesteros Navarro (IGME)  
D<sup>a</sup> Elisabeth Díaz Losada (IGME)  
D. Carlos Llopis Albert (IGME)  
D. José Antonio de la Orden Gómez (IGME)

#### **Documentación. Bases de datos**

D<sup>a</sup> Elisabeth Díaz Losada (IGME)  
D. Miguel Fernández Mejuto (DPA)  
D. Juan Antonio Hernández Bravo (DPA)



---

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1.-INTRODUCCIÓN .....	1
2.-CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO.....	4
3.-RELACIÓN DE PUNTOS DE AGUA .....	8
4.-EXPLOTACIONES .....	13
5.-ANÁLISIS DE APORTACIONES.....	16
5.1. CLIMA Y RETORNOS DE RIEGO .....	16
5.1.1. ANÁLISIS DE DATOS DE PRECIPITACIÓN.....	19
5.1.2. ANÁLISIS DE DATOS DE TEMPERATURA .....	24
5.1.3. INFILTRACIÓN DE LA LLUVIA ÚTIL.....	27
5.2. TRANSFERENCIAS LATERALES .....	30
6.-ELEMENTOS DE CALIBRACIÓN .....	31
6.1. PIEZOMETRÍA .....	31
6.2. HIDROQUÍMICA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	38
6.3. ESCORRENTÍA SUPERFICIAL .....	38
7.-DISEÑO DEL MODELO MATEMÁTICO .....	39
7.1. FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO: MODELO CONCEPTUAL.....	39
7.2. GEOMETRÍA: DISCRETIZACIÓN Y CAPAS.....	39
7.3. LÍMITES Y CONDICIONES DE CONTORNO .....	40
7.3.1. MAR MEDITERRÁNEO.....	41
7.3.2. RÍO GORGOS .....	42
7.3.3. RECARGA Y EXPLOTACIONES.....	43
7.4. DISTRIBUCIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS.....	44
8.- AJUSTE DEL MODELO NUMÉRICO .....	48
8.1. AJUSTE PIEZOMÉTRICO .....	49
8.2. BALANCE HÍDRICO .....	51
9.- CONCLUSIONES.....	52
ANEJOS .....	53
ANEJO 1.- EXPLOTACIONES. DATOS RECOPIADOS Y ESTIMADOS (2004-2012) .....	54
ANEJO 2.- BALANCE HÍDRICO DETALLADO .....	68

---

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1.-Relación de puntos de control de nivel .....	10
Cuadro 2.-Relación de puntos de extracción .....	12
Cuadro 3.-Estaciones termopluviométricas utilizadas .....	17
Cuadro 4.- Periodo de disponibilidad de datos de las series termopluviométricas utilizadas.....	18
Cuadro 5.- Superficie total y permeable de las formaciones geológicas permeables .....	29
Cuadro 6.- Infiltración media anual .....	30
Cuadro 7.- Valores de permeabilidad aplicados en el modelo matemático (m/s) en la 1ª capa.....	46
Cuadro 8.- Valores de permeabilidad aplicados en el modelo matemático (m/s) en la 2ª capa.....	47
Cuadro 9.- Valores de almacenamiento aplicados en el modelo matemático en la 1ª capa.....	48
Cuadro 10.- Valores de almacenamiento aplicados en el modelo matemático en la 2ª capa.....	48

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.-Sector de estudio.....	1
Figura 2.-Esquema hidrogeológico del sector de estudio.....	6
Figura 3.-Localización de los pozos de extracción.....	8
Figura 4.-Explotaciones anuales estimadas (2004-2012).....	14
Figura 5.-Captaciones de aguas subterráneas.....	15
Figura 6.-Estaciones termopluviométricas utilizadas.....	17
Figura 7.-Precipitaciones en Benissa Convento (mm/día).....	19
Figura 8.-Precipitaciones en Benissa Ayuntamiento (mm/día).....	20
Figura 9.-Precipitaciones en Calpe (mm/día).....	21
Figura 10.-Precipitaciones en Gata de Gorgos (mm/día).....	22
Figura 11.-Precipitaciones en Jalón (mm/día).....	22
Figura 12.-Precipitaciones en Jávea (mm/día).....	23
Figura 13.-Temperatura en Benissa Convento (°C).....	25
Figura 14.-Descomposición STL de temperatura máxima y mínima en Benissa Convento (°C).....	26
Figura 15.-Evolución temperatura suavizada en Benissa Convento (°C).....	26
Figura 16.-División del Acuífero de la Depresión de Benisa en 4 zonas y subdivisión de cada una por el método de los polígonos de Thiessen: Bernia-Solana (azul), Seldetes (fucsia), Benitachel (verde) y Benisa (naranja).....	28
Figura 17.-Relación de piezómetros utilizados para la calibración del modelo de flujo.....	32
Figura 18.-Evolución piezométrica en puntos 3032317, 3032458, 3032470 y 3032717 ...	33
Figura 19.-Evolución piezométrica en puntos 3032724, 3032733, 3032751 y 3032820 ...	34
Figura 20.-Evolución piezométrica en puntos 3032826, 3032833, 3032838 y 3032879 ...	35
Figura 21.-Evolución piezométrica en puntos 3032880, 3032881, 3033311 y 3033316 ...	36
Figura 22.-Evolución piezométrica en puntos 3033320, 3033324, 3132133 y 3132253 ...	37
Figura 23.-Escorrentía superficial en el río Gorgos (Armayer et al., 2007).....	38
Figura 24.-Discretización espacial del modelo numérico y perfil representativo.....	41

---

Figura 25.-Condiciones de contorno de nivel general en la segunda capa del modelo ....	43
Figura 26.-Ubicación de los pozos de inyección .....	44
Figura 27.-Zonificación de la recarga .....	45
Figura 28.-Conductividad hidráulica en capa 1 según el cuadro 7 .....	46
Figura 29.-Conductividad hidráulica de la capa 2, según valores del cuadro 8 .....	47
Figura 30.-Distribución del almacenamiento en la 1 capa. Valores en el cuadro 9.....	48
Figura 31.-Distribución del almacenamiento en la 2 capa. Valores en el cuadro 10.....	49
Figura 32.-Niveles calculados versus observados (e intervalos de confianza) en la 1 capa al final del periodo de simulación.....	51
Figura 33.-Niveles calculados versus observados (e intervalos de confianza) en la 2 capa al final del periodo de simulación .....	52

## 1.- INTRODUCCIÓN

El acuífero de la Depresión de Benisa está ubicado en el sector suroriental de la comarca de la Marina Alta (Alicante) en el ámbito de la Masa de Agua Subterránea 080.179 de igual denominación. Desde finales de los años setenta, esta área ha sido, y sigue siendo en la actualidad, objeto de numerosos estudios por parte del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y la Diputación Provincial de Alicante (DPA), dirigidos a profundizar en el conocimiento de sus características y funcionamiento hidrogeológico.

La razón de este interés estriba en el hecho de que las aguas subterráneas han constituido, hasta fecha reciente, el único recurso disponible para satisfacer las necesidades hídricas de la zona, si bien en la actualidad la instalación de plantas desaladoras de agua de mar ha contribuido a paliar el déficit de recursos para abastecimiento urbano que, especialmente en época estival, han venido padeciendo las localidades de Calpe, Jávea, Benitachell y Teulada.

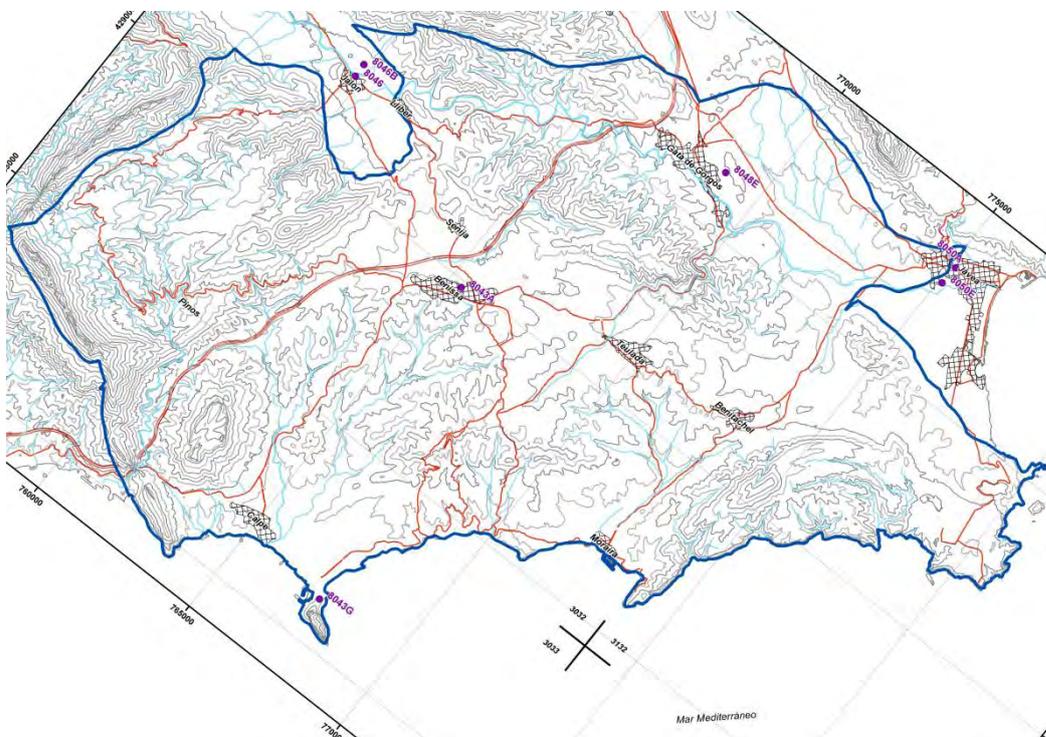


Figura 1.- Acuífero de la Depresión de Benisa (MASub 08.179)

Son varios los trabajos de índole geológica e hidrogeológica llevados a cabo en esta zona que, aunque han contribuido a esbozar el esquema general del funcionamiento hidráulico del acuífero, han puesto también de manifiesto la necesidad de estudiar algunos aspectos de forma más detallada, utilizando herramientas específicas, en concreto la modelación numérica de flujo y de transporte de masas, que permitan resolver las incertidumbres existentes relativas a sus condicionantes hidrogeológicos, relación recarga/descarga del sistema y procesos de intrusión marina.

Cabe destacar el estudio hidrogeológico denominado *“Utilización de técnicas hidrogeoquímicas para la determinación del funcionamiento de acuíferos carbonatados litorales. Aplicación al acuífero de la Depresión de Benisa (Alicante)”*, realizado en el año 2007 por el IGME en convenio con la DPA, en adelante IGME-DPA, 2007, en el que se analizaron los aspectos clave para reforzar el conocimiento generado hasta la fecha sobre el funcionamiento hidráulico de los acuíferos carbonatados litorales, como es el caso del acuífero de la Depresión de Benisa, con el fin de optimizar la explotación de los recursos de estos sistemas.

El objetivo principal del presente proyecto de investigación reside en la construcción de un modelo de flujo en régimen transitorio del acuífero carbonatado de la Depresión de Benisa y los sistemas hídricos asociados, que presentan una íntima relación con las variaciones de cantidad y calidad de recursos hídricos del sector. Por su proximidad al mar, y debido a diferentes causas tanto de origen natural como antrópico, el acuífero está afectado por procesos de salinización causados por la intrusión marina.

Se propone simular en régimen transitorio y con un intervalo mensual el periodo comprendido entre los años naturales de 2004 y 2012, lo que hace un total de 9 años.

El resumen y enumeración de los trabajos llevados a cabo es el siguiente:

- 
- Definición del área de estudio, análisis del funcionamiento hidrodinámico del acuífero y elaboración del modelo conceptual.
  - Cálculo de la infiltración por lluvia útil a partir de las estaciones pluviométricas de Benissa-Convento (8043), Jávea (8050), Jalón (8046), Gata de Gorgos (8048E), Calpe-Peñón de Ifach (8043G) y Pedreguer (8051I).
  - Recopilación del inventario de puntos de agua de interés, tratamiento y análisis de los datos de explotación y aprovechamientos. Revisión y actualización exhaustiva de las explotaciones a nivel anual y mensual.
  - Recopilación y actualización de la información referente a la piezometría y características hidroquímicas de las aguas subterráneas.
  - Tratamiento de la información y depuración de datos. Evaluación, análisis, contraste e integración de todos los datos en un modelo numérico preliminar realizado en Visual Modflow. Discretización espacial del sistema, definición de las condiciones de contorno y zonificación de los parámetros hidrogeológicos.
  - Calibración del modelo numérico de flujo en régimen permanente con densidad variable.
  - Calibración del modelo numérico de flujo en régimen transitorio con densidad variable, validación mediante el ajuste piezométrico e hidroquímico de los puntos de observación. Análisis del balance hídrico de detalle.

## 2.- CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

El acuífero de la Depresión de Benisa (MASub 080.179)c se encuentra situada en el sudeste del territorio de la Confederación del Júcar y se caracteriza por presentar una serie de lineamientos estructurales en los que predominan las dos directrices: la bética NE-SO y la ibérica NO-SE. Las zonas elevadas donde afloran litologías del Cretácico, presenta direcciones béticas o mixtas, mientras que las depresiones intramontañosas, donde aparecen materiales de relleno terciario o cuaternario, presentan directrices ibéricas en el valle del Guadalest, intermedias o mixtas en los valles del Jalón y Gorgos y claramente bética en el resto (cuencas de Benisa, Tárbenas y río Girona).

El sistema hidrogeológico está constituido por una secuencia casi continua, y con conexión hidráulica, de formaciones carbonatadas permeables y transmisivas, que van desde el Aptiense al Mioceno, que hace de impermeable de muro, incluyendo este último algunas intercalaciones calcáreas en las margas de las facies "Tap". Podría considerarse como un acuífero único que tiene como base o sustrato impermeable las margas del Neocomiense-Barremiense y como techo confinante las margas miocenas. No obstante, se presentan en la zona dos niveles piezométricos claramente diferenciados, y de distinta profundidad. El más superficial posiblemente asociado a las formaciones calcáreas del Terciario inferior –Eoceno y Oligoceno– y esporádicamente a los acuíferos aislados incluidos dentro de las margas del "tap", y el más profundo representativo del conjunto carbonatado cretácico-inferior y en parte superior.

Mientras al Norte y Suroeste el acuífero presenta límites impermeables –levantamiento de la base impermeable del acuífero en la serie de Montgó en el primer caso y afloramientos del Keuper en el segundo caso–, en el Oeste el límite es discontinuo con zonas abiertas como Carrascal-Ferrer, detrítico del río Jalón y sinclinal del Gorgos y otros cerrados por el levantamiento de la base impermeable. Al Este y Sur de la depresión y el acuífero en ella definido, se encuentra abierto en relación hidráulica con el Mar Mediterráneo. En el Norte de

la depresión y formando parte de la misma se encuentra el acuífero detrítico cuaternario de la Plana de Jávea.

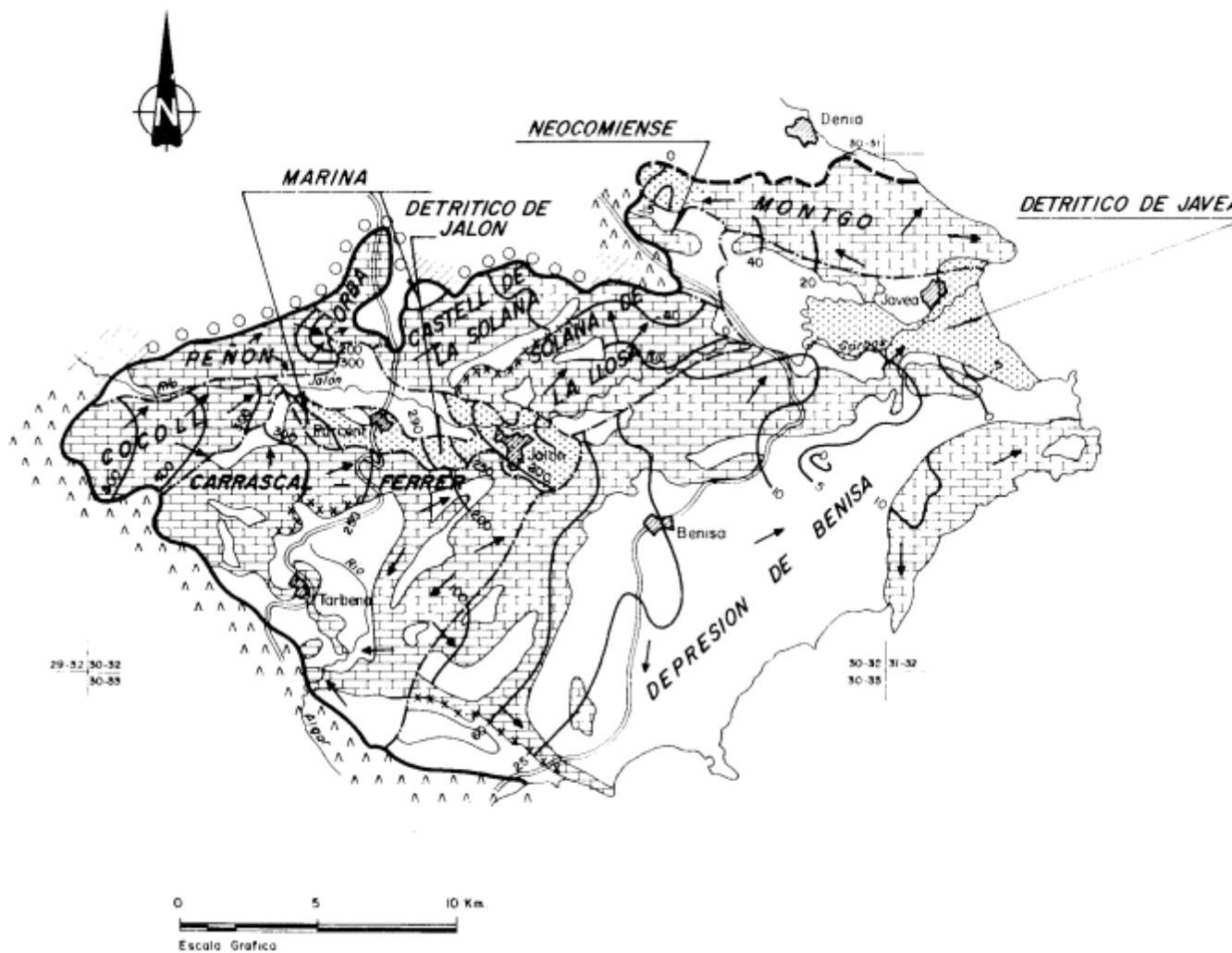
Desde el punto de vista geológico, La cuenca o depresión de Benisa está limitada al oeste por los materiales de la Sierra del Cao, al norte por la sierra de Seldetes, al este por los materiales de la Sierra de Llorensá y al sur por los materiales de Peña Alhama - Sierra de Bernia - Toix. Se trata de una cubeta alargada con una longitud de algo más de 15 Km. y una anchura de unos 10 Km. Se considera a esta estructura como un sinclinorio de dirección SW-NE, con ligera vergencia hacia el NW. Con buzamientos que se suavizan hasta hacerse casi horizontales en algunos casos, a techo de la serie y en el eje de cuenca.

En la zona central presentan ligeros plegamientos, con pliegues suaves de carácter disarmónico, debido a la diferente geología de la serie calcáreo margosa del Mioceno medio. Los datos de sondeos indican que el espesor de estos sedimentos es mayor hacia el margen este: Sierra de Benitachell y sur: zona de Calpe, Sierra de Oltá. En esta última zona se observa, al igual que en la depresión de Tárbená, la existencia de bloques olistostrómicos de espesor a veces kilométrico, como el de la sierra de Olta o el bloque de calizas que conforma el Peñón de Ifach, emplazados por encima de los materiales del Mioceno, y con depósito de facies retrabajadas de materiales en facies Keuper en ocasiones.

Las entradas proceden de la precipitación directa y de los aportes laterales del acuífero detrítico asociado del Jalón, así como de las recarga a través del cauce del río Gorgos. Las salidas del sistema tienen lugar, esencialmente, hacia el mar y, en menor medida, por bombeos destinados a regadío y abastecimiento, estimados con el mayor detalle posible en este proyecto a partir de toda la información.

Con el modelo conceptual se pretende aproximar, con el mayor detalle posible, el funcionamiento hídrico real del acuífero con el fin de construir el modelo numérico que simula las principales formaciones permeables definidas en el epígrafe 2..

Figura 2.- Esquema hidrogeológico de la Marina Alta



### 3.- RELACIÓN DE PUNTOS DE AGUA

Con el fin de recoger los rasgos más relevantes de las aguas subterráneas se ha realizado el inventario de puntos de agua. A partir de este inventario se han seleccionado todos los pozos y manantiales con información hidrogeológica relevante.

En el plano de la **figura 2** se recoge su localización y en los **cuadros 1 y 2** se muestra dicha relación en una tabla resumen. Todos estos sondeos se han utilizado para la calibración del modelo, bien por su explotación, por su piezometría o por su hidroquímica.

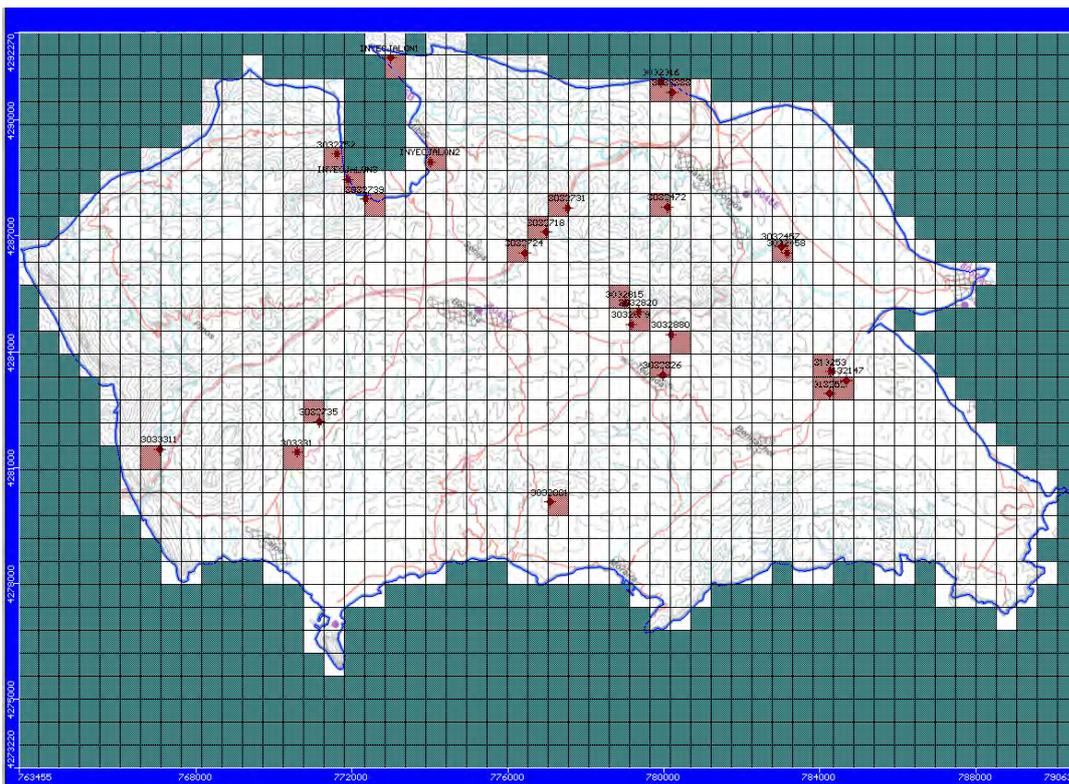


Figura 3.- Localización de los pozos de extracción

A partir de las bases de datos aguas (DBA) del IGME y de la Diputación de Alicante, contrastados y ampliados por los trabajos de campo realizados, se ha

---

conseguido inventariar un total de 72 puntos de agua relacionados con el sistema acuífero, entre pozos, sondeos y manantiales, que han proporcionado información sobre características de las formaciones captadas, situación de los niveles piezométricos, calidad de las aguas subterráneas, volúmenes extraídos y usos a los que están destinados.

Cuadro 1.- Relación de puntos de agua inventariados

Código	Nombre o Toponimia	X	Y	Z	Observaciones	Nivel inicial
3032-3-16	Morets	765392.373	4297368.82	93.9		
3032-3-88	Juanelo	765767.012	4297341.33	91.2		
3032-3-107	SGOP-S2	765540.57	4295525.44	102.9		
3032-4-61	TosaloCantera	766629.468	4297592.45	71.1	Sin datos 2004-2012	
3032-4-70	Falandons	769872.924	4295652.72	61.9		
3032-4-72	CamilesComes	767522.436	4294939.04	134.5		
3032-4-58	RAMBLARS2	770655.953	4295907.63	58		13.79
3032-6-49	BcoMaserofBarón	758768	4290278	263.4		
3032-6-76	sdoJalón	758053	4287822	401.4		
3032-7-4	FincaLaCosta	764147.12	4289041.83	260.8		
3032-7-14	Aullera(Senija)	765433.891	4291334.15	194.0		45.94
3032-7-16	CasaNussols	764462.334	4288758.85	220.0	Sin datos 2004-2012	
3032-7-17	Laestancia(benisa2)	763910.555	4287117.15	138.6		
3032-7-19	SondeoBenisaIII	765376.572	4292131.16	185.9	Sin datos 2004-2012	
3032-7-18	CanordeBenisa(Benisa3)4	765473.004	4292494.28	182.5		
3032-7-21	Benisa5(Benisa4)3	765450.786	4292756.41	170.1	Sin datos 2004-2012	
3032-7-24	Senijall	765376.023	4291727.23	189.6		16.94
3032-7-31	GargantaSenija	765513.222	4293316.74	143.9	Sin datos 2004-2012	
3032-7-33	LaSolana	762080.676	4287604.43	282.4		
3032-7-41	PozoCutes	760428	4290859	245.1	Sin datos 2004-2012	
3032-7-45	PróximoMaserof	759350	4290950	235.0	Sin datos 2004-2012	
3032-7-51	Pinos-Marisa	759439	4285018	359.5		12.65
3032-7-52	LaDefinitiva	760497	4290608	260.3		13.47
3032-8-15	Canor2oCanterilla	768219.417	4292291.76	156.0	Sin datos	

3032-8-20	Canor3	768626.551	4292349.56	144.5		2.8168
3032-8-24	TosalGrossoCovatelles	772454.727	4293943	84.9	Sin datos	
3032-8-26	PozoCastellons	770125.623	4291452.72	208.8		10.79
3032-8-33	CasasBenicambra	772073.44	4293445.88	131.3		
3032-8-38	Raconadal	771958.251	4292681.57	110.4		
3032-8-61	Laermita	768435.175	4287719.62	224.7		
3032-8-79	Canorn1,78dpa	768665.609	4291968.26	149.8		4.32
3032-8-80	Elplá	769647.093	4292406.54	145.6		
3032-8-81	Fanadix	769873.813	4287071.31	118.7		
3032-8-95	MonteBañuls	767939.303	4286095.53	123.2	Sin datos	
3033-3-11	BcoSaladonº1,(2ellos)	761174.939	4281944.99	112.0		
3033-3-16	UrbSepta-cocentari	764300.342	4283494.74	54.1		10.61
3033-3-20	BcoSaladonº2,(1ellos)	761263.666	4281936.78	114.6		
3033-3-21	BcoSaladonº3	761111.193	4281984.91	112.5		
3033-3-23	BcoSaladonº4	761211.574	4282104.73	115.0		
3033-3-24	Corralets	763866.232	4283619.62	93.7		
3033-3-28	MariaSalitre(Marina)	765745.566	4283631.56	27.4		
3132-1-16	CaminoCabanes	777184.727	4295268.03	16.4	Sin datos	
3132-1-17	ColoniaValenciana	777079.382	4295239.05	17.2		
3132-1-33	Capsaes	773978.641	4295782.13	39.7		5
3132-1-46	Llucall	773829.823	4294340.02	41.7	Sin datos 2004-2012	
3132-5-2	Llucal	773771.926	4293710.77	51.8		5.17
3132-5-3	Urb.Lluca	773435.149	4294168.77	71.3		
3132-5-12	LlorensáB-1	774552.203	4291016.61	244.9	Sin datos	
3132-5-13	Llorensáparticular	774460.764	4291447.62	172.0	Sin datos	
3132-5-35	CuevadElMoraigoRiuBlanc	775293.998	4289029.54		Manantial	
3033-3-2	MorrodeToix	762373.381	4280126.44		Manantial	

Cuadro 2.- Relación de puntos de extracción

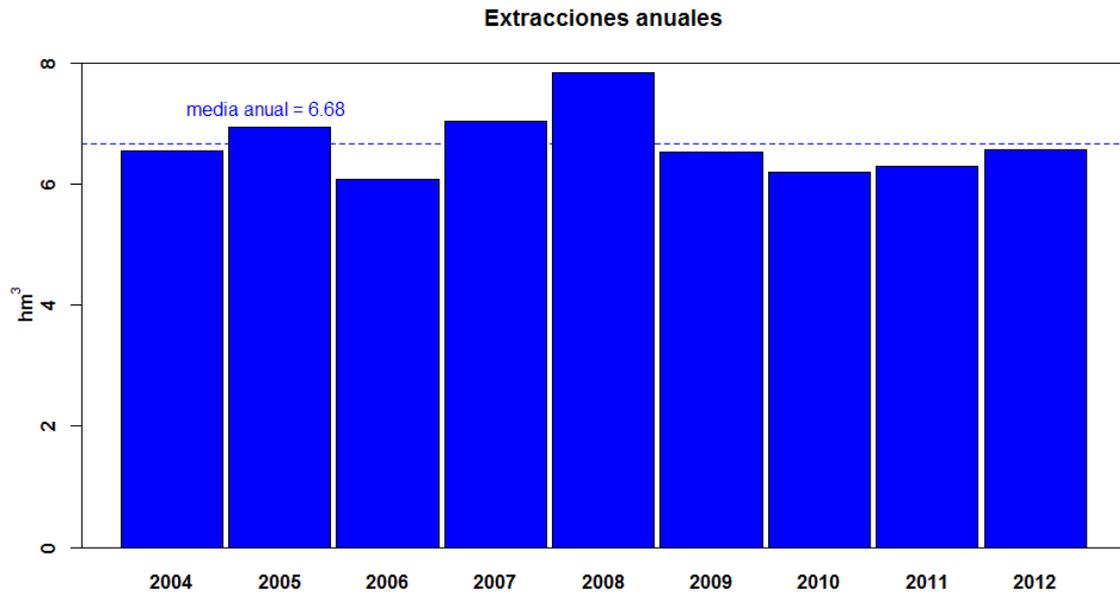
	<b>Toponimia o Nombre</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>extracciones m<sup>3</sup>/mes</b>	<b>media anual m<sup>3</sup></b>
3033311	BcoSalado	761174.93	4281944.99		2882345.34	320260.59
3032731	Garganta Senija o Tosal del Moro	765513.2	4293317		2936570.87	326285.65
3032472	Les Comes	767522.4	4294939		1861787	206865.22
3032718	Pou Canor Benissa	765473	4292494		981664	109073.78
3032724	Pzo Senija	765376	4291727		12322727.75	1369191.97
3032739	Pzo Lliber	761286.1	4290459		75070	8341.11
3032826	Pozo Castellons	770125.6	4291453		996556	110728.44
3032879	Pozo Canor	768665.6	4291968		9657280.5	1073031.17
3032880	Pozo Pla	769647.1	4292407		1549836	172204
3032881	Pozo Fanadix	769873.8	4287071		638394.7725	70932.75
313252	Lluca 1	773771.92	4293710.77		2311506	256834
3032815	Pozo Canterilla	768219.41	4292291.76		3313134	368126
3032316	Morets	765392.37	4297368.82		3910525.2	434502.8
3032388	Juanelo	765767.01	4297341.33		6240412.8	693379.2
3032820	Canor3	768626.55	4292349.56		148500	16500
3032457	RAMBLARS2	770442.64	4295943.43		3645000	405000
3032458	RAMBLARS2	770653.63	4295900.43		2478600	275400
3032735		763945.40	4285038.43		290700	32300
303331		764001.38	4284064.44		192000	21333.33
3132147		773906.44	4294253.38		1458000	162000
313253	Urb. Lluca	773435.15	4294168.77		153000	17000

#### 4.- EXPLOTACIONES

La cuantificación de las extracciones por bombeo se ha estimado a partir de los datos conseguidos en los trabajos de campo, proporcionados en gran medida por las entidades locales de suministro de agua potable. Del inventario de puntos de agua se obtiene un total de 21 sondeos que explotan las formaciones acuíferas carbonatadas, destinados fundamentalmente a abastecimiento urbano y agricultura. A partir de aquí, se ha realizado un esfuerzo importante para estimar las explotaciones históricas mensuales, para el periodo 2004 y 2012, en todas las captaciones mediante un análisis comparativo con los datos de extracciones de los que dispone la BDA.

Cuando no ha sido posible completar los datos de bombeo de algún año o mes determinado, se han realizado estimaciones basadas en la dotación para regadío o abastecimiento, o por simple interpolación lineal entre volúmenes conocidos. Es probable que las estimaciones resulten en algunos casos imprecisas, sin embargo ha sido necesario realizarlas para poder llevar a cabo el completado de la serie de explotación, fundamental para la construcción del modelo de flujo.

De la manera mencionada, y en definitiva, se han obtenido las series de explotación mensual de las 21 captaciones que han explotado el acuífero entre 2004 y 2012, con un volumen medio anual estimado de 6,68 hm<sup>3</sup>.



*Figura 4.- Explotaciones anuales estimadas (2004-2012).*

En la figura 4 se representa el diagrama de barras de las explotaciones anuales estimadas, y en la figura 5 la situación de las captaciones en explotación consideradas en el modelo numérico. En el *anejo 2* se exponen de forma detallada los valores de explotación, indicando su procedencia o estimación.



## 5.- ANÁLISIS DE APORTACIONES

El modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico considera que la alimentación, o aportaciones hídricas al sistema, procede exclusivamente de la infiltración directa del agua de lluvia sobre los afloramientos permeables, de la infiltración en el cauce del río Gorgos y de la transferencia lateral de los acuíferos detríticos adyacentes. Por otro lado, las descargas naturales corresponden a las salidas al mar, además de los bombeos destinados a abastecimiento y regadío. Por las particulares características del territorio sobre el que se asienta el acuífero, no se han considerado significativos los retornos de riego y tampoco las salidas hacia otras unidades hidrogeológicas contiguas.

Con todos los datos disponibles, tanto los obtenidos de forma directa como los estimados, se ha realizado un análisis de las aportaciones al sistema que ha servido de apoyo para conocer su comportamiento hidrodinámico mediante la introducción de estos datos como recarga en el modelo. El procedimiento de estimación de cada uno de los términos que intervienen en la alimentación del sistema se describe en los siguientes apartados.

### 5.1. ANÁLISIS CLIMÁTICO

Se ha realizado el análisis climático a nivel mensual del período comprendido entre 2004 y 2012, lo que hace un total de 9 años. Los estudios termopluviométricos han incluido la revisión de una serie de estaciones pertenecientes a la red de medida de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), tomadas como base para la elaboración y completado de las series. En determinados casos se dispone de registros pertenecientes a la red de medida de la Diputación Provincial de Alicante, que han servido para completar los períodos en los que no se dispone de registros en la red de la AEMET. Las estaciones utilizadas, su situación y las características de la información disponible se exponen en la figura 6 y en los cuadros 3 y 4.

Cuadro 3.- Estaciones termopluviométricas utilizadas

Nombre estación	Código identificativo	Coordenada X	Coordenada Y	Altitud
Alcalalí	8045U	757417	4293273	230
Benissa Ayuntam.	8043A	765388	4289831	254
Benissa Convento	8043	764912	4289599	275
Calpe Peñón	8043G	767541	4281167	63
Gata de Gorgos	8048E	768913	4296432	50
Jalón	8046	759812	4292456	189
Jalón Solana	8046B	759800	4292826	185
Jávea Ayuntam.	8050E	775105	4297663	15
Jávea Viveros	8050A	775135	4298189	30
Pedreguer	8048E	768913	4296432	50

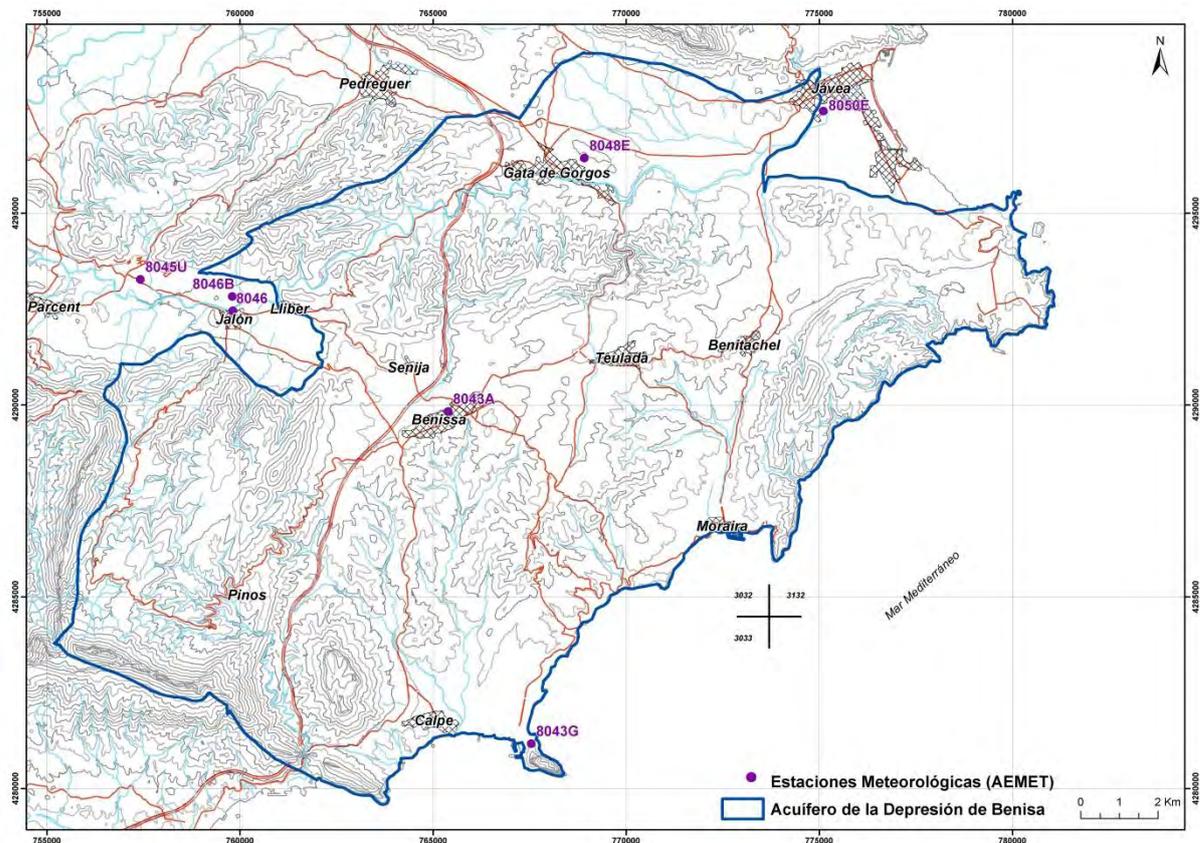


Figura 6.- Situación de estaciones termopluviométricas utilizadas

ESTACIÓN	Diputación Alicante		AEMET	
	Precipitación	Temperatura	Precipitación	Temperatura
Alcalalí	1/10/1950 - 31/1/2002	1/10/1950 - 31/1/2002	1/1/1992 - 31/1/2002	1/1/1992 - 31/1/2002
Benissa Ayuntamiento	1/1/1948 - 31/10/2010	1/1/1947 - 30/9/1999	1/1/1994 - 31/12/2012	
Benissa Convento	1/1/1950 - 30/11/2010	1/1/1950 - 31/11/2010	1/10/1992 - 31/12/2012	1/10/1992 - 31/12/2012
Calpe Peñón	1/6/2005 - 31/10/2010	1/6/2005 - 30/9/2010	1/10/1993 - 31/7/2012	22/9/1993 - 29/2/2012
Gata de Gorgos	1/10/1950 - 31/10/2010	1/10/1950 - 30/9/2010	1/1/1992 - 31/5/2012	1/1/1992 - 29/2/2012
Jalón	1/10/1950 - 30/11/2003	1/1/1950 - 30/9/1999	1/1/1994 - 30/11/2003	
Jalón Solana	1/10/1950 - 30/11/2003		1/6/1992 - 31/12/2012	
Jávea Ayuntamiento	1/10/1950 - 31/10/2010	1/10/1950 - 30/9/2010	1/3/1992 - 31/12/2012	15/3/1992 - 29/2/2012
Jávea Viveros	1/10/1950 - 31/10/2010		1/1/1992 - 31/12/2012	
Pedreguer	1/10/1950 - 31/10/2010	1/10/1950 - 31/10/2010	1/1/1992 - 31/1/2012	1/1/1992 - 31/1/2012

Cuadro 4.- Periodo de disponibilidad de datos de las series termopluviométricas utilizadas

El proceso de completado de series, así como el tratamiento posterior de los datos, se ha realizado mediante la aplicación del lenguaje y entorno de programación R, desarrollado en 1993 por Robert Gentleman y Ross Ihaka del Departamento de Estadística de la Universidad de Auckland. Se trata de un proyecto de software libre resultado de la implementación GNU del lenguaje S.

El análisis se ha realizado teniendo en cuenta todas las lagunas de datos y la disponibilidad temporal de los mismos. Cuando no han existido registros en ninguna de las estaciones se ha realizado un análisis de regresión si el coeficiente de correlación ha sido superior a 0,8.

### 5.1.1. Análisis de datos de precipitación

La precipitación media anual es de 568,7 mm. La estación seca corresponde al verano, con tan solo 44,3 mm, siendo la estación invernal la que recoge una mayor cantidad de lluvias, con una media de 204 mm. No obstante es el mes de octubre en el que las lluvias son más abundantes, con una media de 92,1 mm. La mayoría de las precipitaciones suelen darse de manera torrencial, especialmente las provocadas por los temporales de levante. En ocasiones suelen presentarse acompañadas de granizo, sobre todo en primavera o en verano. También, en época invernal pueden ser en forma de nieve en las cotas superiores de la sierra de Bernia. Según estos datos, el régimen de humedad, en el cual se encuadra el término de Benisa, sería del tipo Mediterráneo seco.

#### Estación de Benissa-Convento

En primer lugar se analiza la estación de Benissa-Convento, dado que es la que más datos tiene registrados. En concreto, de un total de 7.671 sólo se carece de los datos de 326 días, lo que equivale a un 4,2%.

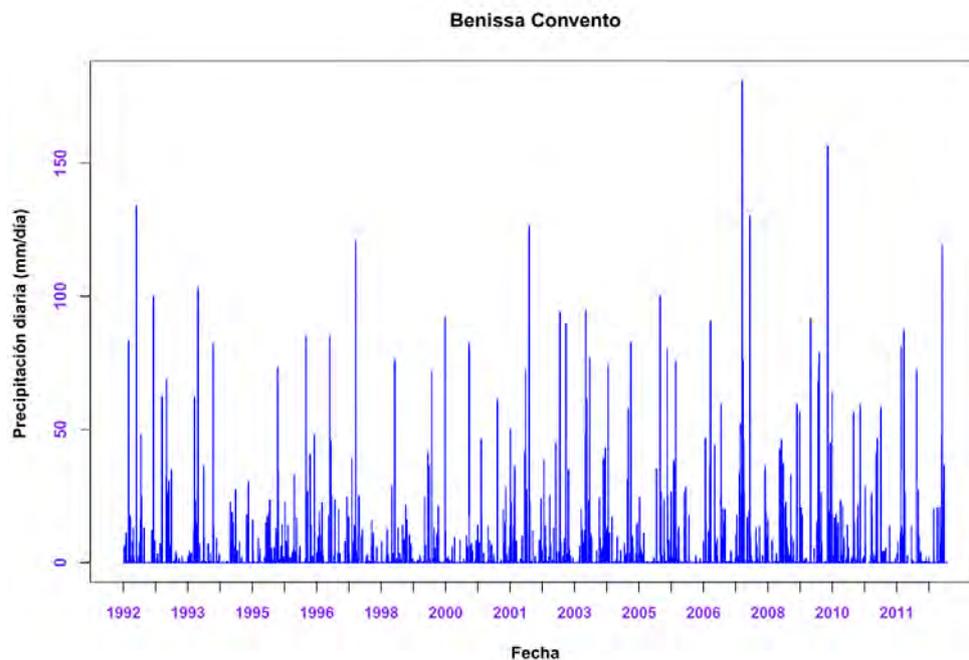
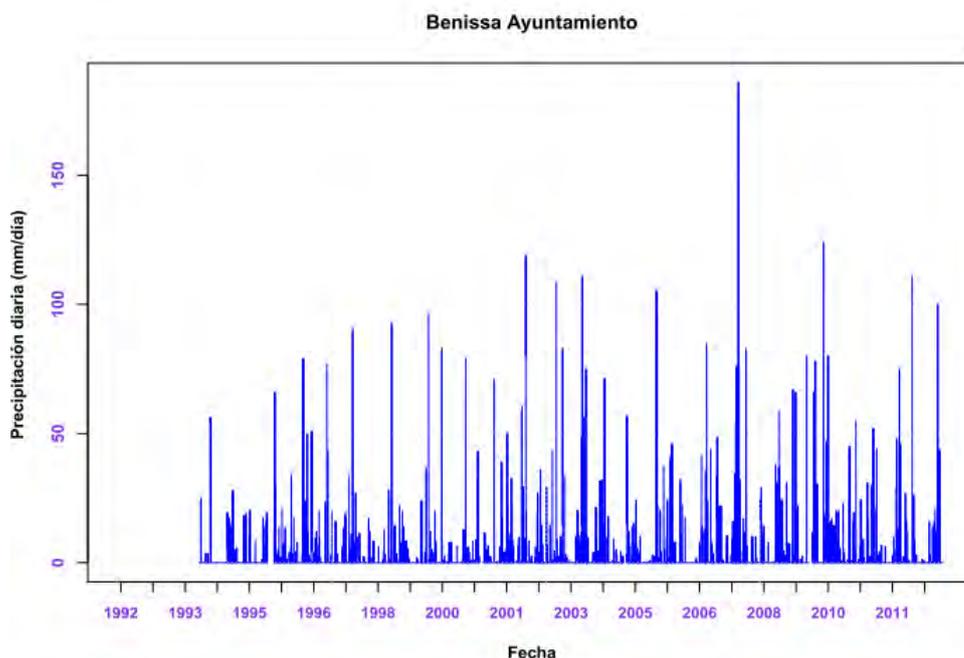


Figura 7.- Precipitaciones en Benissa Convento (mm/día)

En el mismo municipio hay otra estación de medida, Benissa-Ayuntamiento, con un total de 1.093 valores no disponibles. Dado que la correlación entre las dos series es del 91,87% se ha decidido completar la primera de ellas (Benissa-Convento) con la segunda (Benissa-Ayuntamiento) sustituyendo los valores directamente. En el último cuatrimestre de 2012 no existen valores de precipitación.



### Estación de Calpe

En la estación 8043G (AEMET) existen datos entre el 1 de octubre de 1993 y el 31 de julio de 2012. Además de ésta, en el núcleo urbano existe otra estación controlada por la DPA cuyo rango de valores está comprendido entre junio de 2005 y octubre de 2010. Dada la pequeña longitud de la serie de la DPA no es posible obtener coeficientes de correlación fiables por lo que, simplemente, se ha procedido a rellenar los huecos de la estación de la AEMET con los valores de la DPA.

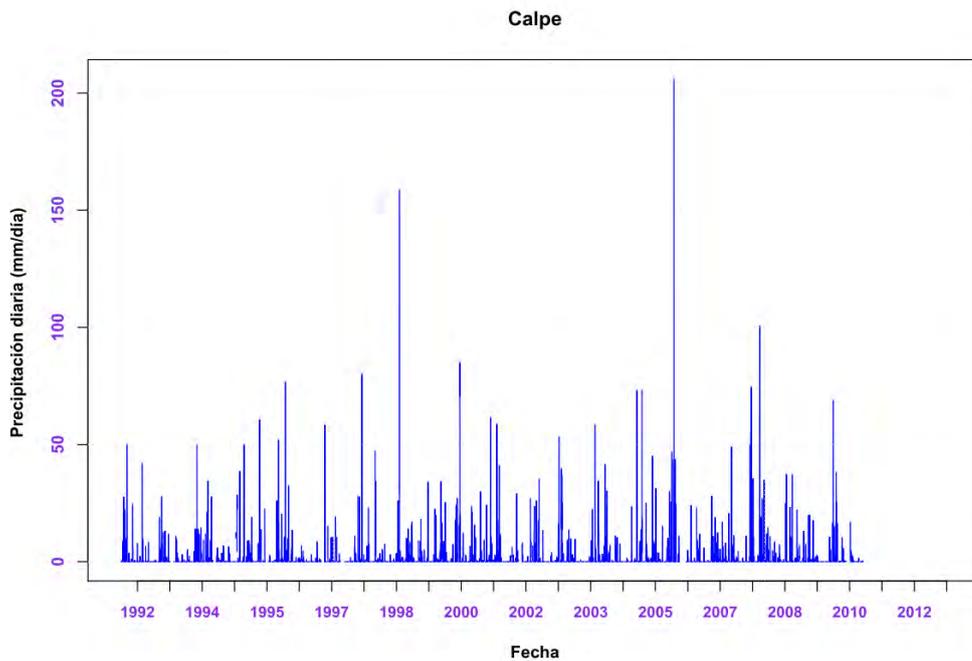
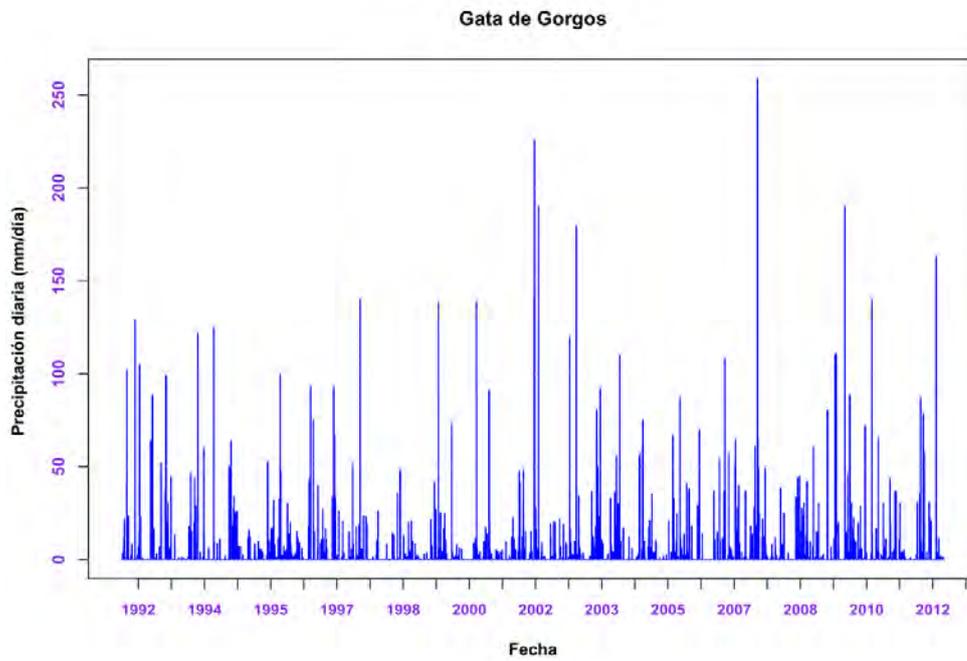


Figura 9.- Precipitaciones en Calpe (mm/día)

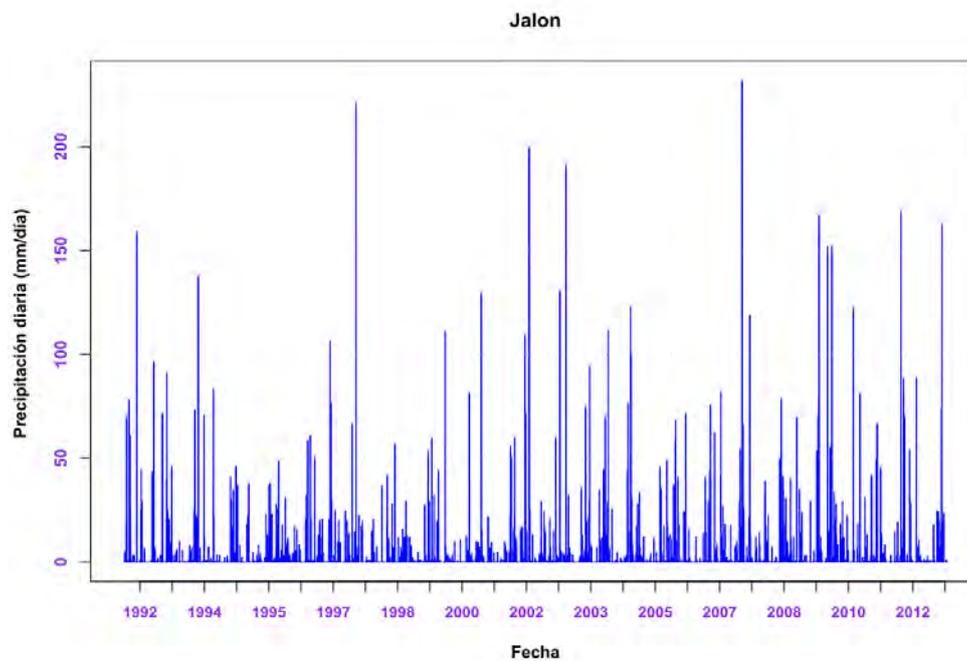
### Estación de Gata de Gorgos

La serie de la estación de Gata (AEMET) dispone de medidas entre el 1 de enero de 1992 y el 1 de junio de 2012. Con objeto de completar el periodo se han añadido datos de otra estación existente en esta población operada por la Diputación Provincial de Alicante, con valores comprendidos entre el 1 de enero de 1950 y el 31 de octubre de 2010. Dado que cuando hay datos los valores son idénticos en ambas series, la correlación es igual a uno y la sustitución no presenta mayores problemas.



*Figura 10.- Precipitaciones en Gata de Gorgos (mm/día)*

### **Estación de Jalón**

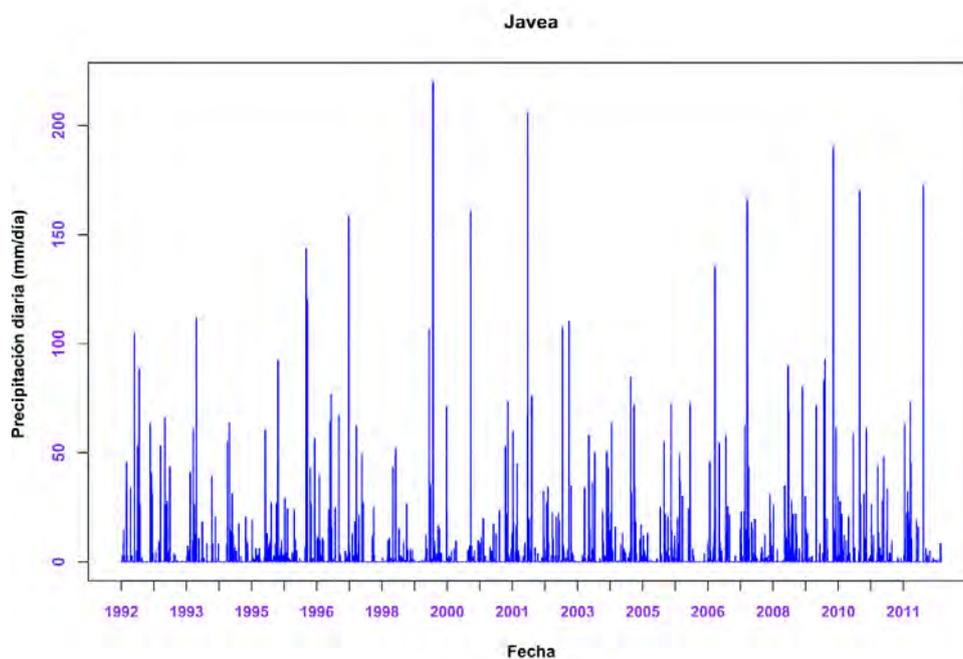


*Figura 11.- Precipitaciones en Jalón (mm/día)*

En la estación de Jalón-Solana (AEMET) existen registros de precipitación entre junio de 1992 y diciembre de 2012. Además, en la cercana estación de Alcalalí (AEMET) existen datos desde 1992 hasta 2002. Dada la buena correlación entre ambas estaciones (95,02%) se han sustituido los valores de las fechas sin datos en Jalón-Solana por los correspondientes de la estación de Alcalalí.

### **Jávea**

Los registros de precipitación de la estación Jávea-Vivero (AEMET) están comprendidos entre marzo de 1992 y agosto de 2012. Para completar la serie se han utilizado los valores de las estaciones de la Diputación de Alicante (red DPA) y de la estación del Ayuntamiento (red AEMET), realizando la sustitución directa.



*Figura 12.- Precipitaciones en Jávea (mm/día)*

### 5.1.2. Análisis de datos de temperatura

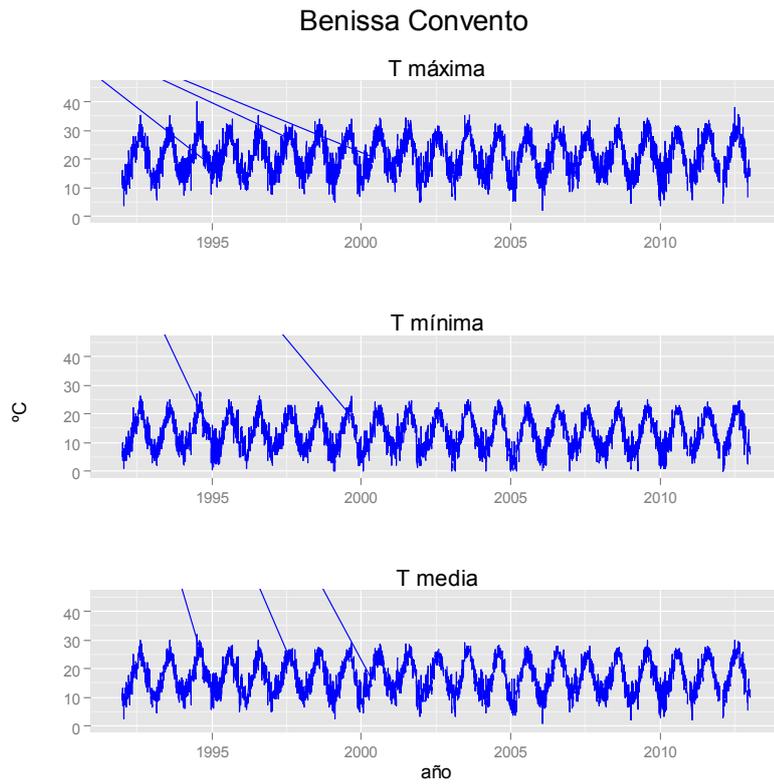
El clima en la zona se incluye dentro del tipo climático “Mediterráneo subtropical”. En Benisa (Ajuntament de Benissa, 2003) la temperatura media anual es de 16,4 °C, siendo la media mensual más alta la de agosto con 24,4 °C, seguida de julio con 24,1 °C, mientras que la más baja es la de enero con 9,3 °C. Debido al carácter litoral del territorio, las temperaturas se ven afectadas por la brisa marina, que mantiene la temperatura de las zonas cercanas a la costa unos pocos grados más bajos que en el interior.

Para el análisis de este parámetro se han seleccionado las temperaturas media máxima y media mínima, obteniéndose la media mensual como el promedio entre las dos anteriores. De esta manera, se han obtenido series de valores del periodo 1992-2012 para su comparación con los registros de precipitación. Al igual que en ese caso, los registros de la red de la AEMET se han tomado como base para el completado de las series, cuando ha sido posible, con datos procedentes de la red de la DPA. Posteriormente, se ha realizado la estimación de los datos ausentes por medio de técnicas de interpolación lineal.

Con este método la estimación del dato se calcula por el promedio de los datos anteriores y siguientes al día sin dato o cuyo valor es dudoso. Esta técnica es aplicable únicamente en el caso de series de datos diarios, como sucede con la temperatura o la humedad relativa (Guevara, 2003).

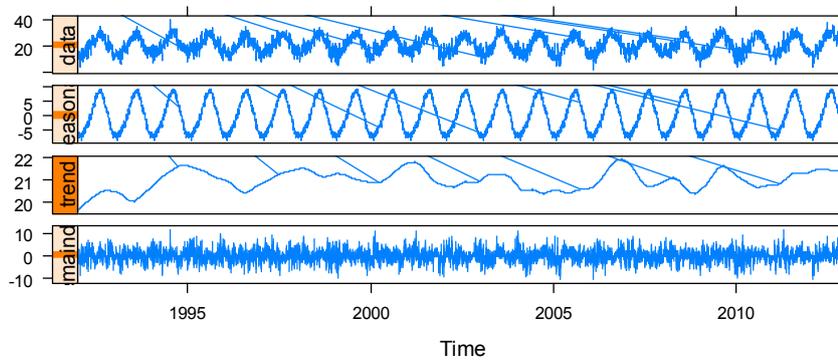
Para calcular la evolución de la temperatura en el periodo de registro se ha seleccionado la estación de Benissa-Convento (AEMET) por ser la mas representativa, utilizada, por tanto, como modelo dada la elevada cantidad de registros existentes. Los datos ausentes han sido completados posteriormente mediante interpolación lineal con los que la estación que la Diputación de Alicante tiene en la misma localidad.

Las series completas obtenidas, correspondientes a la temperatura máxima y mínima, se muestran en la figura 13. La temperatura media se ha calculado de la misma forma, y se ha añadido el aumento medio de temperatura calculado para el periodo seleccionado (1992-2012).



*Figura 13.- Temperatura en Benissa Convento (°C)*

**Descomposición STL de temperatura maxima en Benissa Convento**



**Descomposición STL de temperatura mínima en Benissa Convento**

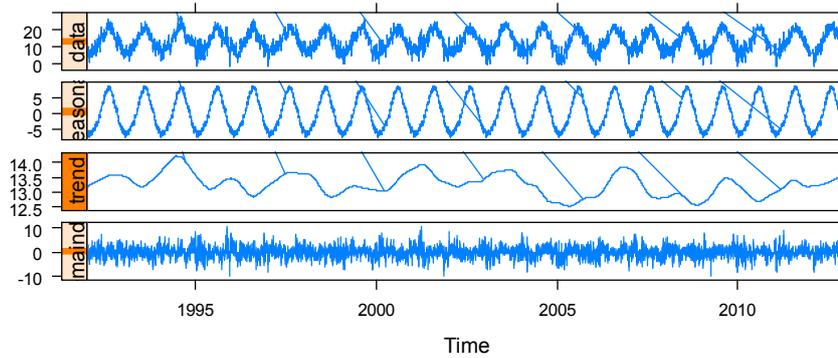


Figura 14.- Descomposición STL de temperatura máxima y mínima en Benissa Convento (°C)

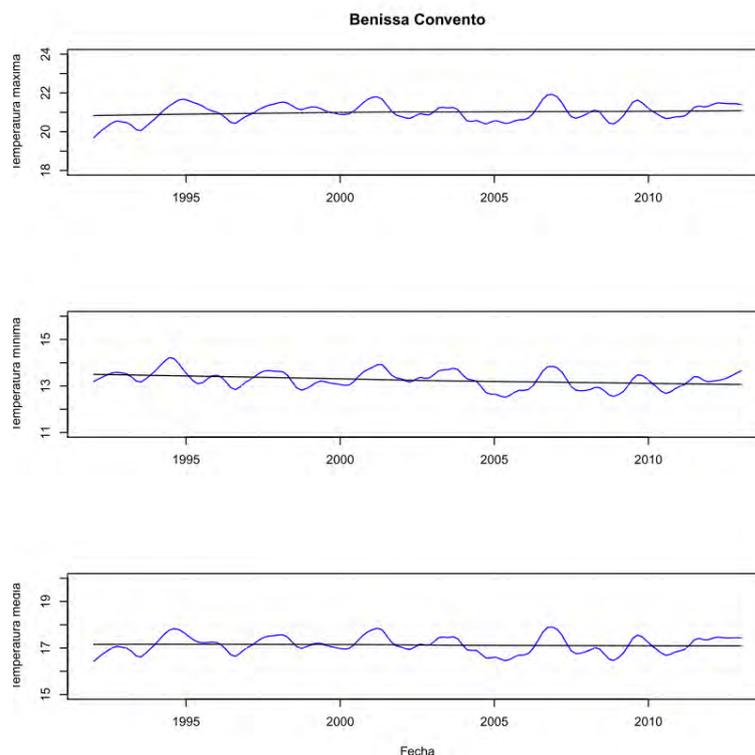


Figura 15.- Evolución temperatura suavizada en Benissa Convento (°C)

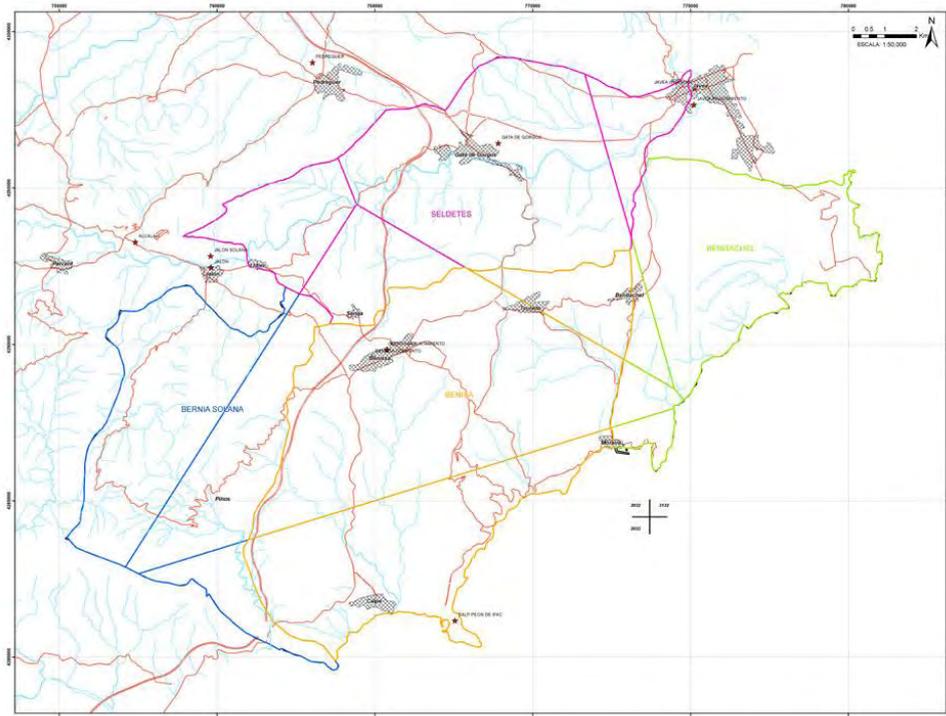
El resultado se muestra en la figura 15, y corresponde a un aumento de temperatura estimado en torno a 2 décimas de grado (17,02°C en 1992 y 17,21 en 2012). Las temperaturas máximas han aumentado en promedio 7 décimas de grado mientras que las mínimas han descendido entre 2 y 3 décimas de grado.

En la estación de Jalón (AEMET) no existen registros de temperatura, aunque en la red de la Diputación Provincial de Alicante se encuentra disponible una serie histórica con datos comprendidos entre el año 1950 y septiembre de 1999. En la cercana estación de Jalón-Solana tampoco existen medidas, en este caso tanto en la red de la AEMET como en la de la DPA, por lo que se han seleccionado los registros de la estación de Alcalalí, debido a su proximidad, similitud de cotas y longitud de la serie temporal, que cubre el intervalo comprendido entre los años 1992 y 2012.

### 5.1.3. Infiltración

Con el fin de calcular la infiltración de la lluvia sobre los afloramientos permeables se ha utilizado el código numérico Visual Balan v.2.0 (Samper et al, 1999) mediante la división del área de estudio en zonas tipo, consideradas homogéneas en función de una serie de factores como la geología, la topografía y, en menor medida, la pendiente y la vegetación (figura 16).

Para calcular la evapotranspiración potencial (ETP) se ha aplicado el método de Thornthwaite. Dicho parámetro se define como la cantidad de agua máxima que puede volver a la atmósfera por evaporación y transpiración cuando la capacidad de agua del suelo está completa y el desarrollo vegetal es óptimo. Para su estimación se utiliza como variable primaria la temperatura media diaria del aire.



*Figura 16.- División del Acuífero de la Depresión de Benisa en 4 zonas y subdivisión de cada una por el método de los polígonos de Thiessen: Bernia-Solana (azul), Seldetes (fucsia), Benitachel (verde) y Benisa (naranja)*

Sin embargo, por norma general la disponibilidad hídrica no suele ser suficiente para que se produzca dicha ETP, por lo que realmente este dato es un referente para el cálculo de la evapotranspiración real (ETR). Para determinar la ETR debe tenerse en cuenta el límite marcado por la ETP en función del agua disponible en el suelo (R), que depende fundamentalmente de su litología. Si la ETR satisface la ETP y la R no puede almacenar más agua, es cuando se produce la lluvia útil (LLU). Para estimar estos términos se suele emplear el método Thornthwaite del balance del suelo. Dicho balance puede plantearse, para un determinado día, con la siguiente expresión:

$$P_i = ETR_i + EX_i + \Delta R_i$$

donde:  $P_i$ , precipitación (mm)  
 $ETR_i$ , evapotranspiración real (mm)  
 $EX_i$ , excedentes de agua o LLU = escorrentía + infiltración (mm)  
 $\Delta R_i$ , incremento en la reserva de agua utilizable por las plantas (mm).

El balance hídrico del suelo estima el agua de la precipitación que no escapa a la atmósfera por evapotranspiración y que, por tanto, bien discurre por la superficie o bien se infiltra. Este volumen de agua, denominado lluvia útil, corresponde a la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración real, esta última modulada por la acumulación de agua en el suelo debido al incremento de las reservas de agua utilizable por las plantas. Para la EvapoTranspiración Real (ETR) se ha utilizado el método de Penman-Gindley modificado.

La Recarga en Tránsito (Infiltración) se ha determinado mediante el método de la curva logística, que modeliza la cantidad de agua que atraviesa el suelo y llega a la zona no saturada instantáneamente, bien a través de macroporos o de fisuras de agrietamiento en momentos sin riego, cuando se dan unas condiciones determinadas de falta de humedad.

Para la Intercepción se ha considerado una cubierta vegetal de pinos minimizada a través de los dos parámetros que utiliza el método de Horton, a fin de conseguir simular la existencia de zonas con vegetación más densa junto con otras más ralas.

Como parámetros del acuífero, comunes a las cuatro zonas establecidas, se ha dado una Transmisividad (T) de 85 m<sup>2</sup>/d y un coeficiente de almacenamiento (S) de 0,03. Para el suelo edáfico se ha elegido, en base a recomendaciones tabuladas en el programa, una porosidad total de 0,05, una capacidad de campo de 0,045, un punto de marchitez de 0,002, un contenido de humedad inicial de 0,15, un espesor de suelo medio de 25 cm y una conductividad hidráulica de 100 mm/d.

Zona	Superficie Total (Km <sup>2</sup> )	Superficie Permeable (Km <sup>2</sup> )	%
<b>Bernia-Solana</b>	53,48	49,52	92,60
<b>Seldetes</b>	71,79	53,90	75,09
<b>Benitachel</b>	42,03	21,89	52,09
<b>Benisa</b>	98,15	2,98	3,04
<b>Total</b>	<b>265,45</b>	<b>128,30</b>	<b>48,33</b>

*Cuadro 5.- Superficie total y permeable de las formaciones geológicas permeables en las zonas tipo del acuífero*

Por tanto, para determinar la infiltración procedente del agua de lluvia en cada una de las zonas tipo, se multiplica la superficie permeable de cada una de ellas por el porcentaje calculado con el método Visual Balan de la precipitación que se transforma en infiltración, En las condiciones reflejadas por los parámetros seleccionados, y mediante el referido método, se obtiene un volumen medio anual para todo el acuífero de 43,2 hm<sup>3</sup>/a (cuadro 6):

*Cuadro 6.- Infiltración media anual*

	INFILTRACIÓN media (mm/a)	INFILTRACIÓN media (hm <sup>3</sup> /a)	%
BerniaSolana	335,4612	16,61069	45,82
Seldetes	346,5261	18,67914	45,92
Benitachel	324,2596	7,099014	45,50
Benissa	281,5594	0,8403703	46,18
<b>Total</b>		<b>43,2292143</b>	

Con estos datos se considera que existe información suficiente, y con un alto grado de fiabilidad, para modelizar el funcionamiento del sistema. Las

estimaciones realizadas, tanto de aportaciones como de bombeos, pueden ser verificadas a partir del correcto funcionamiento del modelo matemático.

## **5.2. TRANSFERENCIAS LATERALES**

En el modelo realizado se parte de un volumen medio de transferencia lateral subterránea desde el acuífero detrítico del Jalón equivalente al indicado en el modelo conceptual de funcionamiento hidrodinámico.

## 6.- ELEMENTOS DE CALIBRACIÓN

### 6.1. PIEZOMETRÍA

Como principal herramienta para la calibración se han utilizado todos los puntos con registro continuo, total o parcial, de medidas piezométricas dentro del periodo de simulación. Para ello se ha recopilado toda la información piezométrica existente y se ha realizado un estudio de detalle de sus evoluciones con el fin de depurar los registros. El ajuste de los datos piezométricos pondrá de manifiesto el correcto funcionamiento hidrogeológico, teniendo en cuenta el modelo conceptual considerado y el modelo construido.

En total se ha considerado la información aportada por 72 puntos de control piezométrico, de los cuales se han descartado 14 por disponer de datos insuficientes, en la mayoría de las ocasiones, o por no resultar representativos. Este último caso es el del sondeo Morets (3032-3-16), que cuenta oscilaciones piezométricas apreciables (entre -120 y 2 m s.n.m.) debidas tanto a bombeos como a que se encuentra ubicado en un compartimento desconectado del acuífero principal. El resto de puntos, sobre todo los que se encuentran próximos a la costa, no presentan grandes oscilaciones.

En la figura 17 se indica la situación de los piezómetros considerados representativos del funcionamiento hidrodinámico del sistema, y en los cuales se ha basado la calibración del modelo. En fases posteriores se definen las isopiezas representativas y se comparan con las calculadas numéricamente.

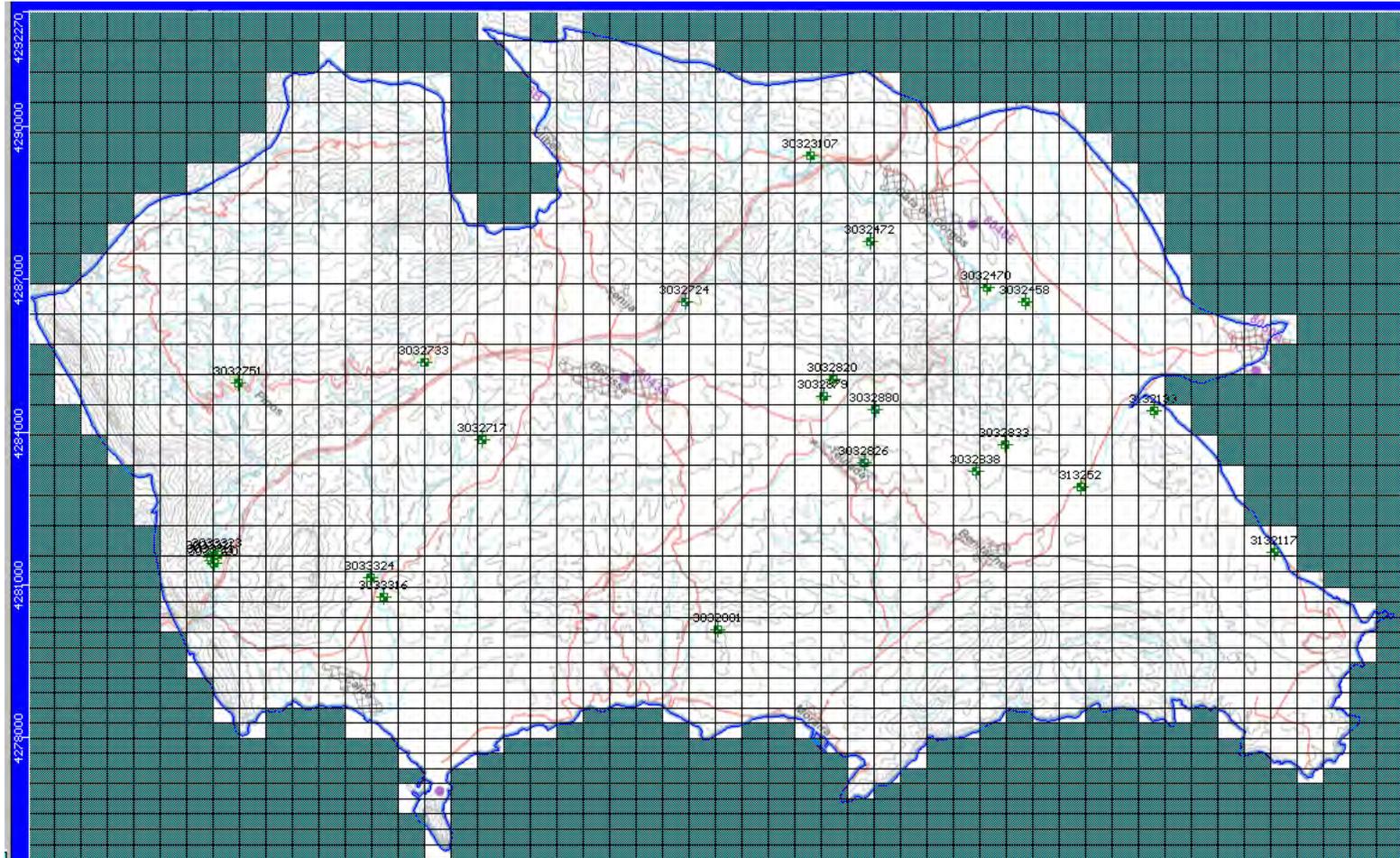


Figura 17.- Situación de los piezómetros utilizados para la calibración del modelo de flujo

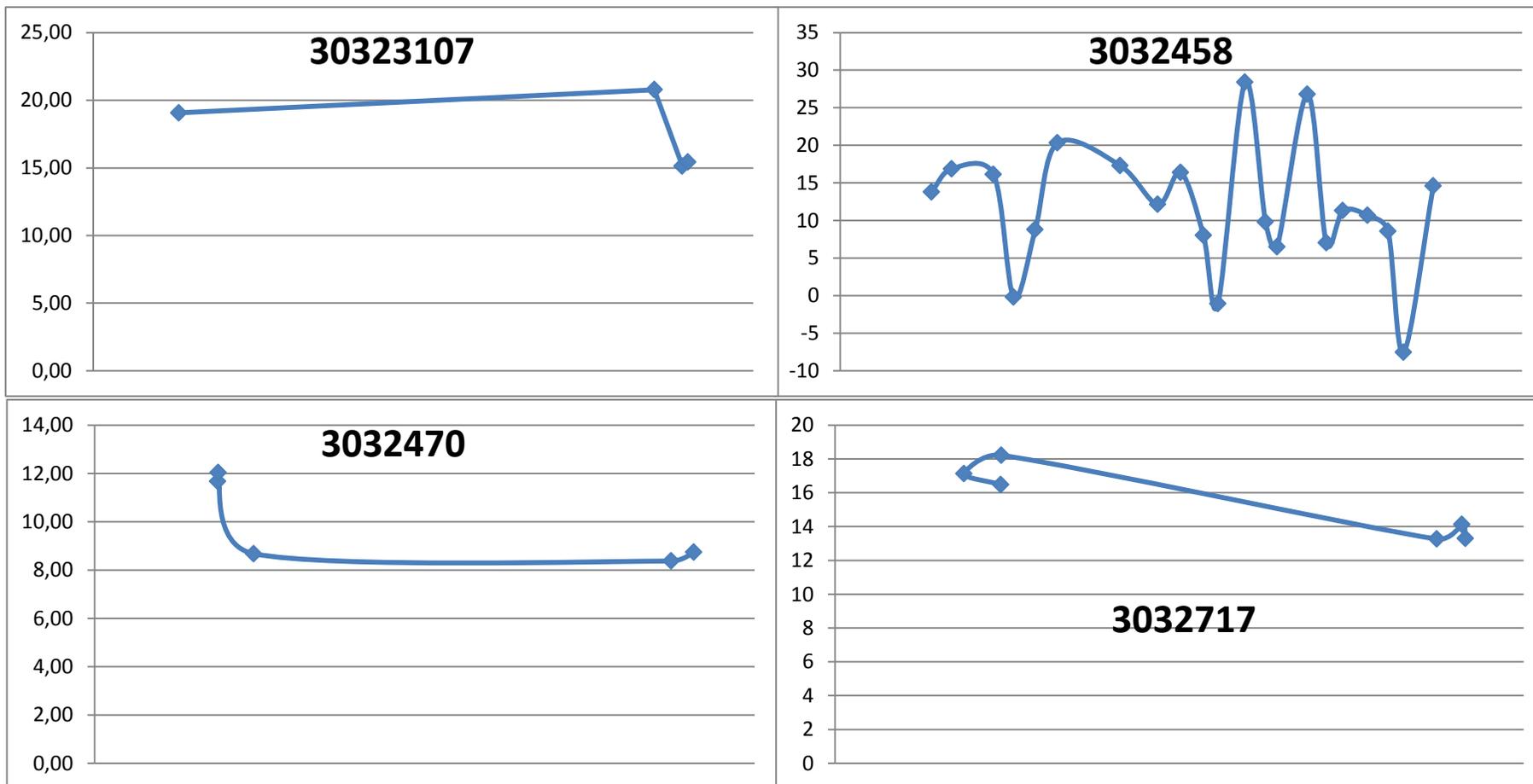


Figura 18.- Evolución piezométrica en puntos 3032-3-17, 3032-4-58, 3032-4-70 y 3032-7-17

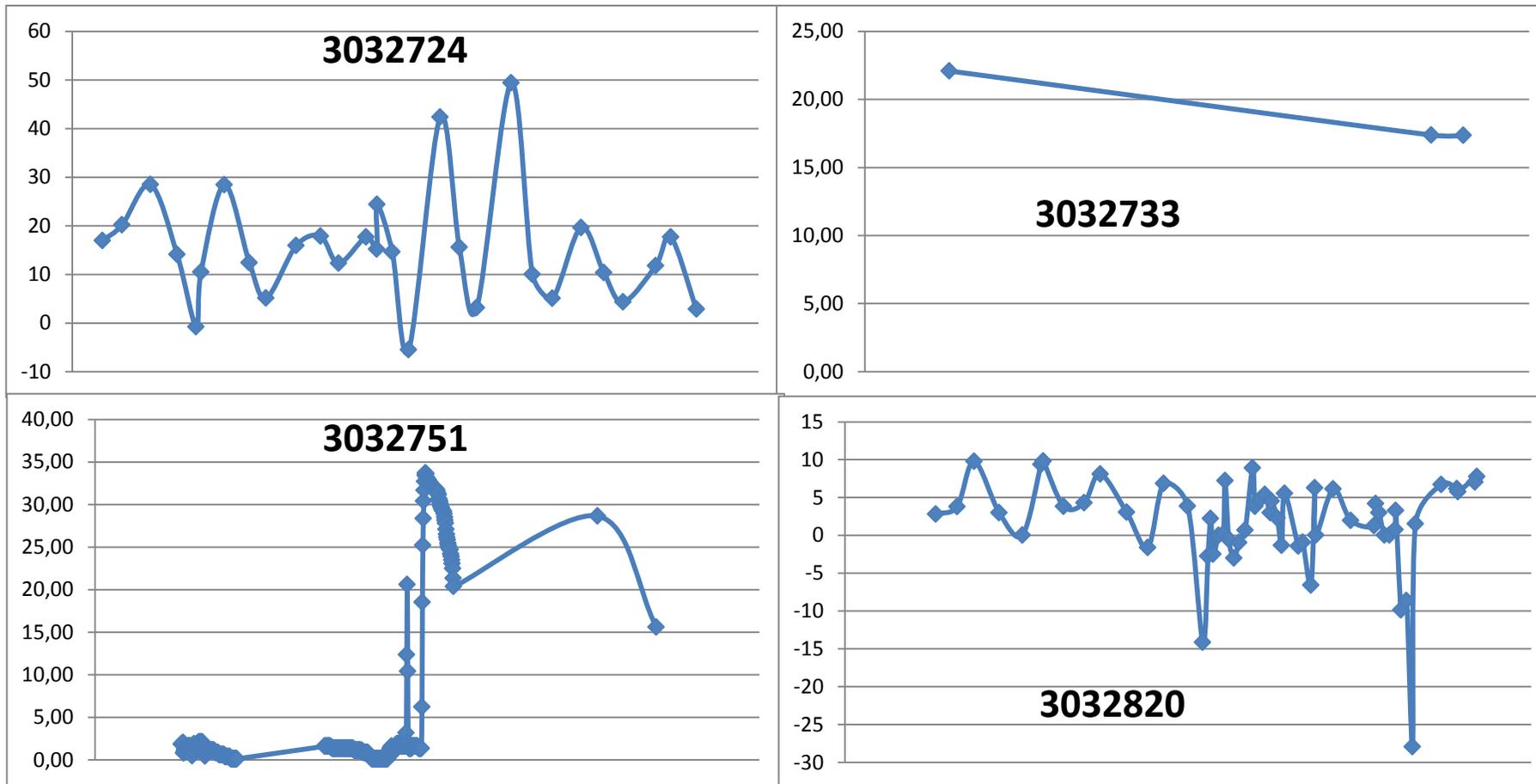


Figura 19.- Evolución piezométrica en puntos 3032-7-24, 3032-7-33, 3032-7-51 y 3032-8-20

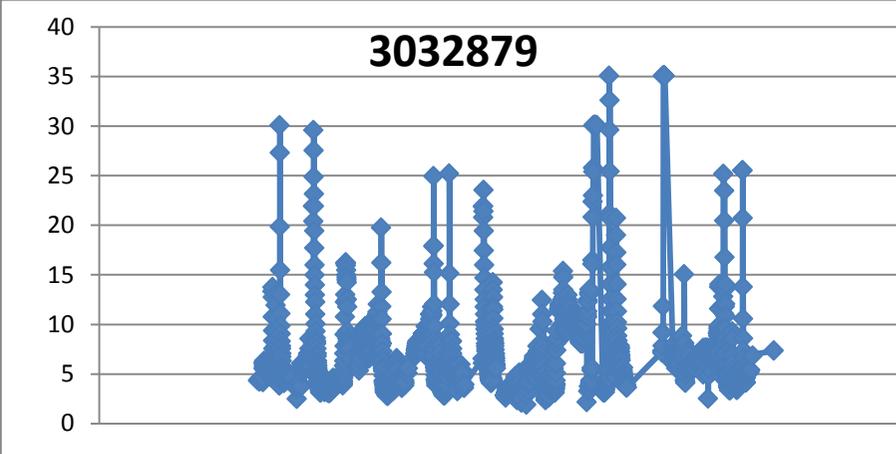
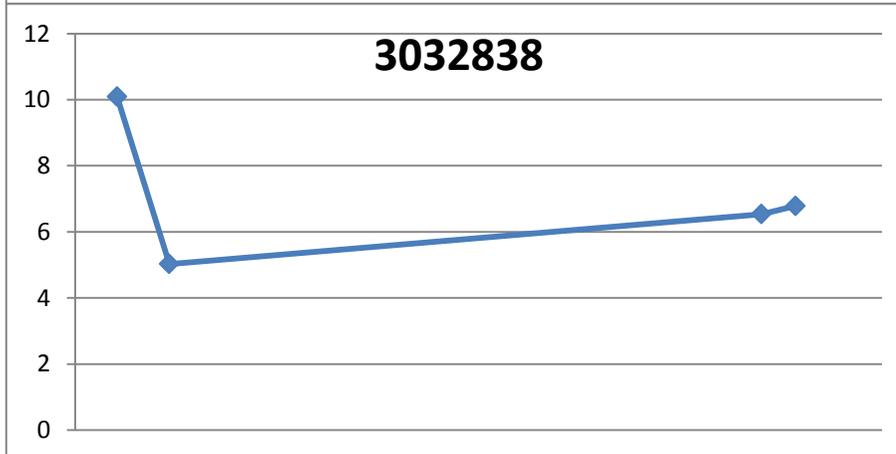
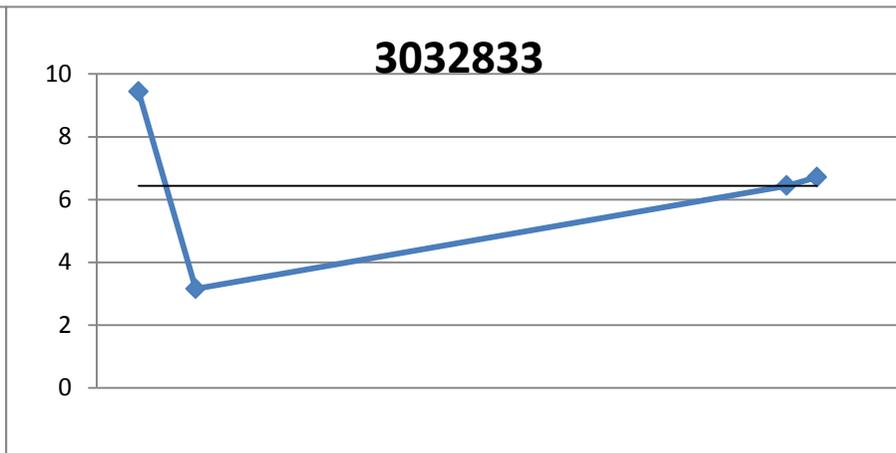
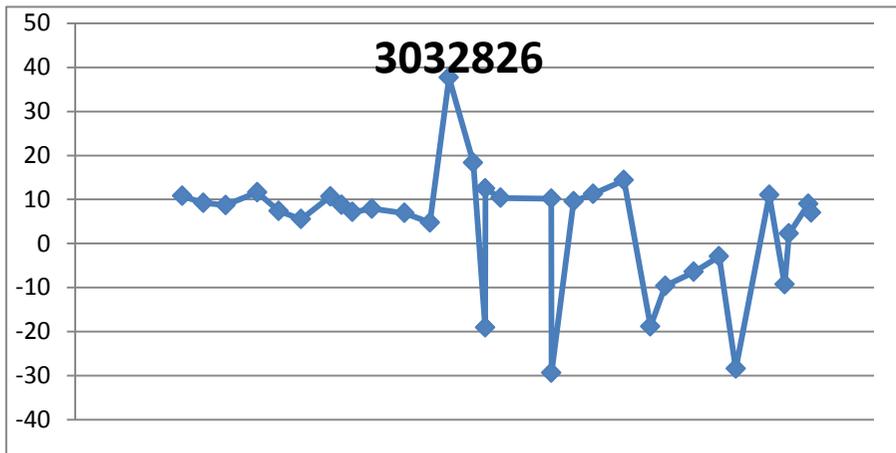


Figura 20.- Evolución piezométrica en puntos 3032-8-26, 3032-8-33, 3032-8-38 y 3032-8-79

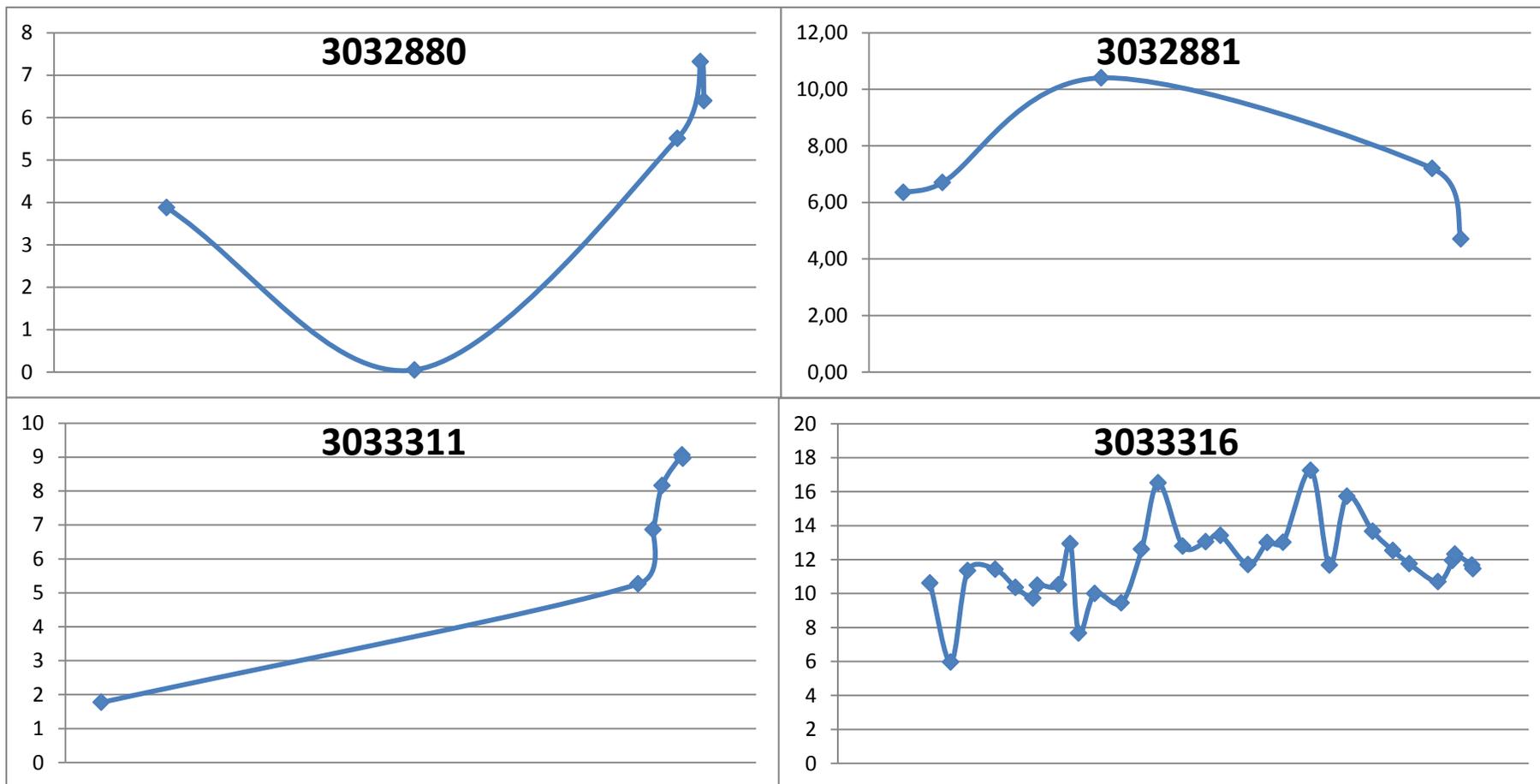


Figura 21.- Evolución piezométrica en puntos 3032880, 3032881, 3033311 y 3033316

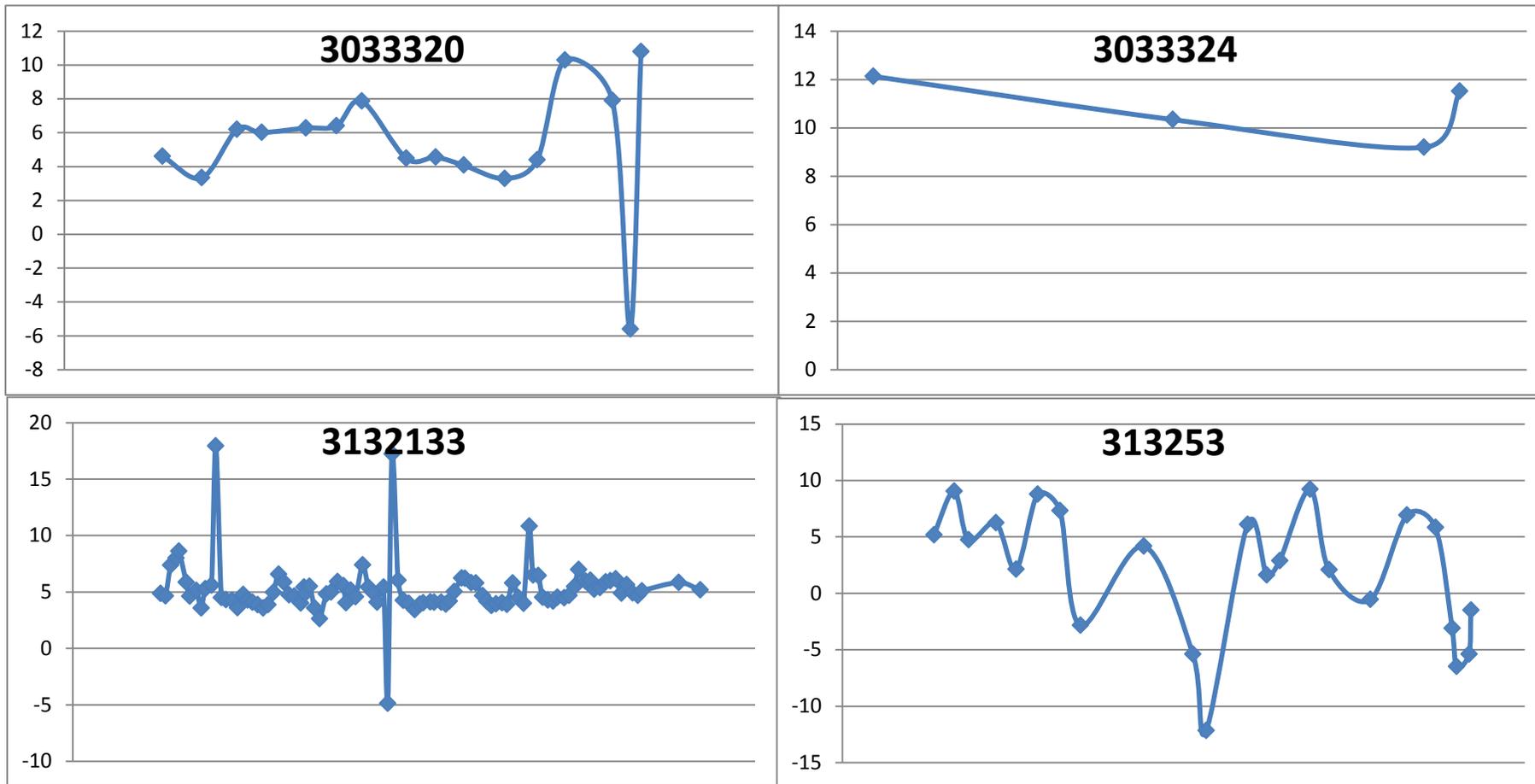


Figura 22.- Evolución piezométrica en puntos 3033320, 3033324, 3132133 y 3132253

## 6.2. HIDROQUÍMICA Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Existen varios sectores con concentraciones elevadas de sales en general, e ión cloruro en particular, debido a que el flujo subterráneo alcanza la zona de mezcla agua dulce/agua salada (AD/AS) producida por intrusión marina.

## 6.3. ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

En el territorio ocupado por el sistema hidrogeológico no existen cauces permanentes de agua superficial, si bien se ha estimado una infiltración de 1,5 hm<sup>3</sup>/a a través del río Jalón o Gorgos en el tramo de su cauce que disurre sobre el acuífero (DPA, 2007). Con objeto de ajustar el balance en el modelo matemático y calibrar los piezómetros situados en las proximidades de este río se han introducido celdas de condición de contorno de nivel constante.

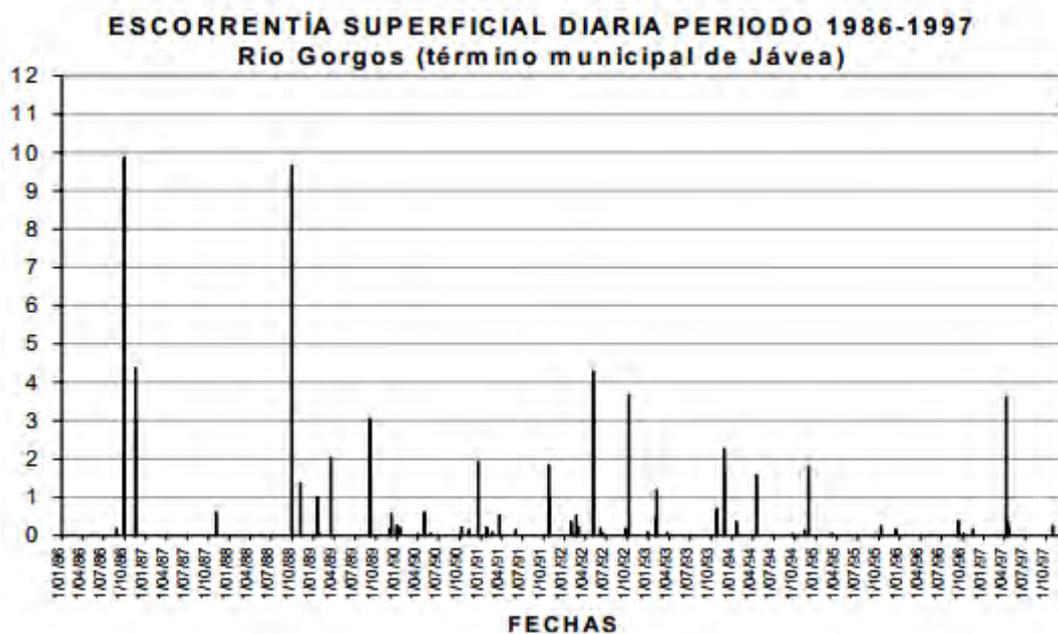


Figura 23.- Escorrentía superficial en el río Gorgos (Armayer et al., 2007)

## 7.- DISEÑO DEL MODELO MATEMÁTICO

Basado en el modelo conceptual definido en los epígrafes anteriores, la compleja situación hidrogeológica del acuífero de la Depresión de Benisa y los sistemas asociados se han integrado en un modelo matemático de flujo con el objetivo de simular y ajustar su funcionamiento en régimen transitorio. La herramienta fundamental con la que se ha realizado la discretización e integración de datos ha sido el paquete de programas Visual Modflow de Schlumberger Water Services.

Sobre la base del modelo conceptual establecido, la construcción del modelo numérico pretende reproducir el comportamiento hidrodinámico del acuífero mediante la confección de una malla de celdas adaptada a su morfología (discretización espacial), asignando a cada una de ellas unas determinadas características hidrodinámicas e hidroquímicas, así como sus condiciones de contorno, considerando como válidas las variables de entrada indicadas en los epígrafes anteriores.

### 7.1. DISCRETIZACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL

La estructura tectosedimentaria en la zona de estudio se ha determinado a partir de la información suministrada por el estudio geológico realizado, completado por la información aportada por las columnas litoestratigráficas de los sondeos disponibles. Con el fin de obtener un funcionamiento óptimo del motor de cálculo, y dadas las limitaciones de un modelo construido en diferencias finitas, se ha optado por girar las celdas 40° respecto al norte, de manera que queden paralelas al límite costero y ortogonales a la dirección de flujo principal. Con este giro las coordenadas del origen del modelo son X: 763455 e Y: 4273220

En la figura 24 se recoge la discretización del modelo, incluyendo la totalidad de la zona de estudio girada 40° respecto al norte, junto a un perfil representativo donde pueden observarse las capas que lo integran.

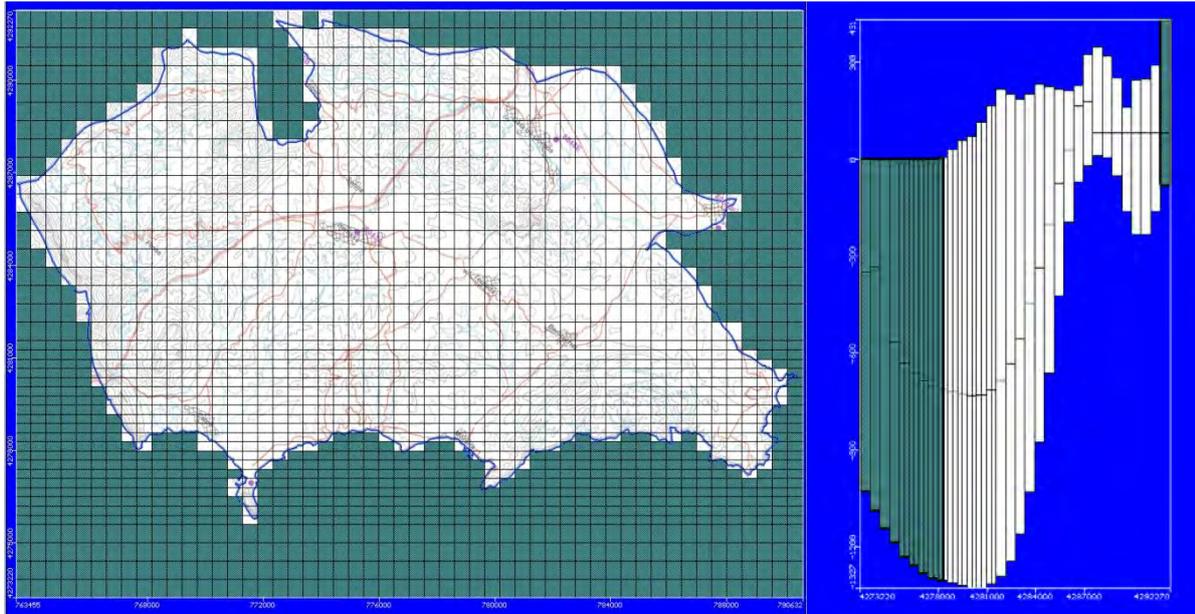


Figura 24.- Discretización espacial del modelo numérico y perfil representativo

La superficie topográfica se ha definido a partir del MDT (modelo digital del terreno) con resolución de 1 m obtenido del Institut Cartogràfic Valencià. La profundidad del sistema en el modelo numérico alcanza cotas inferiores a -1.000 m s.n.m, por lo que el espesor en algunos sectores supera los 1.200 m.

La discretización temporal se ha realizado desde 01/01/2004 hasta el 31/12/2012, en total 3.300 días que se reparten en 216 periodos. Para cada periodo se asignan unas condiciones de contorno específicas en función de las bases de datos recopiladas en los epígrafes anteriores.

## 7.2. LÍMITES Y CONDICIONES DE CONTORNO

Las condiciones de contorno son las referentes a las restricciones físicas del propio acuífero en el espacio y en el tiempo con el fin de aproximarse en la medida de lo posible al modelo conceptual, pudiendo estar sometido a ligeras variaciones en la fase de calibración cuando éstas se han supuesto .

Una vez introducidas dichas condiciones, el objetivo de las simulaciones es alcanzar un funcionamiento hídrico similar al real y conocer su balance, teniendo en cuenta todos los factores que influyen en el acuífero. Para ello el modelo

calcula la distribución de los niveles piezométricos que se obtendrían siguiendo las condiciones impuestas. Su validez dependerá directamente de la similitud entre los datos de observación y los calculados por el modelo.

Para la asignación de los límites del modelo matemático se ha partido de la hipótesis inicial de que toda su extensión se encuentra rodeada por un límite de carácter impermeable, excepto en el contacto oriental con el mar Mediterráneo. Los límites impermeables se representan mediante celdas de flujo específico en las que se considera un caudal nulo, denominadas celdas inactivas. No obstante, con objeto de calibrar el modelo ha sido necesario imponer en una serie de celdas de la segunda capa situadas en el límite superior la condición de nivel general. Igualmente, en la primera capa ha sido necesario imponer celdas de nivel general en el límite superior, especialmente en el contacto entre la zona de estudio y el detrítico del Jalón.

### **7.2.1. Mar Mediterráneo**

La conexión con el mar se ha realizado imponiendo a las celdas en contacto con él la condición de nivel constante. De este modo, se permite simular la entrada o salida de agua con respecto a una masa de agua o fuente externa, teniendo en cuenta la diferencia entre el nivel piezométrico en una celda del modelo y el nivel asignado a la fuente externa. El nivel en estas celdas se considera constante en todo el periodo de estudio a una cota de 0 m s.n.m.

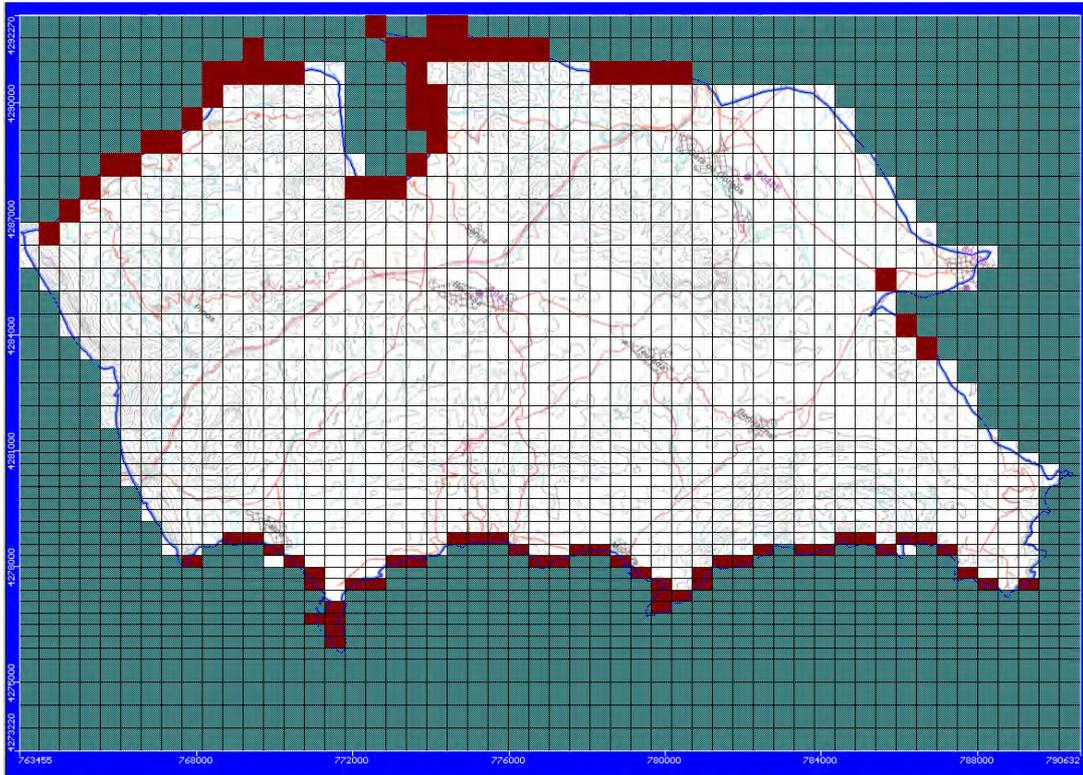


Figura 25.- Condiciones de contorno de nivel general en la segunda capa del modelo

### 7.2.2. Río Gorgos

Para simular el río Jalón o Gorgos se han introducido pozos de inyección, mediante los cuales se simula la transferencia desde el detrítico del Jalón. El cálculo se ha realizado asignando un coeficiente a la precipitación mensual media de forma que la transferencia total se encuentra en el entorno de  $1.5 \text{ hm}^3$  anuales.

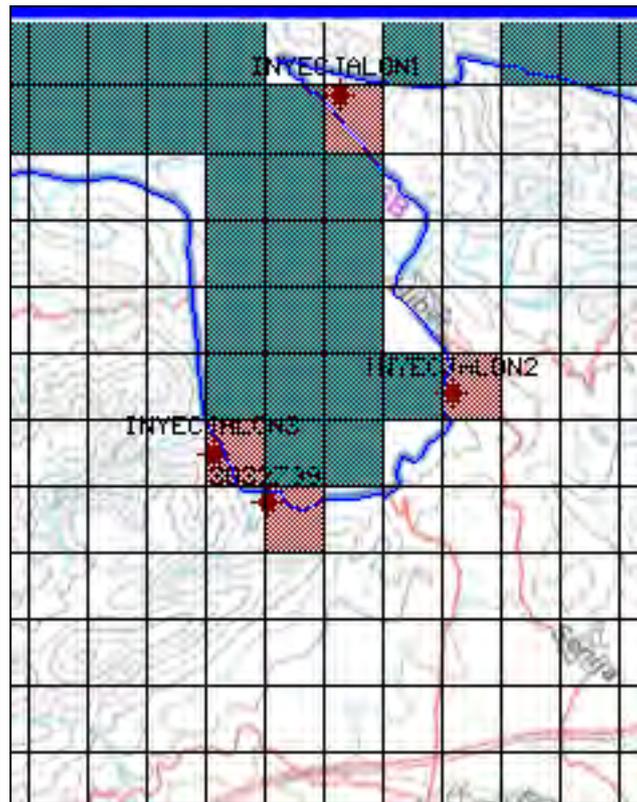


Figura 26.- Ubicación de los pozos de inyección

### 7.2.3. Recarga y explotaciones

La recarga se ha distribuido en relación directa con la infiltración de precipitaciones en 4 zonas coincidentes con los afloramientos permeables de acuerdo a las estimaciones realizadas en el **epígrafe 5**. La zonificación de la recarga es la recogida en la **figura 16**.

Los sondeos de explotación se han representado mediante celdas de bombeo (**figura 31**) colocadas en las capas 1 y 2, según corresponda por la profundidad de la propia perforación, su caudal se aplicará en función de su ubicación. Con el fin de que en las operaciones matemáticas se aplique la transmisividad de cada sondeo, Visual Modflow ofrece la opción de asignar la posición de la tubería filtrante en la vertical de cada celda de bombeo. En la mayor parte de las celdas

de bombeo se ha utilizado la ubicación real de la rejilla filtrante, aunque cuando su colocación se desconoce, se ha utilizado la profundidad del sondeo y la posición del nivel piezométrico medio. Si varios sondeos coinciden dentro de los límites de una celda, la simulación del bombeo se realiza conjuntamente dentro de la misma celda.

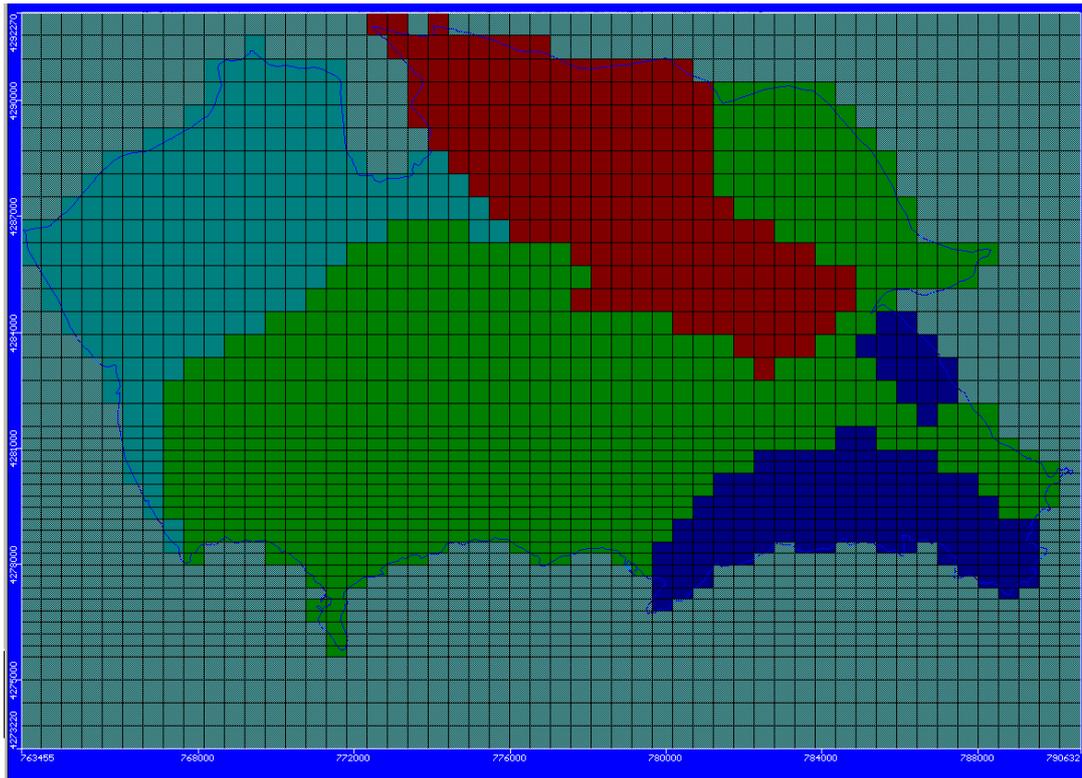


Figura 27.-

Zonificación de la  
recarga

### 7.3. DISTRIBUCIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Los parámetros hidráulicos empleados en el modelo tienen el objetivo de delimitar los sectores diferenciados por el funcionamiento hidráulico de cada uno de los niveles litológicos presentes en el sistema. Para ello hay que indicar los valores de permeabilidad ( $K$ ), coeficiente de almacenamiento ( $S$ ) y porosidad ( $\phi$ ) por zonas definidas en función de la ubicación espacial dentro del modelo discretizado.

Los valores y distribución de los parámetros de permeabilidad, coeficiente de almacenamiento y porosidad se recogen en los **cuadros 7 y 8** y en **las figuras 28 y 29** respectivamente. Con esta distribución los niveles piezométricos calculados se ajustan razonablemente bien a los observados.

Cuadro 7.- Valores de permeabilidad aplicados en el modelo matemático (m/s) en la 1ª capa

Zona	Kx [m/s]	Ky [m/s]	Kz [m/s]
Azul	0.0001	0.0001	1E-5
Verde	1E-7	1E-7	1E-7
Morado	1E-6	1E-6	1E-6

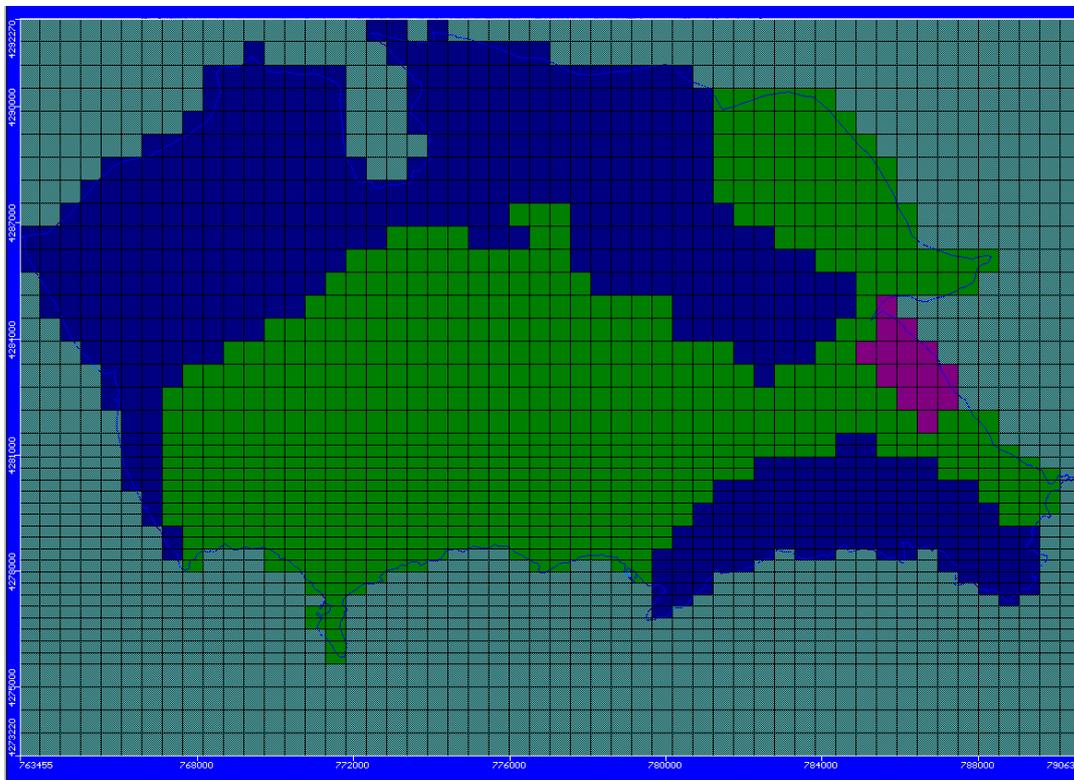


Figura 28.- Conductividad hidráulica en capa 1 según el cuadro 7

Los valores máximos están en torno a 0.001 m/s 25 m/d y corresponden a los afloramientos permeables de carbonatos de las zonas designadas como Bernia-Solana, Seldetes y Benitachell, localizadas en los sectores norte y sur del modelo en la capa 1, y prácticamente en la totalidad de la zona de estudio en las capas más profundas.

Cuadro 8.- Valores de permeabilidad aplicados en el modelo matemático (m/s) en la 2ª capa

Zone	Kx [m/s]	Ky [m/s]	Kz [m/s]
Azul	0.0001	0.0001	1E-5
Verde	1E-7	1E-7	1E-7
Morado	1E-6	1E-6	1E-6

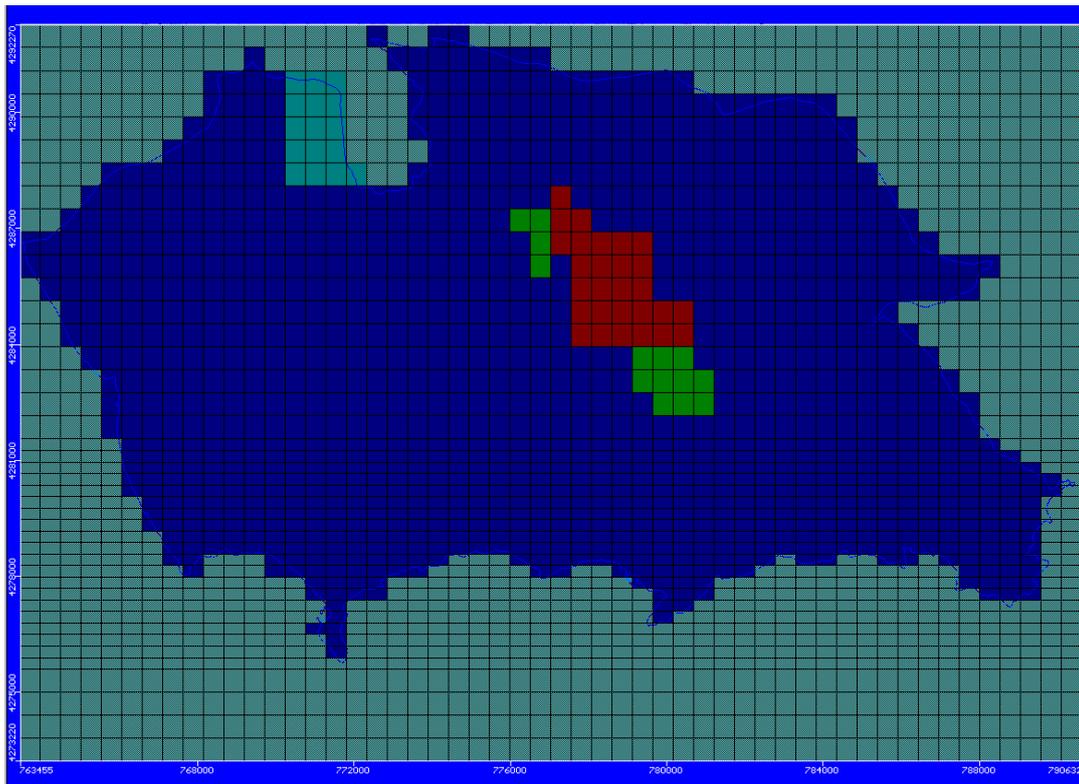


Figura 29.- Conductividad hidráulica de la capa 2, según valores del cuadro 8

Sobre los valores del almacenamiento (S) y porosidad ( $\phi$ ), se han diferenciado 2 zonas en cada capa. Estos valores se han tomado como aproximados y obedecen a criterios de calibración del modelo.

Cuadro 9.- Valores de almacenamiento aplicados en el modelo matemático en la 1ª capa

Zona	Ss (1/m)	Sy	Por eff	Por total
<b>Azul</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.0001</b>	<b>1E-5</b>	<b>0.1</b>
<b>Verde</b>	<b>1E-7</b>	<b>1E-7</b>	<b>1E-7</b>	<b>0.1</b>

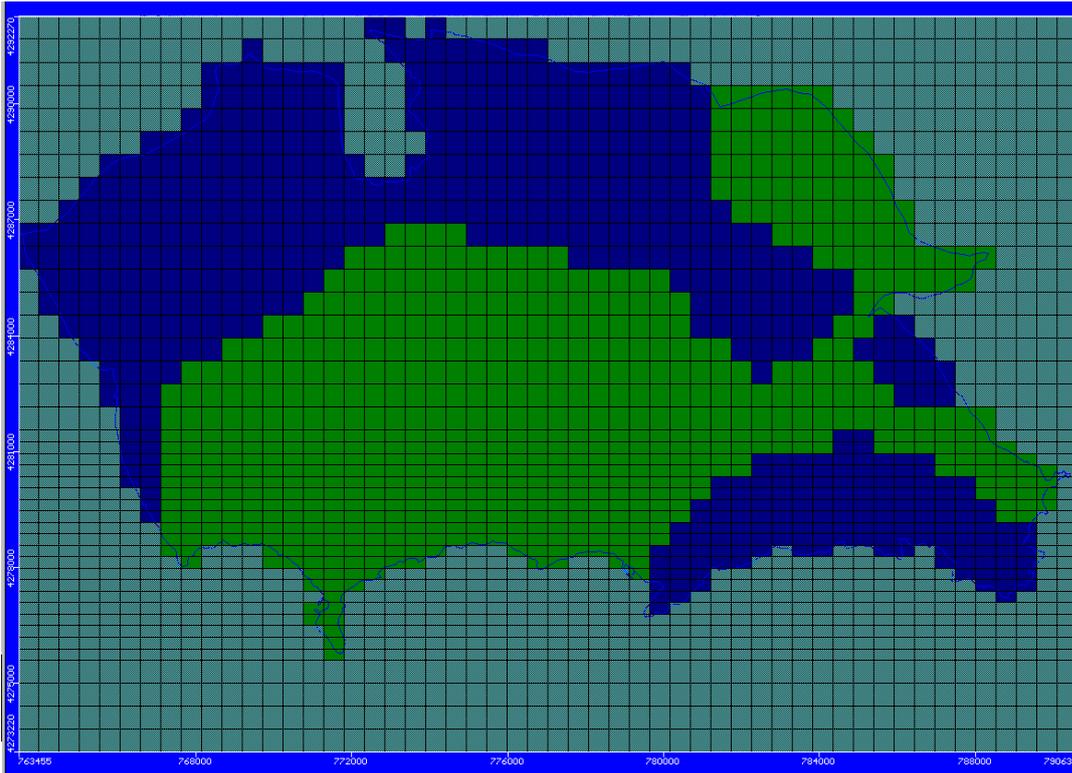


Figura 30.- Distribución del almacenamiento en la 1 capa. Valores en el cuadro 9

Cuadro 10.- Valores de almacenamiento aplicados en el modelo matemático en la 2ª capa

Zona	Ss (1/m)	Sy	Por eff	Por total
<b>Azul</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.001</b>	<b>0.1</b>
<b>Azul claro</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.01</b>

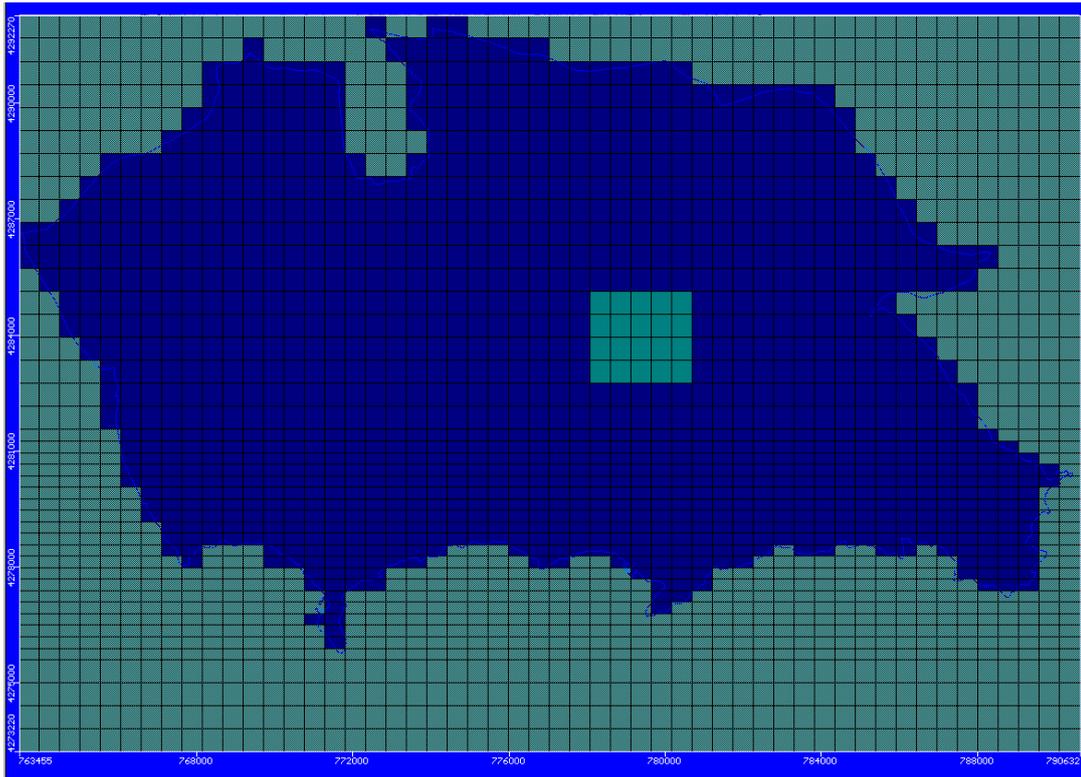


Figura 31.- Distribución del almacenamiento en la 2ª capa. Valores en el cuadro 10

## 8.- AJUSTE DEL MODELO NUMÉRICO

Una vez diseñado el modelo matemático y antes de la simulación de cualquier escenario hipotético, el procedimiento llevado a cabo en su calibración inicial ha consistido en la realización de una primera simulación en régimen transitorio incluyendo la explotaciones históricas recopiladas y estimadas, utilizando los parámetros hidráulicos del modelo previo como punto de partida e introduciendo los datos de geometría, condiciones de contorno, recarga y explotación actualizados para el periodo 2004-2012. Como resultado, se ha obtenido una distribución de la piezometría poco aceptable.

Una vez obtenidas las primeras soluciones matemáticas del modelo, tomando como referencia la evolución piezométrica, se ha llevado a cabo la calibración de los parámetros hidráulicos, centrada en la evaluación de la conductividad hidráulica, el coeficiente de almacenamiento y la porosidad con el fin de alcanzar el resultado que mejor se ajuste a los datos disponibles y a los conocimientos hidrogeológicos.

El método de calibración escogido ha sido el ensayo-error, comprobando el comportamiento del sistema hidrogeológico con la utilización de diferentes valores de  $K$ ,  $S$  y  $\phi$ , sin haberse considerado necesario el uso de herramientas automáticas que faciliten esta operación. Este método realiza las modificaciones basadas en criterios hidrogeológicos, lo que permite mantener con mayor exactitud el control sobre el funcionamiento del sistema.

### 8.1. AJUSTE PIEZOMÉTRICO

El ajuste del modelo se ha realizado a partir del registro piezométrico de 16 puntos de observación de piezometría, seleccionados por presentar un registro de medidas total o parcialmente continuo dentro del periodo de simulación.

Los datos piezométricos corresponden a la capa donde se sitúa la tubería filtrante del sondeo de observación, por lo general, a muestras tomadas sobre la superficie piezométrica.

En general, la evolución piezométrica calculada muestra una tendencia similar a la observada en el registro histórico, aunque en muchos casos la ausencia de datos reales de nivel no permite visualizar en detalle la evolución piezométrica de todo el periodo de simulación. En la mayor parte de los piezómetros seleccionados el ajuste es prácticamente perfecto.

En el periodo de modelización mensual se aprecian fuertes oscilaciones piezométricas que suelen ser acordes con los niveles observados en algunos sectores. Sin embargo, en algunos piezómetros, se encuentran niveles calculados varios metros por encima de los observados. Esto pone de manifiesto la necesidad de replantear la zonificación de los parámetros hidráulicos, mediante un análisis más detallado de las columnas litológicas del sector.

No obstante, se puede considerar que el ajuste piezométrico es aceptable ya que pretender ajustar mejor todos y cada uno de los puntos conllevaría una excesiva complejidad en la modelización.

Por tanto, pese a las diferencias encontradas, el ajuste alcanzado en la piezometría se ha considerado lo suficientemente razonable para validar el modelo y realizar escenarios de simulación futura con el fin de gestionar los recursos hídricos con resultados satisfactorios.

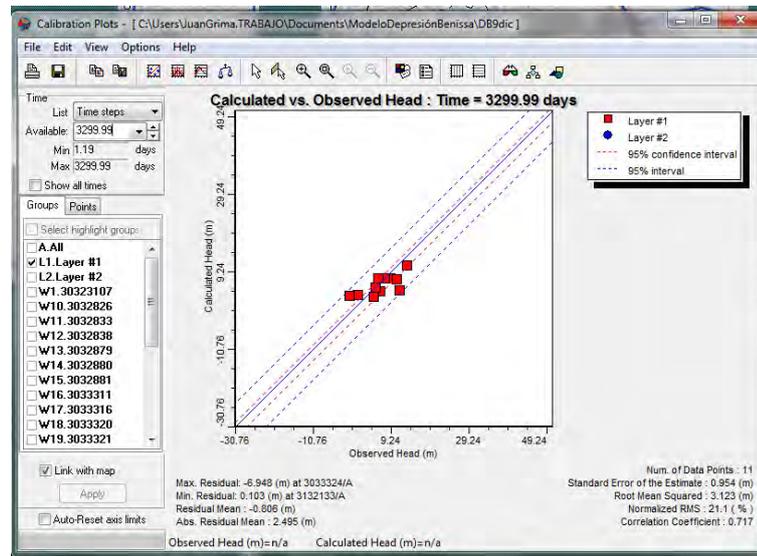


Figura 32.- Niveles calculados versus observados (e intervalos de confianza) en la 1 capa al final del periodo de simulación

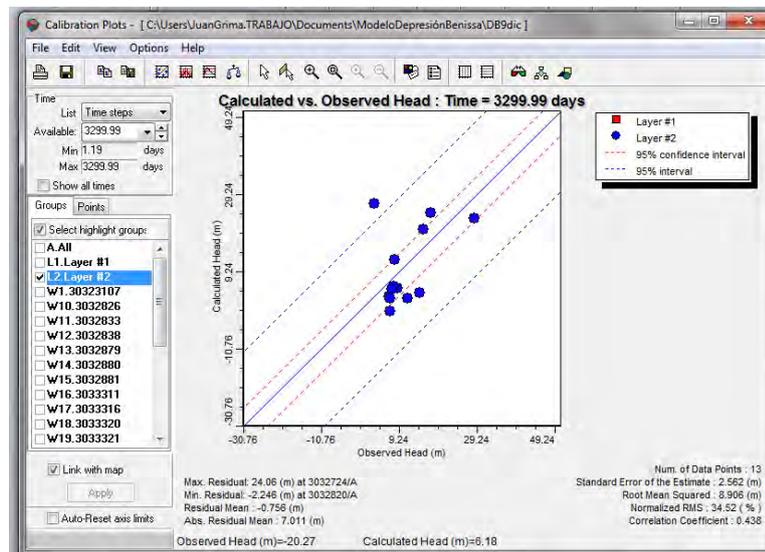


Figura 33.- Niveles calculados versus observados (e intervalos de confianza) en la 2 capa al final del periodo de simulación

## 8.2. BALANCE HÍDRICO

De acuerdo con las salidas numéricas calculadas por el modelo una vez calibrado, se ha extraído el balance hídrico detallado de la zona de estudio. En el cuadro 12 se recogen los términos medios a nivel anual resultantes en la simulación en régimen transitorio para la totalidad del sistema. Los recursos medios anuales del sistema para este periodo son 47,19 hm<sup>3</sup>/a (recarga) y la intrusión marina es de 0,06 hm<sup>3</sup>/a.

Respecto a las salidas, el único término impuesto en el modelo corresponde a las explotaciones por bombeo siguiendo las pautas establecidas en el epígrafe 4. De este modo, las explotaciones medias se contabilizan en 6,68 hm<sup>3</sup>. El resto de términos han sido calculados por el modelo.

En general existe una buena aproximación entre el balance hídrico obtenido en el modelo matemático y el determinado en estudios previos, tanto en volumen total de entradas-salidas, como en los términos que intervienen en el modelo conceptual.

En el balance hídrico entra en juego el término de variaciones de agua en el almacenamiento del acuífero. Las entradas debidas al almacenamiento representan el volumen de agua cedido por el acuífero cuando se produce un descenso del nivel piezométrico, de modo que son entradas que aporta el propio acuífero y no de una fuente externa. Por el contrario, las salidas de agua debidas al almacenamiento representan el volumen de agua necesario para producir la saturación de los poros al producirse un ascenso de nivel, sin que se produzca una salida hacia el exterior del sistema.

En el anejo 2 se recoge el balance hídrico detallado para cada uno de los periodos de simulación del modelo matemático.

## 9.- CONCLUSIONES

Se ha diseñado y ajustado un modelo matemático de flujo en régimen transitorio del acuífero de la Depresión de Benissa para un periodo de 9 años, comprendido entre los años naturales 2004 y 2012. Se ha realizado la simulación con un intervalo mensual para la totalidad del periodo.

Las conclusiones más relevantes obtenidas son las siguientes:

- 1) El acuífero de la Depresión de Benissa presenta una intrusión marina estimada en  $0,6 \text{ hm}^3/\text{a}$ . Sin embargo, el balance global es muy positivo y no se observa un deterioro de la calidad. Por tanto el acuífero debería encontrarse en buen estado. Esto supone que las salinidades detectadas en algunas zonas no son debidas exclusivamente a causas antrópicas, sino que se deben esencialmente a causas naturales
- 2) La evolución de niveles no refleja tendencia alguna ni al descenso ni al ascenso. Lógicamente, las mayores oscilaciones se observan en las zonas más alejadas del litoral.
- 3) Los recursos del sistema se sitúan en el entorno de los  $45 \text{ hm}^3/\text{a}$ , y proceden básicamente de la infiltración de agua de lluvia y, en mucha menor medida de la transferencia lateral desde el acuífero detrítico del Jalón y de la infiltración en el cauce del río Gorgos.
- 4) En otro orden de cosas, el análisis climático efectuado en la estación con más registros disponibles (Benissa-Convento) arroja un aumento de la temperatura media estimado en torno a 2 décimas de grado ( $17,02^\circ\text{C}$  en 1992 y  $17,21$  en 2012) para la serie estudiada. Las temperaturas máximas han aumentado en promedio 7 décimas de grado mientras que por su parte las mínimas han descendido entre 2 y 3 décimas de grado.

**ANEJOS**

**ANEJO 1.- EXPLOTACIONES. DATOS RECOPIADOS Y ESTIMADOS  
(2004-2012)**

Explotaciones (m<sup>3</sup>, Valores estimados resaltados en color rojo)

Código			3033311	3032731	3032472	3032718	3032724	3032739	3032826	3032879
Toponimia	Barranco Salado									
	fecha	días	m <sup>3</sup> totales							
	01-ene-04	31	30763.50	31588	24082	7570	102852	0	3132	105442
	01-feb-04	29	29969.50	30534	22440	14340	100650	0	1944	109000
	01-mar-04	31	30795.97	22972	20799	12130	119353	0	7776	96710
	01-abr-04	30	32549.09	27522	18538	4070	112654	0	8100	108550
	01-may-04	31	31335.76	25576	22782	0	108904	0	11556	101810
	01-jun-04	30	33751.89	26445	28459	7100	129988	0	15174	109560
	01-jul-04	31	57778.62	29138	30028	13440	154513	0	15714	118600
	01-ago-04	31	84177.90	31953	31614	15950	148838	0	26082	114430
	01-sep-04	30	40255.69	31467	32253	12320	131590	9072	18036	122600
	01-oct-04	31	59071.33	25739	30807	14900	53423	6048	13284	113690
	01-nov-04	30	31086.54	21776	31455	15550	116640	0	2700	120320
	01-dic-04	31	30337.50	12134	44825	11070	55728	13820	11556	113720
	01-ene-05	31	50334.77	18631	15844	14040	59400	16584	14472	87830
	01-feb-05	28	49290.50	29805	16417	1000	93528	0	15012	115500
	01-mar-05	31	50377.47	21693	21149	0	77976	0	12276	104910
	01-abr-05	30	52683.18	23227	769	0	108648	0	12100	123060
	01-may-05	31	51087.40	25909	28208	0	121392	0	5267	114430
	01-jun-05	30	54265.09	22873	27883	0	127008	0	10220	119280
	01-jul-05	31	85864.96	22774	1103	0	73355	0	10718	104080
	01-ago-05	31	120585.22	35099	99628	2260	124867	4083	12266	138260
	01-sep-05	30	62818.86	25683	96769	10510	160281	17	9941	129670
	01-oct-05	31	87565.13	17846	28735	330	113480	1	17237	124630

01-nov-05	30	50759.63	17073	23366	0	74076	0	7540	101560
01-dic-05	31	49774.49	27218	19192	179	61327	0	3955	115250
01-ene-06	31	1183.88	26307	23989	6080	71911	0	5367	125460
01-feb-06	28	0.00	19508	24513	17470	64291	842	5572	112420
01-mar-06	31	1232.30	20584	26780	9410	84055	0	4100	101690
01-abr-06	30	3846.27	20480	25699	16280	122767	0	8765	104980
01-may-06	31	2037.14	17551	27004	6830	109477	0	12189	122680
01-jun-06	30	5639.68	25620	28282	14680	140483	0	13067	122920
01-jul-06	31	41464.42	31245	31546	17130	159659	0	11863	126950
01-ago-06	31	80826.73	20834	40062	2820	166040	0	10061	130480
01-sep-06	30	15337.08	24056	37088	9270	156420	0	9732	117640
01-oct-06	31	43391.90	12636	40583	9080	150078	0	9198	126660
01-nov-06	30	1665.55	4636	26579	12240	117589	0	5237	108810
01-dic-06	31	548.70	2396	22065	21800	112110	0	7007	121350
01-ene-07	31	2044.18	23474	23681	20490	113490	0	3703	77742
01-feb-07	28	0.00	15390	23068	18640	87347	4389	2501	69719
01-mar-07	31	2127.78	16615	25297	19100	98756	0	2979	99799
01-abr-07	30	6641.28	18885	20512	20690	128161	1	4261	89370
01-may-07	31	3517.48	25772	36839	6090	108273	0	5654	103798
01-jun-07	30	9737.92	30393	28883	18920	155874	0	9676	96131
01-jul-07	31	71595.76	37235	27694	17190	179080	0	14028	110215
01-ago-07	31	139561.86	31136	27952	11250	162021	0	14779	100894
01-sep-07	30	26482.23	31271	27428	6810	143701	0	9834	95864
01-oct-07	31	74923.90	19115	39751	2830	117652	0	3831	0
01-nov-07	30	2875.86	17803	29548	2830	100994	0	3416	0
01-dic-07	31	947.43	27120	22065	0	89053	0	1467	0
01-ene-08	31	2861.00	23985	18168	3150	108575	0	0	66488

## ANEJOS

## ANEJO N° 1 EXPLOTACIONES

01-feb-08	29	0.00	21114	19168	10320	75247	0	0	98722
01-mar-08	31	2978.00	37172	13573	17640	116356	0	0	97258
01-abr-08	30	9295.00	5182	13104	15880	136251	0	0	97122
01-may-08	31	4923.00	51056	11921	16890	119874	0	8430	106753
01-jun-08	30	13629.00	27945	12274	17790	145676	0	10745	94113
01-jul-08	31	100204.00	34758	17284	14220	163948	0	14401	115459
01-ago-08	31	195328.00	24500	18379	11190	167976	0	15346	105626
01-sep-08	30	37064.00	13170	25283	13080	152027	0	13198	50468
01-oct-08	31	104862.00	10806	10100	13020	72068	0	7306	73996
01-nov-08	30	4025.00	21658	15400	12400	60528	0	6481	79133
01-dic-08	31	1326.00	22531	15219	10500	67703	0	6629	102058
01-ene-09	31	0.00	14745	8125	8153	68287	0	8001	101351
01-feb-09	28	0.00	18352	11568	7364	82480	0	6725	85566
01-mar-09	31	0.00	15662	7550	7316	112957	0	7667	86371
01-abr-09	30	0.00	17959	13037	7890	110295	0	19377	84299
01-may-09	31	0.00	24160	14327	8153	152258	0	3668	92337
01-jun-09	30	14312.00	32714	25780	7890	150701	0	5189	102020
01-jul-09	31	24688.00	29295	28379	8153	159629	0	23171	107744
01-ago-09	31	76071.00	29717	29657	8153	165692	0	20895	122217
01-sep-09	30	19518.00	33787	29487	7890	114996	0	20839	52304
01-oct-09	31	45014.00	15510	38587	8153	118203	0	8435	79855
01-nov-09	30	0.00	28465	24767	7890	116088	0	224	46564
01-dic-09	31	5017.00	34673	26224	8153	51028	0	6812	75963
01-ene-10	31	2560.00	34751	10373	8153	25931	0	12709	81512
01-feb-10	28	0.00	31297	0	7364	77133	0	3015	45873
01-mar-10	31	0.00	27840	0	7316	94681	0	282	52169
01-abr-10	30	0.00	29386	0	7890	121495	0	17902	8948

01-may-10	31	7320.00	28090	0	8153	64863	19730	18319	60262
01-jun-10	30	2005.00	34118	0	7890	144388	483	17398	73788
01-jul-10	31	23099.00	28742	0	8153	159788	0	20278	106804
01-ago-10	31	38126.00	36750	0	8153	161613	0	20384	90917
01-sep-10	30	0.00	33848	0	7890	150912	0	14835	85144
01-oct-10	31	1875.00	29168	0	8153	134000	0	6718	53012
01-nov-10	30	0.00	35876	0	7890	119955	0	135	39639
01-dic-10	31	0.00	30099	0	8153	97130	0	533	30218
01-ene-11	31	3922.00	33263	0	8153	98234	0	5814	26083
01-feb-11	28	0.00	32532	0	7364	80987	0	7608	14026
01-mar-11	31	77.00	31261	0	7316	79754	0	5023	34163
01-abr-11	30	299.00	33104	0	7890	124552	0	12157	19378
01-may-11	31	0.00	32075	0	8153	131926	0	5905	100152
01-jun-11	30	0.00	39287	0	7890	147003	0	1302	61805
01-jul-11	31	21394.00	27433	0	8153	160644	0	21565.13	109983
01-ago-11	31	88666.00	41004	0	8153	157513	0	23401.87	121266
01-sep-11	30	0.00	44738	0	7890	145344	0	16357	111128
01-oct-11	31	7660.00	31793.12	0	8153	121383	0	6998	89779
01-nov-11	30	16115.00	39104.84	0	7890	64257	0	846	67056
01-dic-11	31	34059.00	32807.91	0	8153	110	0	58	108787
01-ene-12	31	0.00	33263	0	8153	59470	0	18.56	67589
01-feb-12	29	0.00	32532	0	7627	100217	0	27.92	43827
01-mar-12	31	0.00	0	0	7316	116412	0	1.52	56322
01-abr-12	30	0.00	43846	0	7890	108799	0	2777	55894
01-may-12	31	7528.00	44814	0	8153	145167	0	11150	48292
01-jun-12	30	0.00	44351	0	7890	151176	0	19498	93883
01-jul-12	31	35793.00	45575.33	0	8153	156891	0	21878	115242

	01-ago-12	31	98180.00	45237.67	0	8153	154160	0	23040	114287
	01-sep-12	30	5416.59	43678	0	7890	144404	0	9747.34	114785
	01-oct-12	31	2946.00	45199	0	8153	125176	0	4552	92251
	01-nov-12	30	19180.00	46054	0	7890	84671	0	2930.66	81509
	01-dic-12	31	10100.50	0	0	8153	53992.75	0	3508	79256.5
<b>Código</b>			<b>3032880</b>	<b>3032881</b>	<b>313252</b>	<b>3032815</b>	<b>3032316</b>	<b>3032388</b>	<b>3032752</b>	<b>3032820</b>
<b>Toponimia</b>	<b>fecha</b>	<b>días</b>	<b>m³ totales</b>							
	01-ene-04	31	1814	11549	20433	750	0	0	13364.3333	750
	01-feb-04	29	6666	12396	18531	750	0	0	13547.6667	750
	01-mar-04	31	6148	11743	20032	750	0	0	13937	750
	01-abr-04	30	0	8179	17152	750	0	0	34264.3333	750
	01-may-04	31	3184	8957	19660	750	0	0	14137.3333	750
	01-jun-04	30	10426	8430	20451	2250	26393	0	13020	2250
	01-jul-04	31	12045	15414	28020	2250	122265	16695	20094.3333	2250
	01-ago-04	31	22316	13662	31824	2250	143352	0	21703.6667	2250
	01-sep-04	30	40266	12469	31010	2250	133650	11655	15694.3333	2250
	01-oct-04	31	42342	10599	20238	2250	147312	0	24552	2250
	01-nov-04	30	46881	9174	13021	750	33660	0	15516.3333	750
	01-dic-04	31	47244	1530	16462	750	10837	0	26181.6667	750
	01-ene-05	31	21010	5509	20433	750	10186	0	13364.3333	750
	01-feb-05	28	4107	9310	18531	750	0	0	13547.6667	750
	01-mar-05	31	0	5095	20032	750	0	0	13937	750
	01-abr-05	30	10192	8091	17152	750	17755	0	34264.3333	750
	01-may-05	31	40226	8554	19660	750	32586	0	14137.3333	750
	01-jun-05	30	39821	9679	20451	2250	105302	0	13020	2250
	01-jul-05	31	38906	10665	28020	2250	125183	16112	20094.3333	2250

01-ago-05	31	39869	13371	31824	2250	52108	141125	21703.6667	2250
01-sep-05	30	42982	12538	31010	2250	32517	69384	15694.3333	2250
01-oct-05	31	41191	12470	20238	2250	134590	0	24552	2250
01-nov-05	30	42085	10730	13021	750	50851	7817	15516.3333	750
01-dic-05	31	39871	6243	16462	750	41710	14149	26181.6667	750
01-ene-06	31	44463	4	20433	750	66095	0	2283	750
01-feb-06	28	35158	0	18531	750	0	0	2283	750
01-mar-06	31	2595	0	20032	750	0	0	2431	750
01-abr-06	30	10950	0	17152	750	0	0	2723	750
01-may-06	31	30519	8534	19660	750	0	0	3042	750
01-jun-06	30	20096	14099	20451	2250	0	100489	2530	2250
01-jul-06	31	34263	13569	28020	2250	0	104374	3683	2250
01-ago-06	31	38528	12109	31824	2250	0	10794	2211	2250
01-sep-06	30	19965	12681	31010	2250	0	66528	3143	2250
01-oct-06	31	32346	12681	20238	2250	0	99792	2066	2250
01-nov-06	30	14946	5036	13021	750	0	78372	3054	750
01-dic-06	31	3753	13056	16462	750	0	48178	1755	750
01-ene-07	31	12987	14144	20433	750	0	27524	6990	750
01-feb-07	28	8224	13396	18531	750	0	152829	7540	750
01-mar-07	31	5629	11592	20032	750	0	0	8560	750
01-abr-07	30	5759	14697	17152	750	0	0	8920	750
01-may-07	31	6199	12295	19660	750	0	71693	12750	750
01-jun-07	30	22076	12993	20451	2250	76071	129948	13770	2250
01-jul-07	31	42077	11152	28020	2250	120206	167239	28385	2250
01-ago-07	31	40013	11541	31824	2250	59502	64996	29230	2250
01-sep-07	30	42887	15408	31010	2250	77936	102813	10150	2250
01-oct-07	31	37660	15408	20238	2250	183	167190	11320	2250

01-nov-07	30	46274	9473	13021	750	27072	230175	18795	750
01-dic-07	31	31398	7260	16462	750	0	232351	14950	750
01-ene-08	31	30048	0	20433	0	0	223492	30820	750
01-feb-08	29	9982	0	18531	0	85478	67274	30820	750
01-mar-08	31	29554	0	20032	0	138262	9065	30820	750
01-abr-08	30	44804	0	17152	0	100836	63257	91150	750
01-may-08	31	47739	419.82	19660	0	104745	57741	26620	750
01-jun-08	30	48152	12595.18	20451	0	77850	92471	22760	2250
01-jul-08	31	22370	12991	28020	44911	2000	234677	28215	2250
01-ago-08	31	0	13011.38	31824	85749	0	206305	33670	2250
01-sep-08	30	0	12314.62	31010	95341	16021	207018	33790	2250
01-oct-08	31	27720	11981	20238	35356	0	173374	60270	2250
01-nov-08	30	34173	6265.67	13021	19236	0	0	24700	750
01-dic-08	31	13747	3357.51	16462	191	0	0	61840	750
01-ene-09	31	23359	5.58	20433	225	15256.2	50203.2	13364.3333	750
01-feb-09	28	24576	5.04	18531	235	17095.6	44020.6	13547.6667	750
01-mar-09	31	1433	5.58	20032	208	27652.4	1813	13937	750
01-abr-09	30	3328	5.4	17152	349	23718.2	12651.4	34264.3333	750
01-may-09	31	304	5.58	19660	34602	27466.2	25886.8	14137.3333	750
01-jun-09	30	165	5.4	20451	73038	57123.2	64581.6	13020	2250
01-jul-09	31	0	5.58	28020	105886	73930.8	107819.4	20094.3333	2250
01-ago-09	31	1	5.58	31824	70155	50992.4	84644	21703.6667	2250
01-sep-09	30	1	5.4	31010	83607	52024.8	91479.6	15694.3333	2250
01-oct-09	31	0	5.58	20238	36902	56417	88071.2	24552	2250
01-nov-09	30	0	5.4	13021	43320	22316.6	63272.8	15516.3333	750
01-dic-09	31	1	5.58	16462	84545	10509.4	58935.6	26181.6667	750
01-ene-10	31	0	5.58	20433	67210	15256.2	50203.2	13364.3333	750

01-feb-10	28	0	5.04	18531	60917	17095.6	44020.6	13547.6667	750
01-mar-10	31	0	65.75	20032	59747	27652.4	1813	13937	750
01-abr-10	30	0	5848.75	17152	81257	23718.2	12651.4	34264.3333	750
01-may-10	31	0	10017.63	19660	86517	27466.2	25886.8	14137.3333	750
01-jun-10	30	0	9310.37	20451	60667	57123.2	64581.6	13020	2250
01-jul-10	31	1	12902.11	28020	85006	73930.8	107819.4	20094.3333	2250
01-ago-10	31	1	10426.89	31824	79285	50992.4	84644	21703.6667	2250
01-sep-10	30	0	1667	31010	64128	52024.8	91479.6	15694.3333	2250
01-oct-10	31	0	0	20238	50534	56417	88071.2	24552	2250
01-nov-10	30	0	0	13021	52276	22316.6	63272.8	15516.3333	750
01-dic-10	31	0	0	16462	63194	10509.4	58935.6	26181.6667	750
01-ene-11	31	0	0	20433	65699	15256.2	50203.2	13364.3333	750
01-feb-11	28	0	0	18531	59123	17095.6	44020.6	13547.6667	750
01-mar-11	31	0	0	20032	62335	27652.4	1813	13937	750
01-abr-11	30	0	0	17152	65125	23718.2	12651.4	34264.3333	750
01-may-11	31	0	0	19660	15990	27466.2	25886.8	14137.3333	750
01-jun-11	30	20	0	20451	72560	57123.2	64581.6	13020	2250
01-jul-11	31	0	0	28020	81633.57	73930.8	107819.4	20094.3333	2250
01-ago-11	31	0	0	31824	84624.43	50992.4	84644	21703.6667	2250
01-sep-11	30	0	0	31010	82145	52024.8	91479.6	15694.3333	2250
01-oct-11	31	0	0	20238	71998.5	56417	88071.2	24552	2250
01-nov-11	30	0	0	13021	52309.5	22316.6	63272.8	15516.3333	750
01-dic-11	31	0	0	16462	72222	10509.4	58935.6	26181.6667	750
01-ene-12	31	0	0	20433	69580	15256.2	50203.2	13364.3333	750
01-feb-12	29	0	0	18531	50388	17095.6	44020.6	13547.6667	750
01-mar-12	31	0	0	20032	54511.52	27652.4	1813	13937	750
01-abr-12	30	0	180.01	17152	64356.48	23718.2	12651.4	34264.3333	750

	01-may-12	31	0	2466.99	19660	75064	27466.2	25886.8	14137.3333	750
	01-jun-12	30	0	5026	20451	76741	57123.2	64581.6	13020	2250
	01-jul-12	31	0	5931	28020	87064	73930.8	107819.4	20094.3333	2250
	01-ago-12	31	0	5956	31824	88294	50992.4	84644	21703.6667	2250
	01-sep-12	30	0	5859	31010	86016	52024.8	91479.6	15694.3333	2250
	01-oct-12	31	0	6477	20238	69155	56417	88071.2	24552	2250
	01-nov-12	30	0	4922	13021	60567	22316.6	63272.8	15516.3333	750
	01-dic-12	31	0	840.7725	16462	55038	10509.4	58935.6	26181.6667	750
<b>Código</b>			<b>3032457</b>	<b>3032458</b>	<b>3032735</b>	<b>303331</b>	<b>3132147</b>	<b>313253</b>		
<b>Toponimia</b>	<b>fecha</b>	<b>días</b>	<b>m³ totales</b>							
	01-ene-04	31	5400	3672	1350	600	5400	2160		
	01-feb-04	29	5400	3672	1350	600	5400	2160		
	01-mar-04	31	54000	36720	1350	600	54000	21600		
	01-abr-04	30	54000	36720	1350	600	54000	21600		
	01-may-04	31	54000	36720	3100	3500	54000	21600		
	01-jun-04	30	54000	36720	3100	3500	54000	21600		
	01-jul-04	31	54000	36720	5000	3500	54000	21600		
	01-ago-04	31	54000	36720	5000	3500	54000	21600		
	01-sep-04	30	54000	36720	5000	3500	54000	21600		
	01-oct-04	31	5400	3672	3000	500	5400	2160		
	01-nov-04	30	5400	3672	1400	500	5400	2160		
	01-dic-04	31	5400	3672	1300	500	5400	2160		
	01-ene-05	31	5400	3672	1350	600	5400	2160		
	01-feb-05	28	5400	3672	1350	600	5400	2160		
	01-mar-05	31	54000	36720	1350	600	54000	21600		
	01-abr-05	30	54000	36720	1350	600	54000	21600		

---

01-may-05	31	54000	36720	3100	3500	54000	21600
01-jun-05	30	54000	36720	3100	3500	54000	21600
01-jul-05	31	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-ago-05	31	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-sep-05	30	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-oct-05	31	5400	3672	3000	450	5400	2160
01-nov-05	30	5400	3672	1400	450	5400	2160
01-dic-05	31	5400	3672	1300	450	5400	2160
01-ene-06	31	5400	3672	1350	600	5400	2160
01-feb-06	28	5400	3672	1350	600	5400	2160
01-mar-06	31	54000	36720	1350	600	54000	21600
01-abr-06	30	54000	36720	1350	600	54000	21600
01-may-06	31	54000	36720	3100	3500	54000	21600
01-jun-06	30	54000	36720	3100	3500	54000	21600
01-jul-06	31	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-ago-06	31	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-sep-06	30	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-oct-06	31	5400	3672	3000	500	5400	2160
01-nov-06	30	5400	3672	1400	500	5400	2160
01-dic-06	31	5400	3672	1300	500	5400	2160
01-ene-07	31	5400	3672	1350	600	5400	2160
01-feb-07	28	5400	3672	1350	600	5400	2160
01-mar-07	31	54000	36720	1350	600	54000	21600
01-abr-07	30	54000	36720	1350	600	54000	21600
01-may-07	31	54000	36720	3100	3500	54000	21600
01-jun-07	30	54000	36720	3100	3500	54000	21600
01-jul-07	31	54000	36720	5000	3500	54000	21600

---

01-ago-07	31	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-sep-07	30	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-oct-07	31	5400	3672	3000	500	5400	2160
01-nov-07	30	5400	3672	1400	500	5400	2160
01-dic-07	31	5400	3672	1300	500	5400	2160
01-ene-08	31	5400	3672	1350	600	5400	2160
01-feb-08	29	5400	3672	1350	600	5400	2160
01-mar-08	31	54000	36720	1350	600	54000	21600
01-abr-08	30	54000	36720	1350	600	54000	21600
01-may-08	31	54000	36720	3100	3500	54000	21600
01-jun-08	30	54000	36720	3100	3500	54000	21600
01-jul-08	31	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-ago-08	31	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-sep-08	30	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-oct-08	31	5400	3672	3000	450	5400	2160
01-nov-08	30	5400	3672	1400	450	5400	2160
01-dic-08	31	5400	3672	1300	450	5400	2160
01-ene-09	31	5400	3672	1350	600	5400	2160
01-feb-09	28	5400	3672	1350	600	5400	2160
01-mar-09	31	54000	36720	1350	600	54000	21600
01-abr-09	30	54000	36720	1350	600	54000	21600
01-may-09	31	54000	36720	3100	3500	54000	21600
01-jun-09	30	54000	36720	3100	3500	54000	21600
01-jul-09	31	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-ago-09	31	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-sep-09	30	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-oct-09	31	5400	3672	3000	500	5400	2160

---

01-nov-09	30	5400	3672	1400	500	5400	2160
01-dic-09	31	5400	3672	1300	500	5400	2160
01-ene-10	31	5400	3672	1350	600	5400	2160
01-feb-10	28	5400	3672	1350	600	5400	2160
01-mar-10	31	54000	36720	1350	600	54000	21600
01-abr-10	30	54000	36720	1350	600	54000	21600
01-may-10	31	54000	36720	3100	3500	54000	21600
01-jun-10	30	54000	36720	3100	3500	54000	21600
01-jul-10	31	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-ago-10	31	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-sep-10	30	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-oct-10	31	5400	3672	3000	450	5400	2160
01-nov-10	30	5400	3672	1400	450	5400	2160
01-dic-10	31	5400	3672	1300	450	5400	2160
01-ene-11	31	5400	3672	1350	600	5400	2160
01-feb-11	28	5400	3672	1350	600	5400	2160
01-mar-11	31	54000	36720	1350	600	54000	21600
01-abr-11	30	54000	36720	1350	600	54000	21600
01-may-11	31	54000	36720	3100	3500	54000	21600
01-jun-11	30	54000	36720	3100	3500	54000	21600
01-jul-11	31	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-ago-11	31	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-sep-11	30	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-oct-11	31	5400	3672	3000	500	5400	2160
01-nov-11	30	5400	3672	1400	500	5400	2160
01-dic-11	31	5400	3672	1300	500	5400	2160
01-ene-12	31	5400	3672	1350	600	5400	2160

---

01-feb-12	29	5400	3672	1350	600	5400	2160
01-mar-12	31	54000	36720	1350	600	54000	21600
01-abr-12	30	54000	36720	1350	600	54000	21600
01-may-12	31	54000	36720	3100	3500	54000	21600
01-jun-12	30	54000	36720	3100	3500	54000	21600
01-jul-12	31	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-ago-12	31	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-sep-12	30	54000	36720	5000	3500	54000	21600
01-oct-12	31	5400	3672	3000	450	5400	2160
01-nov-12	30	5400	3672	1400	450	5400	2160
01-dic-12	31	5400	3672	1300	450	5400	2160

**ANEJO 2.- BALANCE HÍDRICO DETALLADO**

Volúmenes de intercambio en las celdas en contacto con el mar

Paso de tiempo	m <sup>3</sup> totales	Paso de tiempo	m <sup>3</sup> totales	Paso de tiempo	m <sup>3</sup> totales
1	-2600.063	73	-4211.4	145	4517.4
2	-1884	74	-1570.1	146	-3255.2
3	2979.2	75	-4010.85	147	-1363.5
4	1378	76	-7309.8	148	1867.1
5	1009.17	77	-4668.6	149	-7020.6
6	-1595.5	78	-3122.6	150	-2064.9
7	3279.61	79	1439.995	151	-631.591
8	-6008.3	80	-5071.9	152	1283.7
9	-4761	81	-4255.8	153	-2982.57
10	-4243.8	82	-1714.7	154	-2748.2
11	4611	83	-912.079	155	-523.392
12	-942.04	84	-1162.3	156	-557.55
13	-5302.8	85	-2896.11	157	-3681.3
14	-3273.5	86	-4472.2	158	-445.51
15	-8946.3	87	-1448.13	159	-1543.74
16	1069.7	88	-6176.8	160	-3300.1
17	481.11	89	2282.793	161	1042.753
18	-1781	90	-4418.3	162	-4713.3
19	-5868.3	91	-7199.1	163	966.24
20	-507.65	92	-6086.4	164	-3799.5
21	-3462.6	93	2715.038	165	-765.281
22	1646.6	94	-2152.8	166	-4263.9
23	-3386.7	95	-6011.7	167	-3972.9
24	-4466.1	96	-3827.8	168	-44.811
25	-4815.3	97	-4927.8	169	-4766.7
26	-1824	98	-1017.5	170	330.23
27	-988.713	99	4017.72	171	1329.777
28	-3454	100	33.821	172	1183.7
29	-6080.7	101	-2275.44	173	-78.936
30	-3404.2	102	-533.93	174	-4825.1
31	-3022.09	103	6258.2	175	-807.853
32	-1130.7	104	-7605.8	176	3303.1
33	-7841.1	105	-3981.9	177	-1839.84
34	-3928.4	106	278.3	178	211.48
35	-542.358	107	-1086.253	179	1085.122
36	-4941	108	-2080.4	180	-2565.7

37	-2679.57	109	-8085.3	181	-8528.4
38	-3916.1	110	-8872	182	-3624.1
39	-1723.38	111	-3925.5	183	-6228.6
40	-5296.5	112	-7993.9	184	-4906.3
41	2101.166	113	-631.33	185	4270.25
42	-4392.3	114	-8107.2	186	-3553.8
43	-7396.5	115	-1223.64	187	-1426.47
44	-6992.8	116	-6073.3	188	902.2
45	1520.789	117	4381.03	189	-2619.106
46	-5897.1	118	-5241.1	190	-1408.5
47	-2908.95	119	-4307.7	191	-4417.2
48	-5759.1	120	-3354.3	192	-6437.9
49	-2517.24	121	-3850.5	193	-8151
50	-6341.1	122	-2805.1	194	-1417.9
51	-3826.17	123	1198.935	195	-1604.68
52	-6269.7	124	-5895.7	196	-2646.8
53	-4120.8	125	-3663.9	197	-1472.58
54	2156.5	126	-392.04	198	-1968.3
55	-343.418	127	7159.52	199	2022.112
56	-2077.6	128	-67.827	200	-3771.6
57	-6192.3	129	-2160.72	201	-5351.7
58	-1093.9	130	-3923.6	202	-7000.8
59	-4218.05	131	5033.24	203	1179.546
60	-7936.3	132	-7311.3	204	2416
61	-995.19	133	-2186.13	205	-4032.3
62	-3848.9	134	-1722.1	206	-4311.7
63	-3866.4	135	-4002	207	-42.333
64	-6449.3	136	-1128.7	208	-1100.3
65	541.111	137	-1879.084	209	-292.291
66	-1737.2	138	-1732.6	210	-2851.5
67	-8225.1	139	-5668.5	211	-3958.2
68	-4705.9	140	-8164.1	212	-1134.4
69	438.393	141	-4888.82	213	-1397.046
70	-6570.4	142	171.59	214	1710.6
71	-5237.7	143	-93.006	215	-4803
72	-3142.7	144	-3745.4	216	-4317.36