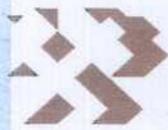


62782



Instituto Geológico y  
Minero de España



*Excma. Diputación Provincial  
de Alicante*

DEPARTAMENTO DE CICLO HÍDRICO

**POSIBILIDADES DE ALMACENAMIENTO DE LAS AGUAS  
DEL TRASVASE JÚCAR-VINALOPÓ EN LOS EMBALSES  
SUBTERRÁNEOS PROVINCIALES MEDIANTE RECARGA  
ARTIFICIAL**

**APLICACIÓN DE UN MODELO MATÉMATICO PARA  
SIMULAR LA EVOLUCIÓN DE LOS RECURSOS  
HÍDRICOS EN EL ACUÍFERO DE SOLANA (ALICANTE)  
ANTE DIFERENTES ALTERNATIVAS DE GESTIÓN.**

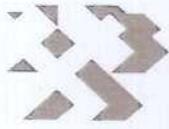
MADRID. NOVIEMBRE 2003



MINISTERIO  
DE CIENCIA  
Y TECNOLOGÍA



Instituto Geológico  
y Minero de España



Instituto Geológico y  
Minero de España



*Excma. Diputación Provincial  
de Alicante*

DEPARTAMENTO DE CICLO HÍDRICO

**POSIBILIDADES DE ALMACENAMIENTO DE LAS AGUAS  
DEL TRASVASE JÚCAR-VINALOPÓ EN LOS EMBALSES  
SUBTERRÁNEOS PROVINCIALES MEDIANTE RECARGA  
ARTIFICIAL**

**APLICACIÓN DE UN MODELO MATÉMATICO PARA  
SIMULAR LA EVOLUCIÓN DE LOS RECURSOS  
HÍDRICOS EN EL ACUÍFERO DE SOLANA (ALICANTE)  
ANTE DIFERENTES ALTERNATIVAS DE GESTIÓN.**

**MADRID. NOVIEMBRE 2003**

<b>INFORME</b>	<b>Identificación:</b> H.6 – 004.03
	<b>Fecha:</b> 28 – 10 – 2003
<b>TÍTULO</b>	
<p>APLICACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO PARA SIMULAR LA EVOLUCIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL ACUÍFERO DE SOLANA (ALICANTE) ANTE DIFERENTES ALTERNATIVAS DE GESTIÓN</p>	
<b>PROYECTO</b>	
<p>POSIBILIDADES DE ALMACENAMIENTO DE LAS AGUAS DEL TRASVASE JÚCAR-VINALOPÓ EN LOS EMBALSES SUBTERRÁNEOS PROVINCIALES MEDIANTE RECARGA ARTIFICIAL. MODELOS</p>	
<b>RESUMEN</b>	
<p>A partir de los datos históricos termopluviométricos, de extracciones y de evolución piezométrica, se desarrolla un modelo matemático unicelular, con objeto de simular la evolución de los niveles piezométricos del acuífero de Solana (Alicante), teniendo en cuenta distintas cuantías de explotaciones del acuífero y estableciéndose tres tipos de series climáticas cíclicas. Se trata de un acuífero permeable por fisuración y karstificación, formado por calizas y dolomías del Cretácico Superior, ubicado en la comarca del Alto Vinalopó y del que se aprovechan sus recursos hídricos tanto para abastecimiento urbano como para regadío.</p> <p>Los resultados que arroja el modelo habrán de servir de ayuda en la planificación hidrológica de este acuífero teniendo en cuenta la próxima realización de las obras del trasvase Júcar-Vinalopó. De este modo se pretende que el estudio contribuya a optimizar la gestión de los recursos hídricos del acuífero de Solana, pretendiendo ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones adecuadas que planteen un uso sostenible del mismo.</p>	
Revisión	
<b>Nombre:</b> Juan Antonio López Geta	<b>Autor:</b> Francisco Javier Roncero Pinar
<b>Unidad:</b> Hidrogeología y Aguas Subterráneas	<b>Responsable:</b> José Manuel Murillo Díaz
<b>Fecha:</b> 28 – 10 – 2003	

El presente estudio ha sido realizado en el marco del Convenio de Asistencia Técnica suscrito entre el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y la Excm. Diputación Provincial de Alicante (DPA), actuando como Directores del mismo D. José Manuel Murillo Díaz (IGME) y D. Luis Rodríguez Hernández (DPA).

El equipo técnico, que ha intervenido en su elaboración, ha estado formado por:

**Responsable: José Manuel Murillo Díaz (IGME)**

**Autor: Francisco Javier Roncero Pinar**



Instituto Geológico y  
Minero de España



*Excma. Diputación Provincial  
de Alicante*

DEPARTAMENTO DE CICLO HÍDRICO

**POSIBILIDADES DE ALMACENAMIENTO DE LAS AGUAS  
DEL TRASVASE JÚCAR-VINALOPÓ EN LOS EMBALSES  
SUBTERRÁNEOS PROVINCIALES MEDIANTE RECARGA  
ARTIFICIAL**

**APLICACIÓN DE UN MODELO MATÉMATICO PARA  
SIMULAR LA EVOLUCIÓN DE LOS RECURSOS  
HÍDRICOS EN EL ACUÍFERO DE SOLANA (ALICANTE)  
ANTE DIFERENTES ALTERNATIVAS DE GESTIÓN.**

**MEMORIA**

**MADRID. NOVIEMBRE 2003**

## ÍNDICE

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ACUÍFERO.....	1
2. OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	8
3. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	10
3.1. Elección del modelo matemático.....	11
3.2. Establecimiento del modelo conceptual.....	15
3.3. Introducción y tratamiento de los datos de partida.....	16
3.3.1. Datos de niveles piezométricos.....	17
3.3.2. Datos de precipitaciones.....	24
3.3.3. Datos de temperaturas.....	24
3.3.4. Datos de extracciones.....	25
3.3.5. Otros datos.....	29
3.4. Calibración del modelo.....	29
3.5. Validación y comprobación del modelo.....	32
3.6. Análisis de sensibilidad.....	35
4. GENERACIÓN DE SERIES HISTÓRICAS.....	40
5. SIMULACIÓN DE ALTERNATIVAS: RECUPERACIÓN DE LOS NIVELES DEL ACUÍFERO MEDIANTE DISMINUCIÓN DE LAS EXPLOTACIONES.....	51
5.1. Simulación de un período termopluviométrico idéntico al acaecido entre los años 1980 – 1999.....	53
5.2. Simulación de un período termopluviométrico idéntico al acaecido entre los años 1960 – 1979.....	55
5.3. Simulación utilizando un ciclo termopluviométrico construido a partir de una serie sintética que alterna períodos húmedos y secos.....	62
6. RESUMEN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	66
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Situación de la comarca del Alto Vinalopó en la provincia de Alicante.

**Figura 2.** Límites del acuífero Cretácico de Solana indicando los afloramientos así como la ubicación de los principales pozos de extracción.

**Figura 3.** Columna litológica en el acuífero de Solana. Corte en el Alto del Corzo y Alto de la Cruz.

**Figura 4.** Evolución piezométrica en el punto de control 2832-6-0019 durante el período de 1994 a 1997.

**Figura 5.** Evolución piezométrica en el punto de control 2832-6-0010 durante el período de 1994 a 1997.

**Figura 6.** Evolución piezométrica en el punto de control 2833-1-0061 en el año 1989 y durante el período de 1994 a 1997.

**Figura 7.** Distribución porcentual por meses de las explotaciones del acuífero sobre el total anual. Período 1994-97.

**Figura 8.** Calibración del modelo con  $M = 0,9$ ,  $N = 0,89$  y  $S = 0,01$ . Punto de control 2832-6-0019.

**Figura 9.** Validación del modelo con los parámetros  $M$ ,  $N$  y  $S$  obtenidos en la calibración. Punto de control 2832-6-0010.

**Figura 10.** Comprobación del modelo para el año 1989. Punto de control 2833-1-0061.

**Figura 11.** Análisis de sensibilidad para "M".

**Figura 12.** Análisis de sensibilidad para "N".

**Figura 13.** Análisis de sensibilidad para "S".

**Figura 14.** Precipitaciones anuales en la estación 8007(Villena) durante el período 1960-1999. Tipo de año hidrológico.

**Figura 15.** Recarga natural anual del acuífero de Solana durante el período 1960-1999, especificando la tipología del año hidrológico.

**Figura 16.** Valores mínimo, medio y máximo anual de la recarga del acuífero dependiendo del tipo de año hidrológico.

**Figura 17.** Comparación de las precipitaciones totales y medias anuales para cada una de las décadas estudiadas.

**Figura 18.** Temperatura media en la superficie del acuífero de Solana para cada década del período tratado.

**Figura 19.** Comparación de las recargas naturales por infiltración, totales y medias anuales, para cada una de las décadas estudiadas.

**Figura 20.** Evolución de los niveles piezométricos en el acuífero de Solana ante diferentes alternativas de explotación del acuífero. Período climático 1980 – 1999. Gráfico 1.

**Figura 21.** Evolución de los niveles piezométricos en el acuífero de Solana ante diferentes alternativas de explotación del acuífero. Período climático 1980 – 1999. Gráfico 2.

**Figura 22.** Evolución de los niveles piezométricos en el acuífero de Solana ante diferentes alternativas de explotación del acuífero. Período climático 1960 – 1979. Gráfico 1.

**Figura 23.** Evolución de los niveles piezométricos en el acuífero de Solana ante diferentes alternativas de explotación del acuífero. Período climático 1960 – 1979. Gráfico 2.

**Figura 24.** Evolución de los niveles piezométricos en el acuífero de Solana ante diferentes alternativas de explotación del acuífero. Secuencia climática definida según la climatología acaecida en las siguientes décadas: 1980, 1970, 1990 y 1960. Gráfico 1.

**Figura 25.** Evolución de los niveles piezométricos en el acuífero de Solana ante diferentes alternativas de explotación del acuífero. Secuencia climática definida según la climatología acaecida en las siguientes décadas: 1980, 1970, 1990 y 1960. Gráfico 2.

## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1.** Niveles medidos en el punto de control 2832-6-0019 para el período 1994/97.

**Tabla 2.** Niveles medidos en el punto de control 2832-6-0010 para el período 1994/97.

**Tabla 3.** Niveles medidos en el punto de control 2833-1-0061 para el año 1989 y durante el período 1994/97.

**Tabla 4.** Datos de explotaciones en el acuífero de Solana. Fuente: Excma. Diputación Provincial de Alicante.

**Tabla 5.** Distribución de la explotación, por sectores, en el acuífero de Solana para el período de 1994 a 1997 (IGME-DPA, 2003).

**Tabla 6.** Explotación en el acuífero de Solana (IGME – DPA, 2003).

**Tabla 7.** Series Históricas de la Recarga Natural del acuífero de Solana.

**Tabla 8.** Series Históricas de porcentajes de lluvia útil y recarga al acuífero sobre la precipitación acaecida y porcentaje de recarga al acuífero sobre la lluvia útil acaecida.

**Tabla 9.** Análisis de los datos por décadas.

**Tabla 10.** Bombeos simulados y fecha aproximada en la que se alcanza la cota de 502 msnm en el acuífero de Solana cuando se simula un período termopluviométrico idéntico al acaecido entre los años 1980 y 1999. Representa una situación con una tendencia climática seca.

**Tabla 11.** Bombeos simulados y fecha aproximada en la que se alcanza la cota de 502 msnm en el acuífero de Solana para una simulación de un período termopluviométrico idéntico al acaecido entre los años 1960 y 1979. Representa una situación con una tendencia climática húmeda.

**Tabla 12.** Bombeos simulados y fecha aproximada en la que se alcanza la cota de 502 msnm en el acuífero de Solana para una simulación con un período termopluviométrico que alterna ciclos húmedos y secos.

Secuencia climática definida según la climatología acaecida en las siguientes décadas: 1980, 1970, 1990 y 1960.

**Tabla 13.** Bombeos simulados y fecha aproximada en la que se alcanza la cota de 502 msnm en el acuífero de Solana para los distintos períodos climáticos que se han considerado en el presente informe.

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexo 1.** Datos mensuales de precipitaciones y temperaturas empleados en el presente informe.

**Anexo 2.** Calibración: desarrollo matemático de la modelización.

**Anexo 3.** Validación: desarrollo matemático de la modelización.

**Anexo 4.** Comprobación: desarrollo matemático de la modelización

**Anexo 5.** Series históricas: desarrollo matemático de la modelización.

**Anexo 6.** Ajuste de la ley de distribución de Goodrich, a la serie de pluviometrías anuales de la estación 8007 (Villena): Representación gráfica e informe resultante.

## **1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ACUÍFERO.**

## 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ACUÍFERO.

El acuífero de Solana se sitúa en la comarca del Alto Vinalopó. Es uno de los acuíferos más importantes de la provincia de Alicante, y atiende el abastecimiento público de poblaciones de gran entidad como Villena y Alicante. En la figura 1 se presenta un mapa de situación de la comarca del Alto Vinalopó en la provincia de Alicante.

Este acuífero fue definido por el IGME en el año 1978, pero sus límites han sufrido variaciones significativas, e incluso durante un tiempo han coexistido definiciones distintas.

En el presente informe se considera la última definición de los límites del acuífero, que es la dada en el proyecto titulado "Determinación de las reservas útiles en acuíferos de abastecimiento público en Alicante" (IGME – DPA, 2003) y que se puede ver en la figura 2. Este informe hace referencia a las surgencias naturales del acuífero, las cuales se situaban en las inmediaciones de Villena (Morán, 1908 en IGME – DPA, 2003) y se denominaban Cuartel, Chorros y Bordoño o Losilla. Aunque estas surgencias se encuentran secas desde mediados del siglo pasado tenían un caudal medio de 300 l/s y se situaban en el contacto del Cretácico de la sierra de San Cristobal con el Triásico (Keuper) a una cota de 502 m s.n.m.

Desde el punto de vista fisiográfico se encuentra surcado en el norte por la sierra de Solana y más hacia el centro por la sierra de la Villa, ésta última de menor extensión por lo que en ella se generan aproximadamente el 12 % de los recursos subterráneos por infiltración del agua de lluvia y el resto de los mismos, en los afloramientos de la sierra de Solana (IGME – DPA, 2003). Es en estas dos sierras donde se encuentran los afloramientos permeables del Cretácico superior cuya

extensión, en el acuífero, es de unos 117.875.000 m<sup>2</sup>. Las cotas topográficas oscilan entre los máximos de Sierra de Solana, Ascensión (1004 m s.n.m.), Águila (982 m s.n.m.), Loma Llana (989 m s.n.m.) y Alto de la Cruz (955 m s.n.m) y los mínimos situados en el Valle del Vinalopó a unos 500 m s.n.m.

Los materiales acuíferos más importantes de la unidad pertenecen al Cretácico Superior, diferenciándose en él dos tramos permeables, por fisuración y karstificación, denominados C<sub>21</sub> (antiguamente formación Benejama) y C<sub>23</sub> (antiguamente formación Quesada), separados por un acuitardo C<sub>22</sub> (antiguamente formación Franco) (ITGE – DPA, 1992). Todo esto se puede observar en la figura 3 donde se muestra la columna litológica del acuífero, la cual hace referencia a un corte en los puntos denominados Alto del Corzo y Alto de la Cruz. La serie Alto del Corzo, se sitúa en el núcleo de la sierra de Solana, y la serie Alto de la Cruz se sitúa en el flanco meridional del anticlinal central de la sierra (figura 2).

La formación acuífera principal (C<sub>21</sub>) la constituyen 360 m de calizas blancas recristalizadas que en la parte alta y a muro son dolomías. Está limitada a techo por las arcillas rojas del Maastrichtiense. La base de la formación la constituye una alternancia de dolomías arcillosas y arcillas dolomíticas amarillentas del Cenomaniense Superior que constituyen un acuitardo (C<sub>22</sub>).

El segundo nivel acuífero (C<sub>23</sub>) pertenece al Cenomaniense Inferior y Medio, estando constituido por 60 m de dolomías grises muy fracturadas. Limita a techo por la alternancia de dolomías arcillosas y arcillas dolomíticas amarillentas, que constituyen el nivel acuitardo del Cenomaniense Superior de unos 90 m de potencia. El impermeable de base del acuífero se define en el techo de la formación Utrillas y está constituido por el conjunto margo-arcilloso del Cretácico Inferior.

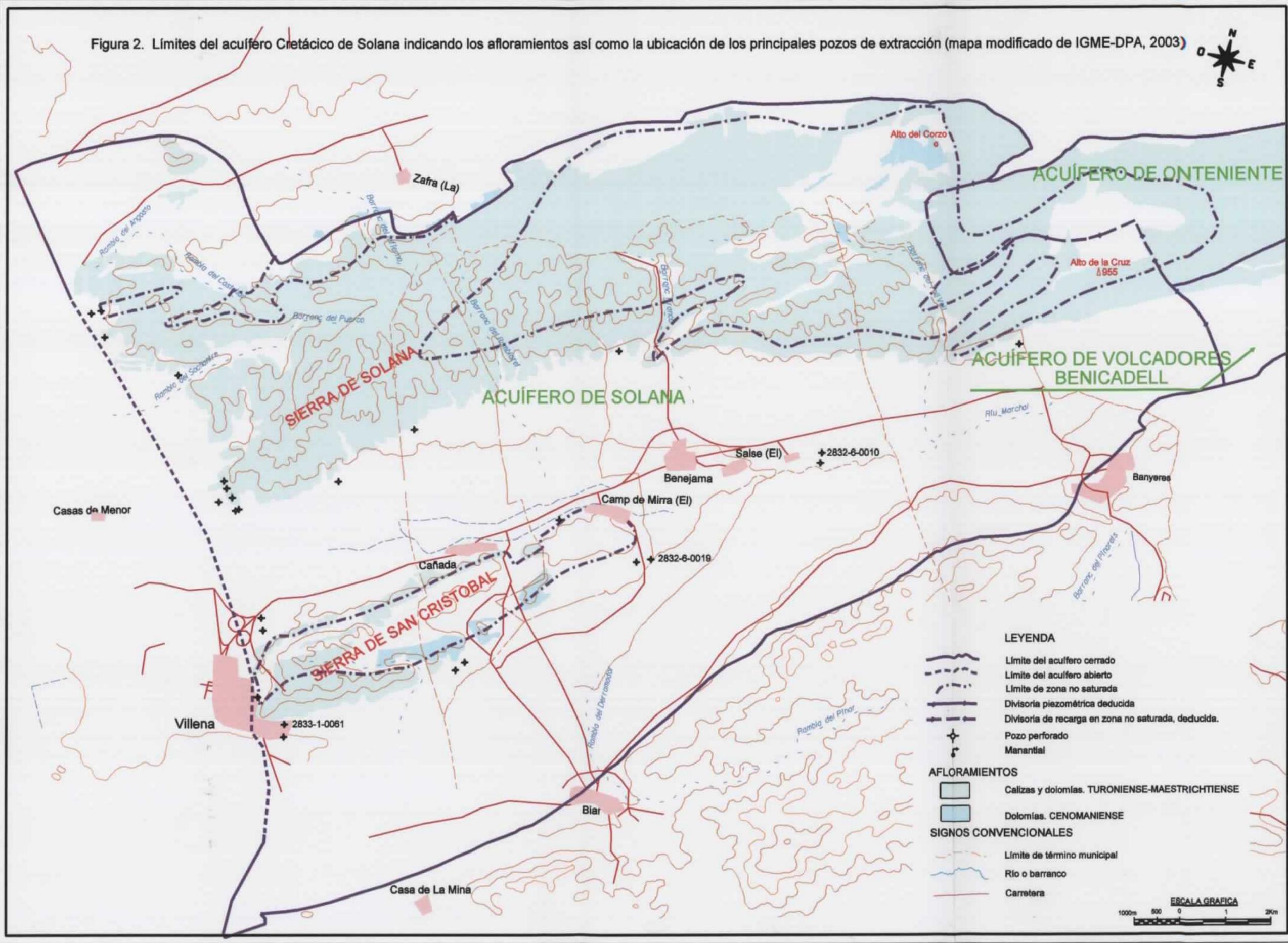


Sobre los materiales cretácicos se deposita un relleno Miopliocuaternario compuesto por una alternancia de gravas, arenas y arcillas, que en la zona de Caudete–Villena con la profundidad adquieren un carácter más arcilloso, considerándose que por debajo de los 100 m, prácticamente no existen tramos permeables. Por otra parte, en el interior de los valles de Benejama y Biar estos materiales presentan en conjunto y de forma general menor proporción de tramos permeables, adquiriendo un carácter más arcilloso. La potencia de estos materiales es muy variable, desde más de 200 m en el valle de Caudete-Villena hasta prácticamente desaparecer a la altura de la población de Bañeres.

Como impermeables laterales actúan las series margo-arcillosas del Cretácico Inferior y del Terciario ya comentadas, por la acción de accidentes tectónicos, y la facies Keuper del Triásico.

Este acuífero está incluido en el “Catálogo de acuíferos con problemas de sobreexplotación o salinización”, elaborado por la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas (DGOHCA) en colaboración con el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), concluido en 1996 y cuya documentación sintetizada se puede consultar en la publicación titulada “Programa de ordenación de acuíferos sobreexplotados / salinizados. Formulación de estudios y actuaciones” (DGOH – ITGE, 1998).

Figura 2. Límites del acuífero Cretácico de Solana indicando los afloramientos así como la ubicación de los principales pozos de extracción (mapa modificado de IGME-DPA, 2003)



**LEYENDA**

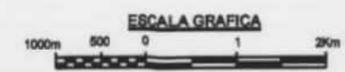
- Límite del acuífero cerrado
- Límite del acuífero abierto
- Límite de zona no saturada
- Divisoria piezométrica deducida
- Divisoria de recarga en zona no saturada, deducida.
- Pozo perforado
- Manantial

**AFLORAMIENTOS**

- Calizas y dolomías. TURONIENSE-MAESTRICHTIENSE
- Dolomías. CENOMANIENSE

**SIGNOS CONVENCIONALES**

- Límite de término municipal
- Río o barranco
- Carretera



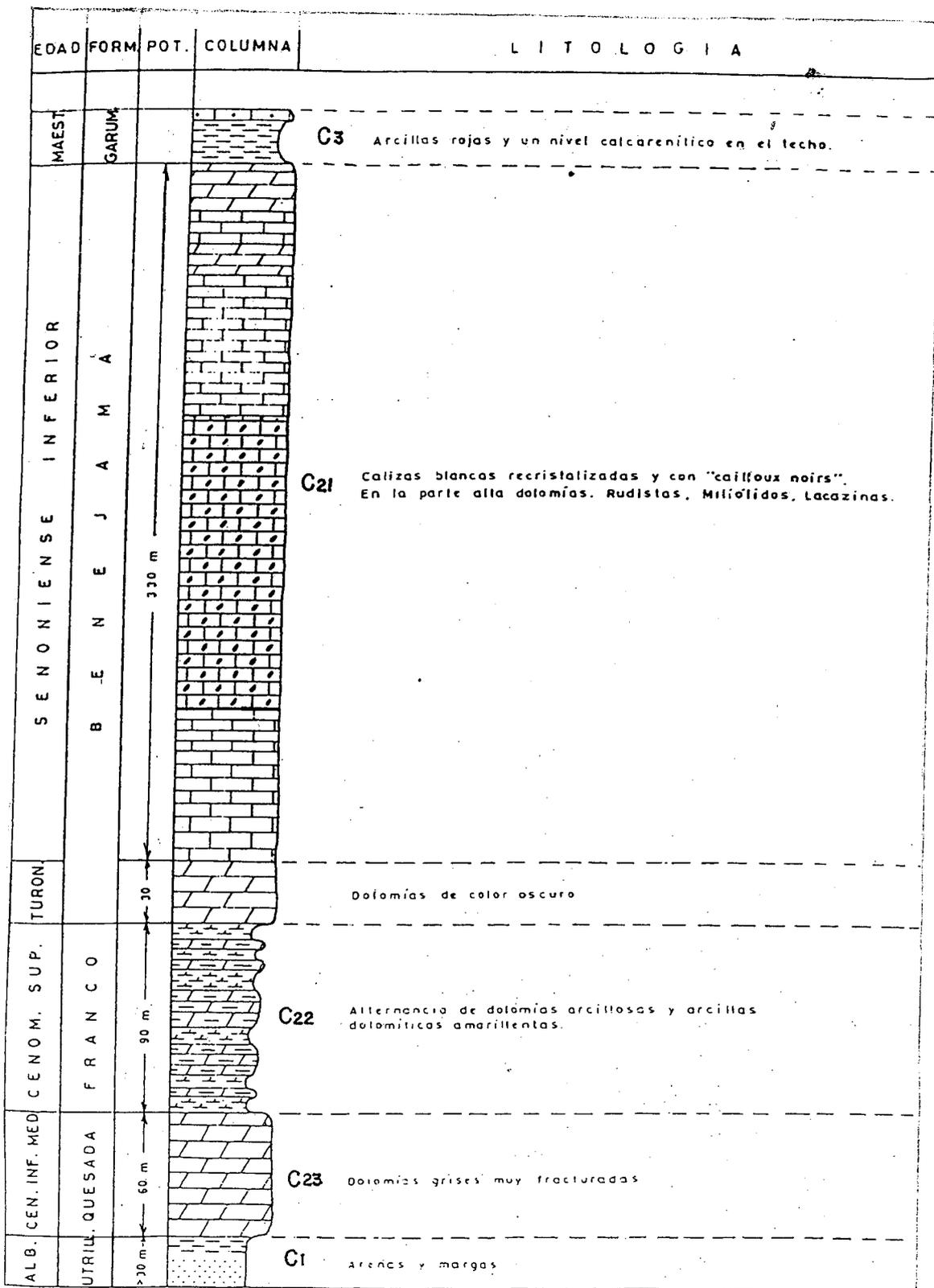


Figura 3. Columna litológica en el acuífero de Solana. Corte en el Alto del Corzo y Alto de la Cruz (ITGE – DPA, 1992)

## **2. OBJETIVO DEL ESTUDIO.**

## **2. OBJETIVO DEL ESTUDIO.**

Este estudio tiene como objetivo simular la evolución de los niveles piezométricos del acuífero Cretácico de Solana (Alicante), aplicando un modelo matemático unicelular, previa calibración y validación del mismo, así como realizar diversas simulaciones que tengan en cuenta distintas cuantías de extracciones del acuífero, junto con tres tipos de ciclos termopluviométricos.

Todo lo anterior arrojará una serie de resultados que habrán de servir de ayuda en la planificación hidrológica de este acuífero ante la realidad que va a suponer el establecimiento de la nueva infraestructura hidráulica consistente en el trasvase de aguas procedentes del río Júcar a la cuenca del río Vinalopó.

Por consiguiente, el presente estudio se encamina a optimizar la gestión del acuífero de Solana y mejorar el aprovechamiento de sus disponibilidades, siempre dentro de hipótesis de explotación que planteen un uso sostenible del mismo.

### **3. METODOLOGÍA DE TRABAJO.**

### **3. METODOLOGÍA DE TRABAJO.**

La premisa en la que se basan los modelos de simulación radica en asumir el hecho de que si un determinado modelo es capaz de reproducir situaciones pretéritas de un sistema físico cuyos parámetros hidrodinámicos, acciones exteriores y evolución se conocen, es presumible que dicho modelo será capaz de predecir situaciones futuras, permitiendo anticipar en el tiempo la evolución del sistema ante diferentes hipótesis de gestión y tomar las medidas precautorias, de control o correctoras adecuadas, para garantizar la evolución del mencionado sistema dentro de unos límites de sostenibilidad.

La construcción de un modelo precisa de la aplicación de una metodología de trabajo que en esencia consta de los siguientes pasos:

- Elección del modelo matemático a aplicar.
- Definición y establecimiento del modelo conceptual.
- Introducción y tratamiento de los datos de partida.
- Calibración del modelo matemático.
- Validación del modelo matemático.
- Análisis de sensibilidad.
- Explotación del modelo y simulación de hipótesis de gestión.

#### **3.1. Elección del modelo matemático.**

En el presente trabajo, cuyo objetivo es prever la evolución del acuífero de Solana ante diferentes alternativas de gestión, se emplea un modelo matemático unicelular de tipo depósito, para simular las variaciones que se producirían en los recursos hídricos del sistema, ante las diversas hipótesis que se ensayen.

Dicho modelo matemático ya ha sido empleado con éxito en otros estudios de acuíferos kársticos en condiciones climáticas semejantes a las del presente, como es el caso del acuífero jurásico de Cabezón de Oro (Murillo, J.M. y De la Orden, J.A., 1996), el acuífero de Orba (Murillo, J.M. y De la Orden, J.A., 1999) y el acuífero del Ventós – Castellar (Andreu *et al.*, 2001) ubicados también en la provincia de Alicante.

El modelo en cuestión trata de reproducir el fenómeno recarga – explotación - evolución de los niveles piezométricos. Con lo cual se dispone de una herramienta que facilita la toma de decisiones acerca de las diferentes alternativas de gestión del acuífero.

Cabe señalar, que el modelo que a continuación se expone, tiene su fundamento en el modelo MEDA (Iglesias, 1988).

Este modelo tiene aplicación en acuíferos que reaccionen ante la recarga de un modo rápido, independientemente de que su agotamiento sea lento. En el apartado 1 (Características generales del acuífero), ya se señaló que el acuífero en estudio está constituido por calizas y dolomías del Cretácico Superior, siendo permeable por fisuración y karstificación, lo que hace que el modelo elegido sea apropiado para este tipo de acuíferos.

En el modelo, la recarga natural al acuífero corresponde a una fracción de la lluvia útil (diferencia entre precipitación y evapotranspiración real).

Las fórmulas de cálculo de lluvia útil en función de precipitación y temperatura y otros parámetros de clima y situación geográfica, son diversas, únicamente aproximadas y aplicables a regiones y climas concretos. Por eso, cuando en su día se analizaron, para su aplicación en el modelo MEDA, los valores de la ETP y ETR en España, a través de las

publicaciones tituladas "Guía resumida del clima en España" (INM,1982) y "Evapotranspiraciones potenciales y balances de agua en España" (Castillo y Giménez, 1965), se propuso, para su aplicación a dicho modelo, la siguiente expresión para la lluvia útil:

$$Llu_i = P_i - T_i^\beta$$

Donde  $P_i$  y  $T_i$  son la precipitación y la temperatura en el mes  $i$  y  $\beta$  un parámetro de calibración cuyo valor medio aproximado es 1,4 pero que puede variar entre 1,3 y 1,6 siendo más adecuados los valores altos para zonas cálidas y los más bajos para las más frías.

La recarga natural al acuífero para el mes  $i$ , viene dada por la expresión:

$$R_i = M \cdot (P_i - T_i^\beta)^N \quad (1)$$

Donde

- $R_i$  es la recarga natural que se produce en el período  $i$ .
- y  $M$  y  $N$  parámetros adimensionales de una correlación potencial; estos dos parámetros están sujetos a calibración.

La variación del almacenamiento que tiene lugar en el período " $i$ ", se puede evaluar mediante la expresión:

$$V_{Ai} = \Delta h_i \cdot FAG_i \quad (2)$$

Donde

- $V_{Ai}$ , es la variación de almacenamiento que tiene lugar en el período " $i$ ".

- $\Delta h_i$ , es la variación del nivel piezométrico durante el período "i".
- $FAG_i$ , es un factor llamado de almacenamiento global, cuyo valor es igual al producto del coeficiente de almacenamiento, S, por el área del embalse subterráneo, que, en principio, son desconocidos. Además, cada uno de estos factores puede adoptar valores diferentes para cada paso de tiempo, por lo que ambos parámetros deben calibrarse.

La variación del almacenamiento también se puede expresar como:

$$V_{Ai} = R_i - B_i \quad (3)$$

Donde  $B_i$  es la cantidad de agua bombeada durante el período "i".

Igualando las expresiones (2) y (3), se obtiene una expresión que relaciona las variables "variación del nivel piezométrico", con "la recarga" y "la extracción por bombeo", para un determinado período "i".

$$R_i - B_i = \Delta h_i \cdot FAG$$

$$\Delta h_i = (R_i - B_i) / FAG$$

$$\Delta h_i = [ M \cdot (P_i - T_i^\beta)^N - B_i ] / FAG \quad (4)$$

Una vez desarrollado el algoritmo matemático en que se fundamenta el modelo, se hace una breve descripción de los pasos a seguir para su calibración, validación, análisis de sensibilidad y posterior simulación de alternativas.

- Los datos de partida a utilizar son: precipitaciones, temperaturas, bombeos y variaciones de nivel piezométrico. Los períodos de la

simulación se identifican con cada mes natural, por lo que los datos de entrada al sistema han de operarse según ese mismo paso de tiempo.

- Para cada período de tiempo se calcula el valor de la expresión  $P_i - T_i^{\beta}$ , que corresponde a la lluvia útil. Este valor nunca puede tomar valores negativos, por lo cual, en los meses en que esto ocurra, el valor de la expresión de la lluvia útil se iguala a cero.
- Con este valor de lluvia útil, y con los demás valores de la expresión (4), que son datos de partida, se calibra los valores de los parámetros M, N y S, partiendo para este último de un valor acorde con la litología de la formación acuífera principal, hasta obtener, mediante la aplicación de dicha expresión, los valores de  $\Delta h_i$ , lo más parecidos posibles a los reales medidos en el acuífero. Una vez obtenidos los valores de M, N y S que proporcionen un ajuste bueno, se considerará calibrado el modelo. El paso siguiente será la validación del mismo con un periodo de tiempo distinto al de calibración. A continuación se realizará un análisis de sensibilidad del modelo variando cada uno de los 3 parámetros calibrados.
- Por último, se procederá a la simulación de cuantas alternativas de gestión se consideren de interés.

### **3.2. Establecimiento del modelo conceptual.**

En el acuífero de Solana se considera que las únicas entradas de agua al acuífero provienen básicamente de la recarga a la que da lugar la infiltración de la lluvia útil en las zonas de afloramiento de los materiales permeables, ya sean las calizas y dolomías Cretácicas o los depósitos Cuaternarios bajo los cuales no existen las margas del Terciario. Por otro lado existe una transferencia lateral proveniente del acuífero

Cuaternario de Caudete–Villena en el límite NO del acuífero de Solana, (ITGE – DPA, 1992). Las salidas de este sistema hídrico se realizan exclusivamente por bombeos en los pozos y sondeos de captación, que son utilizados en abastecimiento urbano e industria, así como en agricultura.

Dado que el modelo es de tipo unicelular, tendrá una única celda cuya extensión en planta es asimilable a la superficie del acuífero.

Se considera que la entrada lateral del acuífero de Caudete–Villena se puede determinar también mediante la expresión (1) extendiendo el área de infiltración del agua de lluvia en el acuífero Cretácico de Solana, a los materiales Cuaternarios de Caudete–Villena, de modo que el área introducida sea representativa de todo el volumen de lluvia útil infiltrada en el acuífero, ya sea lateralmente a través del Cuaternario de Caudete–Villena o bien directamente a través de los afloramientos permeables del Cretácico de Solana y de los Cuaternarios bajo los cuales no existen las margas del Tap mioceno.

Se establece que el modelo conceptual descrito es representativo del actual funcionamiento del sistema. Por tanto no se comete ningún error apreciable cuando se dice que el balance hídrico del acuífero se reduce en la actualidad a unas entradas procedentes de la lluvia que cae directamente sobre la superficie aflorante del acuífero y acuíferos colindantes conectados con él, y a unas salidas por bombeos.

### **3.3. Introducción y tratamiento de los datos de partida.**

Para la construcción del modelo matemático, se han considerado, con una periodicidad mensual, los siguientes datos de partida:

- Datos de niveles piezométricos.
- Datos de precipitaciones.
- Datos de temperaturas.
- Datos de extracciones.
- Otros datos.

### **3.3.1. Datos de niveles piezométricos.**

Los datos de niveles piezométricos del acuífero han sido facilitados por el Departamento de Ciclo Hídrico de la Excm. Diputación Provincial de Alicante y corresponden a la red de control que dicho organismo tiene en el acuífero. Estos datos también se encuentran almacenados en la base de datos "AGUAS" del IGME. Los datos de piezometría empleados, junto con los gráficos de su evolución temporal, se muestran en las tablas 1, 2 y 3 y en las figuras 4, 5 y 6 respectivamente, y se refieren a tres puntos de control que se identifican con el siguiente número de inventario del IGME:

- 2832-6-0019
- 2832-6-0010
- 2833-1-0061

Dado que los datos de extracciones mensuales con una continuidad de cuatro años seguidos, son los de los años 1994, 1995, 1996 y 1997, se han utilizado las medidas de niveles piezométricos de esos años, resultando que para el punto de control 2832-6-0019 se han aprovechado 17 medidas dentro de este período, las cuales van desde febrero de 1994 a diciembre de 1997, siendo el año 1997 el que más medidas posee no faltando ningún mes sin medir, a excepción de marzo y mayo. En el punto 2832-6-0010 se han utilizado las 11 medidas existentes en el citado período. Por último para el punto de control 2833-1-0061 se han utilizado

las 3 medidas tomadas para el año 1989, del que también se poseen datos mensuales de extracciones de aguas subterráneas en el acuífero.

Las características de los puntos de control empleados son las siguientes:

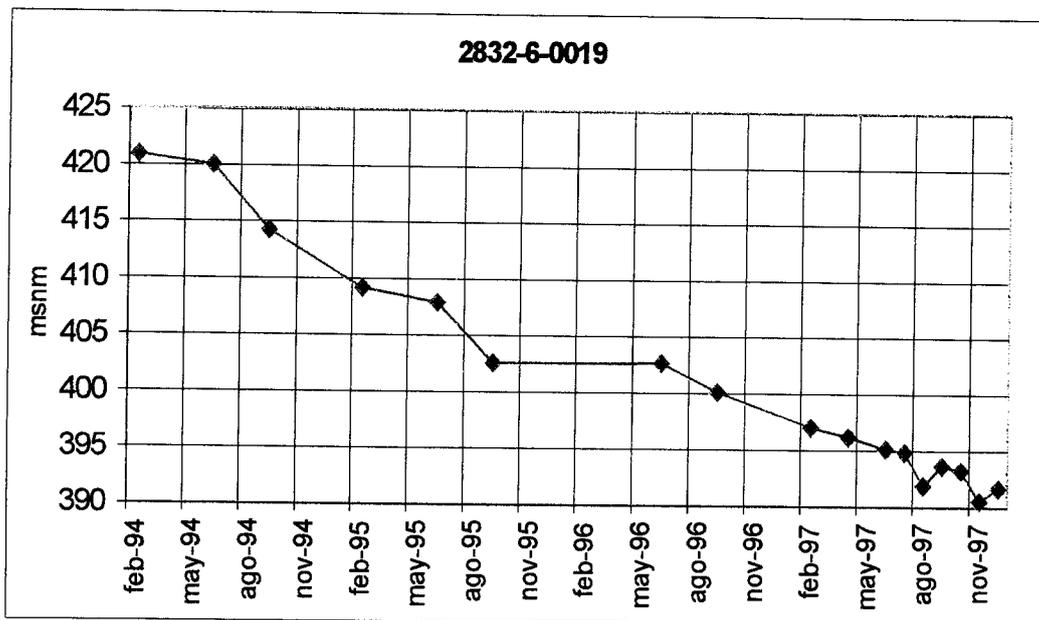
- Punto de control 2832-6-0019:
  - X UTM (m): 694.160
  - Y UTM (m): 4.283.750
  - Z (m): 582
  - Tipo: Pozo
  - Término municipal: Campo de Mirra
  
- Punto de control 2832-6-0010:
  - X UTM (m): 697.334
  - Y UTM (m): 4.287.040
  - Z (m): 618
  - Tipo: Pozo
  - Término municipal: Benejama
  
- Punto de control 2833-1-0061:
  - X UTM (m): 687.150
  - Y UTM (m): 4.278.270
  - Z (m): 529
  - Tipo: Pozo
  - Término municipal: Villena

**Tabla 1. Niveles medidos en el punto de control 2832 6 0019 para el período 1994/97**

<b>FECHA</b>	<b>MEDIDA (msnm)</b>
24/02/1994	420,91
16/06/1994	419,99
26/09/1994	414,2
14/02/1995	409,18
06/06/1995	407,92
29/09/1995	402,54
05/06/1996	402,58
04/09/1996	400,09
15/02/1997	397
15/04/1997	396,1
11/06/1997	395,1
15/07/1997	394,8
16/08/1997	391,8
15/09/1997	393,6
15/10/1997	393,2
16/11/1997	390,5
16/12/1997	391,6

**Tabla 2. Niveles medidos en el punto de control 2832 6 0010 para el período 1994/97**

<b>FECHA</b>	<b>MEDIDA (msnm)</b>
24/02/1994	432,63
17/06/1994	432,28
26/09/1994	426,71
14/02/1995	423,81
06/06/1995	421,12
29/09/1995	420,50
05/06/1996	414,09
04/09/1996	410,13
20/02/1997	408,87
11/06/1997	407,22
05/09/1997	406,03



**Figura 4. Evolución piezométrica en el punto de control 2832 6 0019 durante el período de 1994 a 1997.**

La interpretación de las columnas litológicas disponibles en los puntos de control empleados son las siguientes (IGME – DPA, 2003):

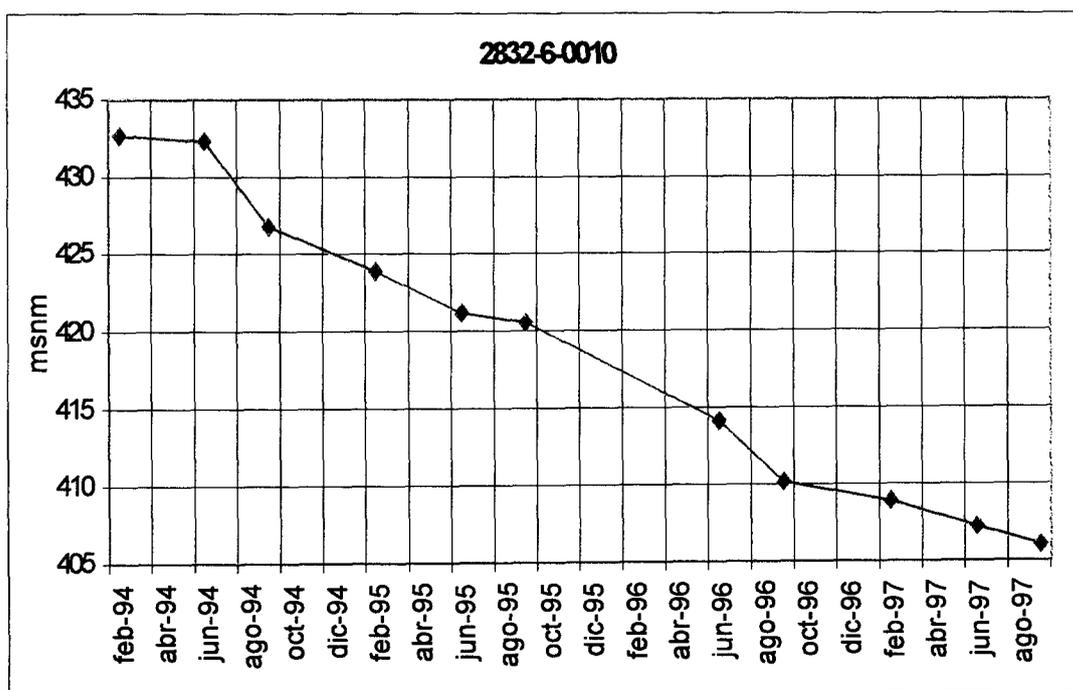
- Punto de control 2832-6-0019:
  - Desde 0 m a 125 m. Calizas y dolomías, Senoniense-Turonense.
  - Desde 125 m a 185 m. Dolomías arcillosas, Formación Franco.
  - Desde 185 m a 285 m. Dolomías grises, Cenomaniense.
  - Desde 285 m a 300 m. Arenas y arcillas, Albiense (Utrillas).
  
- Punto de control 2832-6-0010:
  - Desde 0 m a 50 m. Conglomerados, Cuaternario – Plioceno.
  - Desde 50 m a 62 m. Arcillas rojas plásticas, Cuaternario-Plioceno.
  - Desde 62 m a 313 m. Margas azules, Mioceno Superior.
  - Desde 313 m a 384 m. Calizas, Senoniense?.
  - Desde 384 m a 466 m. Margas, Mioceno?.

- Punto de control 2833-1-0061:
  - Desde 0 m a 46 m. Congolmerados, Cuaternario.
  - Desde 46 m a 130 m. Caliza blanca micrítica, Senoniense.
  - Desde 130 m a 195 m. Dolomía oscura, Formación Benejama.
  - Desde 195 m a 288 m. Dolomía arcillosa, Formación Franco.
  - Desde 288 m a 350 m. Dolomía gris, Formación Quesada.
  - Desde 350 m a 360 m. Arcillas blancas y dolomías, Albiense.

En los datos de piezometría expuestos, se ha escogido el período de 1994 a 1997 para calibrar el modelo, debido a que como ya se ha dicho es, en este período, en donde se poseen datos de extracciones mensuales continuos a lo largo de esos 4 años. Para la calibración se empleará un mismo punto acuífero, el 2832-6-0019; ya que, es difícil correlacionar entre sí, las medidas existentes entre varios puntos piezométricos, debido, fundamentalmente, a que las cotas topográficas de cada sondeo no son conocidas con exactitud, y, por tanto, como consecuencia de esto, se introduciría un error de cota en las medidas de nivel al pasar de los datos de un sondeo a los de otro. Este hecho provocaría para los distintos intervalos de tiempo, según se utilice uno u otro piezómetro, un pequeño desajuste, más aparente que real, en la calibración del modelo.

La evolución piezométrica del acuífero de Solana refleja una clara situación de sobreexplotación. Los importantes descensos que experimentaron los niveles piezométricos del acuífero hasta 1986 coincidieron con un período relativamente seco y unos niveles de explotación que deben situarse por encima de los  $30 \text{ hm}^3 / \text{a}$ . El período de 1986 a 1990 coincide con un período más bien húmedo, con comportamientos en que se observan recuperaciones piezométricas (sector Campo de Mirra y zona oriental) o equilibrios (Villena); al final de

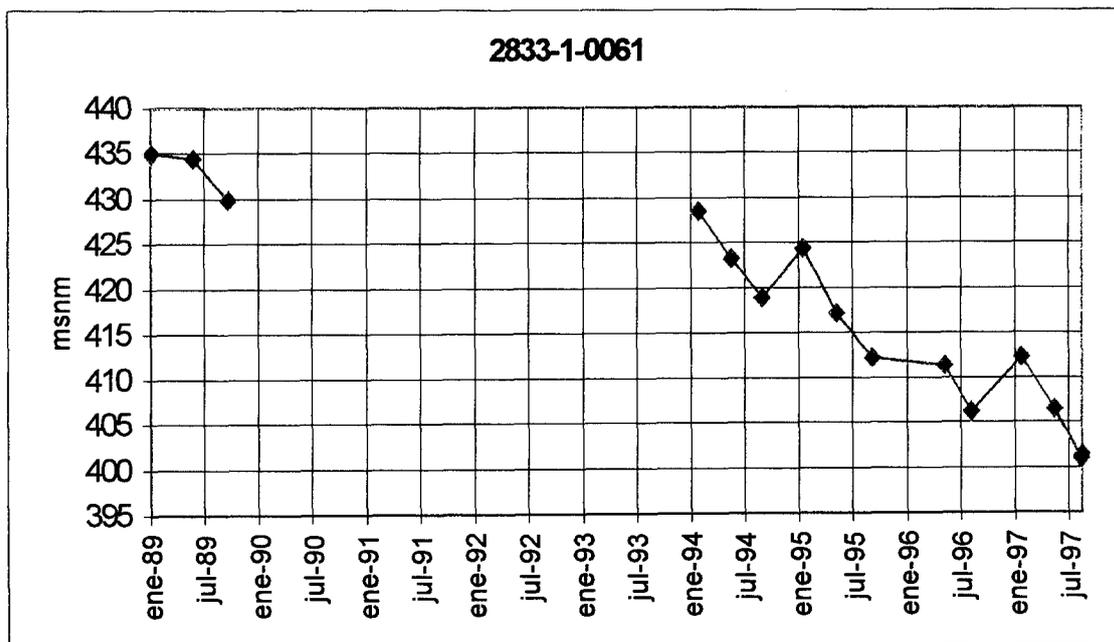
este período las recuperaciones pasan a equilibrio y los equilibrios a suaves descensos. Los diferentes comportamientos zonales están en relación con la distribución espacial de la explotación y de la recarga. En la zona occidental, donde se concentra el 90% de la explotación los niveles no se mantienen, mientras que en las zonas más orientales, sometidas a una explotación menos intensa, presentan un mejor comportamiento en este período (IGME – DPA, 2003). Es a partir de 1994, en una situación de sequía y con las explotaciones por encima de los 35 hm<sup>3</sup>/a, cuando la superficie piezométrica inicia un nuevo descenso generalizado el cual se puede observar en los gráficos de evolución piezométrica de las figuras 4, 5 y 6.



**Figura 5. Evolución piezométrica en el punto de control 2832 6 0010 durante el período de 1994 a 1997.**

**Tabla 3. Niveles medidos en el punto de control 2833 1 0061 para el año 1989 y durante el período 1994/97**

FECHA	MEDIDA (msnm)
31/01/1989	434,95
22/06/1989	434,35
17/10/1989	429,75
24/02/1994	428,44
17/06/1994	423,12
26/09/1994	418,8
14/02/1995	424,26
06/06/1995	417,07
03/10/1995	412,15
04/06/1996	411,32
03/09/1996	406,1
19/02/1997	412.25
10/06/1997	406.42
10/09/1997	400.86
11/09/1997	401.29



**Figura 6. Evolución piezométrica en el punto de control 2833 1 0061 en el año 1989 y durante el período de 1994 a 1997.**

### **3.3.2. Datos de precipitaciones.**

En el Alto Vinalopó el clima es un factor fundamental que condiciona enormemente la utilización y explotación de sus recursos hídricos, debido a la gran importancia de la agricultura en la comarca y a la transferencia habitual de los mismos a otras zonas de la provincia de Alicante.

De cara a introducir los datos de pluviometría, en el modelo matemático de simulación, se han escogido los de la estación meteorológica 8007 Villena, por estar ubicada en la zona del acuífero de Solana y, por ser la más representativa de la precipitación que tiene lugar sobre este acuífero (ITGE – DPA, 1992).

La situación de la estación meteorológica nº 8007 (Villena), corresponde a las coordenadas UTM:  $X = 685285$  e  $Y = 4278314$  (Huso 30S) y cota topográfica 505 msnm. Dicha estación es termopluviométrica, y sus medidas de precipitación mensuales han sido facilitadas por el Instituto Nacional de Meteorología, y completadas desde 1960 hasta 1999 (ambos inclusive), dentro del informe titulado “Caracterización Básica de la Climatología del Alto Vinalopó” realizado por el IGME en colaboración con la DPA (ITGE – DPA, 2000) y enmarcado dentro del proyecto titulado “Posibilidades de almacenamiento de las aguas del trasvase Júcar-Vinalopó en los embalses subterráneos provinciales mediante recarga artificial (Alicante)” (IGME - DPA, 2002).

### **3.3.3. Datos de temperaturas.**

En cuanto a los datos de temperaturas se han utilizado también los datos de la estación meteorológica termopluviométrica nº 8007 (Villena), que es la más representativa de las condiciones climáticas del área en el que se sitúa el acuífero de Solana.

Las medidas de temperaturas mensuales de la mencionada estación se han tomado de la base de datos del IGME, que posee datos del Instituto Nacional de Meteorología desde 1960 hasta 1991, y que posteriormente se han completado hasta 1999, con la única excepción del año 1994, del que se carece por completo de medidas, y del año 1992, en el que únicamente falta el dato de la temperatura media del mes de diciembre. En vista de esto, se han completado estos 13 datos con los de la estación meteorológica termopluviométrica nº 8006I, (Villena – La Vereda) obteniendo estos últimos del informe mencionado anteriormente que se titula “Caracterización básica de la climatología del Alto Vinalopó” (ITGE – DPA, 2000).

Los datos mensuales de precipitaciones y temperaturas utilizados en este informe se recogen en el anexo nº 1.

#### **3.3.4. Datos de extracciones.**

En la Comarca del Alto Vinalopó las salidas del sistema se realizan exclusivamente por bombeos en los pozos y sondeos de captación. Estos se agrupan en baterías controladas en su mayor parte por la Comunidad General de Usuarios del Alto Vinalopó (CGUAV). Además existen una serie de pozos privados, no gestionados directamente por la CGUAV, que funcionan como apoyo a estas baterías.

En lo referente a los datos de extracciones realizadas en el acuífero de Solana, se tienen los aportados por el Departamento de Ciclo Hídrico de la Excma. Diputación Provincial de Alicante. Estos datos pertenecen a la Base de Datos de Aguas de la Diputación, los cuales se obtienen a partir del Sistema de Telemedida y Control de Recursos Hídricos e Infraestructuras Hidráulicas, de la Excma. Diputación Provincial de Alicante.

En la tabla 4 se dan los datos mensuales de extracciones, introducidos en el modelo matemático para calibrar el mismo, desde el año 1994 al año 1997. En la figura 7 se muestra la distribución porcentual por meses, de las explotaciones incorporadas al modelo, desde 1994 hasta 1997. En la tabla 5 se observa la explotación del acuífero por sectores (IGME – DPA, 2003); en esta tabla se puede apreciar que la distribución de la explotación se encuentra muy concentrada en el extremo occidental del acuífero, donde se alcanza el 77% de la explotación del mismo dentro del término municipal de Villena, en los sectores Villena Norte, Villena y Sierra de la Villa Sur.

Se constata que el uso preferente del agua es el regadío, al que se destina el 62,3% de la explotación del acuífero en el año 1997 (20.469.364 m<sup>3</sup>), el resto se utiliza en su casi totalidad para el abastecimiento (12.182.731 m<sup>3</sup>) y tan solo 185.000 m<sup>3</sup> tuvieron un uso industrial para ese año (IGME – DPA, 2003). Una parte importante del agua se destina a zonas de demanda situadas fuera de las zonas de extracción (Villena, Cañada, Campo de Mirra y Benejama), dentro del Medio Vinalopó. En el año 1997, el 76% del agua destinada al abastecimiento se consume preferentemente en el término municipal de Alicante y otros próximos gestionados por la empresa Aguas Municipalizadas de Alicante; con respecto al regadío, la exportación de caudales supone aproximadamente un 41% de las destinadas a este uso (IGME – DPA, 2003).

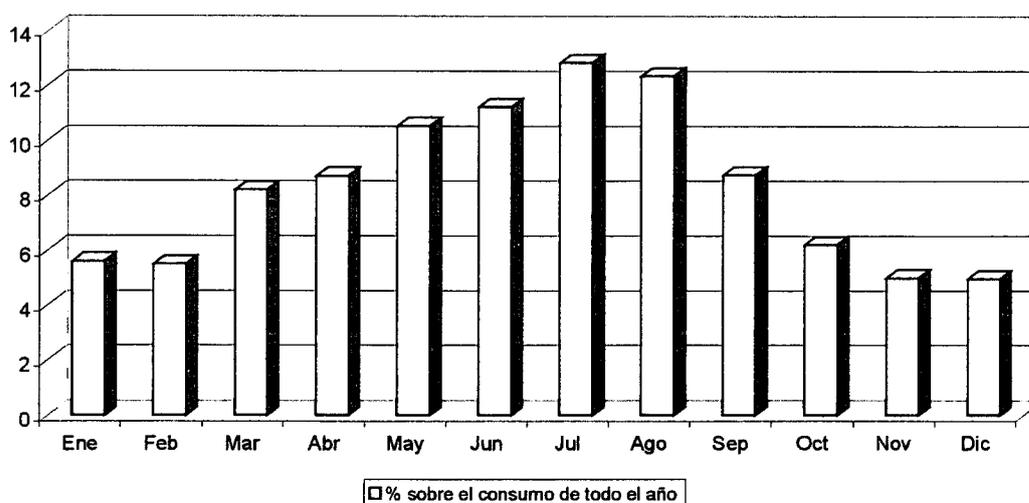
Por último, en la tabla 6, se dan las explotaciones anuales, del acuífero, indicando la fuente de la que proceden los datos, así como algunas observaciones sobre los mismos. Estos datos son los dados en el trabajo titulado “Determinación de las reservas útiles en acuíferos de abastecimiento público en Alicante” (IGME – DPA, 2003).

**Tabla 4. Datos de explotaciones en el acuífero de Solana.**

**Fuente: Excma. Diputación Provincial de Alicante.**

	1994	1995	1996	1997
<b>Ene</b>	1.916.845	1.923.098	2.027.588	2.216.504
<b>Feb</b>	2.405.521	2.423.837	1.921.202	1.199.502
<b>Mar</b>	3.348.067	2.598.968	2.831.334	3.066.139
<b>Abr</b>	3.102.607	3.391.459	3.108.080	2.966.504
<b>May</b>	3.857.786	4.182.036	3.440.952	3.713.661
<b>Jun</b>	4.502.100	3.906.779	4.332.765	3.424.065
<b>Jul</b>	4.915.192	4.658.517	4.810.161	4.130.475
<b>Ago</b>	4.466.447	4.321.716	4.835.385	4.183.177
<b>Sep</b>	3.140.441	3.223.845	3.527.887	2.714.283
<b>Oct</b>	1.688.516	2.654.983	2.780.136	1.835.320
<b>Nov</b>	1.705.486	2.485.869	1.404.052	1.621.424
<b>Dic</b>	1.631.889	2.192.261	1.567.564	1.766.041
<b>Total</b>	<b>36.680.896</b>	<b>37.963.368</b>	<b>36.587.106</b>	<b>32.837.095</b>

**Distribución porcentual por meses de las explotaciones**



**Figura 7. Distribución porcentual por meses de las explotaciones del acuífero sobre el total anual. Período 1994-97.**

**Tabla 5. Distribución de la explotación, por sectores, en el acuífero de Solana para el período de 1994 a 1997 (IGME-DPA, 2003).**

Sector	Volumen año 1994 (m <sup>3</sup> )	%	Volumen año 1995 (m <sup>3</sup> )	%	Volumen año 1996 (m <sup>3</sup> )	%	Volumen año 1997 (m <sup>3</sup> )	%
Alorines	2.560.518	6,98	2.345.094	6,18	2.002.212	5,47	1.589.892	4,84
El Morrón	2.862.474	7,8	3.071.417	8,09	3.068.635	8,39	2.848.606	8,67
Villena	16.054.548	43,77	16.529.564	43,54	16.189.618	44,25	15.392.047	46,87
Villena Norte	275.030	0,75	275.030	0,72	225.030	0,62	190.155	0,58
Campo de Mirra-Benejama	1.670.096	4,55	2.025.952	5,34	1.728.363	4,72	1.908.610	5,81
Morrón Este	1.135.020	3,09	1.518.960	4	1.322.295	3,61	1.168.773	3,56
Cañada-Oeste	181.016	0,49	124.632	0,33	289.008	0,79	155.520	0,47
Sierra de La Villa-Sur	11.942.194	32,56	12.072.719	31,8	11.761.945	32,15	9.583.492	29,18
Total	36.680.896	100	37.963.368	100	36.587.106	100	32.837.095	100

A la vista de los datos de explotación, existentes, más recientes, cabe indicar, que, en períodos húmedos las extracciones anuales del acuífero son de unos 30 hm<sup>3</sup> /a, mientras que para períodos secos superan los 36 hm<sup>3</sup> /a.

**Tabla 6. Explotación en el acuífero de Solana (ITGE-DPA, 1999).**

Explotación (hm <sup>3</sup> )	Año	Fuente	Observaciones
19,65	1974	IGME- IRYDA	Esencialmente Solana
30,3	1989	CHJ	La CHJ da la cifra de 36,5 incluyendo Onteniente y Bocairente, que considerando la misma proporción con respecto a la explotación total que la del año 1994, resultan los 30,3 indicados
36,7	1994	DPA-IGME	Solana
37,9	1995	DPA-IGME	Solana
36,6	1996	DPA-IGME	Solana
32,8	1997	DPA-IGME	Solana

### **3.3.5. Otros datos.**

Para simplificar, puesto que se conoce el dato del área de los afloramientos permeables del acuífero, se ha considerado para éste, el valor dado en el trabajo titulado "Determinación de las reservas útiles en acuíferos de abastecimiento público en Alicante" (IGME – DPA, 2003), donde, como ya se dijo, se establece la última definición de los límites del acuífero. Por tanto el área de los afloramientos permeables del Cretácico de Solana que se considera es de 117.875.000 m<sup>2</sup>, habiéndose considerado que este valor permanece constante a lo largo del período de simulación. Esta consideración permite que, en la calibración del modelo, únicamente se tenga que actuar sobre el coeficiente de almacenamiento.

Los valores del coeficiente de almacenamiento de la formación acuífera principal (Cretácico Superior), según el estudio titulado "Evaluación de los recursos hídricos subterráneos y propuesta de normas de explotación de la unidad de Solana" (ITGE – DPA, 1992), son variables, oscilando entre 0,002 y 0,10, mayores en la parte libre del acuífero y menores en las zonas confinadas del mismo, si bien es cierto que el valor de 0,10 sólo se alcanza en una zona reducida muy cercana a la localidad de Villena, oscilando la variación de este parámetro, en el resto del acuífero, entre 0,002 y 0,022.

### **3.4. Calibración del modelo.**

La fase más crítica del desarrollo del modelo consiste en la calibración y en el análisis de sensibilidad del sistema. Para la realización del proceso de calibración es necesario disponer de información de tipo histórico correspondiente a las condiciones de explotación del sistema, poseer datos meteorológicos de la zona, así como conocer la piezometría

alcanzada como resultado de la evolución en el tiempo de estos parámetros. Todos estos datos ya han sido analizados en el apartado 3.3.

Durante la fase de calibración se han variado los parámetros M, N y S, en la expresión matemática (4), realizando un proceso de iteración, mediante el cual se introducen los valores de estos parámetros, se ejecuta el modelo y se comparan los resultados obtenidos con la información piezométrica histórica disponible para la zona modelizada. Si en los resultados obtenidos existe una discrepancia alta entre los valores modelizados y los medidos en el campo, se modifican los parámetros y se itera nuevamente el proceso. La calibración finaliza cuando la diferencia entre los resultados modelizados y los medidos está por debajo de un valor de cierre que sería el error asumido.

En la calibración del modelo se ha utilizado el período de 1994 a 1997, debido a que es, en este período, en donde se poseen datos de extracciones mensuales continuos a lo largo de esos 4 años, no existiendo este tipo de limitación en los datos de niveles piezométricos anteriormente comentados en el apartado 3.3.1.

Para calibrar los parámetros M, N y S se ha utilizado una hoja de cálculo Excel, que permite optimizar la expresión matemática (4) la cual contiene los tres parámetros en principio desconocidos, si bien es cierto que para S, se ha partido de un valor acorde con la litología de la formación acuífera principal. No obstante, como ya se comentó en el apartado 3.3.5., según el estudio titulado "Evaluación de los recursos hídricos subterráneos y propuesta de normas de explotación de la unidad de Solana" (ITGE – DPA, 1992), los valores de S son variables, oscilando entre 0,002 y 0,022 en la mayor parte del acuífero. En este sentido cabe indicar que el valor del coeficiente de almacenamiento con el que se ha

conseguido un buen ajuste ha sido el de 0,01 que viene a estar muy cercano al promedio (0,012) de los valores indicados.

Basándose en esta premisa se ha operado de forma automática con los datos del período de calibración, obteniéndose unos valores de M, N y S que han proporcionado un ajuste que se considera suficiente. Dichos valores han resultado ser:

$$M = 0,9$$

$$N = 0,89$$

$$S = 0,01$$

Con lo cual la expresión (4), queda como sigue:

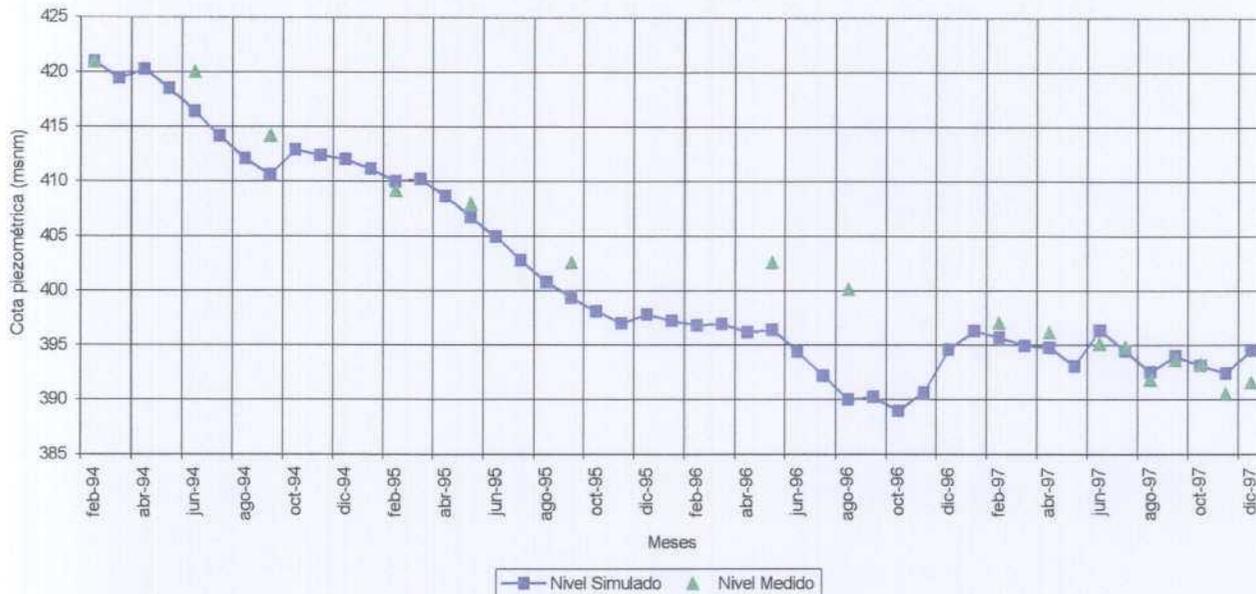
$$\Delta h_i = [ 0,9 \cdot (P_i - T_i^\beta)^{0,89} - B_i ] / (A \cdot 0,01)$$

Siendo A, el área del acuífero, y  $R_i = 0,9 \cdot (P_i - T_i^\beta)^{0,89}$ , la recarga natural del acuífero para cada período de simulación.

Cabe destacar el buen ajuste obtenido, para los años 1994, 1995 y, especialmente, para el año 1997 año en el que se tiene el mayor número de medidas del nivel piezométrico.

En la figura 8 se puede observar la representación gráfica, para el período de calibración, de la evolución de los niveles piezométricos medidos y simulados, utilizando los parámetros obtenidos en la calibración. Todo el proceso del desarrollo matemático de la modelización (calibración, validación y comprobación) se acompaña en los anexos nº 2, nº 3 y nº 4.

Acuífero de Solana (U.H. 08.36). Calibración del modelo



**Figura 8. Calibración del modelo con  $M = 0,9$  ,  $N = 0,89$  y  $S = 0,01$ . Punto de control 2832-6-0019.**

### 3.5. Validación y comprobación del modelo.

El siguiente paso en la elaboración del modelo es la validación y comprobación del mismo, con los parámetros obtenidos en el proceso de calibración, pero en un período de tiempo diferente. En este caso se ha realizado la validación, con los datos existentes en el punto acuífero 2832-6-0010 (distinto al punto acuífero con el que se ha realizado la calibración, que ha sido el 2832-6-0019), que tiene 11 medidas, en el período 1994-1997, que van desde febrero de 1994 a agosto de 1997.

Por tanto se ha realizado la validación del modelo, con el mismo período que el de calibración, pero comparando los resultados con la evolución piezométrica medida en un punto de control distinto, debido a que fuera del período 1994-1997, únicamente se tienen datos completos de

explotaciones para el año 1989, procedentes, en este último caso, de un estudio realizado por la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ, 1991).

La validación ha arrojado como resultado un ajuste de una bondad similar a la de la calibración, con lo cual se considera validado el modelo con los parámetros obtenidos en la calibración del mismo.

Posteriormente, con los datos de extracciones del año 1989, provenientes del citado estudio realizado por la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ, 1991); se ha procedido a realizar la comprobación del modelo, en este último caso, empleando el punto de control 2833-1-0061, cuyas características ya se comentaron en el apartado 3.3.1.

Los resultados arrojados por la comprobación del modelo, para el año 1989, en ningún momento pueden hacer replantearse una variación de los parámetros obtenidos en la calibración del modelo, ya que el ajuste obtenido también es bueno, y, en cualquier caso, hay que tener en cuenta que se trata de un solo año.

En la figura 9, se observa la representación gráfica, para el período de validación (1994-1997), de la evolución de los niveles piezométricos medidos y simulados, utilizando los parámetros obtenidos en la calibración.

Igualmente en la figura 10, se tiene la representación gráfica de la comprobación del modelo para el año 1989, empleando los niveles piezométricos medidos en un punto de control distinto a los empleados tanto en la calibración del modelo, como en la validación del mismo, siendo también distintos, entre ellos, los puntos de control utilizados en estos otros dos pasos previos a la comprobación del modelo.

Acuífero de Solana (U.H. 08.36). Validación del modelo



Figura 9. Validación del modelo con los parámetros M, N y S obtenidos en la calibración. Punto de control 2832-6-0010.

Acuífero de Solana (U.H. 08.36). Comprobación del modelo

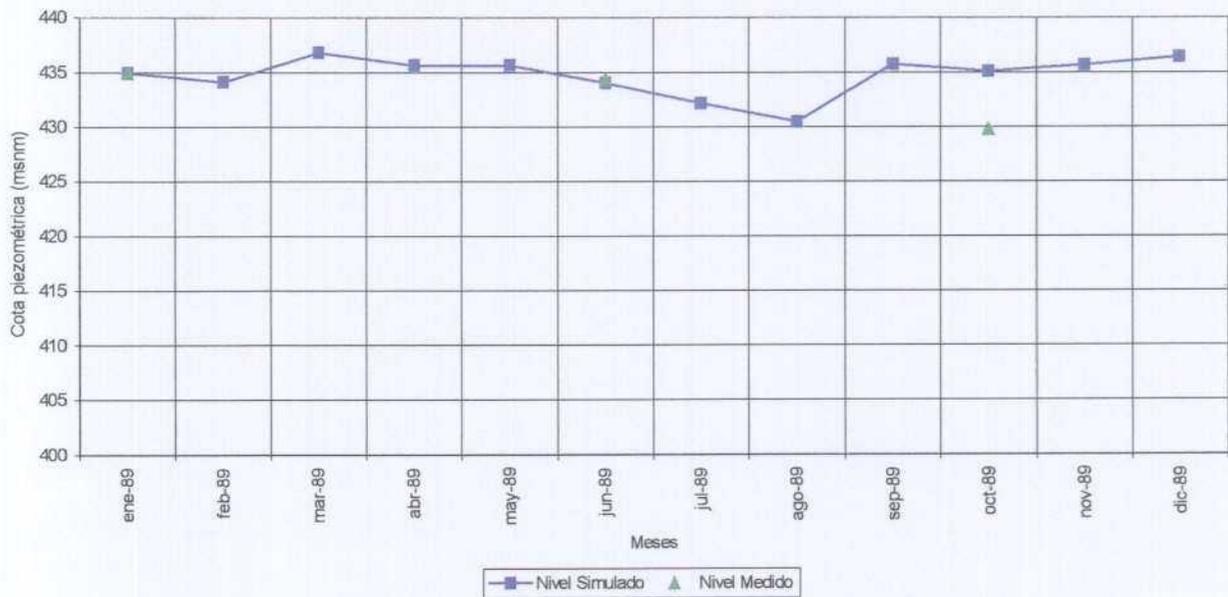


Figura 10. Comprobación del modelo para el año 1989. Punto de control 2833-1-0061.

### 3.6. Análisis de sensibilidad.

Variando los parámetros M, N y S, se observa como varían los resultados del modelo. Con esto se comprueba la sensibilidad del mismo.

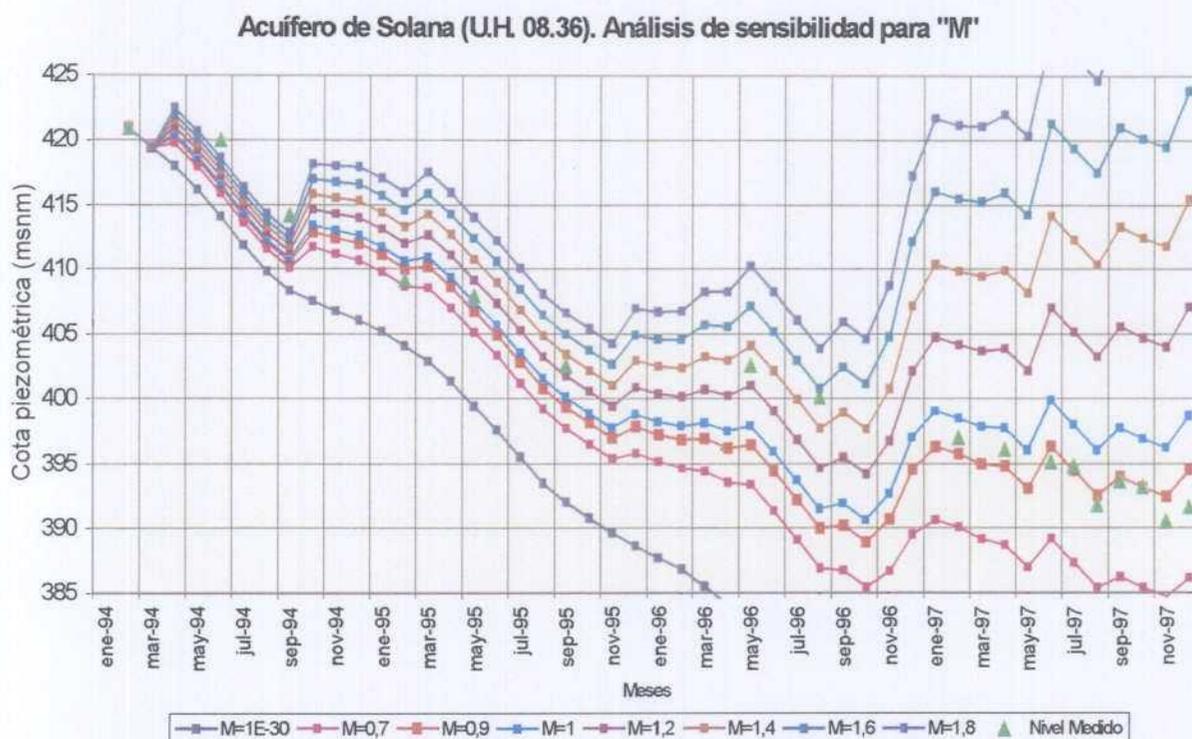


Figura 11. Análisis de sensibilidad para "M".

En el caso del parámetro "M", se ha operado con los valores:  $M = 10^{-30}$ ,  $M = 0,7$ ,  $M = 1$ ,  $M = 1,2$ ,  $M = 1,4$ ,  $M = 1,6$  y  $M = 1,8$  aparte del valor de  $M = 0,9$  que ha sido el utilizado en la calibración del modelo. En el análisis realizado los valores de N y S se han dejado fijos en los valores de calibración del modelo, es decir:  $N = 0,89$  y  $S = 0,01$ . Los resultados de este análisis de sensibilidad se observan gráficamente en la figura 11.

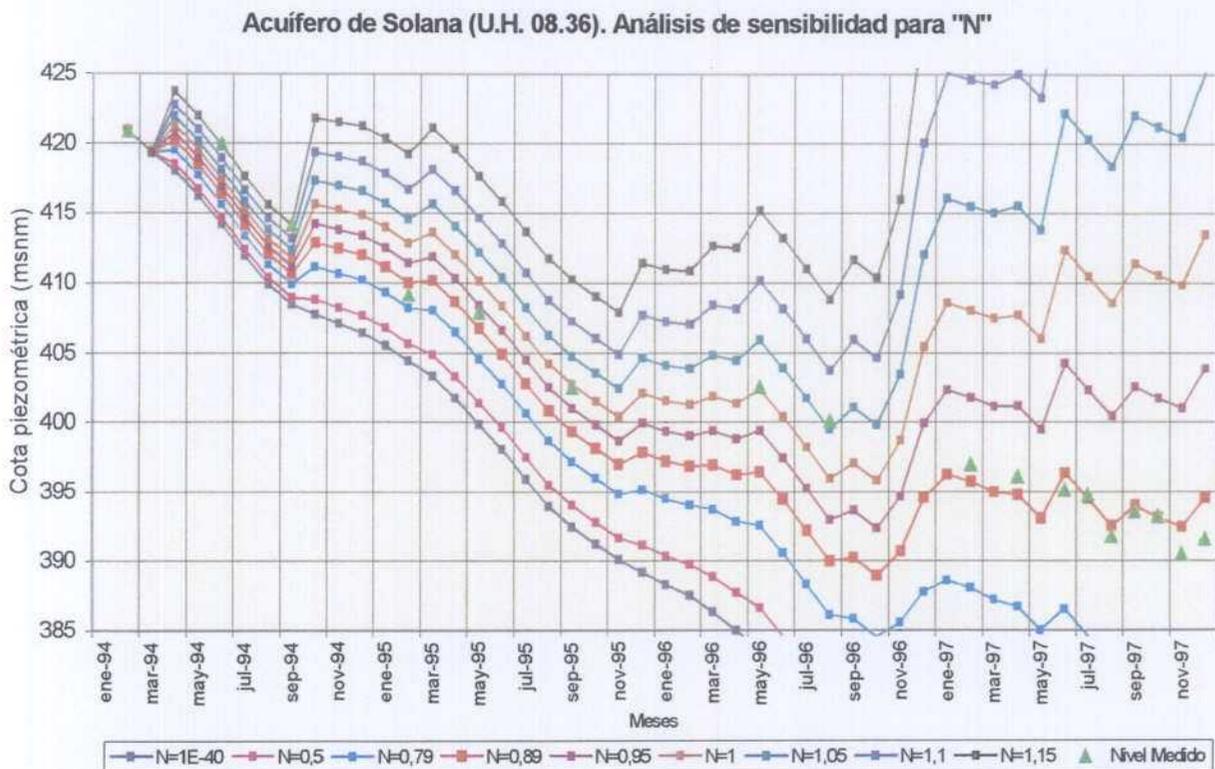
En la misma se puede ver que para valores de M comprendidos entre 1,2 y 1,6 los resultados que se obtienen se ajustan bien a los valores medidos

en la red piezométrica en el año 1996, pero se apartan notablemente de los controles realizados en esta red en los años 1995 y en concreto se alejan bastante de los niveles medidos en el año 1997 que es el período en donde se tiene una mayor cantidad de niveles medidos. En los tres años 1994, 1995 y 1997 se obtiene un mejor ajuste cuando se emplean valores de  $M$  situados entorno a 0,9. Por último indicar que para valores de  $M$  inferiores a 0,75 se obtienen unos resultados que difieren bastante de los obtenidos en la calibración ( $M = 0,9$ ), observándose la particularidad de que cuando se emplean valores de  $M$  inferiores a 0,6 los resultados obtenidos son muy similares entre ellos, y que incluso entre este valor y el de  $M = 10^{-30}$ , la variación que sufre el gráfico, de la evolución de los niveles simulados, es bastante reducida.

Por consiguiente se puede concluir que fuera del intervalo definido por  $1 > M > 0,81$  se obtienen unos resultados que se alejan destacadamente de los obtenidos en la calibración.

En el caso del parámetro "N", se ha realizado la simulación con los valores:  $N = 10^{-40}$ ,  $N = 0,5$ ,  $N = 0,79$ ,  $N = 0,95$ ,  $N = 1$ ,  $N = 1,05$ ,  $N = 1,1$  y  $N = 1,15$  aparte del valor de  $N = 0,89$ , que ha sido el utilizado en la calibración del modelo. En el análisis de sensibilidad de este parámetro, los valores de  $M$  y  $S$  se han dejado fijos en los valores de calibración del modelo, es decir:  $M = 0,9$  y  $S = 0,01$ . Los resultados del análisis de sensibilidad, para el parámetro "N", se muestran gráficamente en la figura 12. En la misma se puede observar análogamente a lo que ocurría para el parámetro  $M$ , que existen unos valores de  $N$  comprendidos entre 1 y 1,05 que permiten realizar un mejor ajuste de los datos tomados en el año 1996, pero a medida que se sube el valor de  $N$  por arriba de 0,95 los resultados se alejan por encima de los valores medidos que pertenecen al año 1997, año que tiene 9 medidas tomadas, por contraste con los otros tres años de la serie que en total suman 8 medidas realizadas en el punto

de control, siendo por tanto el año 1997 el que más controles piezométricos tiene. El parámetro N, en el análisis de sensibilidad, tiene un comportamiento muy similar al del parámetro M, ya comentado. En términos generales cabe indicar que para valores de N fuera del intervalo definido por  $0,91 > N > 0,87$  se obtienen unos resultados que se apartan notablemente de los obtenidos en la calibración ( $N = 0,89$ ).



**Figura 12. Análisis de sensibilidad para "N".**

En el caso del parámetro "S" se ha operado con los valores:  $S = 0,005$ ,  $S = 0,007$ ,  $S = 0,0082$ ,  $S = 0,012$ ,  $S = 0,015$ ,  $S = 0,02$  y  $S = 0,03$  aparte del valor de  $S = 0,01$ , que es el correspondiente a la calibración del modelo. En todos los supuestos los valores de M y N se han dejado fijos, en los valores de calibración del modelo, es decir:  $M = 0,9$  y  $N = 0,89$ . Los resultados del análisis de sensibilidad, para el parámetro "S", se observan gráficamente en la figura 13.

Acuífero de Solana (U.H. 08.36). Análisis de Sensibilidad para "S"

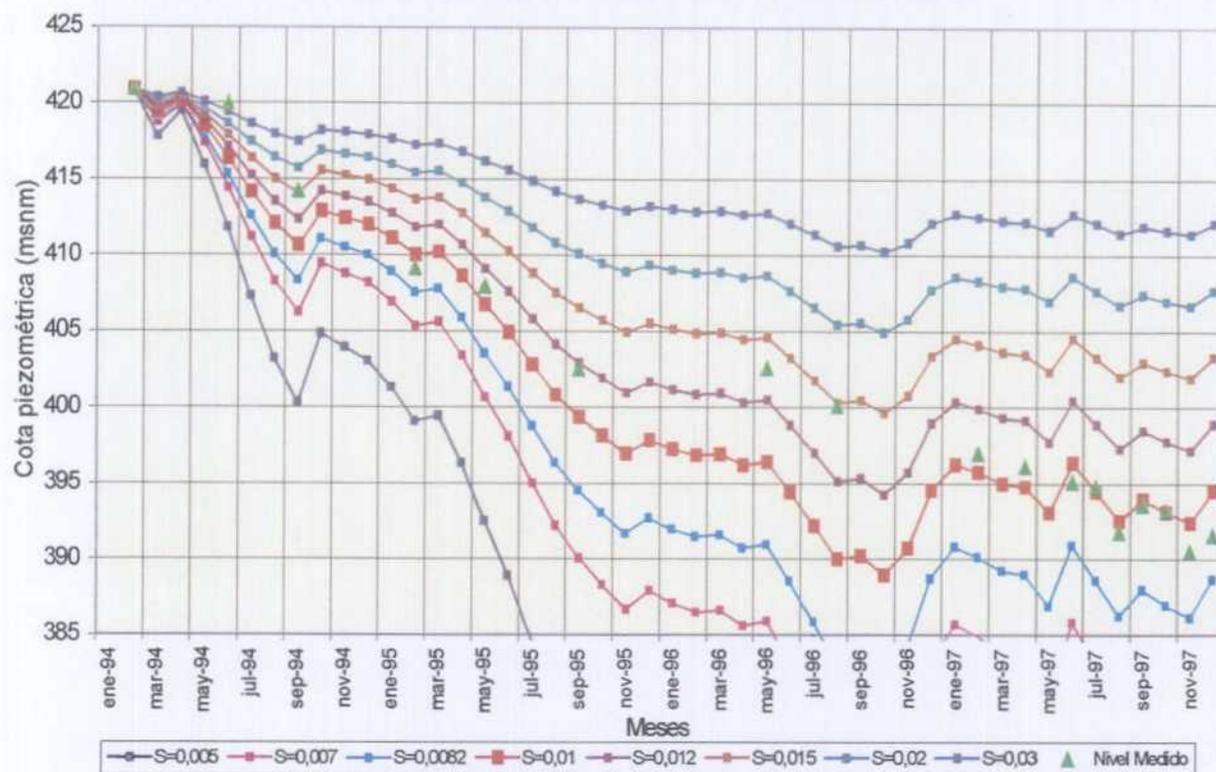


Figura 13. Análisis de sensibilidad para "S".

En dicha figura se observa, claramente que existen unos valores de S comprendidos entre 0,012 y 0,015 que permiten realizar un mejor ajuste de los datos tomados en el año 1996, pero a medida que subimos el valor de S por arriba de 0,012 los resultados se alejan por encima de los valores medidos pertenecientes al año 1997, que con 9 medidas, es el año que más controles piezométricos tiene. En términos generales cabe indicar que para valores de S fuera del intervalo definido por  $0,009 > S > 0,011$  se obtienen unos resultados que se apartan notablemente de los obtenidos en la calibración ( $S = 0,01$ ).

En las tres figuras expuestas anteriormente, relativas al análisis de sensibilidad del modelo, también aparecen los valores de los niveles

piezométricos medidos en el punto de control 2832-6-0019, que como ya se comentó, es el que se ha utilizado para la calibración del modelo.

En general se puede concluir que los valores de M, N y S obtenidos en la calibración del modelo admiten solo pequeñas variaciones, pues lo contrario conduce a resultados que se apartan notablemente de los obtenidos en la calibración. Esto implica que los valores de M, N y S definidos en el apartado de calibración dan lugar a un modelo bastante robusto y bien definido.

#### **4. GENERACIÓN DE SERIES HISTÓRICAS.**

#### **4. GENERACIÓN DE SERIES HISTÓRICAS.**

Una vez realizada la calibración del modelo matemático, así como su posterior validación, se han obtenido unos valores de los parámetros M y N que sirven para calcular la recarga natural del acuífero, no sólo en los períodos calculados (los de calibración, validación y comprobación), sino para todos los años hidrológicos en los que se tienen datos de precipitaciones y temperaturas. Concretamente en el presente informe se han utilizado los datos de la estación termopluviométrica nº 8007 (Villena), la cual posee datos para todos los meses, desde el año 1960 al año 1999.

Por tanto, tomando como base los valores de M y N obtenidos, así como los datos termopluviométricos comentados, y teniendo en cuenta todas las salvedades que sobre ellos se han realizado, se puede generar la serie histórica de la recarga natural al acuífero de Solana (tabla 7), así como los porcentajes de lluvia útil y recarga al acuífero sobre la precipitación acaecida, y el porcentaje de recarga al acuífero sobre la lluvia útil acaecida (tabla 8). En el anexo nº 3 se acompaña el desarrollo matemático de la modelización.

Dentro del paquete informático HIDROBAS (IGME – ETSIMM, 2000), que está constituido por un conjunto de programas integrados para el tratamiento de series hidrológicas y evaluación de aportaciones hídricas subterráneas, se ha empleado el programa Fundist para ajuste de funciones de distribución específicas. De esta forma lo que se pretende es realizar un análisis de la variabilidad de la aportación, en la estación meteorológica citada, mediante la elaboración de un diagrama de frecuencias acumuladas y su oportuno ajuste a una de las funciones de distribución habituales en hidrogeología. Posteriormente se procede a la obtención de los límites de precipitación para años secos, medios y húmedos.

De acuerdo con los datos de precipitaciones de que se dispone, se ha ajustado la serie de pluviometrías anuales a la ley de distribución de Goodrich. Definiendo los años húmedos como los que se encuentran por encima del 0,7 de probabilidad acumulada en la función de distribución, y los años secos como los que se encuentran por debajo del valor de 0,3. Los años medios de la serie corresponden a los valores comprendidos entre 0,3 y 0,7. En el anexo nº 4 se tiene la representación gráfica de la función de distribución de Goodrich así como las tablas de datos observados y probabilidades obtenidas.

La información contenida en la tabla 7 se ha representado gráficamente en la figura 14, donde se observa el tipo de año hidrológico para la estación citada, y en la figura 15, en la cual se muestran los valores de la recarga natural del acuífero para cada uno de los años hidrológicos estudiados. La serie tratada va desde el año hidrológico 1960-61 al año hidrológico 1998-99 por lo que el total de años hidrológicos estudiados ha sido de 39.

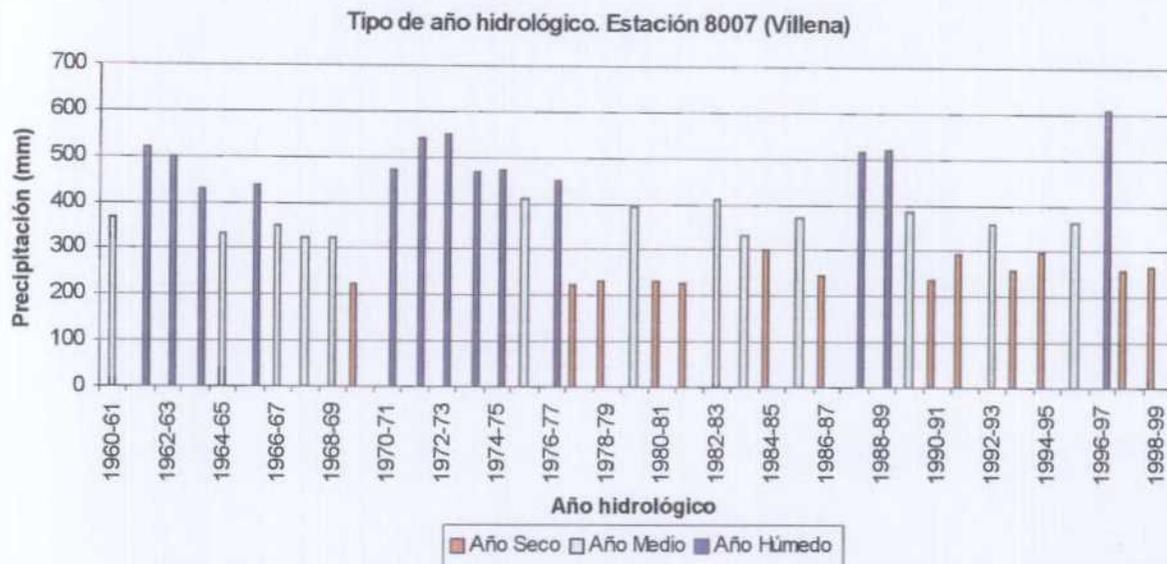
A partir de los datos contenidos en la tabla 7 se obtiene la tabla 8. En la misma se observa el porcentaje de lluvia útil con respecto a la lluvia caída, el porcentaje de recarga al acuífero sobre la precipitación acaecida y el porcentaje de recarga al acuífero sobre la lluvia útil acaecida.

A partir de los datos contenidos en las tablas 7 y 8 se pueden extraer las siguientes conclusiones acerca del comportamiento del acuífero durante el período en estudio (1960-1999):

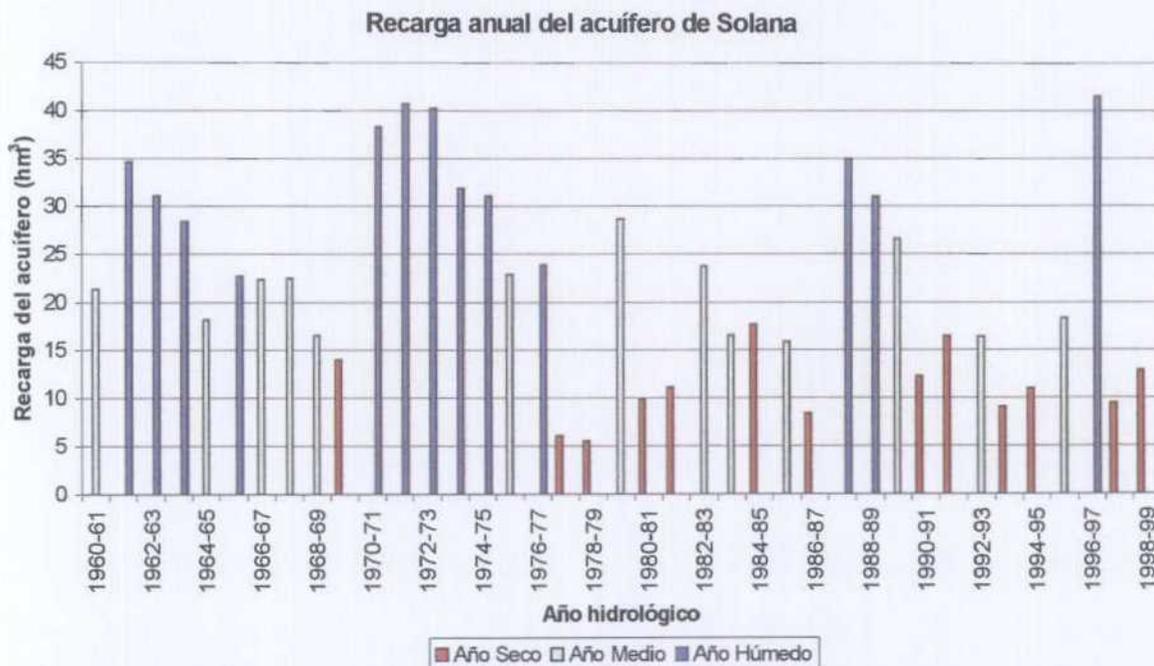
- El total de lluvia caída sobre el sistema ha sido de 14.513,05 mm, lo que supone un total de 3.162.030.769 m<sup>3</sup>. La fracción de esa lluvia que se ha convertido en lluvia útil ha sido de 1.429.265.417 m<sup>3</sup>. El valor medio anual del porcentaje de lluvia útil sobre la lluvia total caída en el acuífero para el período tratado es de 42,72% (véase tabla 8).

Tabla 7. Series Históricas de la Recarga Natural del acuífero de Solana.

Año Hidrológico	Lluvia (mm)	Lluvia (m <sup>3</sup> )	Lluvia útil (m <sup>3</sup> )	Recarga Natural (m <sup>3</sup> )	Tipo de año
1960-61	368,1	80.199.788	35.476.303	21.380.062	Medio
1961-62	520,2	113.338.575	60.718.552	34.699.696	Húmedo
1962-63	500,2	108.981.075	51.378.792	31.131.329	Húmedo
1963-64	430,7	93.838.763	49.542.387	28.431.031	Húmedo
1964-65	333,1	72.574.163	32.305.344	18.100.181	Medio
1965-66	439,3	95.712.488	37.570.176	22.687.135	Húmedo
1966-67	351	76.474.125	39.174.966	22.335.985	Medio
1967-68	324,5	70.700.438	36.867.218	22.484.031	Medio
1968-69	324,2	70.635.075	25.292.905	16.553.268	Medio
1969-70	225	49.021.875	22.853.377	14.042.017	Seco
1970-71	473,8	103.229.175	65.221.758	38.306.650	Húmedo
1971-72	544,1	118.545.788	70.185.313	40.708.156	Húmedo
1972-73	549,3	119.678.738	71.543.778	40.291.945	Húmedo
1973-74	466	101.529.750	55.197.074	31.927.628	Húmedo
1974-75	471,05	102.630.019	54.204.469	31.098.685	Húmedo
1975-76	411,7	89.699.138	37.731.979	22.893.024	Medio
1976-77	448,6	97.738.725	40.412.097	23.884.898	Húmedo
1977-78	222,2	48.411.825	8.977.955	6.039.657	Seco
1978-79	231,5	50.438.063	8.077.206	5.478.491	Seco
1979-80	394,5	85.951.688	48.508.943	28.674.219	Medio
1980-81	233,5	50.873.813	16.310.360	9.953.628	Seco
1981-82	226,5	49.348.688	17.410.575	11.082.150	Seco
1982-83	412,5	89.873.438	43.450.660	23.725.439	Medio
1983-84	332,5	72.443.438	26.320.675	16.550.076	Medio
1984-85	301,5	65.689.313	30.761.656	17.661.730	Seco
1985-86	369,7	80.548.388	26.311.194	15.880.091	Medio
1986-87	243,5	53.052.563	12.570.488	8.419.920	Seco
1987-88	516	112.423.500	61.111.382	34.960.296	Húmedo
1988-89	522,7	113.883.263	54.983.739	31.023.944	Húmedo
1989-90	384,2	83.707.575	45.431.070	26.663.299	Medio
1990-91	238	51.854.250	19.411.352	12.206.842	Seco
1991-92	291,6	63.532.350	26.765.803	16.477.876	Seco
1992-93	359,5	78.326.063	26.962.667	16.385.971	Medio
1993-94	259,4	56.516.775	14.300.953	9.054.101	Seco
1994-95	297,1	64.730.663	17.832.635	11.011.683	Seco
1995-96	361,3	78.718.238	28.643.055	18.331.213	Medio
1996-97	609,6	132.816.600	71.754.848	41.504.597	Húmedo
1997-98	259,8	56.603.925	15.692.868	9.496.708	Seco
1998-99	265,1	57.758.663	21.998.845	12.857.818	Seco
<b>Total</b>	<b>14.513,05</b>	<b>3.162.030.769</b>	<b>1.429.265.417</b>	<b>844.395.467</b>	
<b>Promedio</b>	<b>372,1</b>	<b>81.077.712</b>	<b>36.647.831</b>	<b>21.651.166</b>	



**Figura 14. Precipitaciones anuales en la estación 8007 (Villena) durante el período 1960-1999. Tipo de año hidrológico.**



**Figura 15. Recarga natural anual del acuífero de Solana durante el período 1960-1999, especificando la tipología del año hidrológico.**

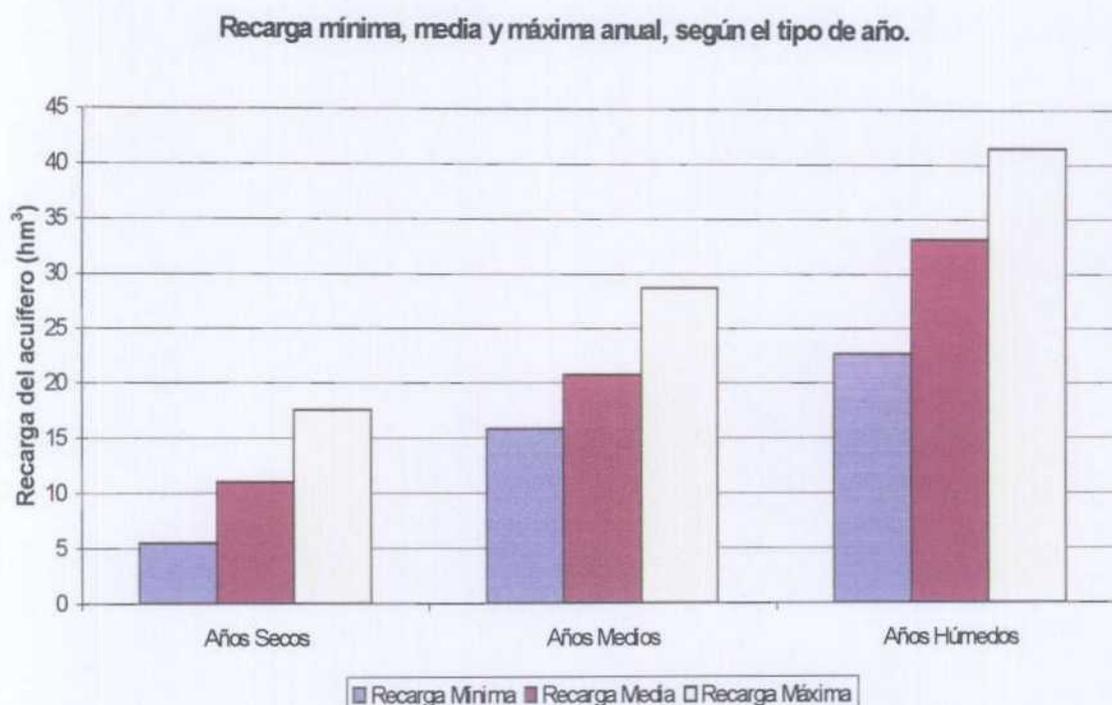
**Tabla 8. Series Históricas de porcentajes de lluvia útil y recarga al acuífero sobre la precipitación acaecida y porcentaje de recarga al acuífero sobre la lluvia útil acaecida.**

<b>Año Hidrológico</b>	<b>% de lluvia útil sobre la precipitación acaecida</b>	<b>% de recarga al acuífero sobre la precipitación acaecida</b>	<b>% de recarga al acuífero sobre la lluvia útil acaecida</b>	<b>Tipo de año</b>
1960-61	44,23	26,66	60,27	Medio
1961-62	53,57	30,62	57,15	Húmedo
1962-63	47,14	28,57	60,59	Húmedo
1963-64	52,80	30,30	57,39	Húmedo
1964-65	44,51	24,94	56,03	Medio
1965-66	39,25	23,70	60,39	Húmedo
1966-67	51,23	29,21	57,02	Medio
1967-68	52,15	31,80	60,99	Medio
1968-69	35,81	23,43	65,45	Medio
1969-70	46,62	28,64	61,44	Seco
1970-71	63,18	37,11	58,73	Húmedo
1971-72	59,21	34,34	58,00	Húmedo
1972-73	59,78	33,67	56,32	Húmedo
1973-74	54,37	31,45	57,84	Húmedo
1974-75	52,82	30,30	57,37	Húmedo
1975-76	42,07	25,52	60,67	Medio
1976-77	41,35	24,44	59,10	Húmedo
1977-78	18,54	12,48	67,27	Seco
1978-79	16,01	10,86	67,83	Seco
1979-80	56,44	33,36	59,11	Medio
1980-81	32,06	19,57	61,03	Seco
1981-82	35,28	22,46	63,65	Seco
1982-83	48,35	26,40	54,60	Medio
1983-84	36,33	22,85	62,88	Medio
1984-85	46,83	26,89	57,41	Seco
1985-86	32,67	19,71	60,35	Medio
1986-87	23,69	15,87	66,98	Seco
1987-88	54,36	31,10	57,21	Húmedo
1988-89	48,28	27,24	56,42	Húmedo
1989-90	54,27	31,85	58,69	Medio
1990-91	37,43	23,54	62,89	Seco
1991-92	42,13	25,94	61,56	Seco
1992-93	34,42	20,92	60,77	Medio
1993-94	25,30	16,02	63,31	Seco
1994-95	27,55	17,01	61,75	Seco
1995-96	36,39	23,29	64,00	Medio
1996-97	54,03	31,25	57,84	Húmedo
1997-98	27,72	16,78	60,52	Seco
1998-99	38,09	22,26	58,45	Seco
<b>Promedio</b>	<b>42,72</b>	<b>25,44</b>	<b>60,24</b>	

- La recarga natural del acuífero durante el período estudiado ha sido de 844.395.467 m<sup>3</sup> y el porcentaje promedio anual de la recarga al acuífero sobre la precipitación acaecida y de la recarga al acuífero sobre la lluvia útil acaecida de 25,44% y 60,24% respectivamente (véase la tabla 8). La recarga media anual para el intervalo 1960 a 1999 ha sido de 21.651.166 m<sup>3</sup>/a. El valor máximo de la recarga anual fue de 41.504.597 m<sup>3</sup> en el año hidrológico 1996-97 (año húmedo), mientras que el mínimo fue de 5.478.491 m<sup>3</sup> en el año 1978-79 (año seco).
  
- Desglosando las cifras según el tipo de año hidrológico, se pueden extraer los siguientes datos:
  - Años Secos. La recarga media para este tipo de años ha sido de 11.060.202 m<sup>3</sup>/a. Esta cifra supone un tanto por ciento medio de recarga, sobre el total de lluvia caída en el acuífero, del 19,87%. Los valores máximo y mínimo de la recarga fueron de 17.661.730 m<sup>3</sup> en el año 1984-85, y 5.478.491 m<sup>3</sup> en el año 1978-79 respectivamente.
  
  - Años de tipo Medio. Para este tipo de años se ha cifrado una recarga media de 20.765.912 m<sup>3</sup>/a aunque la misma oscila entre un valor máximo de 28.674.219 m<sup>3</sup> en el año 1979-80 y otro mínimo de 15.880.091 m<sup>3</sup> en el año 1985-86. El porcentaje de recarga, para los años de tipo medio, ha sido del 26,15 % sobre el total de la precipitación.
  
  - Años Húmedos. Por último, se han analizado los años húmedos. Como corresponde con la lógica, estos años son los que presentan un mayor valor medio de la recarga natural al sistema que se cifra en 33.127.384 m<sup>3</sup>/a. Los valores límite fueron de 41.504.597 m<sup>3</sup> en el año 1996-97 y de 22.687.135 m<sup>3</sup> en 1965-66. El valor medio de

la recarga natural para los años muy húmedos ha supuesto un 30,31% sobre el total de la precipitación.

Como resumen de todos estos datos se presenta la figura 16, en la cual se pueden observar los valores mínimos, medios y máximos de la recarga natural al acuífero dependiendo del tipo de año hidrológico de que se trate.



**Figura 16. Valores mínimo, medio y máximo anual de la recarga del acuífero dependiendo del tipo de año hidrológico.**

Por último se analiza el comportamiento global del fenómeno de la recarga natural al sistema por décadas, con objeto de tener una visión más amplia de la forma en que se distribuye a lo largo de períodos de tiempo mayores que el año natural tanto la pluviometría como el fenómeno de recarga al acuífero asociada a ella.

En la tabla 9 se presentan los datos de climatología y recarga natural para las décadas de 1960/70, 1970/80, 1980/90 y 1990/99. Hay que hacer

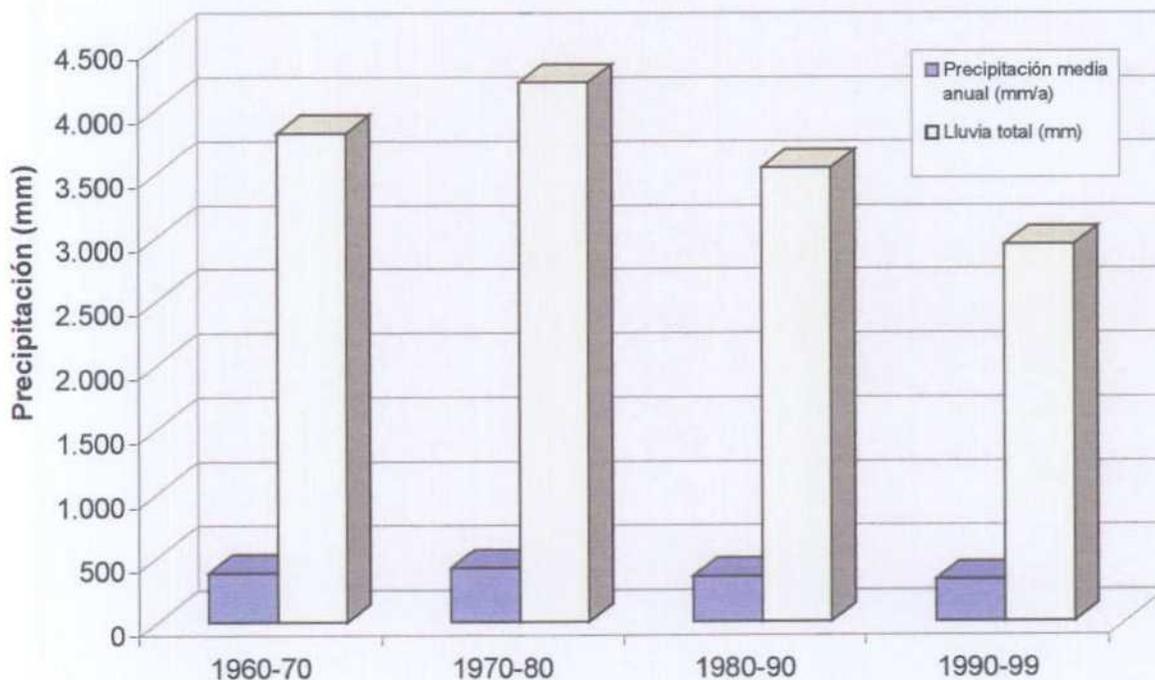
constar que a la década de los años 90 le falta el último año hidrológico, es decir, el año 1999-2000.

Los datos presentados en esta tabla se han representado gráficamente en las figuras 17, 18 y 19.

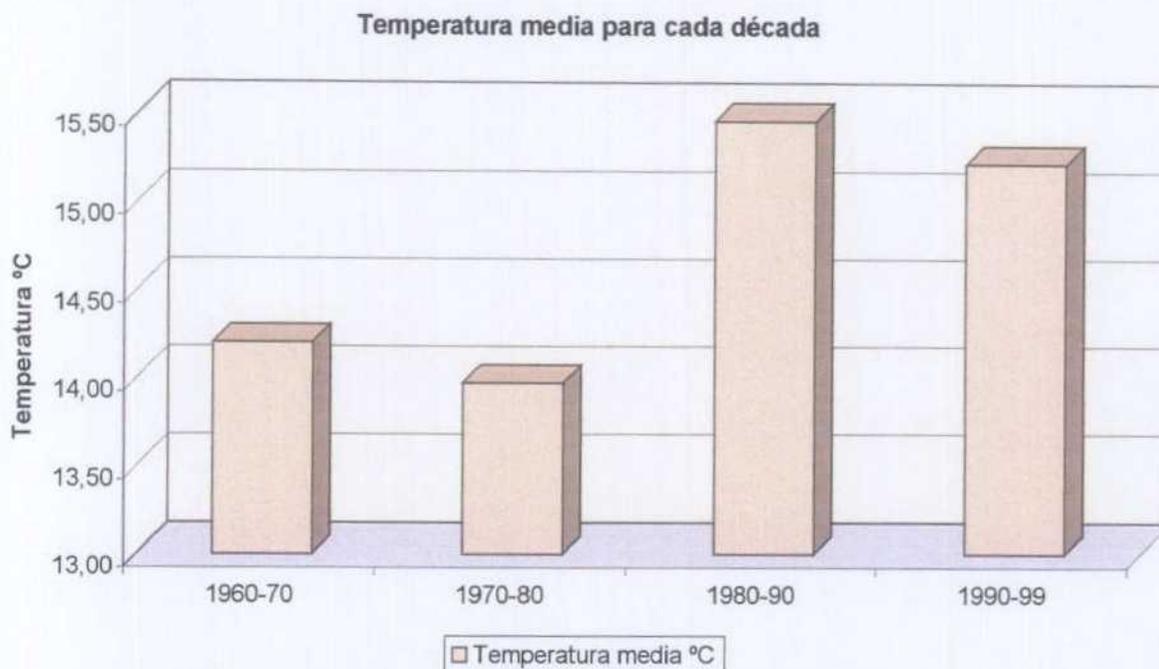
**Tabla 9. Análisis de los datos por décadas.**

Década	Lluvia total (mm)	Precipitación media anual (mm/a)	Temperatura media °C	Recarga total (m <sup>3</sup> )	Recarga media anual (m <sup>3</sup> /a)
1960-70	3.816,3	381,6	14,20	231.844.734	23.184.473
1970-80	4.212,8	421,3	13,97	269.303.353	26.930.335
1980-90	3.542,6	354,3	15,46	195.920.572	19.592.057
1990-99	2.941,4	326,8	15,23	147.326.808	16.369.645

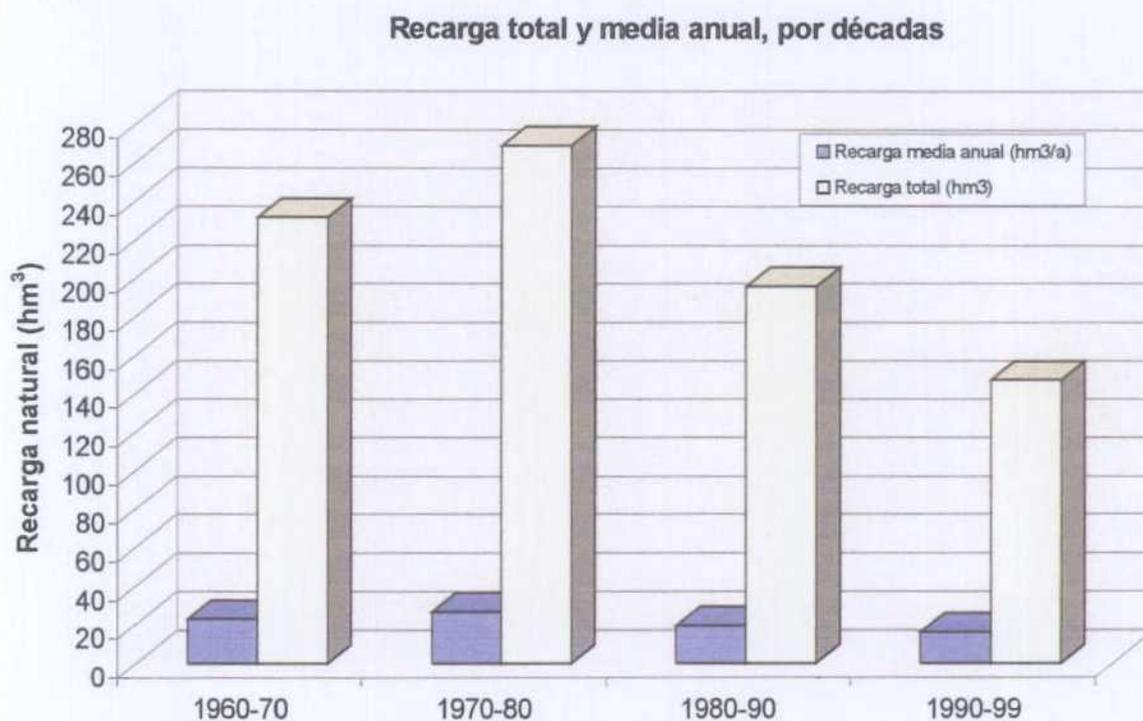
**Precipitaciones por décadas en el acuífero de Solana**



**Figura 17. Comparación de las precipitaciones totales y medias anuales para cada una de las décadas estudiadas.**



**Figura 18.** Temperatura media en la superficie del acuífero de Solana para cada década del período tratado.



**Figura 19.** Comparación de las recargas naturales por infiltración, totales y medias anuales, para cada una de las décadas estudiadas.

Como puede observarse a la vista de estos datos, se aprecia cierta variabilidad de la pluviometría: la década de los 80 es más seca que las décadas de los 70 y los 60, mientras que la década de los 90 es la más seca de las cuatro, aunque como ya se ha señalado, a esta última le faltan los datos del último año hidrológico, el 1999/2000.

En cuanto a la temperatura media, la variabilidad existente es menos significativa que la que presenta la pluviometría. Sin embargo, parece que la década de los 70, como media, es algo más fría que el resto. A esta década se le asocia la mayor pluviometría. En la década de los 60, también se presenta la interrelación baja temperatura – alta pluviometría, aunque en esta década la temperatura es algo más alta que en la década de los 70, siendo la pluviometría también algo más baja. Mientras que en los 90, se tiene una alta temperatura con una baja pluviometría (la década más seca de las cuatro). Por último en la década de los 80, una temperatura media alta (la mayor de las cuatro décadas), va asociada a lluvias bajas, aunque es significativo el hecho de que a pesar de que la temperatura media es la mayor, las lluvias no son tan bajas como en la década de los 90.

En cuanto a los valores de la recarga natural por efecto del agua de lluvia, se observa que, los valores medios por décadas, van estrechamente asociados con los valores de pluviometría, de forma que, cuanto mayor es la precipitación media, mayor es el valor medio de la recarga anual. Analizando los valores obtenidos, se observa que durante la década de los 70 (la más fría y lluviosa de las cuatro), la recarga media fue de  $26,93 \text{ hm}^3/\text{a}$ . Por el contrario, la década de los 90 fue la más negativa para la recarga del acuífero, puesto que sólo se produjo una recarga media de  $16,37 \text{ hm}^3 / \text{a}$ .

**5. SIMULACIÓN DE ALTERNATIVAS: RECUPERACIÓN DE  
LOS NIVELES DEL ACUÍFERO MEDIANTE DISMINUCIÓN  
DE LAS EXPLOTACIONES.**

## **5. SIMULACIÓN DE ALTERNATIVAS: RECUPERACIÓN DE LOS NIVELES DEL ACUÍFERO MEDIANTE DISMINUCIÓN DE LAS EXPLOTACIONES.**

En este apartado se exponen las diferentes simulaciones que se han realizado con distintas condiciones de extracción y régimen de lluvias en el acuífero. Con ello se pretende mostrar cuáles serían, según el modelo que ha sido desarrollado en el presente informe, los comportamientos previsibles de los niveles piezométricos del acuífero en cada caso propuesto.

Ante la situación de desequilibrio del sistema y teniendo en cuenta las directrices del Plan Hidrológico, que señala la necesidad de recuperar, en aquellos acuíferos que presenten sobreexplotación, como el caso presente, los estados de equilibrio que tenían antes de la explotación, se ha considerado ilustrativo el simular matemáticamente la recuperación de los niveles del acuífero de Solana.

En este sentido, se han simulado ciertas condiciones de explotación del acuífero mediante la disminución de las extracciones actuales, teniendo en cuenta la próxima realidad que va a representar el trasvase de aguas procedentes del río Júcar hasta la cuenca del río Vinalopó.

Esta nueva infraestructura hidráulica pretende subsanar el déficit hídrico que ha sufrido la comarca del Vinalopó, especialmente a partir del desarrollo de nuevos regadíos en la segunda mitad del siglo XX. El volumen anual previsto a trasvasar es de 80 hm<sup>3</sup>. De este volumen un total de 17,5 hm<sup>3</sup> está previsto que sean gestionados por la Comunidad General de Usuarios del Alto Vinalopó.

Se ha procedido a simular distintas cuantías de extracciones, del acuífero de Solana, partiendo siempre de un mínimo de 4 hm<sup>3</sup>/a. En este sentido cabe indicar que los bombeos simulados son netos, por lo que pueden ser el resultado de una extracción y una recarga artificial acaecidas ambas en un mismo paso o período de tiempo.

En cuanto al reparto mensual de los bombeos, se ha procedido a realizarlo de acuerdo a la distribución porcentual por meses de las explotaciones incorporadas al modelo desde 1994 hasta 1997 que como ya se señaló en el apartado 3.3.4. se pueden ver en la figura 7.

La cota piezométrica de la cual se ha partido, para realizar las simulaciones, es de 356,76 msnm , que es la medida el día 2 de junio de 2003 en el punto de control 2832-6-0019, el cual se ha utilizado para la calibración del modelo.

#### **5.1. Simulación de un período termopluviométrico idéntico al acaecido entre los años 1980-1999.**

En este caso, que representa la situación más desfavorable desde un punto de vista climático, se ha procedido a simular las siguientes explotaciones anuales en el acuífero: 4 hm<sup>3</sup>/a, 6 hm<sup>3</sup>/a, 8 hm<sup>3</sup>/a, 10 hm<sup>3</sup>/a, 12 hm<sup>3</sup>/a, 14 hm<sup>3</sup>/a, 16 hm<sup>3</sup>/a, 17,35 hm<sup>3</sup>/a y 18,6 hm<sup>3</sup>/a, con las condiciones termopluviométricas que han ocurrido desde 1980 hasta 1999, que como se comprobó en el apartado de series históricas, corresponden a las dos décadas menos lluviosas acontecidas en el acuífero desde 1960, correspondiendo a la década de 1990 las menores precipitaciones medias anuales.

En la simulación realizada se ha procedido de tal manera que las características de precipitación y temperatura de las décadas de 1980 y

de 1990 acontecidas en el acuífero, se repiten tantos ciclos como sea necesario hasta que el acuífero recupere los niveles de rebose, es decir hasta la cota piezométrica de 502 metros sobre el nivel del mar, la cual es la cota topográfica a través de la cual drenaba el acuífero. Esta cota es la de las surgencias naturales del acuífero, las cuales se situaban en las inmediaciones de Villena (Morán, 1908) y se denominaban Cuartel, Chorros y Bordoño o Losilla. Aunque estas surgencias se encuentran secas desde mediados del siglo pasado tenían un caudal medio de 300 l/s y se situaban en el contacto del Cretácico de la sierra de San Cristobal con el Triásico (Keuper). Por tanto, la citada zona es por donde drenaría el acuífero en el caso de que el mismo no estuviera sobreexplotado.

La simulación realizada se observa en las figuras 20 y 21, en donde se puede ver que en el caso de una explotación de 4 hm<sup>3</sup>/a, el nivel de drenaje del acuífero es decir la cota piezométrica de 502 msnm, se recuperaría aproximadamente en octubre de 2025 es decir dentro de 22 años. En la tabla 10 se muestra la fecha exacta en la que se alcanza la citada cota para las diferentes hipótesis de bombeos que se han contemplado.

A la vista tanto de la figura 21, como de la tabla 10, se puede comprobar que para una explotación de 18,6 hm<sup>3</sup>/a el nivel inicial de 356,76 se mantendría indefinidamente aunque varía desde 342 a 360 msnm a lo largo de los distintos meses contemplados en la simulación realizada.

En las figuras 20 y 21, se puede comprobar como evolucionaría la piezometría para las nueve hipótesis de bombeo simuladas bajo el régimen de lluvias considerado en el presente apartado.

**Tabla 10. Bombeos simulados y fecha aproximada en la que se alcanza la cota de 502 msnm en el acuífero de Solana cuando se simula un período termopluiométrico idéntico al acaecido entre los años 1980 y 1999. Representa una situación con una tendencia climática seca.**

<b>Bombeo simulado (hm<sup>3</sup>/a)</b>	<b>Fecha aproximada en la que se alcanzaría la cota piezométrica de 502 msnm</b>
4	Octubre de 2025
6	Noviembre de 2030
8	Abril de 2033
10	Junio de 2040
12	Septiembre de 2052
14	Diciembre de 2072
16	Junio de 2131
17,35	Abril de 2253
18,6	Nunca se recupera

## **5.2. Simulación de un período termopluiométrico idéntico al acaecido entre los años 1960-1979.**

Para este período termopluiométrico se han simulado las siguientes explotaciones anuales en el acuífero: 4 hm<sup>3</sup>/a, 6 hm<sup>3</sup>/a, 8 hm<sup>3</sup>/a, 10 hm<sup>3</sup>/a, 12 hm<sup>3</sup>/a, 14 hm<sup>3</sup>/a, 16 hm<sup>3</sup>/a, 18 hm<sup>3</sup>/a y 21,65 hm<sup>3</sup>/a. Dicho período, como se comprobó en el apartado de series históricas, corresponde a las dos décadas más lluviosas acontecidas en el acuífero desde 1960, correspondiendo a la década de 1970 las mayores precipitaciones medias anuales. En la simulación se ha procedido de tal forma que las características de precipitación y temperatura de las décadas de 1960 y de 1970, acontecidas en el acuífero, se repiten tantos ciclos como sea necesario hasta que el acuífero recupere los niveles en los cuales empieza a drenar sus recursos por manantiales que dejaron de existir debido al descenso general de los niveles piezométricos como consecuencia de las extracciones. Estos manantiales son los ya citados que se encontraban sobre la cota de 502 msnm.

Figura 20. Evolución de los niveles piezométricos en el acuífero de Solana ante diferentes alternativas de explotación del acuífero. Período climático 1980-1999. Gráfico 1.



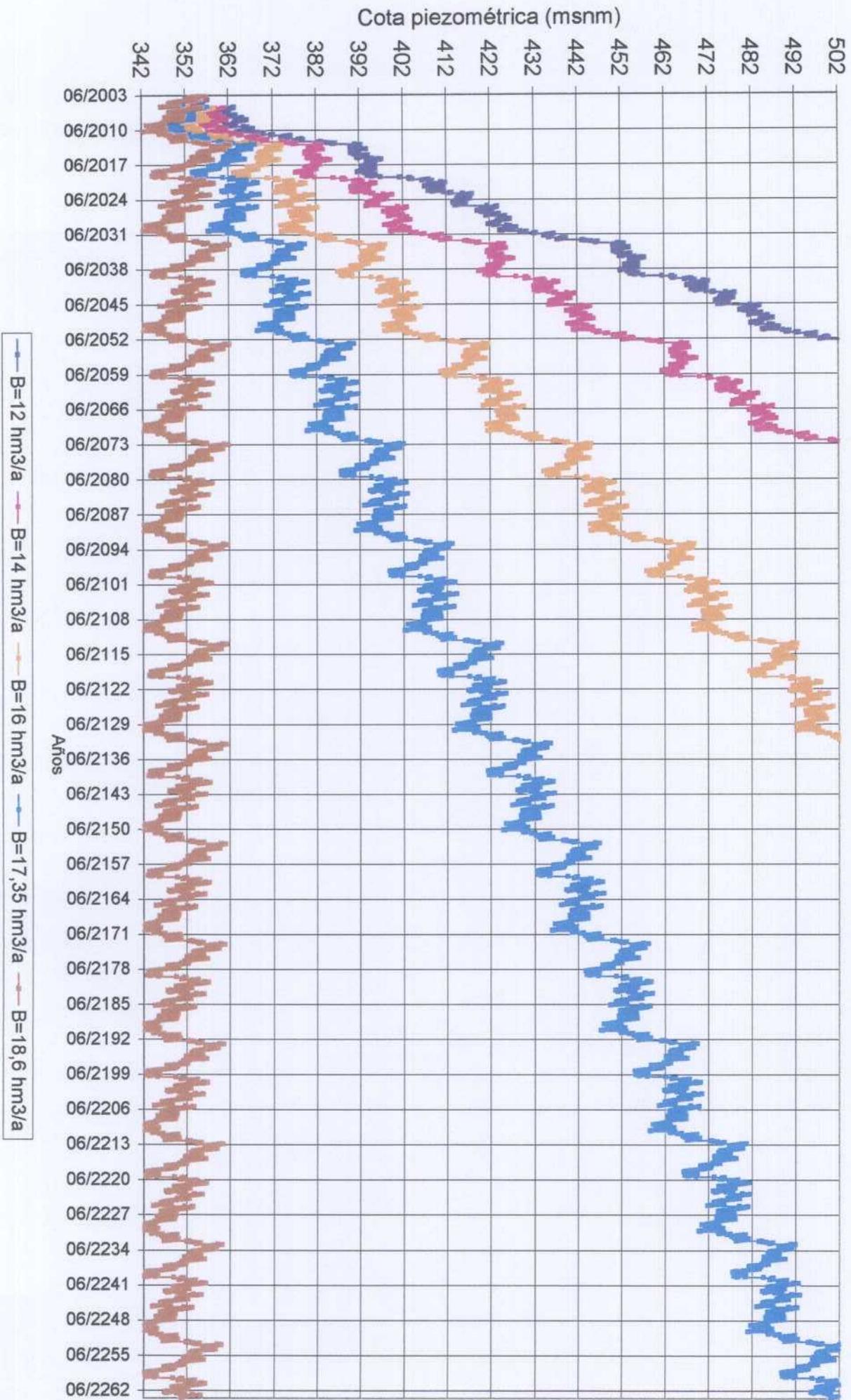


Figura 21. Evolución de los niveles piezométricos en el acuífero de Solana ante diferentes alternativas de explotación del acuífero. Período climático 1980-1999. Gráfico 2.

La respuesta obtenida en la simulación realizada se observa en las figuras 22 y 23, en donde se puede ver, para las distintas explotaciones simuladas, en que época se alcanzaría el nivel piezométrico de 502 msnm. En la tabla 11 se indica la fecha exacta en la que se alcanza dicho nivel piezométrico para cada uno de los bombeos simulados.

**Tabla 11. Bombeos simulados y fecha aproximada en la que se alcanza la cota de 502 msnm en el acuífero de Solana para una simulación de un período termopluviométrico idéntico al acaecido entre los años 1960 y 1979. Representa una situación con una tendencia climática húmeda.**

<b>Bombeo simulado (hm<sup>3</sup>/a)</b>	<b>Fecha aproximada en la que se alcanzaría la cota piezométrica de 502 msnm</b>
4	Marzo de 2017
6	Abril de 2018
8	Enero de 2020
10	Abril de 2025
12	Junio de 2027
14	Marzo de 2034
16	Mayo de 2036
18	Octubre de 2049
21,65	Marzo de 2097

Al comparar los datos de esta última tabla con los de la tabla 10 se observa claramente que, para la misma cuantía de bombeos, se recuperan mucho antes los niveles, con la simulación de un ciclo climático idéntico al acaecido entre los años 1960 y 1979, que con la simulación de un ciclo climático como el ocurrido entre los años 1980 y 1999. En concreto es de destacar que en el caso del ciclo climático, como el acontecido entre 1960 y 1979, cuando se ensaya una explotación de 21,65 hm<sup>3</sup>/a, la cota de 502 msnm se recupera aproximadamente en el

año 2097, mientras que con la simulación de un ciclo climático como el que tuvo lugar entre 1980 y 1999 y una explotación incluso menor, como la de 18,6 hm<sup>3</sup>/a, nunca se recuperaría el citado nivel. La explicación es evidente, ya que el ciclo climático de 1960 a 1979 fue más húmedo que el que tuvo lugar entre 1980 y 1999.

En la simulación realizada en el presente apartado se comprueba también que, aún explotando el acuífero ligeramente por encima de la recarga media anual del mismo para el período de 1960 a 1999 que se ha estimado en 21,65 hm<sup>3</sup>/a, los niveles tienden a recuperarse. Eso no ocurre cuando la simulación se realiza con un período termopluviométrico idéntico al acaecido entre los años 1980 y 1999.

Los comentarios realizados anteriormente evidencian la importancia que puede tener la realización de una recarga artificial, con recursos externos al sistema, en la recuperación del nivel piezométrico del acuífero, tanto si se está en presencia de un ciclo climático seco, como si se quiere acelerar la recuperación del acuífero manteniendo un determinado nivel de explotación del mismo.

Las hipótesis climáticas consideradas en el presente apartado están representando una situación demasiado optimista y por tanto solo muestran resultados que se habrán de tomar como meramente ilustrativos de la importancia que representa el tipo de año pluviométrico para la recarga del acuífero. A este respecto cabe indicar que quizás la simulación realizada en el presente apartado no tenga tanta trascendencia como el resto de simulaciones más desfavorables contempladas en este informe, ya que de cara a la gestión de los recursos hídricos del acuífero, conviene tener siempre presente la situación más desfavorable o cuando menos una no excesivamente optimista.

Figura 22. Evolución de los niveles piezométricos en el acuífero de Solana ante diferentes alternativas de explotación del acuífero. Período climático 1960-1979. Gráfico 1.

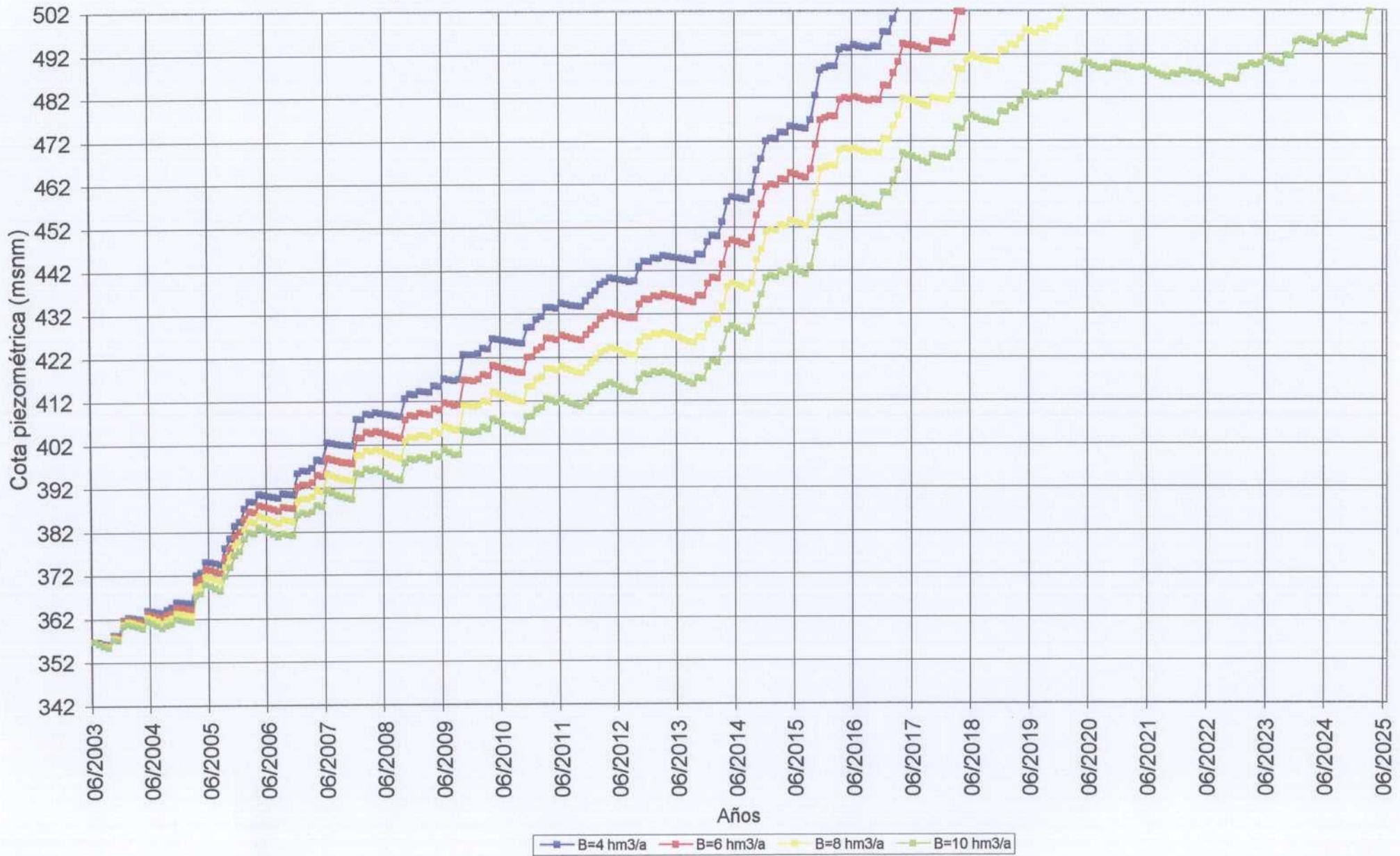
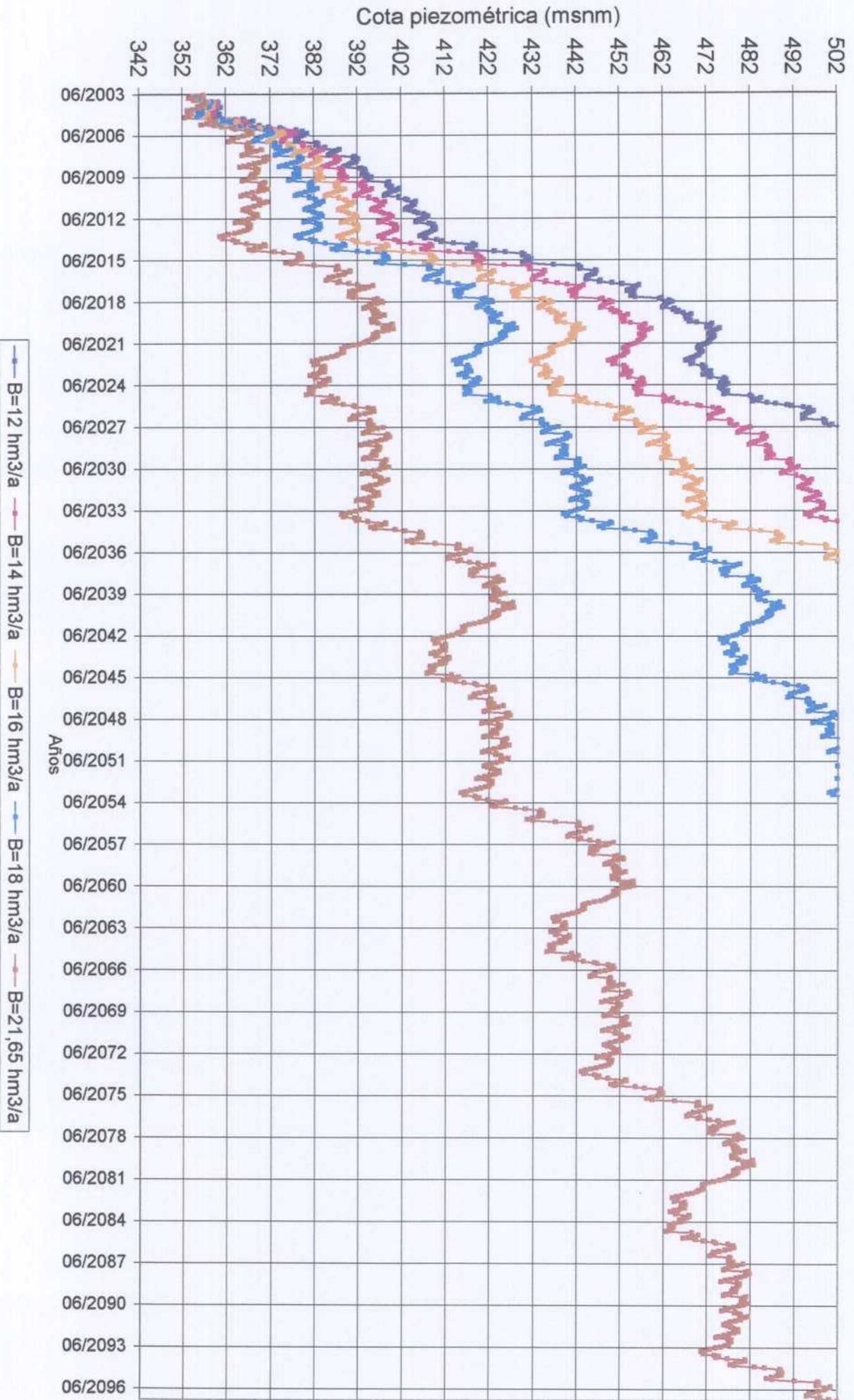


Figura 23. Evolución de los niveles piezométricos en el acuífero de Solana ante diferentes alternativas de explotación del acuífero. Período climático 1960-1979. Gráfico 2.



### **5.3. Simulación utilizando un ciclo termopluviométrico construido a partir de una serie sintética que alterna períodos húmedos y secos.**

El período termopluviométrico que se contempla en la presente simulación se ha diseñado teniendo presente las condiciones termopluviométricas que han ocurrido desde 1960 hasta 1999, en el siguiente orden: 1º la década de 1980, 2º la década de 1970, 3º la década de 1990 y por último, la década de 1960; es decir alternando períodos de mayor recarga con períodos de menor recarga del acuífero. En la simulación se ha repetido este ciclo climático tantas veces como ha sido necesario hasta que el acuífero recupera la cota de 502 metros sobre el nivel del mar.

Las simulaciones realizadas se observan en las figuras 24 y 25. En las mismas se puede ver, para las diferentes explotaciones ensayadas, la fecha aproximada en que recuperaría el acuífero el nivel piezométrico de 502 msnm. En la tabla 12 se muestra la fecha exacta en que esto ocurre.

En el presente apartado se puede observar que al proponer una explotación ligeramente superior a la recarga media anual, cuyo cálculo para el período de 1960 a 1999 fue de  $21,651 \text{ hm}^3/\text{a}$ , los niveles nunca se recuperan. Cuando se simula una explotación igual a esta cantidad se observa que los niveles piezométricos permanecen estables en torno a la cota inicial de 356,76 msnm, variando desde un mínimo de aproximadamente 332 msnm hasta un máximo de 374 msnm.

También se puede comprobar que al realizar una explotación algo inferior a  $21,65 \text{ hm}^3/\text{a}$ , por ejemplo  $20 \text{ hm}^3/\text{a}$  la cota de 502 msnm se alcanza en aproximadamente unos 175 años. Con explotaciones menores, como por ejemplo  $4 \text{ hm}^3/\text{a}$ , el acuífero se recupera en 16 años aproximadamente.

**Tabla 12. Bombeos simulados y fecha aproximada en la que se alcanza la cota de 502 msnm en el acuífero de Solana para una simulación con un período termopluviométrico que alterna ciclos húmedos y secos.**

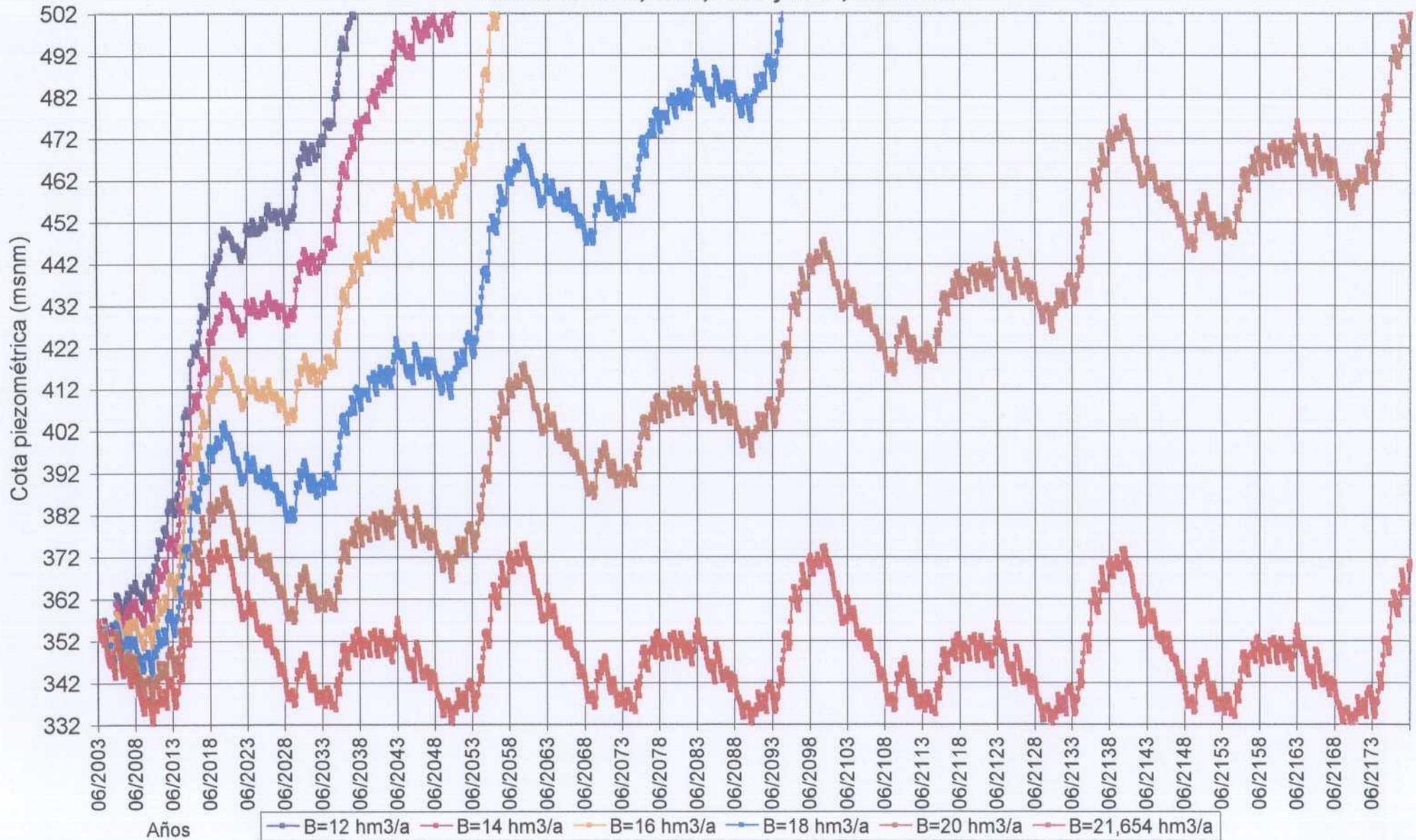
**Secuencia climática definida según la climatología acaecida en las siguientes décadas: 1980, 1970, 1990 y 1960.**

<b>Bombeo simulado (hm<sup>3</sup>/a)</b>	<b>Fecha aproximada en la que se alcanzaría la cota piezométrica de 502 msnm</b>
4	Mayo de 2019
6	Abril de 2023
8	Octubre de 2029
10	Diciembre de 2033
12	Junio de 2037
14	Diciembre de 2050
16	Febrero de 2057
18	Noviembre de 2094
20	Mayo de 2178
21,654	Nunca se recupera

**Figura 24. Evolución de los niveles piezométricos en el acuífero de Solana ante diferentes alternativas de explotación del acuífero. Secuencia climática definida según la climatología acaecida en las siguientes décadas: 1980, 1970, 1990 y 1960. Gráfico 1.**



Figura 25. Evolución de los niveles piezométricos en el acuífero de Solana ante diferentes alternativas de explotación del acuífero. Secuencia climática definida según la climatología acaecida en las siguientes décadas: 1980, 1970, 1990 y 1960, Gráfico 2.



## **6. RESUMEN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

## 6. RESUMEN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

1. El proceso de recarga natural del acuífero, según los resultados de la modelización efectuada, queda expresado por la siguiente ecuación:

$$R_i = 0,9 \cdot (P_i - T_i^{\beta})^{0,89}$$

que relaciona la recarga (R) con la precipitación (P) y la temperatura (T).

2. La recarga media anual del acuífero de Solana, para el período estudiado (1960-1999), se puede establecer en 21,651 hm<sup>3</sup>/año. El valor máximo de la recarga anual, para dicho período, fue de 41,5 hm<sup>3</sup> en el año hidrológico 1996-97 (año húmedo), mientras que el mínimo fue de 5,478 hm<sup>3</sup> en el año hidrológico 1978-79 (año seco).
3. Según la tipología climática del año hidrológico que tenga lugar se puede establecer el siguiente orden en la cuantía media de la recarga natural del acuífero de Solana:

Años secos: 11,06 hm<sup>3</sup>/a

Años medios: 20,77 hm<sup>3</sup>/a

Años húmedos: 33,13 hm<sup>3</sup>/a

4. Al análisis climático realizado por décadas, para establecer la cuantía de la recarga media al acuífero, pone de manifiesto la existencia de dos décadas donde la recarga media anual del acuífero fue menor que la recarga media anual de la serie histórica analizada en el presente estudio, así, para la década de 1980 se obtiene un valor de la recarga media anual de 19,59 hm<sup>3</sup>/a; es decir un valor algo inferior al de la recarga media anual para el período completo estudiado. Igual pasa

con la década de 1990 donde se obtiene una recarga media anual de 16,37 hm<sup>3</sup>/a que representa una cuantía bastante inferior al valor medio anual obtenido al analizar la serie completa. Por el contrario, las décadas de 1960 y 1970 presentan una recarga media superior a la determinada para todo el período analizado en el presente estudio.

5. Ante las directrices del Plan Hidrológico, que señalan la necesidad de recuperar los acuíferos que presenten sobreexplotación, dentro de los dos horizontes definidos en el mismo, se han simulado diferentes hipótesis de extracciones del acuífero, de cara a plantear su futura gestión.

Estas hipótesis se han contemplado bajo tres ciclos termopluviométricos distintos, que representan una tendencia climática seca, una húmeda y una que alterna décadas húmedas con décadas secas.

Las hipótesis de explotación ensayadas han sido las siguientes:

- *Tendencia climática seca*: 4 hm<sup>3</sup>/a, 6 hm<sup>3</sup>/a, 8 hm<sup>3</sup>/a, 10 hm<sup>3</sup>/a, 12 hm<sup>3</sup>/a, 14 hm<sup>3</sup>/a, 16 hm<sup>3</sup>/a, 17,35 hm<sup>3</sup>/a y 18,6 hm<sup>3</sup>/a.
- *Tendencia climática húmeda*: 4 hm<sup>3</sup>/a, 6 hm<sup>3</sup>/a, 8 hm<sup>3</sup>/a, 10 hm<sup>3</sup>/a, 12 hm<sup>3</sup>/a, 14 hm<sup>3</sup>/a, 16 hm<sup>3</sup>/a, 18 hm<sup>3</sup>/a y 21,65 hm<sup>3</sup>/a.
- *Ciclo termopluviométrico que alterna décadas húmedas con décadas secas*: 4 hm<sup>3</sup>/a, 6 hm<sup>3</sup>/a, 8 hm<sup>3</sup>/a, 10 hm<sup>3</sup>/a, 12 hm<sup>3</sup>/a, 14hm<sup>3</sup>/a, 16 hm<sup>3</sup>/a, 18 hm<sup>3</sup>/a, 20 hm<sup>3</sup>/a y 21,654 hm<sup>3</sup>/a.

En las simulaciones realizadas se ha supuesto que los bombeos indicados anteriormente pueden ser debidos tanto a un bombeo realizado directamente sobre el acuífero, como al efecto de una acción combinada de un bombeo y una recarga artificial del acuífero. Este último supuesto implica que una explotación de  $4 \text{ hm}^3/\text{a}$  puede ser el resultado de un bombeo de  $7,8 \text{ hm}^3/\text{a}$  realizado en una determinada época del año y una recarga artificial de  $3,8 \text{ hm}^3/\text{a}$  efectuada en otra época del año completamente distinta.

En todas las hipótesis ensayadas se ha determinado la fecha en que el nivel piezométrico del acuífero recuperaría la cota de 502 msnm. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 13. La cota piezométrica de 502 metros sobre el nivel del mar, corresponde a la cota topográfica a través de la cual drenaba el acuífero antes de estar sobreexplotado. Esta cota es la de las surgencias naturales del acuífero, las cuales se situaban en las inmediaciones de Villena (Morán, 1908) y se denominaban Cuartel, Chorros y Bordoño o Losilla. Aunque estas surgencias se encuentran secas desde mediados del siglo pasado tenían un caudal medio de 300 l/s y se situaban en el contacto del Cretácico de la sierra de San Cristobal con el Triásico (Keuper).

En la tabla 13 se observa que cualquier alternativa de explotación que contemple un bombeo en el acuífero superior a  $10 \text{ hm}^3/\text{a}$  dilataría muchísimo el tiempo que se precisa para recuperar el mismo. A este respecto cabe indicar que hipótesis de explotación superiores a  $19 \text{ hm}^3/\text{a}$  supondrían que el acuífero no se recuperaría prácticamente nunca. La recuperación del acuífero en un tiempo prudencial (20 – 25 años) implica probablemente la realización de una acción combinada que contemple bombeo en el acuífero, recarga artificial del mismo y sustitución de parte de los caudales bombeados en el acuífero por recursos provenientes del trasvase Júcar – Vinalopó, o bien el

planteamiento de una alternativa que contemple una reducción drástica del aprovechamiento del acuífero, que lo mismo no puede ser asumida por los caudales de sustitución que contempla el trasvase Júcar – Vinalopó.

**Tabla 13. Bombeos simulados y fecha aproximada en la que se alcanza la cota de 502 msnm en el acuífero de Solana para los distintos períodos climáticos que se han considerado en el presente informe.**

<b>Bombeo simulado (hm<sup>3</sup>/a)</b>	<b>Período termopluiométrico idéntico al ocurrido entre los años 1980 y 1999 (representa una situación con una tendencia climática seca)</b>	<b>Período termopluiométrico idéntico al ocurrido entre los años 1960 y 1979 (representa una situación con una tendencia climática húmeda)</b>	<b>Período termopluiométrico caracterizado por la secuencia climática referida a las siguientes décadas: 1º década de 1980, 2º década de 1970, 3º década de 1990 y 4º década de 1960 (representa una situación con una tendencia climática que alterna períodos secos y húmedos)</b>
4	Octubre de 2025	Marzo de 2017	Mayo de 2019
6	Noviembre de 2030	Abril de 2018	Abril de 2023
8	Abril de 2033	Enero de 2020	Octubre de 2029
10	Junio de 2040	Abril de 2025	Diciembre de 2033
12	Septiembre de 2052	Junio de 2027	Junio de 2037
14	Diciembre de 2072	Marzo de 2034	Diciembre de 2050
16	Junio de 2131	Mayo de 2036	Febrero de 2057
17,35	Abril de 2253	No se ha simulado	No se ha simulado
18	No se ha simulado	Octubre de 2049	Noviembre de 2094
18,6	Nunca se recupera	No se ha simulado	No se ha simulado
20	No se ha simulado	No se ha simulado	Mayo de 2178
21,65	No se ha simulado	Marzo de 2097	Nunca se recupera

6. En distintos apartados de este estudio se formula o se comenta la posibilidad de plantear actuaciones de recarga artificial. No obstante es preciso indicar que las mismas no tienen cabida dentro de un trasvase de una cuantía de 80 hm<sup>3</sup>/a, ya que el sistema aún contabilizando esta nueva aportación, sigue siendo deficitario, aunque la situación de los acuíferos mejore algo como se indica en el presente informe o en el estudio titulado "Simulación de la Gestión de los recursos hídricos en el Alto Vinalopó" (IGME – DPA, 2002).

## **7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- **Andreu, J.M., Delgado, J., García-Sánchez, E., Pulido-Bosch, A., Bellot, J., Chirino, E. y Ortiz de Urbina, J.M. (2001):** "Caracterización del funcionamiento y la recarga del acuífero del Ventós-Castellar (Alicante)". *Rev. Soc. Geol. España*, 14 (3-4), pp. 247-254.
- **Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) (1991):** "Inventario de aprovechamientos hidráulicos subterráneos de la cuenca del Vinalopó y zonas adyacentes de Alicante". Inédito.
- **Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas – Instituto Tecnológico Geominero de España (DGOHCA – ITGE) (1998):** "Programa de ordenación de acuíferos sobreexplotados / salinizados. Formulación de estudios y actuaciones".
- **Dirección General de Obras Hidráulicas – Instituto Tecnológico Geominero de España (DGOH – ITGE) (1996):** "Catálogo de acuíferos con problemas sobreexplotación o salinización. Proposición del programa estatal de ordenación". Informe interno.
- **Elías Castillo, F. y Giménez, R. (1965):** "Evapotranspiraciones potenciales y balances de agua en España".
- **Iglesias, A. (1988):** "Aplicaciones del modelo MEDA en la utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas".
- **Instituto Geológico y Minero de España – Diputación Provincial de Alicante (IGME – DPA) (2003):** "Determinación de las reservas útiles en acuíferos de abastecimiento público en Alicante".

- **Instituto Geológico y Minero de España – Diputación Provincial de Alicante (IGME – DPA) (2002):** “Posibilidades de almacenamiento de las aguas del trasvase Júcar – Vinalopó en los embalses subterráneos provinciales mediante recarga artificial. Simulación de la Gestión de los recursos hídricos en el Alto Vinalopó”. Informe interno. 88 pp. mecanografiadas y anexos.
- **Instituto Tecnológico Geominero de España – Diputación Provincial de Alicante (ITGE – DPA) (2000a):** “Posibilidades de almacenamiento de las aguas del trasvase Júcar – Vinalopó en los embalses subterráneos provinciales mediante recarga artificial. Caracterización básica de la climatología del Alto Vinalopó”. Informe interno. 16 pp. mecanografiadas y anexos.
- **Instituto Tecnológico Geominero de España – Diputación Provincial de Alicante (ITGE – DPA) (2000b):** “Posibilidades de almacenamiento de las aguas del trasvase Júcar – Vinalopó en los embalses subterráneos provinciales mediante recarga artificial. Estimación de los consumos de agua para usos agrícola y urbano en el Alto Vinalopó”. Informe interno. 150 pp. mecanografiadas y anexos.
- **Instituto Geológico y Minero de España – Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid (IGME – ETSIMM) (2000):** “HIDROBAS. Conjunto de programas integrados para el tratamiento de series hidrológicas y evaluación de aportaciones hídricas subterráneas”.
- **Instituto Tecnológico Geominero de España – Diputación Provincial de Alicante (ITGE – DPA) (1992):** “Evaluación de los recursos hídricos subterráneos y propuesta de normas de explotación de la unidad de Solana”. Informe interno. 181 pp. y anexos.

- **Instituto Nacional de Meteorología (INM) (1982):** “Guía resumida del clima en España”.
- **Morán, Amaro A. (1908):** “Memoria de las aguas subterráneas en el término municipal de la muy noble, muy leal y fidefísima ciudad de Villena (Alicante). Documento interno no publicado.
- **Murillo, J.M. y De la Orden, J.A. (1999):** “Valoración de las actuales instalaciones de recarga artificial mediante el modelo matemático del acuífero de Orba (Alicante)”. Instituto Tecnológico Geominero de España – Excma. Diputación Provincial de Alicante. Informe interno.
- **Murillo, J.M. y De la Orden, J.A. (1996):** “Evaluación de las disponibilidades hídricas y generación de series históricas en el acuífero Jurásico de Cabezón de Oro (Alicante)”. Instituto Tecnológico Geominero de España – Excma. Diputación Provincial de Alicante. Informe interno.
- **Murillo, J.M. y De la Orden, J.A. (1996):** “Soobreexplotación, alternativas de gestión y evaluación del efecto del cambio climático en la recarga natural del acuífero kimmeridgiense de Cabezón de Oro (Alicante). En: *Recursos Hídricos en Regiones Kársticas*, Vitoria – Gasteiz: 73 – 88.



Instituto Geológico y  
Minero de España



*Excma. Diputación Provincial  
de Alicante*

DEPARTAMENTO DE CICLO HÍDRICO

**POSIBILIDADES DE ALMACENAMIENTO DE LAS AGUAS  
DEL TRASVASE JÚCAR-VINALOPÓ EN LOS EMBALSES  
SUBTERRÁNEOS PROVINCIALES MEDIANTE RECARGA  
ARTIFICIAL**

**APLICACIÓN DE UN MODELO MATÉMATICO PARA  
SIMULAR LA EVOLUCIÓN DE LOS RECURSOS  
HÍDRICOS EN EL ACUÍFERO DE SOLANA (ALICANTE)  
ANTE DIFERENTES ALTERNATIVAS DE GESTIÓN.**

**ANEXOS**

**MADRID. NOVIEMBRE 2003**

## **ANEXO 1**

**Datos mensuales de precipitaciones y temperaturas  
empleados en el presente informe**

ESTACIÓN	8007	Villena	Lluvia (mm)									
Año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
1960	62.0	19.0	41.5	14.5	49.0	81.0	0	7.0	14.0	64.0	8.0	71.0
1961	17.2	.0	4.3	14.2	77.9	28.0	.0	20.5	63.0	39.0	39.0	.0
1962	5.0	.0	141.2	39.0	80.0	43.0	.0	15.0	119.0	76.0	65.2	23.0
1963	64.0	38.0	4.0	53.5	22.6	14.9	36.5	43.5	59.0	10.0	15.5	102.7
1964	17.5	7.5	32.0	55.5	30.0	125.0	0	0	35.0	18.5	15.0	125.0
1965	8.0	28.0	18.0	33.0	35.0	28.5	2.5	3.6	18.0	117.0	35.0	14.0
1966	29.5	17.0	0	55.0	19.0	78.0	.3	17.0	57.5	140.0	7.5	.0
1967	16.0	34.0	12.0	65.5	14.0	27.0	.0	35.0	.0	.0	86.0	11.5
1968	41.0	25.5	54.0	25.0	8.5	63.0	.0	10.0	.0	.0	41.5	35.0
1969	29.5	35.0	29.0	38.0	21.0	41.2	.0	11.0	43.0	89.0	38.0	2.0
1970	29.0	.0	25.0	23.0	7.0	8.0	.0	4.0	.0	54.0	5.0	58.5
1971	33.5	1.0	69.5	110.2	48.5	16.0	3.6	.0	74.0	134.0	58.5	84.6
1972	20.0	2.0	41.8	18.2	59.0	11.0	5.0	36.0	74.0	135.0	130.0	20.3
1973	18.0	10.0	85.5	31.0	15.5	57.0	.0	37.0	10.0	36.0	2.0	73.0
1974	3.0	67.0	62.5	97.0	5.5	49.0	12.0	28.0	31.0	58.0	2.5	.0
1975	2.0	34.0	138.0	13.5	75.0	63.0	.0	40.0	45.0	21.0	7.5	62.5
1976	.0	39.5	3.5	53.0	73.0	39.0	5.7	76.5	30.5	46.0	9.0	48.0
1977	84.5	6.2	6.5	27.0	90.2	28.2	29.0	24.0	50.0	13.0	46.0	19.0
1978	12.2	9.0	17.0	26.5	41.5	33.5	.0	3.5	1.0	17.0	33.0	14.0
1979	32.0	9.0	16.0	29.0	6.0	32.5	5.0	.0	38.0	65.0	.0	3.0
1980	62.0	50.0	7.0	83.0	75.0	36.0	2.0	11.5	.0	4.0	25.0	18.0
1981	3.0	16.0	20.5	84.0	11.0	20.0	.0	29.0	3.0	9.0	.0	6.0
1982	24.0	15.0	45.0	59.5	39.0	.0	1.5	3.0	24.5	183.0	61.0	13.0
1983	.0	10.0	7.0	9.5	12.0	23.0	32.0	62.0	.0	13.0	52.5	15.0
1984	23.5	36.0	34.5	8.0	71.0	.5	.0	46.5	32.0	2.5	109.0	.0
1985	18.0	20.0	8.0	9.5	84.0	3.5	.0	1.0	46.0	17.0	31.7	21.0
1986	12.0	6.0	5.0	28.0	13.0	21.0	104.0	2.0	109.0	52.5	26.5	3.0
1987	23.0	42.0	.0	10.0	41.5	.0	2.5	3.0	39.5	48.5	105.0	47.5
1988	11.0	22.0	6.0	81.5	37.5	139.0	.0	.0	18.0	35.5	57.0	.0
1989	13.0	18.0	95.0	14.5	58.7	48.0	2.5	13.5	167.0	3.0	44.0	40.5
1990	44.0	.0	25.0	127.5	66.2	.0	3.5	.0	30.5	49.0	14.5	9.0
1991	42.5	18.5	58.5	6.5	6.0	9.5	2.0	.0	22.0	49.4	14.5	.0
1992	4.9	45.1	8.4	7.1	64.8	84.0	.0	4.0	9.4	26.9	.9	31.6
1993	3.0	73.5	44.5	46.9	27.0	37.2	9.2	14.9	43.9	28.3	37.4	25.9
1994	6.2	10.0	11.9	62.3	8.7	21.3	.0	7.7	39.7	87.4	31.3	19.5
1995	4.2	7.1	44.2	6.9	8.4	35.6	.8	35.0	16.7	15.0	20.4	50.5
1996	19.6	19.5	41.9	36.9	62.3	8.9	5.3	6.7	74.3	27.0	59.8	97.3
1997	59.1	4.6	28.8	45.2	21.0	136.1	17.2	20.9	92.6	3.5	25.2	67.7
1998	37.6	9.6	.0	26.2	35.3	20.3	.0	9.5	24.9	21.5	23.4	80.4
1999	5.6	7.8	49.7	2.3	11.4	24.1	3.6	11.1	24.2	57.3	19.2	6.1



## **ANEXO 2**

### **Calibración: desarrollo matemático de la modelización**

Fecha	Bombeos m3	Lluvia mm	Temperatura °C	Lluvia útil	0,90 Lluvia m³	0,89 Lluvia útil m³	0,01 Lluvia util	Recarga natural m³	Comprobación	Numerador	Denominador	Delta de h	h Simulado	h Medido
ene-94	1916844,69	6,2	7,6	-6,9411467	1350825	0	0	0	0	-1916844,69	2178750	-0,87979102		
feb-94	2405520,918	10	9,2	-6,7498353	2178750	0	0	0	0	-2405520,918	2178750	-1,10408304	420,91	420,91
mar-94	3348066,692	11,9	12,4	-12,570652	2592712,5	0	0	0	0	-3348066,692	2178750	-1,53669154	419,373	
abr-94	3102607,448	62,3	12,6	37,3270072	13573612,5	8132621,689	37,3270072	4915305,675	3217316,014	1812698,228	2178750	0,83199001	420,205	
may-94	3857786,187	8,7	19,3	-34,219809	1895512,5	0	0	0	0	-3857786,187	2178750	-1,77064197	418,435	
jun-94	4502099,628	21,3	22,1	-29,677459	4640737,5	0	0	0	0	-4502099,628	2178750	-2,06636816	416,368	419,99
jul-94	4915192,014	0	26,2	-63,276528	0	0	0	0	0	-4915192,014	2178750	-2,2559688	414,112	
ago-94	4466446,684	7,7	26,2	-55,576528	1677637,5	0	0	0	0	-4466446,684	2178750	-2,05000422	412,062	
sep-94	3140441,015	39,7	19,6	-4,0688575	8649637,5	0	0	0	0	-3140441,015	2178750	-1,44139576	410,621	414,2
oct-94	1688515,585	87,4	16,6	51,9564453	19042275	11320010,52	51,9564453	6597342,066	4722668,45	4908826,481	2178750	2,25304715	412,874	
nov-94	1705485,8	31,3	13,4	4,29631123	6819487,5	936058,8089	4,29631123	717637,4813	218421,3276	-987848,3185	2178750	-0,45340141	412,421	
dic-94	1631889,34	19,5	8,6	4,12507404	4248562,5	898750,5062	4,12507404	692124,4082	206626,098	-939764,9318	2178750	-0,43133215	411,989	
ene-95	1923097,652	4,2	8,3	-10,497016	915075	0	0	0	0	-1923097,652	2178750	-0,882661	411,107	
feb-95	2423836,942	7,1	10,9	-13,674551	1546912,5	0	0	0	0	-2423836,942	2178750	-1,1124897	409,994	409,18
mar-95	2598967,826	44,2	11,7	21,4701775	9630075	4677814,921	21,4701775	3004578,979	1673235,942	405611,1527	2178750	0,18616691	410,180	
abr-95	3391458,66	6,9	11,8	-16,076832	1503337,5	0	0	0	0	-3391458,66	2178750	-1,55660753	408,624	
may-95	4182036,433	8,4	16,8	-27,586763	1830150	0	0	0	0	-4182036,433	2178750	-1,91946595	406,704	407,92
jun-95	3906778,837	35,6	19,8	-8,7368456	7756350	0	0	0	0	-3906778,837	2178750	-1,79312855	404,911	
jul-95	4658517,199	0,8	23,7	-54,909646	174300	0	0	0	0	-4658517,199	2178750	-2,1381605	402,773	
ago-95	4321716,236	35	24,2	-22,206518	7625625	0	0	0	0	-4321716,236	2178750	-1,98357601	400,789	
sep-95	3223844,548	16,7	19,7	-27,409464	3638512,5	0	0	0	0	-3223844,548	2178750	-1,47967621	399,310	402,54
oct-95	2654983,475	15	16,4	-19,90211	3268125	0	0	0	0	-2654983,475	2178750	-1,21858106	398,091	
nov-95	2485869,313	20,4	13,1	-5,8382307	4444650	0	0	0	0	-2485869,313	2178750	-1,14096125	396,950	
dic-95	2192260,88	50,5	10,7	30,2083484	11002687,5	6581643,901	30,2083484	4071579,534	2510064,367	1879318,654	2178750	0,86256737	397,813	
ene-96	2027588,287	19,6	8,6	4,22507404	4270350	920538,0062	4,22507404	707037,5149	213500,4914	-1320550,772	2178750	-0,60610477	397,207	
feb-96	1921202,122	19,5	7,5	6,57805749	4248562,5	1433194,276	6,57805749	1048471,986	384722,2894	-872730,136	2178750	-0,40056461	396,806	
mar-96	2831334,365	41,9	10,7	21,6083484	9128962,5	4707918,901	21,6083484	3021781,858	1686137,043	190447,4932	2178750	0,08741136	396,893	
abr-96	3108080,269	36,9	13,2	10,4071371	8039587,5	2267454,988	10,4071371	1577156,331	690298,6564	-1530923,937	2178750	-0,70266159	396,191	
may-96	3440951,668	62,3	16,0	28,4754227	13573612,5	6204082,721	28,4754227	3863032,567	2341050,154	422080,8987	2178750	0,19372617	396,384	402,58
jun-96	4332765,068	8,9	20,6	-37,724198	1939087,5	0	0	0	0	-4332765,068	2178750	-1,98864719	394,396	
jul-96	4810160,661	5,3	23,6	-50,111288	1154737,5	0	0	0	0	-4810160,661	2178750	-2,20776163	392,188	
ago-96	4835385,079	6,7	23,1	-47,224635	1459762,5	0	0	0	0	-4835385,079	2178750	-2,21933911	389,969	400,09
sep-96	3527886,656	74,3	19,8	29,9631544	16188112,5	6528222,261	29,9631544	4042153,605	2486068,656	514266,9483	2178750	0,23603761	390,205	
oct-96	2780136,189	27	15,1	-4,4268406	5882625	0	0	0	0	-2780136,189	2178750	-1,27602349	388,929	
nov-96	1404051,594	59,8	10,6	39,7488886	13028925	8660289,113	39,7488886	5198154,113	3462135,001	3794102,518	2178750	1,74141252	390,670	
dic-96	1567564,039	97,3	8,2	82,8274989	21199237,5	18046041,31	82,8274989	9991374,935	8054666,379	8423810,895	2178750	3,86635038	394,536	
ene-97	2216504,075	59,1	7,5	46,1780575	12876412,5	10061044,28	46,1780575	5940153,216	4120891,059	3723649,142	2178750	1,70907591	396,246	
feb-97	1199501,805	4,6	9,5	-12,846527	1002225	0	0	0	0	-1199501,805	2178750	-0,55054587	395,695	397
mar-97	3066138,602	28,8	10,3	9,46682085	6274800	2062583,592	9,46682085	1449678,208	612905,3838	-1616460,394	2178750	-0,74192101	394,953	
abr-97	2966503,896	45,2	13,6	17,6834226	9847950	3852775,704	17,6834226	2528039,993	1324735,711	-438463,9032	2178750	-0,20124562	394,752	396,1
may-97	3713660,96	21	17,5	-16,901668	4575375	0	0	0	0	-3713660,96	2178750	-1,70449155	393,047	
jun-97	3424064,908	136,1	21,0	88,3230409	29652787,5	19243382,54	88,3230409	10579271,95	8664110,587	7155207,043	2178750	3,28408814	396,331	395,1
jul-97	4130474,652	17,2	22,7	-35,541544	3747450	0	0	0	0	-4130474,652	2178750	-1,89580018	394,436	394,8
ago-97	4183176,567	20,9	23,1	-33,024635	4553587,5	0	0	0	0	-4183176,567	2178750	-1,91998924	392,516	391,8
sep-97	2714283,443	92,6	20,9	45,1117918	20175225	9828731,637	45,1117918	5817924,463	4010807,175	3103641,02	2178750	1,42450534	393,940	393,6
oct-97	1835320,4	3,5	18,1	-36,059591	762562,5	0	0	0	0	-1835320,4	2178750	-0,8423731	393,098	393,2
nov-97	1621424,269	25,2	12,5	0,47844888	5490450	104242,0493	0,47844888	101742,7661	2499,283227	-1519681,503	2178750	-0,69750155	392,400	390,5
dic-97	1766041,423	67,7	9,8	49,5508155	14750137,5	10795883,92	49,5508155	6324775,681	4471108,241	4558734,258	2178750	2,09236225	394,493	391,6

## **ANEXO 3**

**Validación: desarrollo matemático de la modelización**

Fecha	Bombeos m3	Lluvia mm	Temperatura °C	Lluvia útil	0,9 Lluvia m³	0,89 Lluvia útil m³	0,01 Lluvia util	Recarga natural m³	Numerador	Denominador	Delta de h	h Simulado	h Medido
ene-94	1916844,69	6,2	7,6	-6,9411467	1350825	0	0	0	-1916844,69	2178750	-0,87979102		
feb-94	2405520,918	10	9,2	-6,7498353	2178750	0	0	0	-2405520,918	2178750	-1,10408304	432,63	432,63
mar-94	3348066,692	11,9	12,4	-12,570652	2592712,5	0	0	0	-3348066,692	2178750	-1,53669154	431,093	
abr-94	3102607,448	62,3	12,6	37,3270072	13573612,5	8132621,689	37,3270072	4915305,675	1812698,228	2178750	0,83199001	431,925	
may-94	3857786,187	8,7	19,3	-34,219809	1895512,5	0	0	0	-3857786,187	2178750	-1,77064197	430,155	
jun-94	4502099,628	21,3	22,1	-29,677459	4640737,5	0	0	0	-4502099,628	2178750	-2,06636816	428,088	432,28
jul-94	4915192,014	0	26,2	-63,276528	0	0	0	0	-4915192,014	2178750	-2,2559688	425,832	
ago-94	4466446,684	7,7	26,2	-55,576528	1677637,5	0	0	0	-4466446,684	2178750	-2,05000422	423,782	
sep-94	3140441,015	39,7	19,6	-4,0688575	8649637,5	0	0	0	-3140441,015	2178750	-1,44139576	422,341	426,71
oct-94	1688515,585	87,4	16,6	51,9564453	19042275	11320010,52	51,9564453	6597342,066	4908826,481	2178750	2,25304715	424,594	
nov-94	1705485,8	31,3	13,4	4,29631123	6819487,5	936058,8089	4,29631123	717637,4813	-987848,3185	2178750	-0,45340141	424,141	
dic-94	1631889,34	19,5	8,6	4,12507404	4248562,5	898750,5062	4,12507404	692124,4082	-939764,9318	2178750	-0,43133215	423,709	
ene-95	1923097,652	4,2	8,3	-10,497016	915075	0	0	0	-1923097,652	2178750	-0,882661	422,827	
feb-95	2423836,942	7,1	10,9	-13,674551	1546912,5	0	0	0	-2423836,942	2178750	-1,1124897	421,714	423,81
mar-95	2598967,826	44,2	11,7	21,4701775	9630075	4677814,921	21,4701775	3004578,979	405611,1527	2178750	0,18616691	421,900	
abr-95	3391458,66	6,9	11,8	-16,076832	1503337,5	0	0	0	-3391458,66	2178750	-1,55660753	420,344	
may-95	4182036,433	8,4	16,8	-27,586763	1830150	0	0	0	-4182036,433	2178750	-1,91946595	418,424	421,12
jun-95	3906778,837	35,6	19,8	-8,7368456	7756350	0	0	0	-3906778,837	2178750	-1,79312855	416,631	
jul-95	4658517,199	0,8	23,7	-54,909646	174300	0	0	0	-4658517,199	2178750	-2,1381605	414,493	
ago-95	4321716,236	35	24,2	-22,206518	7625625	0	0	0	-4321716,236	2178750	-1,98357601	412,509	
sep-95	3223844,548	16,7	19,7	-27,409464	3638512,5	0	0	0	-3223844,548	2178750	-1,47967621	411,030	420,5
oct-95	2654983,475	15	16,4	-19,90211	3268125	0	0	0	-2654983,475	2178750	-1,21858106	409,811	
nov-95	2485869,313	20,4	13,1	-5,8382307	4444650	0	0	0	-2485869,313	2178750	-1,14096125	408,670	
dic-95	2192260,88	50,5	10,7	30,2083484	11002687,5	6581643,901	30,2083484	4071579,534	1879318,654	2178750	0,86256737	409,533	
ene-96	2027588,287	19,6	8,6	4,22507404	4270350	920538,0062	4,22507404	707037,5149	-1320550,772	2178750	-0,60610477	408,927	
feb-96	1921202,122	19,5	7,5	6,57805749	4248562,5	1433194,276	6,57805749	1048471,986	-872730,136	2178750	-0,40056461	408,526	
mar-96	2831334,365	41,9	10,7	21,6083484	9128962,5	4707918,901	21,6083484	3021781,858	190447,4932	2178750	0,08741136	408,613	
abr-96	3108080,269	36,9	13,2	10,4071371	8039587,5	2267454,988	10,4071371	1577156,331	-1530923,937	2178750	-0,70266159	407,911	
may-96	3440951,668	62,3	16,0	28,4754227	13573612,5	6204082,721	28,4754227	3863032,567	422080,8987	2178750	0,19372617	408,104	414,09
jun-96	4332765,068	8,9	20,6	-37,724198	1939087,5	0	0	0	-4332765,068	2178750	-1,98864719	406,116	
jul-96	4810160,661	5,3	23,6	-50,111288	1154737,5	0	0	0	-4810160,661	2178750	-2,20776163	403,908	
ago-96	4835385,079	6,7	23,1	-47,224635	1459762,5	0	0	0	-4835385,079	2178750	-2,21933911	401,689	410,13
sep-96	3527886,656	74,3	19,8	29,9631544	16188112,5	6528222,261	29,9631544	4042153,605	514266,9483	2178750	0,23603761	401,925	
oct-96	2780136,189	27	15,1	-4,4268406	5882625	0	0	0	-2780136,189	2178750	-1,27602349	400,649	
nov-96	1404051,594	59,8	10,6	39,7488886	13028925	8660289,113	39,7488886	5198154,113	3794102,518	2178750	1,74141252	402,390	
dic-96	1567564,039	97,3	8,2	82,8274989	21199237,5	18046041,31	82,8274989	9991374,935	8423810,895	2178750	3,86635038	406,256	
ene-97	2216504,075	59,1	7,5	46,1780575	12876412,5	10061044,28	46,1780575	5940153,216	3723649,142	2178750	1,70907591	407,966	
feb-97	1199501,805	4,6	9,5	-12,846527	1002225	0	0	0	-1199501,805	2178750	-0,55054587	407,415	408,87
mar-97	3066138,602	28,8	10,3	9,46682085	6274800	2062583,592	9,46682085	1449678,208	-1616460,394	2178750	-0,74192101	406,673	
abr-97	2966503,896	45,2	13,6	17,6834226	9847950	3852775,704	17,6834226	2528039,993	-438463,9032	2178750	-0,20124562	406,472	
may-97	3713660,96	21	17,5	-16,901668	4575375	0	0	0	-3713660,96	2178750	-1,70449155	404,767	
jun-97	3424064,908	136,1	21,0	88,3230409	29652787,5	19243382,54	88,3230409	10579271,95	7155207,043	2178750	3,28408814	408,051	407,22
jul-97	4130474,652	17,2	22,7	-35,541544	3747450	0	0	0	-4130474,652	2178750	-1,89580018	406,156	
ago-97	4183176,567	20,9	23,1	-33,024635	4553587,5	0	0	0	-4183176,567	2178750	-1,91998924	404,236	406,03
sep-97	2714283,443	92,6	20,9	45,1117918	20175225	9828731,637	45,1117918	5817924,463	3103641,02	2178750	1,42450534	405,660	
oct-97	1835320,4	3,5	18,1	-36,059591	762562,5	0	0	0	-1835320,4	2178750	-0,8423731	404,818	
nov-97	1621424,269	25,2	12,5	0,47844888	5490450	104242,0493	0,47844888	101742,7661	-1519681,503	2178750	-0,69750155	404,120	
dic-97	1766041,423	67,7	9,8	49,5508155	14750137,5	10795883,92	49,5508155	6324775,681	4558734,258	2178750	2,09236225	406,213	

## **ANEXO 4**

### **Comprobación: desarrollo matemático de la modelización**

Fecha	Bombeos m3	Lluvia mm	Temperatura °C	Lluvia útil	0,9	0,89	0,01	Recarga natural m³	Numerador	Denominador	Delta de h	h Simulado	h Medido
					Lluvia m³	Lluvia útil m³	Lluvia util						
ene-89	1.583.396	13	6,9	1,37646185	2832375	299896,6263	1,37646185	260585,3702	-1322810,906	2178750	-0,60714213	434,95	434,95
feb-89	1.987.064	18	9,4	0,78637355	3921750	171331,1381	0,78637355	158328,6943	-1828735,194	2178750	-0,83935063	434,1106494	
mar-89	2.765.647	95	12,5	70,2784489	20698125	15311917,05	70,2784489	8632202,876	5866555,582	2178750	2,69262448	436,8032738	
abr-89	2.562.887	14,5	11,8	-8,476832	3159187,5		0	0	-2562887,386	2178750	-1,17631091	435,6269629	
may-89	3.186.698	58,7	16,6	23,2564453	12789262,5	5066998,016	23,2564453	3226067,7	39370,14872	2178750	0,01807006	435,645033	
jun-89	3.718.928	48	20,9	0,5117918	10458000	111506,6375	0,5117918	108029,6487	-3610898,556	2178750	-1,65732579	433,9877072	434,35
jul-89	4.060.160	2,5	25,6	-58,941917	544687,5		0	0	-4060160,308	2178750	-1,86352739	432,1241798	
ago-89	3.689.477	13,5	25,9	-48,857788	2941312,5		0	0	-3689477,338	2178750	-1,69339178	430,430788	
sep-89	2.594.140	167	19,9	122,378578	36385125	26663232,67	122,378578	14141898,56	11547759,01	2178750	5,30017625	435,7309643	
oct-89	1.394.787	3	16,1	-31,093286	653625		0	0	-1394786,6	2178750	-0,64017744	435,0907869	429,75
nov-89	1.408.805	44	12,6	19,0270072	9586500	4145509,189	19,0270072	2698296,305	1289491,576	2178750	0,59184926	435,6826361	
dic-89	1.348.011	40,5	10,5	20,688817	8823937,5	4507576,002	20,688817	2907064,349	1559053,466	2178750	0,71557245	436,3982086	

## **ANEXO 5**

### **Series históricas: desarrollo matemático de la modelización**

Fecha	Lluvia mm	Temperatura °C	Lluvia útil	Lluvia m³	Lluvia útil m³	0,9	0,89	Comprobación Lluv. útil >Recar	% infiltración	% infiltración	% Lluvia útil	Fecha
						Lluvia útil	Recarga natural m³		sobre lluvia útil	sobre lluvia caída	sobre lluvia caída	
ene-60	62	6,3	51,64470	13508250	11252090,0	51,645	6562100,37	4689989,621	58,32	48,58	83,30	ene-60
feb-60	19	8	4,97431	4139625	1083777,5	4,974	817602,15	266175,3076	75,44	19,75	26,18	feb-60
mar-60	41,5	12,6	16,52701	9041812,5	3600821,7	16,527	2380360,65	1220461,043	66,11	26,33	39,82	mar-60
abr-60	14,5	12,2	-9,47049	3159187,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	abr-60
may-60	49	16	15,17542	10675875	3306345,2	15,175	2206303,32	1100041,9	66,73	20,67	30,97	may-60
jun-60	81	21,6	31,48278	17647875	6859310,5	31,483	4224107,21	2635203,244	61,58	23,94	38,87	jun-60
jul-60	0	22,8	-53,03679	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-60
ago-60	7	23,4	-47,81560	1525125	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-60
sep-60	14	20,6	-32,62420	3050250	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	sep-60
oct-60	64	13,1	37,76177	13944000	8227345,5	37,762	4966226,10	3261119,398	60,36	35,62	59,00	oct-60
nov-60	8	11,4	-13,99222	1743000	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	nov-60
dic-60	71	5,3	62,68561	15469125	13657627,4	62,686	7797031,81	5860595,623	57,09	50,40	88,29	dic-60
ene-61	17,2	4,9	9,67426	3747450	2107780,1	9,674	1477916,31	629863,7989	70,12	39,44	56,25	ene-61
feb-61	0	9,8	-18,14918	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	feb-61
mar-61	4,30	9,2	-12,44984	936862,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	mar-61
abr-61	14,2	14,8	-16,43602	3093825	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	abr-61
may-61	77,9	18,2	38,06263	16972463	8292895,4	38,063	5001425,83	3291469,616	60,31	29,47	48,86	may-61
jun-61	28	19,9	-16,62142	6100500	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jun-61
jul-61	0	23	-53,62834	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-61
ago-61	20,5	22,4	-31,35791	4466437,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-61
sep-61	63	21,2	14,64443	13726125	3190654,3	14,644	2137461,51	1053192,793	66,99	15,57	23,25	sep-61
oct-61	39	14,6	8,88880	8497125	1936646,3	8,889	1370629,61	566016,7374	70,77	16,13	22,79	oct-61
nov-61	39	9,8	20,85082	8497125	4542871,4	20,851	2927314,74	1615556,682	64,44	34,45	53,46	nov-61
dic-61	0	8,4	-14,92226	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	dic-61
ene-62	5	7	-6,83790	1089375	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ene-62
feb-62	0	7,3	-12,48591	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	feb-62
mar-62	141,2	9,5	123,75347	30763950	26962788,0	123,753	14283215,63	12679572,37	52,97	46,43	87,64	mar-62
abr-62	39	13,2	12,50714	8497125	2724992,5	12,507	1857464,19	867528,3019	68,16	21,86	32,07	abr-62
may-62	80	17	43,46828	17430000	9470651,3	43,468	5628898,12	3841753,208	59,44	32,29	54,34	may-62
jun-62	43	18,8	1,48735	9368625	324056,2	1,487	279188,40	44867,75704	86,15	2,98	3,46	jun-62
jul-62	0	23,5	-55,11327	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-62
ago-62	15	24,6	-43,41005	3268125	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-62
sep-62	119	22,2	67,72941	25927125	14756546,2	67,729	8352985,45	6403560,716	56,61	32,22	56,92	sep-62
oct-62	76	17,2	38,92159	16558500	8480041,0	38,922	5101753,82	3378287,13	60,16	30,81	51,21	oct-62
nov-62	65,2	8,4	50,27774	14205450	10954261,9	50,278	6407288,82	4546973,103	58,49	45,10	77,11	nov-62
dic-62	23	4,6	16,05452	5011125	3497877,9	16,055	2319698,06	1178179,853	66,32	46,29	69,80	dic-62
ene-63	64	5,9	54,47243	13944000	11868181,1	54,472	6880931,45	4987249,686	57,98	49,35	85,11	ene-63
feb-63	38	5,8	28,67705	8279250	6248011,3	28,677	3887366,91	2360644,434	62,22	46,95	75,47	feb-63
mar-63	4	10,1	-14,85767	871500	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	mar-63
abr-63	53,5	11,7	30,77018	11656313	6704052,4	30,770	4138906,45	2565145,967	61,74	35,51	57,51	abr-63
may-63	22,6	14,8	-8,03602	4923975	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	may-63
jun-63	14,9	19,6	-28,86886	3246337,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jun-63
jul-63	36,5	23	-17,12834	7952437,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-63

ago-63	43,5	22,4	-8,35791	9477562,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ago-63
sep-63	59	19,1	16,64425	12854625	3626366,0	16,644	2395383,61	1230982,352	66,05	18,63	28,21	28,21	sep-63
oct-63	10	15,4	-22,22191	2178750	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	oct-63
nov-63	15,5	12,4	-8,97065	3377062,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	nov-63
dic-63	102,7	6,2	92,55301	22375763	20164986,0	92,553	11029034,01	9135951,958	54,69	49,29	90,12	90,12	dic-63
ene-64	17,5	4,7	10,36220	3812812,5	2257664,7	10,362	1571094,19	686570,48	69,59	41,21	59,21	59,21	ene-64
feb-64	7,5	8,4	-7,42226	1634062,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	feb-64
mar-64	32	10,4	12,42813	6972000	2707778,6	12,428	1847017,60	860761,0396	68,21	26,49	38,84	38,84	mar-64
abr-64	55,5	11,8	32,52317	12092063	7085985,2	32,523	4348120,18	2737865,044	61,36	35,96	58,60	58,60	abr-64
may-64	30	17,8	-8,72874	6536250	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	may-64
jun-64	125	20,2	79,52254	27234375	17325972,5	79,523	9635765,15	7690207,374	55,61	35,38	63,62	63,62	jun-64
jul-64	0	22,8	-53,03679	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jul-64
ago-64	0	22,5	-52,15210	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ago-64
sep-64	35	22,4	-16,85791	7625625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	sep-64
oct-64	18,5	14,7	-11,87337	4030687,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	oct-64
nov-64	15	8,8	-0,83044	3268125	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	nov-64
dic-64	125	5,6	116,08341	27234375	25291673,0	116,083	13492590,81	11799082,16	53,35	49,54	92,87	92,87	dic-64
ene-65	8	5,8	-1,32295	1743000	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ene-65
feb-65	28	3,6	22,91250	6100500	4992061,6	22,913	3183570,44	1808491,126	63,77	52,19	81,83	81,83	feb-65
mar-65	18	9,8	-0,14918	3921750	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	mar-65
abr-65	33	12,1	9,27876	7189875	2021609,4	9,279	1424019,32	597590,12	70,44	19,81	28,12	28,12	abr-65
may-65	35	17	-1,53172	7625625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	may-65
jun-65	28,5	21,4	-20,43566	6209437,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jun-65
jul-65	2,5	24,2	-54,70652	544687,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jul-65
ago-65	3,6	22,6	-48,84665	784350	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ago-65
sep-65	18	18,2	-21,83737	3921750	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	sep-65
oct-65	117	18	77,71777	25491375	16932760,2	77,718	9440891,96	7491868,22	55,76	37,04	66,43	66,43	oct-65
nov-65	35	9,8	16,85082	7625625	3671371,4	16,851	2421823,73	1249547,688	65,97	31,76	48,15	48,15	nov-65
dic-65	14	8,2	-0,47250	3050250	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	dic-65
ene-66	29,5	9,6	11,81991	6427312,5	2575262,9	11,820	1766349,05	808913,8947	68,59	27,48	40,07	40,07	ene-66
feb-66	17	10,5	-2,81118	3703875	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	feb-66
mar-66	0	8,3	-14,69702	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	mar-66
abr-66	55	14	26,45155	11983125	5763130,4	26,452	3617689,94	2145440,487	62,77	30,19	48,09	48,09	abr-66
may-66	19	16	-14,82458	4139625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	may-66
jun-66	78	19,8	33,66315	16994250	7334359,8	33,663	4483505,32	2850854,441	61,13	26,38	43,16	43,16	jun-66
jul-66	0,3	22,8	-52,73679	65362,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jul-66
ago-66	17	24,2	-40,20652	3703875	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ago-66
sep-66	57,5	22,3	5,93593	12527813	1293291,1	5,936	956874,58	336416,5099	73,99	7,64	10,32	10,32	sep-66
oct-66	140	14,6	109,88880	30502500	23942021,3	109,889	12849861,52	11092159,82	53,67	42,13	78,49	78,49	oct-66
nov-66	7,5	6,8	-3,91002	1634062,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	nov-66
dic-66	0	5,4	-8,51413	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	dic-66
ene-67	16	5,7	6,88071	3486000	1499134,5	6,881	1091298,25	407836,259	72,80	31,31	43,00	43,00	ene-67
feb-67	34	8,2	19,52750	7407750	4254553,8	19,527	2761375,09	1493178,727	64,90	37,28	57,43	57,43	feb-67
mar-67	12	10,5	-7,81118	2614500	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	mar-67
abr-67	65,5	11,4	43,50778	14270813	9479256,6	43,508	5633449,83	3845806,741	59,43	39,48	66,42	66,42	abr-67
may-67	14	16	-19,82458	3050250	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	may-67

jun-67	27	18,2	-12,83737	5882625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jun-67
jul-67	0	24,9	-59,31618	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jul-67
ago-67	35	23,4	-19,81560	7625625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ago-67
sep-67	0	19,4	-43,20243	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	sep-67
oct-67	0	17	-36,53172	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	oct-67
nov-67	86	11,4	64,00778	18737250	13945694,1	64,008	7943228,26	6002465,819	56,96	42,39	74,43	74,43	nov-67
dic-67	11,5	5,2	3,38433	2505562,5	737361,4	3,384	580337,85	157023,5859	78,70	23,16	29,43	29,43	dic-67
ene-68	41	6,9	29,37646	8932875	6400396,6	29,376	3971636,14	2428760,491	62,05	44,46	71,65	71,65	ene-68
feb-68	25,5	8,1	11,25128	5555812,5	2451371,8	11,251	1690516,81	760854,9545	68,96	30,43	44,12	44,12	feb-68
mar-68	54	8,3	39,30298	11765250	8563137,6	39,303	5146223,25	3416914,308	60,10	43,74	72,78	72,78	mar-68
abr-68	25	12	1,52745	5446875	332794,2	1,527	285878,69	46915,54638	85,90	5,25	6,11	6,11	abr-68
may-68	8,5	15,2	-23,19140	1851937,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	may-68
jun-68	63	19,2	20,36242	13726125	4436462,0	20,362	2866210,24	1570251,737	64,61	20,88	32,32	32,32	jun-68
jul-68	0	23,6	-55,41129	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jul-68
ago-68	10	23	-43,62834	2178750	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ago-68
sep-68	0	20,2	-45,47746	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	sep-68
oct-68	0	16,8	-35,98676	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	oct-68
nov-68	41,5	10,8	20,96720	9041812,5	4568228,8	20,967	2941852,58	1626376,198	64,40	32,54	50,52	50,52	nov-68
dic-68	35	7,9	21,19659	7625625	4618206,9	21,197	2970480,04	1647726,881	64,32	38,95	60,56	60,56	dic-68
ene-69	29,5	7,5	16,57806	6427312,5	3611944,3	16,578	2386903,44	1225040,836	66,08	37,14	56,20	56,20	ene-69
feb-69	35	5,4	26,48587	7625625	5770609,8	26,486	3621868,21	2148741,577	62,76	47,50	75,67	75,67	feb-69
mar-69	29	9,6	11,31991	6318375	2466325,4	11,320	1699691,74	766633,6994	68,92	26,90	39,03	39,03	mar-69
abr-69	38	11,7	15,27018	8279250	3326989,9	15,270	2218559,83	1108430,091	66,68	26,80	40,18	40,18	abr-69
may-69	21	16,3	-13,63205	4575375	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	may-69
jun-69	41,2	18,9	-0,59328	8976450	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jun-69
jul-69	0	22,5	-52,15210	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jul-69
ago-69	11	22,2	-40,27059	2396625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ago-69
sep-69	43	17,8	4,27126	9368625	930600,1	4,271	713911,66	216688,4329	76,72	7,62	9,93	9,93	sep-69
oct-69	89	14,7	58,62663	19390875	12773276,5	58,627	7346058,49	5427217,996	57,51	37,88	65,87	65,87	oct-69
nov-69	38	9,6	20,31991	8279250	4427200,4	20,320	2860884,32	1566316,116	64,62	34,55	53,47	53,47	nov-69
dic-69	2	5	-5,72133	435750	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	dic-69
ene-70	29	8,2	14,52750	6318375	3165178,8	14,527	2122265,75	1042913,06	67,05	33,59	50,09	50,09	ene-70
feb-70	0	8,3	-14,69702	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	feb-70
mar-70	25	7,8	11,41811	5446875	2487721,1	11,418	1712808,60	774912,5485	68,85	31,45	45,67	45,67	mar-70
abr-70	23	11,9	-0,22441	5011125	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	abr-70
may-70	7	14,7	-23,37337	1525125	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	may-70
jun-70	8	20	-36,90638	1743000	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jun-70
jul-70	0	24,2	-57,20652	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jul-70
ago-70	4	23,4	-50,81560	871500	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ago-70
sep-70	0	20,5	-46,33695	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	sep-70
oct-70	54	13,4	26,99631	11765250	5881821,3	26,996	3683925,59	2197895,723	62,63	31,31	49,99	49,99	oct-70
nov-70	5	11,6	-17,48338	1089375	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	nov-70
dic-70	58,5	4,4	51,93575	12745688	11315502,2	51,936	6595003,59	4720498,644	58,28	51,74	88,78	88,78	dic-70
ene-71	33,5	5,6	24,58341	7298812,5	5356110,5	24,583	3389388,89	1966721,58	63,28	46,44	73,38	73,38	ene-71
feb-71	1	8	-13,02569	217875	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	feb-71
mar-71	69,5	6,4	58,93551	15142313	12840574,1	58,936	7380494,75	5460079,329	57,48	48,74	84,80	84,80	mar-71

abr-71	110,2	11	89,18310	24009825	19430767,4	89,183	10670908,13	8759859,233	54,92	44,44	80,93	abr-71
may-71	48,5	14,4	18,91168	10566938	4120381,4	18,912	2683734,98	1436646,436	65,13	25,40	38,99	may-71
jun-71	16	18,7	-25,23242	3486000	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jun-71
jul-71	3,6	23,4	-51,21560	784350	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-71
ago-71	0	24,3	-57,50690	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-71
sep-71	74	20,1	28,80827	16122750	6276601,2	28,808	3903194,22	2373407,015	62,19	24,21	38,93	sep-71
oct-71	134	16,4	99,09789	29195250	21590952,7	99,098	11720529,46	9870423,248	54,28	40,15	73,95	oct-71
nov-71	58,5	7,4	45,79647	12745688	9977906,8	45,796	5896447,36	4081459,39	59,10	46,26	78,28	nov-71
dic-71	84,6	6,6	73,61448	18432225	16038753,8	73,614	8995952,99	7042800,858	56,09	48,81	87,01	dic-71
ene-72	20	5,8	10,67705	4357500	2326261,3	10,677	1613509,00	712752,3465	69,36	37,03	53,39	ene-72
feb-72	2	7,7	-11,36113	435750	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	feb-72
mar-72	41,8	8,4	26,87774	9107175	5855986,9	26,878	3669521,28	2186465,641	62,66	40,29	64,30	mar-72
abr-72	18,2	10,9	-2,57455	3965325	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	abr-72
may-72	59	14,5	29,15048	12854625	6351160,7	29,150	3944432,98	2406727,681	62,11	30,68	49,41	may-72
jun-72	11	19,1	-31,35575	2396625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jun-72
jul-72	5	23	-48,62834	1089375	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-72
ago-72	36	22,2	-15,27059	7843500	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-72
sep-72	74	17,2	36,92159	16122750	8044291,0	36,922	4867763,15	3176527,801	60,51	30,19	49,89	sep-72
oct-72	135	13,8	106,96849	29413125	23305760,5	106,968	12545490,39	10760270,12	53,83	42,65	79,24	oct-72
nov-72	130	11,1	108,74015	28323750	23691760,3	108,740	12730250,44	10961509,88	53,73	44,95	83,65	nov-72
dic-72	20,3	6,4	9,73551	4422862,5	2121124,1	9,736	1486240,63	634883,4498	70,07	33,60	47,96	dic-72
ene-73	18	6,2	7,85301	3921750	1710973,5	7,853	1227529,22	483444,2497	71,74	31,30	43,63	ene-73
feb-73	10	6	0,26688	2178750	58146,4	0,267	60516,09	-1	104,08	2,78	2,67	feb-73
mar-73	85,5	7,8	71,91811	18628313	15669158,6	71,918	8811218,61	6857940,033	56,23	47,30	84,11	mar-73
abr-73	31	10,9	10,22545	6754125	2227869,6	10,225	1552627,32	675242,3196	69,69	22,99	32,99	abr-73
may-73	15,5	16,4	-19,40211	3377062,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	may-73
jun-73	57	19,8	12,66315	12418875	2758984,8	12,663	1878071,84	880912,9163	68,07	15,12	22,22	jun-73
jul-73	0	23,5	-55,11327	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-73
ago-73	37	24	-19,60676	8061375	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-73
sep-73	10	20,6	-36,62420	2178750	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	sep-73
oct-73	36	14,5	6,15048	7843500	1340035,7	6,150	987595,00	352440,6673	73,70	12,59	17,08	oct-73
nov-73	2	11	-19,01690	435750	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	nov-73
dic-73	73	6,2	62,85301	15904875	13694098,5	62,853	7815559,81	5878538,662	57,07	49,14	86,10	dic-73
ene-74	3	7,6	-10,14115	653625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ene-74
feb-74	67	6,8	55,58998	14597625	12111667,4	55,590	7006430,63	5105236,762	57,85	48,00	82,97	feb-74
mar-74	62,5	8,7	46,89767	13617188	10217829,9	46,898	6022468,53	4195361,39	58,94	44,23	75,04	mar-74
abr-74	97	9,9	78,61529	21133875	17128307,1	78,615	9537865,11	7590441,997	55,68	45,13	81,05	abr-74
may-74	5,5	16,9	-30,75902	1198312,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	may-74
jun-74	49	20,3	3,23642	10675875	705135,5	3,236	557709,37	147426,1684	79,09	5,22	6,60	jun-74
jul-74	12	22,3	-39,56407	2614500	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-74
ago-74	28	23	-25,62834	6100500	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-74
sep-74	31	20,6	-15,62420	6754125	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	sep-74
oct-74	58	12,3	33,77970	12636750	7359752,5	33,780	4497317,80	2862434,658	61,11	35,59	58,24	oct-74
nov-74	2,5	9,6	-15,18009	544687,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	nov-74
dic-74	0	6,9	-11,62354	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	dic-74
ene-75	2	7,7	-11,36113	435750	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ene-75

feb-75	34	7,9	20,19659	7407750	4400331,9	20,197	2845426,44	1554905,484	64,66	38,41	59,40	feb-75
mar-75	138	8,2	123,52750	30066750	26913553,8	123,527	14260001,01	12653552,8	52,98	47,43	89,51	mar-75
abr-75	13,55	11,3	-8,19751	2952206,3	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	abr-75
may-75	75	13,4	47,99631	16340625	10457196,3	47,996	6147873,26	4309323,051	58,79	37,62	64,00	may-75
jun-75	63	18,9	21,20672	13726125	4620413,4	21,207	2971743,12	1648670,274	64,32	21,65	33,66	jun-75
jul-75	0	24,7	-58,71176	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-75
ago-75	40	23,9	-16,30738	8715000	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-75
sep-75	45	19,3	2,08019	9804375	453221,6	2,080	376323,84	76897,73134	83,03	3,84	4,62	sep-75
oct-75	21	14,6	-9,11120	4575375	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	oct-75
nov-75	7,5	9,5	-9,94653	1634062,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	nov-75
dic-75	62,5	6,4	51,93551	13617188	11315449,1	51,936	6594976,02	4720473,061	58,28	48,43	83,10	dic-75
ene-76	0	6	-9,73312	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ene-76
feb-76	39,5	8	25,47431	8606062,5	5550215,0	25,474	3498493,32	2051721,64	63,03	40,65	64,49	feb-76
mar-76	3,5	9,6	-14,18009	762562,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	mar-76
abr-76	53	10,5	33,18882	11547375	7231013,5	33,189	4427235,12	2803778,382	61,23	38,34	62,62	abr-76
may-76	73	15,8	39,71148	15904875	8652138,5	39,711	5193799,79	3458338,69	60,03	32,66	54,40	may-76
jun-76	39	20	-5,90638	8497125	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jun-76
jul-76	5,7	22,8	-47,33679	1241887,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-76
ago-76	76,5	23	22,87166	16667438	4983163,0	22,872	3178519,32	1804643,668	63,79	19,07	29,90	ago-76
sep-76	30,5	18,6	-10,45260	6645187,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	sep-76
oct-76	46	13,7	18,22621	10022250	3971035,9	18,226	2596986,64	1374049,241	65,40	25,91	39,62	oct-76
nov-76	9	8,5	-6,14824	1960875	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	nov-76
dic-76	48	9,3	31,01861	10458000	6758178,7	31,019	4168633,68	2589545,055	61,68	39,86	64,62	dic-76
ene-77	84,5	8,5	69,35176	18410438	15110015,8	69,352	8530826,33	6579189,459	56,46	46,34	82,07	ene-77
feb-77	6,2	9,5	-11,24653	1350825	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	feb-77
mar-77	6,5	10,7	-13,79165	1416187,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	mar-77
abr-77	27	13,5	-0,25988	5882625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	abr-77
may-77	90,2	14,6	60,08880	19652325	13091846,3	60,089	7508896,60	5582949,744	57,36	38,21	66,62	may-77
jun-77	28,2	18,3	-11,91556	6144075	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jun-77
jul-77	29	21,4	-19,93566	6318375	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-77
ago-77	24	20,4	-22,05007	5229000	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-77
sep-77	50	19,4	6,79757	10893750	1481020,1	6,798	1079554,49	401465,5986	72,89	9,91	13,60	sep-77
oct-77	13	15,7	-20,02118	2832375	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	oct-77
nov-77	46	10,8	25,46720	10022250	5548666,3	25,467	3497624,50	2051041,78	63,04	34,90	55,36	nov-77
dic-77	19	9,6	1,31991	4139625	287575,4	1,320	251035,08	36540,35736	87,29	6,06	6,95	dic-77
ene-78	12,2	6,9	0,57646	2658075	125596,6	0,576	120097,98	5498,641508	95,62	4,52	4,73	ene-78
feb-78	9	9,9	-9,38471	1960875	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	feb-78
mar-78	17	11,6	-5,48338	3703875	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	mar-78
abr-78	26,5	11,7	3,77018	5773687,5	821427,4	3,770	638869,14	182558,2842	77,78	11,07	14,23	abr-78
may-78	41,5	15,1	10,07316	9041812,5	2194689,6	10,073	1532030,42	662659,1842	69,81	16,94	24,27	may-78
jun-78	33,5	18,8	-8,01265	7298812,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jun-78
jul-78	0	23,1	-53,92464	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-78
ago-78	3,5	23,1	-50,42464	762562,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-78
sep-78	1	20,3	-44,76358	217875	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	sep-78
oct-78	17	14,5	-12,84952	3703875	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	oct-78
nov-78	33	9,9	14,61529	7189875	3184307,1	14,615	2133676,75	1050630,354	67,01	29,68	44,29	nov-78

dic-78	14	9,2	-2,74984	3050250	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	dic-78
ene-79	32	8,9	15,94075	6972000	3473090,5	15,941	2305062,22	1168028,284	66,37	33,06	49,81	ene-79	
feb-79	9	8,8	-6,83044	1960875	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	feb-79	
mar-79	16	10,4	-3,57187	3486000	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	mar-79	
abr-79	29	11,6	6,51662	6318375	1419808,1	6,517	1039751,85	380056,2156	73,23	16,46	22,47	abr-79	
may-79	6	16,3	-28,63205	1307250	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	may-79	
jun-79	32,5	20,5	-13,83695	7080937,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jun-79	
jul-79	5	22,8	-48,03679	1089375	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-79	
ago-79	0	22,2	-51,27059	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-79	
sep-79	38	19,4	-5,20243	8279250	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	sep-79	
oct-79	65	15,5	32,51213	14161875	7083580,0	32,512	4346806,62	2736773,41	61,36	30,69	50,02	oct-79	
nov-79	0	9,8	-18,14918	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	nov-79	
dic-79	3	8,4	-11,92226	653625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	dic-79	
ene-80	62	7,3	49,51409	13508250	10787883,4	49,514	6320603,99	4467279,423	58,59	46,79	79,86	ene-80	
feb-80	50	9	33,71124	10893750	7344836,7	33,711	4489204,95	2855631,771	61,12	41,21	67,42	feb-80	
mar-80	7	10,8	-13,53280	1525125	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	mar-80	
abr-80	83	11,2	61,49661	18083625	13398574,4	61,497	7665270,22	5733304,145	57,21	42,39	74,09	abr-80	
may-80	75	14,4	45,41168	16340625	9894068,9	45,412	5852332,76	4041736,154	59,15	35,81	60,55	may-80	
jun-80	36	19,4	-7,20243	7843500	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jun-80	
jul-80	2	21,9	-48,39228	435750	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-80	
ago-80	11,5	24,8	-47,51381	2505562,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-80	
sep-80	0	21,7	-49,80855	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	sep-80	
oct-80	4	15,8	-29,28852	871500	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	oct-80	
nov-80	25	10,7	4,70835	5446875	1025831,4	4,708	778579,48	247251,9209	75,90	14,29	18,83	nov-80	
dic-80	18	6	8,26688	3921750	1801146,4	8,267	1284943,27	516203,1642	71,34	32,76	45,93	dic-80	
ene-81	3	6,7	-8,19734	653625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ene-81	
feb-81	16	7,6	2,85885	3486000	622872,7	2,859	499413,96	123458,7095	80,18	14,33	17,87	feb-81	
mar-81	20,5	12,7	-4,72497	4466437,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	mar-81	
abr-81	84	12,6	59,02701	18301500	12860509,2	59,027	7390691,76	5469817,434	57,47	40,38	70,27	abr-81	
may-81	11	15,9	-22,55632	2396625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	may-81	
jun-81	20	19,5	-23,48545	4357500	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jun-81	
jul-81	0	20,8	-47,19983	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-81	
ago-81	29	21,7	-20,80855	6318375	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-81	
sep-81	3	19,6	-40,76886	653625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	sep-81	
oct-81	9	17,4	-28,62682	1960875	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	oct-81	
nov-81	0	12,3	-24,22030	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	nov-81	
dic-81	6	10	-12,62087	1307250	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	dic-81	
ene-82	24	8,3	9,30298	5229000	2026887,6	9,303	1427327,78	599559,7815	70,42	27,30	38,76	ene-82	
feb-82	15	8,8	-0,83044	3268125	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	feb-82	
mar-82	45	10,6	24,94889	9804375	5435739,1	24,949	3434199,19	2001539,922	63,18	35,03	55,44	mar-82	
abr-82	59,5	11,7	36,77018	12963563	8011302,4	36,770	4849992,93	3161309,487	60,54	37,41	61,80	abr-82	
may-82	39	14,6	8,88880	8497125	1936646,3	8,889	1370629,61	566016,7374	70,77	16,13	22,79	may-82	
jun-82	0	20,2	-45,47746	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jun-82	
jul-82	1,5	25	-58,11888	326812,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-82	
ago-82	3	23,2	-51,22128	653625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-82	
sep-82	24,5	19,6	-19,26886	5337937,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	sep-82	

oct-82	183	15,6	150,24571	39871125	32734783,2	150,246	16974764,25	15760019	51,86	42,57	82,10	oct-82
nov-82	61	11,2	39,49661	13290375	8605324,4	39,497	5168781,48	3436542,89	60,06	38,89	64,75	nov-82
dic-82	13	7,2	0,73091	2832375	159247,5	0,731	148350,84	10896,68101	93,16	5,24	5,62	dic-82
ene-83	0	7	-11,83790	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ene-83
feb-83	10	5,7	0,88071	2178750	191884,5	0,881	175126,09	16758,42033	91,27	8,04	8,81	feb-83
mar-83	7	11	-14,01690	1525125	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	mar-83
abr-83	9,5	11,9	-13,72441	2069812,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	abr-83
may-83	12	16,8	-23,98676	2614500	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	may-83
jun-83	23	21,8	-27,10023	5011125	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jun-83
jul-83	32	22,4	-19,85791	6972000	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-83
ago-83	62	23,1	8,07536	13508250	1759420,1	8,075	1258416,00	501004,1419	71,52	9,32	13,02	ago-83
sep-83	0	22,1	-50,97746	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	sep-83
oct-83	13	17,7	-25,45263	2832375	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	oct-83
nov-83	52,5	14	23,95155	11438438	5218442,9	23,952	3311744,00	1906698,928	63,46	28,95	45,62	nov-83
dic-83	15	9,1	-1,51895	3268125	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	dic-83
ene-84	23,5	7,5	10,57806	5120062,5	2304694,3	10,578	1600188,63	704505,6428	69,43	31,25	45,01	ene-84
feb-84	36	7,1	23,94692	7843500	5217434,8	23,947	3311174,60	1906260,214	63,46	42,22	66,52	feb-84
mar-84	34,5	7,8	20,91811	7516687,5	4557533,6	20,918	2935721,95	1621811,698	64,41	39,06	60,63	mar-84
abr-84	8	13	-17,98412	1743000	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	abr-84
may-84	71	14,4	41,41168	15469125	9022568,9	41,412	5391246,74	3631322,178	59,75	34,85	58,33	may-84
jun-84	0,5	20,3	-45,26358	108937,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jun-84
jul-84	0	25,4	-60,83294	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-84
ago-84	46,5	23,1	-7,42464	10131188	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-84
sep-84	32	21,2	-16,35557	6972000	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	sep-84
oct-84	2,5	16,2	-31,86245	544687,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	oct-84
nov-84	109	13	83,01588	23748375	18087084,3	83,016	10011596,64	8075487,64	55,35	42,16	76,16	nov-84
dic-84	0	8,8	-15,83044	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	dic-84
ene-85	18	6	8,26688	3921750	1801146,4	8,267	1284943,27	516203,1642	71,34	32,76	45,93	ene-85
feb-85	20	11,2	-1,50339	4357500	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	feb-85
mar-85	8	10,8	-12,53280	1743000	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	mar-85
abr-85	9,5	14,7	-20,87337	2069812,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	abr-85
may-85	84	16,1	49,90671	18301500	10873425,3	49,907	6365190,37	4508234,924	58,54	34,78	59,41	may-85
jun-85	3,5	22,7	-49,24154	762562,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jun-85
jul-85	0	25,6	-61,44192	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-85
ago-85	1	24,5	-57,10867	217875	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-85
sep-85	46	22,4	-5,85791	10022250	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	sep-85
oct-85	17	17,9	-22,00528	3703875	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	oct-85
nov-85	31,7	11,9	8,47559	6906637,5	1846619,7	8,476	1313775,85	532843,888	71,14	19,02	26,74	nov-85
dic-85	21	9,2	4,25016	4575375	926004,6	4,250	710773,19	215231,4483	76,76	15,53	20,24	dic-85
ene-86	12	8,2	-2,47250	2614500	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ene-86
feb-86	6	9,3	-10,98139	1307250	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	feb-86
mar-86	5	11,5	-17,23752	1089375	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	mar-86
abr-86	28	12,4	3,52935	6100500	768956,7	3,529	602418,09	166538,6162	78,34	9,87	12,60	abr-86
may-86	13	19,6	-30,76886	2832375	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	may-86
jun-86	21	22,2	-30,27059	4575375	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jun-86
jul-86	104	24,4	46,19238	22659000	10064165,1	46,192	5941793,07	4122372,015	59,04	26,22	44,42	jul-86

ago-86	2	25,3	-58,52894	435750	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-86
sep-86	109	22	58,31531	23748375	12705447,9	58,315	7311330,32	5394117,586	57,54	30,79	53,50	sep-86
oct-86	52,5	16,7	16,78506	11438438	3657045,1	16,785	2413411,07	1243633,99	65,99	21,10	31,97	oct-86
nov-86	26,5	11,8	3,52317	5773687,5	767610,2	3,523	601479,17	166131,054	78,36	10,42	13,29	nov-86
dic-86	3	8	-11,02569	653625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	dic-86
ene-87	23	7,4	10,29647	5011125	2243344,3	10,296	1562221,80	681122,4473	69,64	31,18	44,77	ene-87
feb-87	42	9,6	24,31991	9150750	5298700,4	24,320	3357036,48	1941663,961	63,36	36,69	57,90	feb-87
mar-87	0	12,6	-24,97299	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	mar-87
abr-87	10	14,9	-20,89915	2178750	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	abr-87
may-87	41,5	17,8	2,77126	9041812,5	603787,6	2,771	485771,74	118015,8505	80,45	5,37	6,68	may-87
jun-87	0	21,8	-50,10023	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jun-87
jul-87	2,5	24	-54,10676	544687,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-87
ago-87	3	24,9	-56,31618	653625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-87
sep-87	39,5	23,6	-15,91129	8606062,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	sep-87
oct-87	48,5	17	11,96828	10566938	2607588,8	11,968	1786068,59	821520,2373	68,50	16,90	24,68	oct-87
nov-87	105	11,6	82,51662	22876875	17978308,1	82,517	9957991,96	8020316,103	55,39	43,53	78,59	nov-87
dic-87	47,5	10,6	27,44889	10349063	5980426,6	27,449	3738840,61	2241586,008	62,52	36,13	57,79	dic-87
ene-88	11	10,6	-9,05111	2396625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ene-88
feb-88	22	8,8	6,16956	4793250	1344192,8	6,170	990321,31	353871,5174	73,67	20,66	28,04	feb-88
mar-88	6	12,1	-17,72124	1307250	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	mar-88
abr-88	81,5	12,8	56,02251	17756813	12205904,1	56,023	7054927,93	5150976,157	57,80	39,73	68,74	abr-88
may-88	37,5	17,6	-0,67694	8170312,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	may-88
jun-88	139	19,2	96,36242	30284625	20994962,0	96,362	11432145,83	9562816,147	54,45	37,75	69,33	jun-88
jul-88	0	24,4	-57,80762	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-88
ago-88	0	25,0	-59,61888	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-88
sep-88	18	20,5	-28,33695	3921750	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	sep-88
oct-88	35,5	17,3	-1,85240	7734562,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	oct-88
nov-88	57	11,9	33,77559	12418875	7358857,2	33,776	4496830,93	2862026,308	61,11	36,21	59,26	nov-88
dic-88	0	7,1	-12,05308	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	dic-88
ene-89	13	6,9	1,37646	2832375	299896,6	1,376	260585,37	39311,25614	86,89	9,20	10,59	ene-89
feb-89	18	9,4	0,78637	3921750	171331,1	0,786	158328,69	13002,44381	92,41	4,04	4,37	feb-89
mar-89	95	12,5	70,27845	20698125	15311917,0	70,278	8632202,88	6679714,173	56,38	41,71	73,98	mar-89
abr-89	14,5	11,8	-8,47683	3159187,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	abr-89
may-89	58,7	16,6	23,25645	12789263	5066998,0	23,256	3226067,70	1840930,316	63,67	25,22	39,62	may-89
jun-89	48	20,9	0,51179	10458000	111506,6	0,512	108029,65	3476,988733	96,88	1,03	1,07	jun-89
jul-89	2,5	25,6	-58,94192	544687,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-89
ago-89	13,5	25,9	-48,85779	2941312,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-89
sep-89	167	19,9	122,37858	36385125	26663232,7	122,379	14141898,56	12521334,11	53,04	38,87	73,28	sep-89
oct-89	3	16,1	-31,09329	653625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	oct-89
nov-89	44	12,6	19,02701	9586500	4145509,2	19,027	2698296,30	1447212,885	65,09	28,15	43,24	nov-89
dic-89	40,5	10,5	20,68882	8823937,5	4507576,0	20,689	2907064,35	1600511,653	64,49	32,95	51,08	dic-89
ene-90	44	8,0	29,97431	9586500	6530652,5	29,974	4043492,79	2487159,667	61,92	42,18	68,12	ene-90
feb-90	0	12,1	-23,72124	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	feb-90
mar-90	25	11,4	3,00778	5446875	655319,1	3,008	522502,44	132816,634	79,73	9,59	12,03	mar-90
abr-90	127,5	11,8	104,52317	27779063	22772985,2	104,523	12289921,01	10483064,21	53,97	44,24	81,98	abr-90
may-90	66,2	16,4	31,29789	14423325	6819027,7	31,298	4202021,87	2617005,839	61,62	29,13	47,28	may-90

jun-90	0	22,6	-52,44665	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jun-90
jul-90	3,5	24,1	-53,40647	762562,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jul-90
ago-90	0	24,6	-58,41005	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ago-90
sep-90	30,5	22,8	-22,53679	6645187,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	sep-90
oct-90	49	16,1	14,90671	10675875	3247800,3	14,907	2171499,91	1076300,387	66,86	20,34	30,42	0,00	oct-90
nov-90	14,5	10,8	-6,03280	3159187,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	nov-90
dic-90	9	7,2	-3,26909	1960875	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	dic-90
ene-91	42,5	7,2	30,23091	9259687,5	6586560,0	30,231	4074286,13	2512273,892	61,86	44,00	71,13	0,00	ene-91
feb-91	18,5	7,2	6,23091	4030687,5	1357560,0	6,231	999081,39	358478,6315	73,59	24,79	33,68	0,00	feb-91
mar-91	58,5	10,9	37,72545	12745688	8219432,1	37,725	4961974,61	3257457,523	60,37	38,93	64,49	0,00	mar-91
abr-91	6,5	12,0	-16,97255	1416187,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	abr-91
may-91	6	14,4	-23,58832	1307250	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	may-91
jun-91	9,5	21,8	-40,60023	2069812,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jun-91
jul-91	2	24,5	-56,10867	435750	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jul-91
ago-91	0	24,4	-57,80762	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ago-91
sep-91	22	22,8	-31,03679	4793250	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	sep-91
oct-91	49,4	14,1	20,59232	10763025	4486551,9	20,592	2894993,69	1591558,192	64,53	26,90	41,68	0,00	oct-91
nov-91	14,5	10,4	-5,07187	3159187,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	nov-91
dic-91	0	8,6	-15,37493	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	dic-91
ene-92	4,9	6,2	-5,24699	1067587,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ene-92
feb-92	45,1	7,8	31,51811	9826162,5	6867008,6	31,518	4228326,18	2638682,465	61,57	43,03	69,88	0,00	feb-92
mar-92	8,4	9,6	-9,28009	1830150	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	mar-92
abr-92	7,1	11,8	-15,87683	1546912,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	abr-92
may-92	64,8	16,8	28,81324	14118300	6277683,9	28,813	3903793,45	2373890,49	62,19	27,65	44,46	0,00	may-92
jun-92	84	19,0	41,92568	18301500	9134558,2	41,926	5450762,27	3683795,945	59,67	29,78	49,91	0,00	jun-92
jul-92	0	23,3	-54,51826	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jul-92
ago-92	4	24,0	-52,60676	871500	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ago-92
sep-92	9,4	20,6	-37,22420	2048025	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	sep-92
oct-92	26,9	15,8	-6,38852	5860837,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	oct-92
nov-92	0,9	12,7	-24,32497	196087,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	nov-92
dic-92	31,6	9,5	14,15347	6884850	3083688,0	14,153	2073566,69	1010121,315	67,24	30,12	44,79	0,00	dic-92
ene-93	3	5,8	-6,32295	653625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ene-93
feb-93	73,5	7,5	60,57806	16013813	13198444,3	60,578	7563286,73	5635157,551	57,30	47,23	82,42	0,00	feb-93
mar-93	44,5	8,6	29,12507	9695437,5	6345625,5	29,125	3941373,33	2404252,177	62,11	40,65	65,45	0,00	mar-93
abr-93	46,9	13,4	19,89631	10218338	4334908,8	19,896	2807743,90	1527164,904	64,77	27,48	42,42	0,00	abr-93
may-93	27	17,8	-11,72874	5882625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	may-93
jun-93	37,2	21,9	-13,19228	8104950	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jun-93
jul-93	9,2	23,2	-45,02128	2004450	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jul-93
ago-93	14,9	24,0	-41,70676	3246337,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ago-93
sep-93	43,9	19,9	-0,72142	9564712,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	sep-93
oct-93	28,3	15,0	-2,86276	6165862,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	oct-93
nov-93	37,4	10,7	17,10835	8148525	3727481,4	17,108	2454737,77	1272743,63	65,86	30,12	45,74	0,00	nov-93
dic-93	25,9	8,3	11,20298	5642962,5	2440850,1	11,203	1684057,46	756792,6069	68,99	29,84	43,25	0,00	dic-93
ene-94	6,2	7,6	-6,94115	1350825	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ene-94
feb-94	10	9,2	-6,74984	2178750	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	feb-94
mar-94	11,9	12,4	-12,57065	2592712,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	mar-94

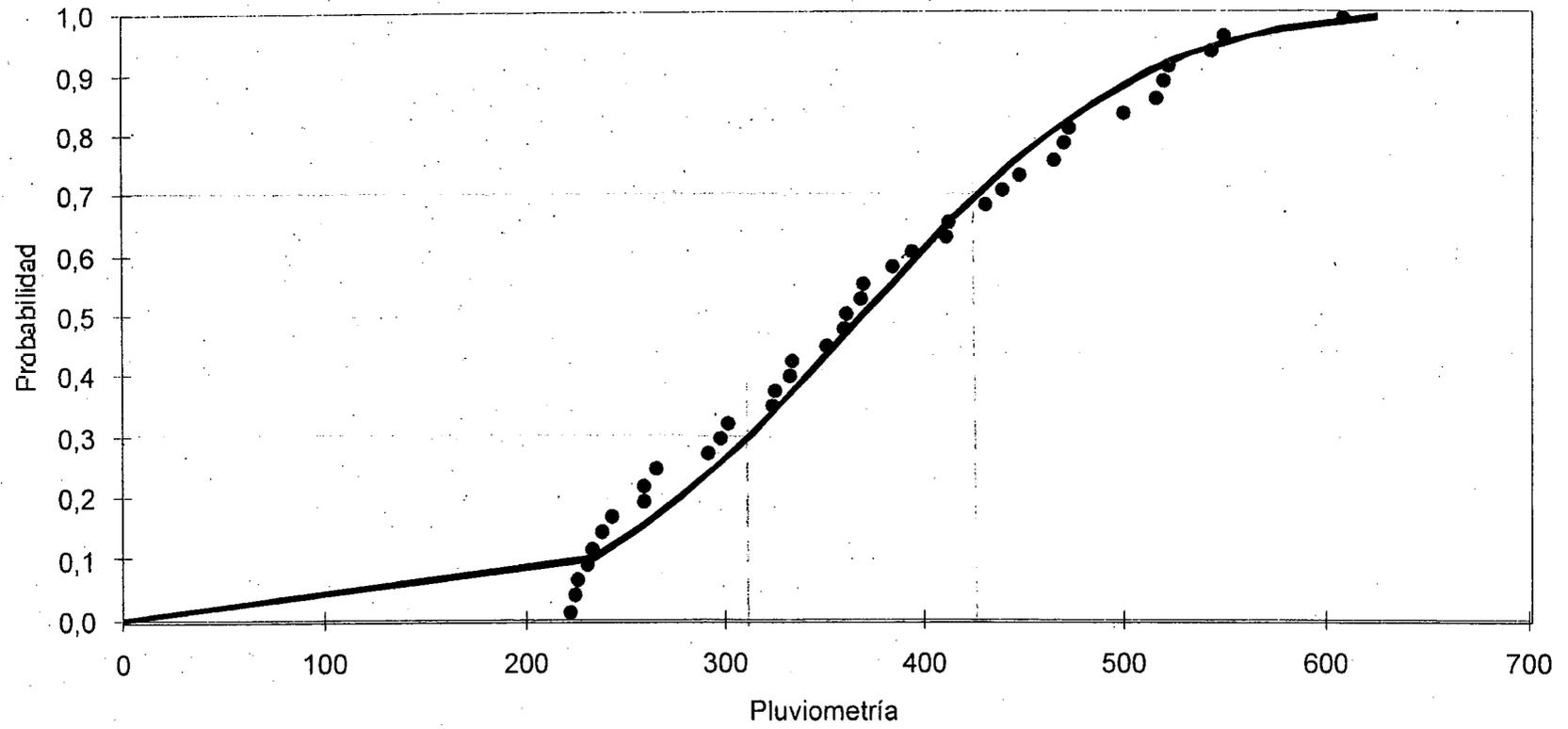
abr-94	62,3	12,6	37,32701	13573613	8132621,7	37,327	4915305,68	3217316,014	60,44	36,21	59,91	abr-94
may-94	8,7	19,3	-34,21981	1895512,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	may-94
jun-94	21,3	22,1	-29,67746	4640737,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jun-94
jul-94	0	26,2	-63,27653	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-94
ago-94	7,7	26,2	-55,57653	1677637,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-94
sep-94	39,7	19,6	-4,06886	8649637,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	sep-94
oct-94	87,4	16,6	51,95645	19042275	11320010,5	51,956	6597342,07	4722668,45	58,28	34,65	59,45	oct-94
nov-94	31,3	13,4	4,29631	6819487,5	936058,8	4,296	717637,48	218421,3276	76,67	10,52	13,73	nov-94
dic-94	19,5	8,6	4,12507	4248562,5	898750,5	4,125	692124,41	206626,098	77,01	16,29	21,15	dic-94
ene-95	4,2	8,3	-10,49702	915075	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ene-95
feb-95	7,1	10,9	-13,67455	1546912,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	feb-95
mar-95	44,2	11,7	21,47018	9630075	4677814,9	21,470	3004578,98	1673235,942	64,23	31,20	48,58	mar-95
abr-95	6,9	11,8	-16,07683	1503337,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	abr-95
may-95	8,4	16,8	-27,58676	1830150	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	may-95
jun-95	35,6	19,8	-8,73685	7756350	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jun-95
jul-95	0,8	23,7	-54,90965	174300	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-95
ago-95	35	24,2	-22,20652	7625625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-95
sep-95	16,7	19,7	-27,40946	3638512,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	sep-95
oct-95	15	16,4	-19,90211	3268125	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	oct-95
nov-95	20,4	13,1	-5,83823	4444650	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	nov-95
dic-95	50,5	10,7	30,20835	11002688	6581643,9	30,208	4071579,53	2510064,367	61,86	37,01	59,82	dic-95
ene-96	19,6	8,6	4,22507	4270350	920538,0	4,225	707037,51	213500,4914	76,81	16,56	21,56	ene-96
feb-96	19,5	7,5	6,57806	4248562,5	1433194,3	6,578	1048471,99	384722,2894	73,16	24,68	33,73	feb-96
mar-96	41,9	10,7	21,60835	9128962,5	4707918,9	21,608	3021781,86	1686137,043	64,19	33,10	51,57	mar-96
abr-96	36,9	13,2	10,40714	8039587,5	2267455,0	10,407	1577156,33	690298,6564	69,56	19,62	28,20	abr-96
may-96	62,3	16,0	28,47542	13573613	6204082,7	28,475	3863032,57	2341050,154	62,27	28,46	45,71	may-96
jun-96	8,9	20,6	-37,72420	1939087,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jun-96
jul-96	5,3	23,6	-50,11129	1154737,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-96
ago-96	6,7	23,1	-47,22464	1459762,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-96
sep-96	74,3	19,8	29,96315	16188113	6528222,3	29,963	4042153,60	2486068,656	61,92	24,97	40,33	sep-96
oct-96	27	15,1	-4,42684	5882625	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	oct-96
nov-96	59,8	10,6	39,74889	13028925	8660289,1	39,749	5198154,11	3462135,001	60,02	39,90	66,47	nov-96
dic-96	97,3	8,2	82,82750	21199238	18046041,3	82,827	9991374,93	8054666,379	55,37	47,13	85,13	dic-96
ene-97	59,1	7,5	46,17806	12876413	10061044,3	46,178	5940153,22	4120891,059	59,04	46,13	78,14	ene-97
feb-97	4,6	9,5	-12,84653	1002225	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	feb-97
mar-97	28,8	10,3	9,46682	6274800	2062583,6	9,467	1449678,21	612905,3838	70,28	23,10	32,87	mar-97
abr-97	45,2	13,6	17,68342	9847950	3852775,7	17,683	2528039,99	1324735,711	65,62	25,67	39,12	abr-97
may-97	21	17,5	-16,90167	4575375	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	may-97
jun-97	136,1	21,0	88,32304	29652788	19243382,5	88,323	10579271,95	8664110,587	54,98	35,68	64,90	jun-97
jul-97	17,2	22,7	-35,54154	3747450	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	jul-97
ago-97	20,9	23,1	-33,02464	4553587,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ago-97
sep-97	92,6	20,9	45,11179	20175225	9828731,6	45,112	5817924,46	4010807,175	59,19	28,84	48,72	sep-97
oct-97	3,5	18,1	-36,05959	762562,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	oct-97
nov-97	25,2	12,5	0,47845	5490450	104242,0	0,478	101742,77	2499,283227	97,60	1,85	1,90	nov-97
dic-97	67,7	9,8	49,55082	14750138	10795883,9	49,551	6324775,68	4471108,241	58,59	42,88	73,19	dic-97
ene-98	37,6	8,7	21,99767	8192100	4792742,4	21,998	3070189,36	1722553,056	64,06	37,48	58,50	ene-98

feb-98	9,6	8,3	-5,09702	2091600	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	feb-98
mar-98	0	11,7	-22,72982	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	mar-98
abr-98	26,2	14,1	-2,60768	5708325	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	abr-98
may-98	35,3	17,2	-1,77841	7690987,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	may-98
jun-98	20,3	21,2	-28,05557	4422862,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jun-98
jul-98	0	24,6	-58,41005	0	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jul-98
ago-98	9,5	23,6	-45,91129	2069812,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ago-98
sep-98	24,9	21,2	-23,45557	5425087,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	sep-98
oct-98	21,5	16,3	-13,13205	4684312,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	oct-98
nov-98	23,4	11,5	1,16248	5098275	253276,4	1,162	224204,64	29071,73993	88,52	4,40	4,97	4,97	nov-98
dic-98	80,4	6,7	69,20266	17517150	15077528,8	69,203	8514500,43	6563028,366	56,47	48,61	86,07	86,07	dic-98
ene-99	5,6	7,9	-8,20341	1220100	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ene-99
feb-99	7,8	8,0	-6,22569	1699425	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	feb-99
mar-99	49,7	10,2	30,60489	10828388	6668039,9	30,605	4119113,06	2548926,838	61,77	38,04	61,58	61,58	mar-99
abr-99	2,3	14,0	-26,24845	501112,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	abr-99
may-99	11,4	18,1	-28,15959	2483775	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	may-99
jun-99	24,1	20,7	-22,81183	5250787,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jun-99
jul-99	3,6	24,4	-54,20762	784350	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	jul-99
ago-99	11,1	24,5	-47,00867	2418412,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	ago-99
sep-99	24,2	21,4	-24,73566	5272575	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	sep-99
oct-99	57,3	16,1	23,20671	12484238	5056162,8	23,207	3219927,23	1836235,567	63,68	25,79	40,50	40,50	oct-99
nov-99	19,2	8,3	4,50298	4183200	981087,6	4,503	748281,90	232805,6651	76,27	17,89	23,45	23,45	nov-99
dic-99	6,1	7,8	-7,48189	1329037,5	0,0	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	dic-99

## **ANEXO 6**

**Ajuste de la ley de distribución de Goodrich, a la serie de pluviometrías anuales de la estación 8007 (Villena):  
Representación gráfica e informe resultante**

## Distribución Goodrich. E8007Villena



AJUSTE GOODRICH AÑOS = 39 PRIMER AÑO = 1960-61

\*\*\*\* AJUSTE GOODRICH \*\*\*\*

Numero de años: 39  
 Primer año: 1960-61

DATOS OBSERVADOS Y PROBABILIDADES

DATOS	DATOS ORDENADOS	FRECUENCIA TEORICA
368.10	222.2000	0.0128
520.20	225.0000	0.0385
500.20	226.5000	0.0641
430.70	231.5000	0.0897
333.10	233.5000	0.1154
439.30	238.0000	0.1410
351.00	243.5000	0.1667
324.50	259.4000	0.1923
324.20	259.8000	0.2179
225.00	265.1000	0.2436
473.80	291.6000	0.2692
544.10	297.1000	0.2949
549.30	301.5000	0.3205
466.00	324.2000	0.3462
471.05	324.5000	0.3718
411.70	332.5000	0.3974
448.60	333.1000	0.4231
222.20	351.0000	0.4487
231.50	359.5000	0.4744
394.50	361.3000	0.5000
233.50	368.1000	0.5256
226.50	369.7000	0.5513
412.50	384.2000	0.5769
332.50	394.5000	0.6026
301.50	411.7000	0.6282
369.70	412.5000	0.6538
243.50	430.7000	0.6795
516.00	439.3000	0.7051
522.70	448.6000	0.7308
384.20	466.0000	0.7564
238.00	471.0500	0.7821
291.60	473.8000	0.8077
359.50	500.2000	0.8333
259.40	516.0000	0.8590
297.10	520.2000	0.8846
361.30	522.7000	0.9103
609.60	544.1000	0.9359
259.80	549.3000	0.9615
265.10	609.6000	0.9872

VALOR MEDIO = 372,1295  
 DESVIACION TIPICA= 107,0313  
 COEFICIENTE DE VARIACION (VALOR MEDIO/DESVIACION TIPICA) = 03,4768

VALORES DE LA FUNCION DE GOODRICH

---

Probabilidad	Pluviometria
0,1000	234,05
0,1500	258,27
0,2000	278,31
0,2500	295,96
0,3000	312,09
0,3500	327,23
0,4000	341,74
0,4500	355,86
0,5000	369,84
0,5500	383,86
0,6000	398,13
0,6500	412,90
0,7000	428,46
0,7500	445,22
0,8000	463,84
0,8500	485,43
0,9000	512,42
0,9100	518,91
0,9200	525,94
0,9300	533,64
0,9400	542,22
0,9500	551,97
0,9600	563,38
0,9700	577,33
0,9800	595,74
0,9900	624,45