

### **3. ACTUACIONES MAS SIGNIFICATIVAS Y OPERACIONES REALIZADAS**

#### ***3.1. La experiencia americana***

#### ***3.2. Operaciones de recarga artificial en Europa***

#### ***3.3. Actuaciones en otros países***

#### ***3.4. Operaciones realizadas en España***

***Operaciones de recarga artificial en el aluvial del río Llobregat***

***La planta de recarga artificial del río Besós***

***Recarga de aguas residuales urbanas en San Jordi***

***Otras operaciones de recarga artificial***

*Recarga de acuíferos profundos en el valle del Esgueva  
(Valladolid)*

*Recarga artificial en la vega de Guadix (Granada)*

*Recarga artificial en el acuífero aluvial del valle del río Oja  
(La Rioja)*

*Recarga artificial en Setla-Mirarrosa-Miraflor. Plana de Denia  
(Alicante)*

### 3.1 LA EXPERIENCIA AMERICANA

El país con un mayor grado de desarrollo en la aplicación de la técnica de la recarga artificial de acuíferos es Estados Unidos. Las realizaciones e investigaciones efectuadas engloban procesos muy diversos y se concentran mayoritariamente en los estados áridos del sur: Tejas, Arizona y California. No obstante, también se han ubicado dispositivos de infiltración en zonas húmedas: Illinois, New York e incluso Alaska.

Para comprender la magnitud y envergadura de los proyectos americanos basta citar, a título de ejemplo, que sólo en el estado de California se aporta, mediante la utilización de la recarga artificial de acuíferos, un volumen de 1.400 hm<sup>3</sup>/a. (Mariño, 1993).

De entre las numerosas realizaciones efectuadas sobre suelo americano (Custodio, 1986) es menester citar por su significación las siguientes:

- Barreras hídricas de Orange, Alamitos y West Coast construidas para frenar el avan-

ce de la intrusión marina (fig. 4) en varios lugares de la costa oeste. Estas barreras tienen una longitud de 20 km y 120 pozos. El volumen recargado puede alcanzar un máximo de 2.000 hm<sup>3</sup>/a.

- Instalaciones de infiltración de efluente urbano tratado de Whittier Narrows y Flushing Meadows. La citada en segundo lugar permite recargar un volumen ligeramente superior a 70.000 m<sup>3</sup>/d utilizando una superficie de infiltración de 32 ha.
- Dispositivos de recarga de escorrentía urbana de Long Island que, a través de unas doscientas balsas de tamaño comprendido entre 0,2 y 10 ha, pueden recargar un volumen máximo de 114.000 m<sup>3</sup>/d.
- Actuaciones de uso conjunto en el Central Valley que contemplan también operaciones de recarga artificial de acuíferos con un volumen de agua potencialmente almacenable cercano a los 1.100 hm<sup>3</sup>/a.

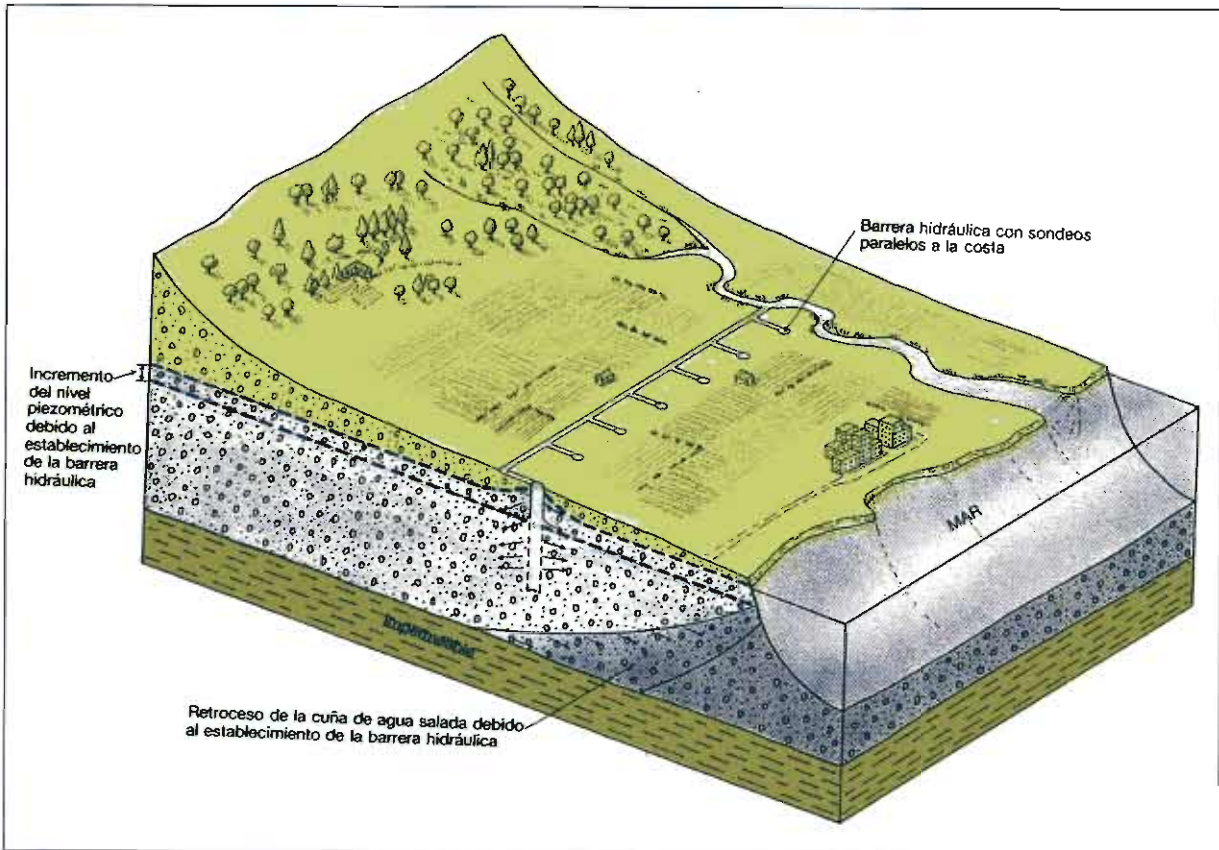


Fig. 4 - Bloque diagrama de recarga artificial para contención de la intrusión marina.

### 3.2 OPERACIONES DE RECARGA ARTIFICIAL EN EUROPA

En el contexto de la Unión Europea son Alemania, Holanda y los estados nórdicos los países donde existe un mayor número de realizaciones de recarga artificial de acuíferos. En estas naciones el principal objetivo de esta técnica es la purificación de agua para abastecimiento urbano a través de lo que se denomina tratamiento suelo-acuífero.

En **Alemania** (Schöttler, 1996) la recarga artificial con destino al abastecimiento urbano se aplicó por primera vez en 1875 en la ciudad de Chemnitz. Actualmente se estima que en este país cerca de  $520 \text{ hm}^3/\text{a}$ , de los  $4.875 \text{ hm}^3/\text{a}$  destinados a abastecimiento urbano, proceden de recarga artificial. Esta cuantía

representa aproximadamente un 10 % sobre dicho total y casi un 17 % sobre la fracción ( $3.100 \text{ hm}^3/\text{a}$ ) de agua subterránea empleada en el suministro a poblaciones.

El tipo de instalación predominante en las operaciones de recarga artificial de acuíferos, aproximadamente un 95 %, son las balsas con filtro de arena en su fondo. El agua empleada en la recarga es mayoritariamente de origen fluvial. La planificación hídrica alemana también emplea la recarga artificial en otros usos cuya referencia y desglose se muestra en el cuadro 1.

En **Holanda** (Jos, 1996) el volumen de agua

**CUADRO 1  
DESTINO Y VOLUMEN RECARGADO ARTIFICIALMENTE EN ALEMANIA**

<b>Destino</b>	<b>Volumen recargado millones de m<sup>3</sup>/a</b>	<b>Porcentaje</b>
Suministro de agua potable	520,1	52,9
Recuperación del nivel piezométrico	196,4	20
Desplazamiento de aguas subterráneas de mala calidad	105,2	10,7
Recarga inducida	106,1	10,8
Almacenamiento subterráneo	40,1	4,1
Conservación de humedales	8,5	0,9
Mantenimiento hídrico de lagos	3,4	0,3
Rehabilitación de agua subterránea	3,1	0,3
<b>Suma total</b>	<b>982,9</b>	<b>100</b>

recargada artificialmente es de 179 hm<sup>3</sup>/a que corresponde aproximadamente a un 14% de la demanda para abastecimiento urbano. La importancia alcanzada por esta tecnología, dentro del suministro de agua a las poblaciones de los Países Bajos, se pone de manifiesto con sólo indicar que la ciudad de Amsterdam se abastece en un 65 % con

agua cuyo origen proviene de recarga artificial. Otras ciudades del país donde también se utiliza esta técnica son Rotterdam y la Haya. En cuanto a la tipología de las instalaciones empleadas predominan mayoritariamente los métodos superficiales que llegan a ocupar extensiones cercanas a 2.300 ha (cuadro 2). El agua de recarga, mayoritaria-

**CUADRO 2  
TAMAÑO Y VOLUMEN RECARGADO EN LAS INSTALACIONES DE RECARGA ARTIFICIAL DE HOLANDA (1990)**

<b>Instalación</b>	<b>Volumen recargado hm<sup>3</sup>/a</b>	<b>Superficie de las balsas ha</b>
Scheveningen	52	900
Katwijk	21	550
Leiduin	57	440
Enschede	6	60
Castricum	21	140
Wijk aan Zee	12	60
Monster	5	50
Haamstede	2	30
Auddorp	3	60
<b>Suma total</b>	<b>179</b>	<b>2.290</b>

mente de origen fluvial, se transporta, como término medio, 60 km desde la fuente de toma hasta el punto de recarga.

El primer país europeo que utilizó la recarga artificial, mediante el sistema de recarga inducida, fue **Finlandia**. En la actualidad (Hatva, 1996) dispone de 28 plantas de estas características con capacidades de infiltración comprendidas entre 200 m<sup>3</sup>/d y 14.000 m<sup>3</sup>/d, con un volumen medio recargado en torno a los 3.000 m<sup>3</sup>/d. También se han construido 20 plantas de recarga artificial mediante infiltración directa, la mayoría de ellas en la década de los 70, cuya capacidad de infiltración varía entre 100 m<sup>3</sup>/d y 21.000 m<sup>3</sup>/d.

El método de recarga más utilizado es el constituido por balsas de infiltración. Otro método que también se emplea es el riego por aspersión. El agua a recargar procede en casi todos los casos de lagos. El agua recargada se emplea mayoritariamente en abastecimiento urbano que se satisface en un 56 % con agua subterránea. De esta cantidad un 9 % procede de recarga artificial y otro 9 % de recarga inducida.

En **Suecia** (Hjort y Ericsson, 1996) la recarga artificial de acuíferos se utiliza como fuente de agua en los sistemas de abastecimiento de Ekerö, Eskiltuna, Gavie, Uppsala y Estocolmo. La capacidad de las plantas de infiltración oscila entre 1.000 y 55.000 m<sup>3</sup>/d.

En **Dinamarca**, (Brandt, 1998) está operativa desde 1994 una planta de recarga artificial, en la isla de Zealand, construida por la compañía de abastecimiento a Copenhague.

A partir de 1996 se comenzaron a realizar en **Inglaterra y Gales** (Cook y Moncaster, 1998) estudios encaminados a identificar los acuíferos con mejores características para la aplicación de la tecnología ASR (Almacenamiento y Recuperación). Se han desarrollado ensayos de viabilidad en el acuífero cretácico al sur de Essex, Inglaterra, en un ensayo piloto establecido por el

Anglian Water Services, para llevar agua al norte de Colchester, mediante la inyección y recuperación de agua tratada.

En **Austria** (Dreher y Gunatilaka, 1998), para complementar el abastecimiento de la ciudad de Viena, se provoca la recarga inducida del acuífero conectado con el río Danubio. En el proceso de infiltración se depura el agua a través del terreno. La operación de recarga está compuesta por los siguientes elementos: pozos de recarga, pozos de extracción y piezómetros. Todos los elementos del sistema están conectados a un centro de control mediante un sistema de transmisión de datos que alimenta a un modelo matemático de gestión. Hay 120 piezómetros que ocupan un área de 30 km<sup>2</sup>. Los pozos de infiltración y extracción se distribuyen según 21 parejas que se reparten a lo largo de 13 km de ribera de río. La capacidad de estos pozos está comprendida entre 20 y 180 L/s.

En **Hungría** (László y Literathy, 1996) el 90 % del agua empleada en abastecimiento urbano es de origen subterráneo. Aproximadamente la mitad de esta cantidad proviene de recarga inducida. Para el suministro de la ciudad de Budapest se bombean y depuran, mediante filtrado a través del terreno próximo a las orillas del río Danubio, cerca de 300 hm<sup>3</sup>/a. El mayor número de instalaciones, 17 plantas en operación con un promedio total de volumen extraído próximo a 690.000 m<sup>3</sup>/d, se localizan en la isla de Szentendre.

Otros países de Europa Occidental, como son Francia o Italia (Custodio, 1986), persiguen objetivos diferentes al aplicar la técnica de la recarga artificial de acuíferos. En **Italia** las experiencias planteadas buscan disminuir la afección creada en la superficie piezométrica por el sobrebombeo. En **Francia** las aplicaciones realizadas son de carácter muy diverso y abarcan objetivos muy diferentes como son el mantenimiento hídrico de surgencias naturales o la optimización de la gestión hídrica mediante el aprovechamiento del almacenamiento subterráneo.

### 3.3 ACTUACIONES EN OTROS PAÍSES

---

En **Japón, Irán, Kuwait, Omán, Israel, Egipto, Marruecos, Túnez, Argelia, Sudáfrica, Senegal, Australia, Méjico, Cuba y Argentina**, también se utiliza o se ha utilizado la técnica de la recarga artificial de acuíferos con el propósito de lograr una gestión más racional de la potencialidad hídrica de una determinada cuenca hidrográfica. En cada uno de estos países el método y la fuente de agua empleada en la operación de recarga artificial varía en función de las peculiaridades concretas que rodean a cada experiencia.

**Israel y Australia** son, de todos los países que se han citado, las dos naciones donde la tecnología de la recarga artificial de acuíferos se encuentra más avanzada.

El esquema de uso conjunto que integra los recursos de agua superficial y subterránea en **Israel** incluye importantes operaciones de recarga artificial de acuíferos.

Los objetivos perseguidos con la aplicación de esta tecnología combinan tanto el almacenamiento y distribución del agua a través de los acuíferos, como la purificación y tratamiento de aguas de inferior calidad.

El agua utilizada en las operaciones de recarga artificial proviene del río Jordán y Lago Kinneret (Sea of Galilee), de escorrentía esporádica y agua residual tratada.

El Programa de Reutilización de las Aguas Residuales de la Región de Dan (Idelovitch, 1985) constituye el proyecto tecnológicamente más avanzado de los planificados en el Plan Nacional de Desarrollo de Recursos Hídricos no Convencionales de Israel.

La finalidad de este proyecto es el tratamiento de las aguas residuales urbanas de la zona metropolitana del Gran Tel-Aviv, la recarga del efluente tratado en el acuífero y la reuti-

lización de este efluente altamente depurado por el sistema suelo-acuífero.

El agua se infiltra en el acuífero mediante balsas y campos de inundación. Posteriormente, se extrae a través de una batería de pozos localizados en las inmediaciones de las instalaciones de recarga. El tiempo de permanencia del agua en el acuífero varía entre 100 y 300 días.

El proyecto (Ickson-Tal y Blanc, 1998) contempla varias zonas de recarga, (Soreq, Yavne). En las instalaciones de Yavne se opera según ciclos de inundación (1 día) y secado (2-4 días) sobre campos de balsas que ocupan una superficie de 73 ha. Desde 1977 a 1996 se recargaron 851 hm<sup>3</sup> y en 1997 un volumen de 103 hm<sup>3</sup>.

En el continente australiano la recarga artificial de acuíferos se concentra en Australia Meridional. Los ejemplos más significativos se agrupan en las instalaciones de Andrews Farm, Greenfields y Paddocks en la planicie septentrional de Adelaida; Agnas-Brener, Clayton y Strathalbyn en la cuenca del río Murray; y en el ensayo de Northfield en rocas fracturadas.

En los países árabes, donde la distribución de la lluvia se caracteriza por su irregularidad y su régimen torrencial, los dispositivos de recarga artificial se localizan generalmente en el lecho de los ríos. Las instalaciones de infiltración varían desde pequeños muros y represas, que se localizan a lo largo del curso del río, hasta sofisticados embalses de vaso permeable de considerable capacidad. A título de ejemplo se menciona que en el Sultanato de Oman (Al Battashi y Alí, 1998) se han construido 17 estructuras con capacidad comprendida entre 0,13 y 11,5 hm<sup>3</sup> que permiten infiltrar en los acuíferos una parte del agua generada en los 3 ó 4 episodios esporádicos de escorrentía superficial que, como media, se producen al año.

### 3.4 OPERACIONES REALIZADAS EN ESPAÑA

---

Los resultados obtenidos en las experiencias de recarga artificial realizadas en España, donde la mayor parte de los dispositivos de infiltración tan sólo han funcionado a lo largo de uno o varios años con diferente duración del período de recarga, son esperanzadores. No obstante, es necesario seguir profundizando en los condicionantes técnicos y económicos que precisa esta técnica, así como en el número y distribución geográfica de las unidades hidrogeológicas susceptibles de incrementar sus recursos o paliar determinada problemática –sobreexplotación, intrusión marina, contaminación agrícola– mediante el empleo de esta tecnología. Los fracasos acumulados en la realización de algunas experiencias son fruto tanto de una falta de planificación y tecnología como de un insuficiente interés y escasa aportación económica empleada para desarrollarlas.

La experiencia más antigua de recarga artificial realizada en la península Ibérica se localiza en la comarca de la Alpujarra, donde los moriscos crearon un extraordinario procedimiento de riego o recarga artificial de acuíferos que afectaba a los ríos Guadalfeo, Adra y Andarax.

Este sistema de regulación está basado en las acequias de *careo* que, a gran altura y siguiendo las curvas de nivel, recogen el agua de lluvia y deshielo de Sierra Nevada. Las acequias, a lo largo de su recorrido, tienen, cada veinte o treinta metros, pequeños drenajes (*careos*) que no sólo permiten que el agua escape de la conducción, sino que también se infiltre, con la frecuencia y lentitud adecuada, sobre la ladera de la montaña. A los noventa días de comenzar la infiltración el agua vuelve a salir por las fuentes que alimentan a ríos y barrancos. Otras acequias, aguas abajo de estas surgencias, recogen y

conducen el agua hasta la vega de cada localidad.

Ya en nuestra época, la recarga artificial de acuíferos se aplica, por primera vez, a principios de la década de los años cincuenta, en el aluvial del río Besós y posteriormente, finales de la década de los años sesenta, en el aluvial del río Llobregat, ambas en los alrededores de Barcelona. También se efectuaron, durante la década de los años setenta, otras actuaciones, aunque con menor proyección y escasos resultados, en Sitges, La Pineda, Ridaura y Riera de Horta.

A mediados de los años ochenta el Instituto Tecnológico Geominero de España inicia una serie de actuaciones en Guadix (Granada), Valle del Esgueva (Valladolid), Valle del río Oja (La Rioja) y Setla-Mirarrosa-Miraflor (Alicante) que permitieron obtener y concretar información contrastada sobre los condicionantes técnicos y económicos que afectan la técnica de la recarga artificial de acuíferos. Otras experiencias piloto realizadas posteriormente por este mismo organismo también contribuyeron, aunque en menor medida, a delimitar el campo de actuación de esta tecnología.

La Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, en colaboración con el Instituto Tecnológico Geominero de España, realizó experiencias de corta duración en el acuífero cuaternario del Bajo Guadalquivir (fotografía nº 1), entre las localidades de Alcolea del Río y Sevilla, y en la unidad hidrogeológica de las calcarenitas de Carmona. La Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas también ha efectuado operaciones de recarga artificial de acuíferos, con diferente éxito y perspectivas, en Camporredondo (fotografía nº 2), en el Campo de Dalías y en la unidad hidrogeológica de Lebrija.





Fotografía 1 - Zanja de recarga artificial del aluvial del Guadalquivir (Sevilla).



Fotografía 2 - Vertido de aguas del embalse de Camporredondo para infiltración en el arroyo Miranda.



## Operaciones de recarga artificial en el aluvial del río Llobregat

Esta operación, gestionada por la Sociedad General de Aguas de Barcelona, es la más importante y completa realizada en España (Custodio y otros 1982). La recarga artificial se efectuó por primera vez en 1969 sobre una batería de siete pozos de unos 40 m de profundidad y 950 mm de diámetro. La tasa media de recarga por pozo es de 50 L/s y la capacidad media de bombeo de 200 L/s. Posteriormente, a mediados de la década de los años setenta, se añadieron al sistema otros cinco pozos que podían inyectar 100 L/s cada uno y bombear un máximo de 400 L/s. Recientemente se ha puesto en operación un nuevo pozo de recarga artificial.

El agua empleada en la operación de recarga procede de sobrantes de la planta potabilizadora de San Joan d'Espí. Este agua es de origen fluvial y su contenido en sólidos en suspensión, tras una operación de pretratamiento, es del orden de 1,5 mg/L.

Periódicamente, cuando el volumen inyectado en los pozos más antiguos es de 60.000 m<sup>3</sup> y de 120.000 m<sup>3</sup> en los cinco restantes, se realizan operaciones de limpieza, durante 10 o 20 minutos, bombeando a máxima capacidad. Esta operación también se realiza siempre que el nivel del agua en el pozo de inyección se incrementa en 0,5 metros.

La operación de recarga se complementa mediante escarificado del lecho del río Llobregat, que sólo se realiza en un tramo con abundantes gravas y cuando el agua del río es poco turbia y circula con suficiente velocidad.

El volumen de agua que se ha recargado a través de pozos, durante el período comprendido entre 1969 y 1996, es de 143 hm<sup>3</sup>, mientras que el procedente del escarificado del lecho del río es de 73 hm<sup>3</sup>. La recarga media anual por uno y otro concepto es de 7,7 hm<sup>3</sup>/año (figura nº 5).

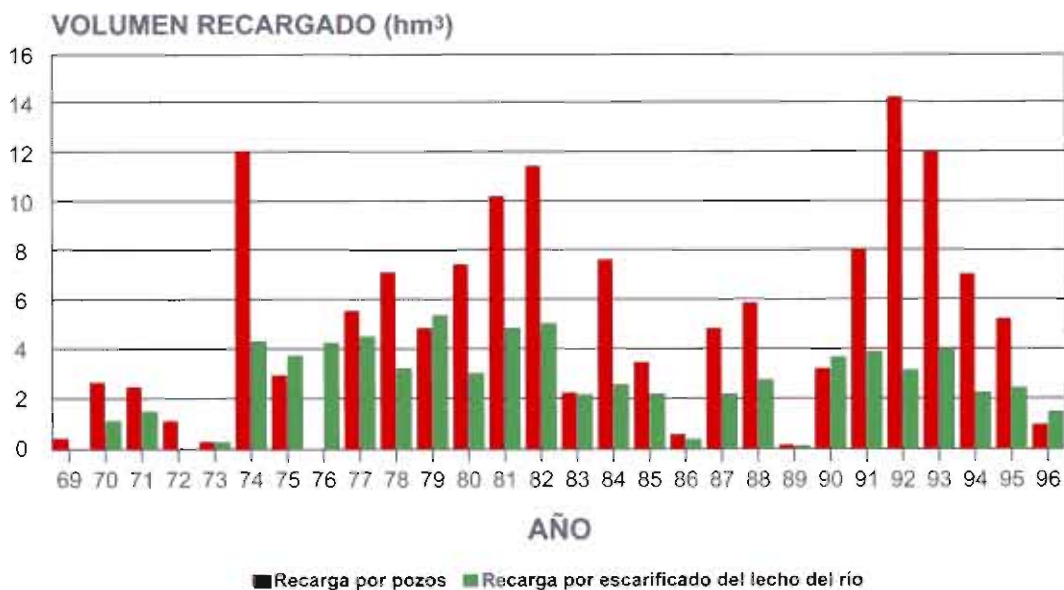


Fig. 5 - Volúmenes recargados artificialmente en el aluvial del río Llobregat (AgBar 1997).

## La planta de recarga artificial del río Besós

---

La operación de recarga artificial (Custodio y otros 1976) fue gestionada por la Sociedad General de Aguas de Barcelona. La instalación constaba de dos pozos construidos en 1952 y 1975 respectivamente, con una capacidad inicial de recarga de 80 L/s por pozo. El agua se introducía en el acuífero por gravedad y provenía de un colector de agua residual a la que se había aplicado un tratamiento avanzado. El contenido de sólidos en suspensión era cercano a los 50 mg/L.

El volumen de agua recargado desde 1953 hasta finales de 1978 fue de 36 hm<sup>3</sup>, con volúmenes anuales entre 0,6 y 2,3 hm<sup>3</sup>/a. La tasa de recuperación del agua inyectada en el acuífero se situaba en torno al 96 %.

La operación de descolmatación se realizaba mediante bombeo de 350 L/s y activación simultánea en el interior del pozo de un dispositivo constituido por 16 pequeños tubos que introducían 250 L/s de agua y producían un intenso lavado. La operación duraba entre 10 y 15 minutos y se realizaba una vez al día.

Dado que los materiales que constituyen el acuífero son de tamaño grosero no se apreciaba un efecto inmediato de colmatación. Esta era más bien acumulativa y precisaba, cada 4 ó 5 años, de la incorporación de métodos de descolmatación cada vez más sofisticados. Después de veinticuatro años de funcionamiento el pozo construido en 1952 disminuyó su capacidad de recarga a 50 L/s.

## Recarga de aguas residuales urbanas en San Jordi

---

Esta experiencia, ubicada en la unidad hidrogeológica del Llano de Palma, fué gestionada por el IRYDA y la empresa EMAYA, gestora de la depuradora de aguas de San Jordi, y el seguimiento de la misma, durante los primeros años de la década de los ochenta, fué realizado por el Instituto Geológico y Minero de España.

El agua de recarga procedía de la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de San Jordi, que se aplicaba al riego directo con aguas residuales domésticas y, eventualmente, se inyectaban los sobrantes en pozos perforados en calcarenitas muy permeables. Inicialmente la planta disponía de siete pozos de inyección de los cuales únicamente dos fueron finalmente utilizados para la experiencia de recarga. La calidad del agua se consideraba aceptable, sobre todo comparada con la del acuífero en esa zona que se encontraba ligeramente salinizada. Actualmente no se recarga agua a los pozos, habiéndose ampliado la superficie de riegos con aguas procedentes de la planta de tratamiento.

## Otras operaciones de recarga artificial

---

El Instituto Tecnológico Geominero de España, en colaboración con: el IRYDA (Valle del Esgueva), Gobierno Autónomo de la Rioja (Valle del Río Oja), Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (Vega de Guadix) y Diputación de Alicante (Setla-Mirarrosa-Miraflor), ha efectuado desde 1984 una serie de experiencias piloto de recarga artificial entre las que destacan por su duración o caudal recargado las siguientes:

### *Recarga de acuíferos profundos en el valle del Esgueva (Valladolid)*

El agua utilizada en esta operación de recarga se bombeaba del río Esgueva, desde un punto situado a unos 300 m del sondeo de inyección, tomándose directamente del cauce sin necesidad de realizar ninguna obra específica, salvo un dispositivo de filtrado en la aspiración de la bomba.

El caudal inyectado en el sondeo al comenzar la recarga cada día era del orden de 15 L/s, llegando en ocasiones a superar los 17 L/s. No obstante el caudal se reducía rápidamente, a medida que el agua subía en el sondeo, hasta alcanzar un valor de 10 L/s para un nivel del agua de 20 cm por debajo del nivel del terreno. El caudal específico para la recarga, una vez estabilizado el nivel en boca de sondeo, era del orden de 0,35 L/s/m.

Los sólidos en suspensión alcanzaban valores reducidos del orden de 2-3 mg/L si bien, con algún aumento brusco del caudal del río, se detectaban valores de hasta 30 mg/L.

Para paliar en parte el efecto de colmatación por sólidos en suspensión se instaló, antes de la inyección de agua en el sondeo, un filtro de grava que redujo el valor de este parámetro a 0,5 mg/L.

El modelo matemático de flujo, sobre el que se simularon diversas hipótesis de recarga, indicó que se precisarían del orden de 15 sondeos de recarga, con un caudal de inyección de 20 L/s por sondeo, para contrarrestar el descenso de niveles producido por un bombeo del orden de 9 hm<sup>3</sup>/año, que constituía la explotación del acuífero.

Esta experiencia de recarga artificial que se inició en 1984 estuvo inyectando agua en el acuífero hasta 1987 en que se desmanteló la planta piloto.

### *Recarga artificial en la vega de Guadix (Granada)*

Esta instalación de recarga (fotografía nº 3) funcionó desde 1984, prácticamente sin interrupción, durante 3 ó 4 meses al año, hasta 1998 en que se finalizaron las labores de explotación de la mina de Alquife.

El dispositivo de recarga constaba de seis balsas alcanzándose una superficie de infiltración de 11.500 m<sup>2</sup> y un volumen máximo de agua almacenada en las balsas de 35.000 m<sup>3</sup>. El caudal de entrada a las instalaciones nunca era inferior a 200 L/s.

La calidad del agua de recarga era óptima, ya que se trataba de agua bombeada directamente desde el mismo acuífero. El agua procedía del drenaje del yacimiento de la Mina de Alquife con un volumen total bombeado de 7 hm<sup>3</sup>/a. Un cincuenta por ciento de este volumen se aprovecha directamente en regadío. La cuantía restante se recargaba en las proximidades del río Verde aguas abajo de la explotación minera. Dado que el agua de recarga carecía prácticamente de sólidos en suspensión no se observaron en las instalaciones reducción de la tasa de infiltración.



Fotografía 3 - Balsas de recarga artificial en el aluvial del río Verde Guadix (Granada).

*Recarga artificial en el acuífero aluvial del valle del río Oja (La Rioja)*

Esta experiencia de recarga artificial comenzó a realizarse en el mes de diciembre de 1986 a través de tres balsas de infiltración de 5.320 m<sup>2</sup> de superficie total y 10 km de canales.

El volumen de agua que se infiltraba anualmente, variaba entre 2,5 y 5 hm<sup>3</sup>. El agua provenía del río Oja y de su afluente Santurdejo. Los caudales disponibles eran muy elevados pudiendo superar, en ocasiones, los 5 m<sup>3</sup>/s, aunque sólo se derivaban al dispositivo de infiltración del orden de 500 L/s como máximo durante los meses invernales. El agua tenía una excelente calidad y una cantidad de sólidos en suspensión inferior a 10 mg/L, salvo en épocas de tormenta o fuertes lluvias donde se llegaron a detectar hasta 80 mg/L.

*Recarga artificial en Setla-Mirarrosa-Miraflor. Plana de Denia (Alicante)*

La instalación de recarga consiste en cuatro pozos de gran diámetro con galerías horizontales (normalmente dos por pozo) localizadas sobre los 21 metros de profundidad. El caudal específico de bombeo de estas obras es del orden de 100 a 125 L/s/m. El caudal medio de inyección oscila entre 12 y 31 L/s. El agua se introduce en los pozos por gravedad. Uno de los pozos lleva funcionando 14 años y los otros tres desde 1996.

El agua utilizada en la operación de recarga artificial proviene del mismo acuífero drenado por la Cava de Miraflor y de escorrentía superficial del río Girona que es retenida y derivada, a las instalaciones de recarga artificial, mediante un azud situado aguas arriba de la galería de drenaje de Miraflor. El agua se transporta hasta las instalaciones de recarga aprovechando la red de acequias.

El volumen recargado, durante el año hidrológico de 1996-97, se estima en 1,55 hm<sup>3</sup>. Esta cuantía es muy inferior a las posibilidades que ofrece el sistema que se cuantifican en casi 5 hm<sup>3</sup>/a.

El valor medio de sólidos en suspensión medidos a la entrada de cada pozo de recarga ha sido inferior a 6 mg/L. Aunque estos valores son moderadamente bajos, se calcu-

la que en el pozo, con un mayor tiempo de operación, han penetrado del orden de 21t de sólidos en suspensión. Se ha constatado que la profundidad efectiva de dicho pozo ha disminuido, a lo largo de los 14 años de operación, en 11 metros. La extrapolación de estos datos a las mismas condiciones de funcionamiento establecidas hasta la fecha permite calcular una vida útil de las instalaciones de recarga artificial de 30 años.