

La gestión de la recarga de acuíferos en España: el proyecto DINA-MAR

La gestión de la Recarga de Acuíferos o “Managed Aquifer Recharge” (en adelante MAR) es un método de gestión hídrica que permite introducir agua (en general de buena calidad y pretratada, aunque ha habido varias experiencias de recarga con aguas residuales) en los acuíferos. Una vez almacenada en estos, puede ser extraída para distintos usos (abastecimiento, riego, etc.) frenar la intrusión marina y contaminación, etc. Esta técnica es considerada una Driving Force o actividad capacitada para provocar un impacto (positivo o negativo) sobre la cantidad y la calidad de las masas de agua.

TEXTO | Enrique Fernández Escalante, Dr. en CC. Geológicas. Grupo Tragsa.

Palabras clave
Recarga artificial de acuíferos,
proyecto DINA-MAR, hidrogeología.

El agua utilizada en la recarga artificial de acuíferos puede proceder de ríos, depuradoras, escorrentía urbana, desaladoras o humedales, entre otros orígenes, es introducida al acuífero mediante zanjas, balsas, pozos, sondeos de inyección, etc., generalmente en invierno. Se “almacena” en el acuífero en cantidad superior a lo normal, y sigue su circuito natural subterráneo, depurándose durante un periodo de tiempo variable. Más tarde es extraída y empleada para diferentes usos como abastecimiento y regadío, generalmente con adecuada calidad.

Pros y contras de la Técnica Mar

La técnica MAR es considerada una alternativa de gestión hídrica de primer orden en varios lugares del mundo, mientras que en nuestro país se considera una técnica “especial” que suscita un cierto escepticismo a pesar de su gran potencial. A modo de ejemplo, cabe destacar que se han inventariado más de 40 dispositivos y experiencias distribuidos en 18 países europeos (Fernández Escalante, 2005). Por citar algunos ejemplos destacables, las ciudades de Dusseldorf y Budapest dependen en un 100% de aguas de MAR; Berlín, en un 75%, etc.

Entre las ventajas de la técnica caben destacar:

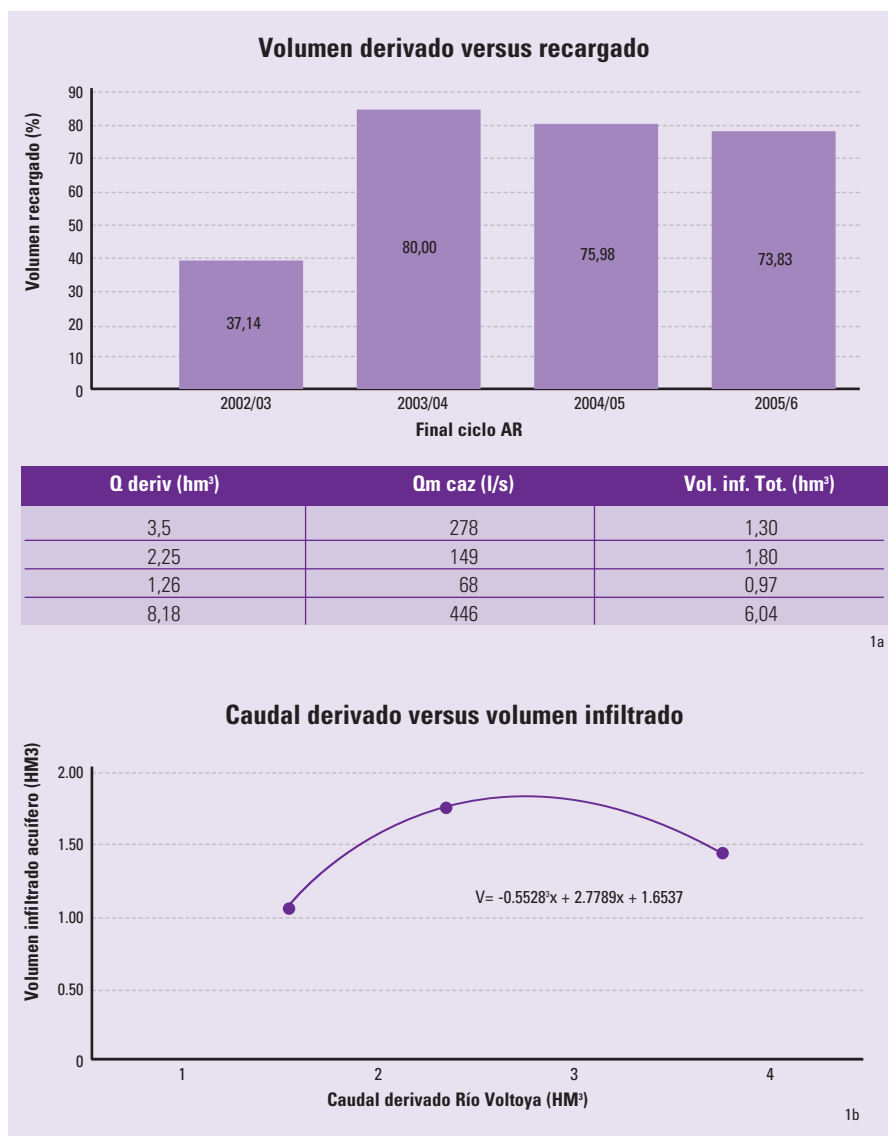


Figura 1a y 1b. Volúmenes infiltrados en cuatro ciclos de operatividad del dispositivo de recarga artificial (AR) de la Cubeta de Santiuste (Segovia) y evolución de la tasa de infiltración.

- Almacenar agua en los acuíferos, especialmente en zonas de escasa disponibilidad de terreno en superficie o sin posibilidad de otras formas de embalsamiento.
- Eliminación de patógenos, sustancias químicas, etc., del agua durante el proceso de infiltración a través del suelo y su posterior residencia en el acuífero, suavizando diferencias cualitativas y reduciendo riesgos medioambientales, incluidos aquellos relacionados con la salud.
- Utilización del acuífero como embalse regulador, almacén y red de distribución dentro de un sistema integrado, permitiendo suavizar fluctuaciones en la demanda y reducir el descenso del nivel del agua por sobrebombeo.
- Reducir las pérdidas por evaporación respecto al agua embalsada y compensar la pérdida de recarga natural en un acuífero por actividades antrópicas.
- Integración de actividades medioambientales, por ejemplo el tendido de barreras hidráulicas para la intrusión marina, la prevención de problemas geotécnicos, la reutilización de aguas residuales urbanas, la regeneración hídrica de humedales, etc.
- Mejora económica de zonas deprimidas.
- Intervención para aminorar la desertización, cambio climático, erosión de suelos, etc.

Por el contrario, no todo son ventajas, pues en contra de esta técnica están:

- Grado de conocimiento incipiente de su potencial.
- Visión principalmente hidráulica de la política de gestión hídrica en el país, que la considera una “técnica especial”.
- Escasez y falta de continuidad en las experiencias, que van cobrando importancia creciente, por ejemplo las del MAPA en Segovia, si bien no hay bagaje histórico que demuestre su idoneidad y la técnica se perfila como una operación de cierto riesgo para los inversores.
- Escasa dedicación en las publicaciones de gestión hídrica del país, como los libros blancos de las aguas, hasta la fecha.
- Es preciso un control durante el diseño y construcción, así como realizar varios estudios y proyectos para minimizar los riesgos e impactos ambientales.

Comparativa con otras técnicas de gestión hídrica

En nuestro país, la mayoría de las experiencias tienen un carácter experimental, con escasos dispositivos operativos de gran envergadura ubicados en Castilla y León y Cataluña. La cifra de agua recargada de manera artificial a los

acuíferos oscila, según las fuentes, desde 50 hm³/año (IGME, 2000) hasta 350 hm³/año (MIMAM, 2000), cifras que, aún en el mayor de los casos, representan un volumen del orden de diez veces inferior al entorno de Europa Central. Los cálculos realizados por el autor arrojan cifras cercanas a 60 hm³ (Fernández Escalante, 2006).

De todos los puntos de vista para este enfoque prima el económico. Se ha realizado un análisis preliminar, al haber un volumen de información bastante escaso, que concluye en que el agua procedente de la gestión de la recarga de acuíferos (MAR) tiene unos costes ligeramente inferiores al coste medio del agua desalada e inferior a la mitad que el agua embalsada en presas y balsas.

El indicador adoptado ha sido el ratio entre el coste de construcción y el volumen de agua almacenada para casos documentados. No se ha entrado en consideraciones relativas a costes de amortización, vida media de las estructuras y otros cálculos a largo plazo, por carecer de información suficiente ante la juventud y heterogeneidad de la mayor parte de las experiencias de *Aquífer Recharge* (AR) en España.

Se ha conseguido información relativa a dieciséis balsas edificadas recientemente,

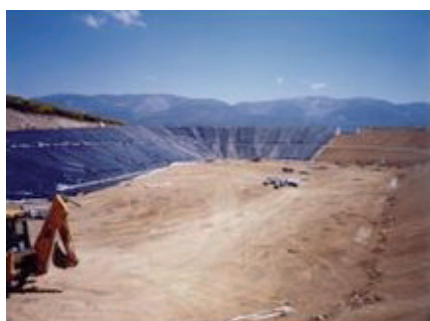


Figura 2. Aspecto de varios dispositivos de almacenamiento superficial (izquierda) y dos de recarga artificial de acuíferos (derecha, por cortesía de Scholten y AWS).

distribuidas por toda España. La relación media o *ratio* de todas ellas asciende a 10,50 €/m³.

El mismo cálculo se ha llevado a cabo con ocho presas, todas ellas de Castilla y León y la Rioja. El *ratio* resultante medio es de 1,25 €/m³.

El coste del agua en los dispositivos de AR varía entre límites más anchos, dependiendo de la naturaleza del dispositivo, edad, años en funcionamiento, etc. Se han analizado también todos los casos a los que se ha podido acceder a la información:

- Dispositivo superficial Cubeta de Santiuste (Segovia). La relación media en sus cuatro años de funcionamiento: coste obra /agua infiltrada, desde el dispositivo al acuífero, asciende a 0,39 €/m³. En el último año se ha introducido de manera intencionada en el acuífero cerca de 6,1 hm³. En las figuras 1 a) y b) se representan los volúmenes infiltrados en cuatro ciclos de operatividad y la evolución de la tasa de infiltración en un ciclo de AR.
- El dispositivo superficial (canales) del Carracillo (Segovia), para el primer ciclo de operatividad (2003-2004) y un volumen recargado de casi 5 hm³ tuvo un coste económico de 0,15 €/m³, de acuerdo con los datos del MAPA (2005 a y b).
- El caudal inyectado a través del dispositivo experimental (sondeo de inyección) ensayado en el año 2001 por el Canal de Isabel II (Casilla de Valverde, Madrid), tuvo un coste económico de aproximadamente 1,02 €/m³. Se recargó un total de 450.000 m³ de agua pretratada, originando importantes problemas de colmatación.
- Los costes estimados en los dispositivos de AGBAR en Barcelona (Cornellá) ascienden a 0,08 €/m³, sin tener en cuenta los costes de amortización de las obras (Armenter, 2006).

Analizando los datos, podemos establecer unas primeras aproximaciones a la realidad económica de cada técnica (valores medios de las relaciones):

- Balsas: 10,50 €/m³.
- Presas: 1,25 €/m³.
- Dispositivo AR superficiales: 0,21 €/m³.
- Dispositivo AR profundos: 1,02 €/m³.
- Desaladoras: 0,45 a 0,90 €/m³ (durante su amortización).

Estos datos, aunque carezcan del rigor de un análisis económico completo, permiten afirmar que los costes del agua procedente de operaciones MAR son algo inferiores al coste medio del agua desalada y menos de la mitad del embalsado en presas y balsas.

A tenor de estos resultados, se desprende que los costes del agua son asumibles y descendentes a medida que se avanza en el grado de conocimiento de la técnica MAR, especialmente desde que se ha mejorado el diseño de los dispositivos de recarga profunda, que adolecían hasta la fecha de falta de experiencia.

A la ventaja económica cabe añadir la vinculada a la ocupación del terreno y su alto valor paisajístico o contingente (figura 2).

Los dispositivos inventariados en España sobrepasan los 26, si bien no todos están operativos en la actualidad (figura 3). Gran parte de ellos corresponden a experiencias llevadas a cabo por el IGME (ITGE, 2000).

En Cataluña predominan dispositivos de infiltración por pozos y sondeos en el aluvial de ríos, escarificación del lecho y

sondeos de infiltración profunda (figura 5). En el resto del arco mediterráneo e islas Baleares predominan los pozos, galerías y balsas de infiltración, con abundantes diques de retención y boqueras en Levante.

En las zonas de meseta predominan los dispositivos de recarga artificial superficial promovidos por el MAPA por canales y zanjas (Segovia), además de una serie de instalaciones con pozos en el aluvial de ríos (Valladolid, La Rioja).

En Madrid y Castilla-La Mancha las experiencias más notables se han realizado mediante sondeos profundos.

En Andalucía Central hay sistemas de acequias o careos (figura 4), drenajes de minas y sondeos; mientras que en la Occidental predominan los pozos y balsas como dispositivos de infiltración inducida.

El Proyecto DINA-MAR



Con objeto de conocer el potencial y alcance de esta técnica, se ha iniciado un proyecto denominado DINA-MAR, financiado por el Grupo Tragsa con costes a su programa interno de I+D+i, cuyo objeto es determinar las zonas de España susceptibles a la aplicación de esta técnica.

El programa se ha iniciado con un amplio estudio del "estado del arte" a escala mundial, actualizando el inventario de experiencias (Fernández Escalante, 2005), observando que esta técnica se encuentra

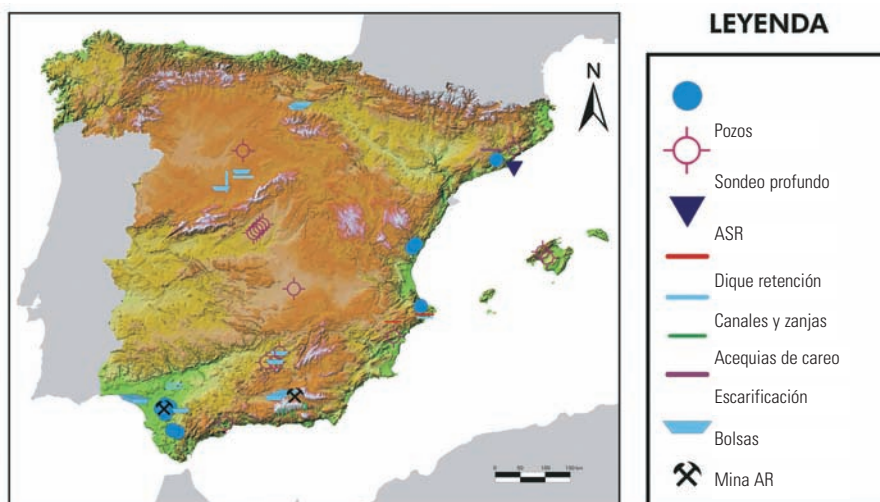


Figura 3. Dispositivos operativos de recarga artificial de acuíferos en España por tipologías.

infrautilizada en el Estado español, a pesar de su enorme potencial y de ajustarse a los requerimientos hídricos y el marco legal de la realidad hidrológica española principios del siglo XXI (Fernández Escalante y García, 2004).

Una vez elegidas las zonas se está iniciando un estudio de los dispositivos más idóneos para alcanzar la máxima efectividad, basándose en la técnica de escenarios análogos y adoptando unas zonas piloto experimentales

Se ha llevado a cabo un proceso de cálculo, apoyado en una fuerte componente de Sistemas de Información Geográfica (SIG), para determinar mediante cruces de coberturas temáticas y análisis vectorial aquellos acuíferos que son más susceptibles para ser recargados de forma artificial, agrupados por cuencas hidrográficas y masas de agua. Para ello se tienen en consideración más de 30 parámetros representados en coberturas temáticas, en general vectoriales y georreferenciadas (por ejemplo, regadío con aguas subterráneas, cercanía a cauces fluviales, datos foronómicos, hidrológicos, climáticos, presencia de depuradoras, mapas litológicos, hidrogeológicos y de suelos, espesor de la zona no saturada, presencia de masas forestales, un MDT de 100 metros de tamaño de celda de toda España, y un largo etcétera que contempla incluso circunstancias socio-económicas y políticas).

Conocidas las zonas susceptibles en una primera aproximación, se está iniciando un estudio de los dispositivos más idóneos



Figura 4. Aspecto de acequias de careo, dispositivos de origen árabe que aprovechan el deshielo de Sierra Nevada para la recarga artificial de acuíferos. Careo de Mecina Bombarón.

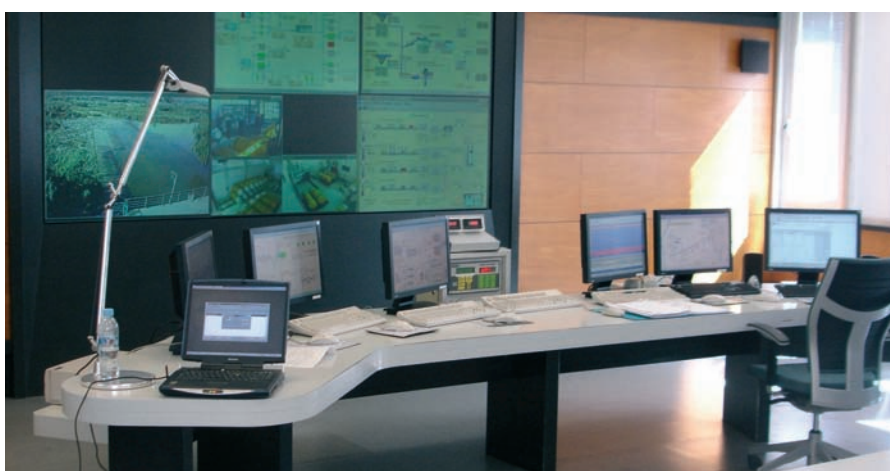


Figura 5. Centro operativo de AGBAR en Cornellá, donde se controlan las operaciones de recarga artificial de acuíferos en la cuenca del río Llobregat.

para alcanzar la máxima efectividad, en principio basándose en la técnica de escenarios análogos, y adoptando unas zonas piloto experimentales, hasta ahora en Madrid y Segovia, para el test controlado de los dispositivos, su respuesta y valoración de su eficiencia.

Como resultados preliminares, cabe destacar que una vez elaborado el SIG y realizados los primeros análisis con cruces de unas primeras coberturas provisionales, los resultados difieren según el orden de aplicación. Los datos presentados a continuación corresponden a una etapa de tanteo con varios análisis diferentes, que permiten obtener y empezar el tratamiento de los primeros resultados, identificar áreas susceptibles y seleccionar zonas piloto para su estudio detallado. Se han seleccionado cuatro ejemplos, que son:

- Cruce de unidades hidrogeológicas con sistemas acuíferos, masas de agua y zonas regadas con aguas subterráneas, cruce 1 (figura 6a).
- Cruce de sistemas acuíferos, cauces fluviales de cierta entidad (se han establecido varias categorías de acuerdo con su caudal medio) y su posible zona de influencia, cruce 2 (figura 6b).
- Cruce de sistemas acuíferos, usos forestales, zona de influencia en torno a los cauces fluviales (buffers) y subcuencas hidrográficas, cruce 3 (figura 6c).
- Regadío con aguas subterráneas, sistemas acuíferos y humedales con su zona de influencia (en principio se han considerado buffers de 1 km). A este análisis se ha añadido la cobertura con datos relativos a la calidad de las aguas, cruce 4 (figura 6g).

Las figuras 6 a) a g), correspondientes al análisis SIG, ilustran el proceso de obtención de los primeros resultados.

Los resultados de los cruces desprenden listados de polígonos susceptibles para llevar a cabo actuaciones de recarga artificial de acuíferos en ellos. Las

superficies calculadas para todo el territorio nacional excluidas las islas Canarias se especifican en la tabla 1.

El área total calculada oscila entre 27.000 y 43.000 km² en zonas de acuífero en las inmediaciones de cauces fluviales de cierta entidad, en muchos casos con implantación

de zonas de regadío con aguas subterráneas.

El área del terreno susceptible de albergar volúmenes adicionales a los aportados por la recarga natural con uso forestal, generalmente ubicado en las cabeceras de cuenca, es ligeramente inferior a 9.000 km².

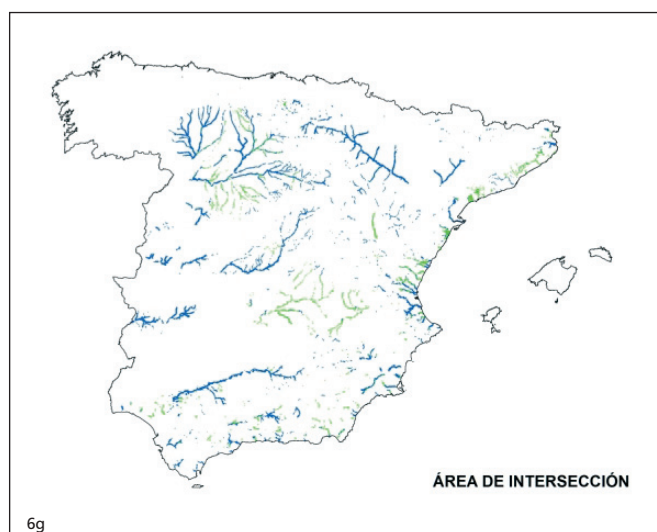
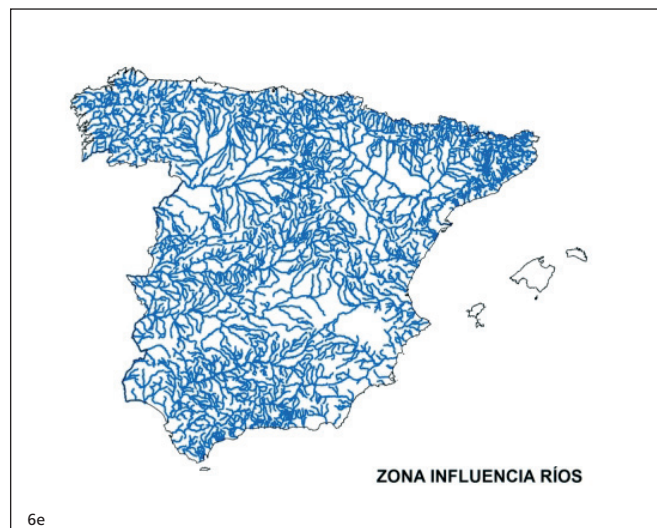
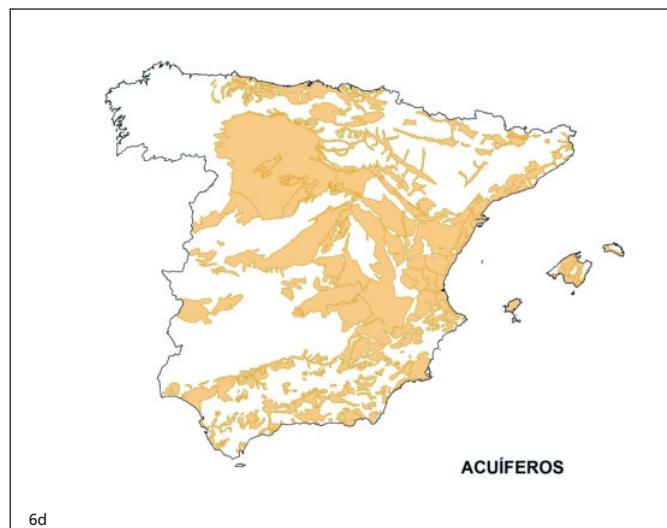
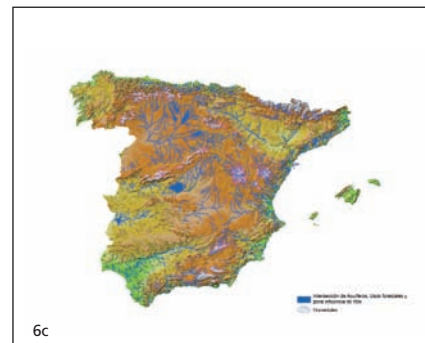


Figura 6a a 6g. Imágenes de los primeros cruces de coberturas temáticas realizados con objeto de determinar las zonas (provisionales) susceptibles de regeneración hídrica en España.

Según estos primeros resultados preliminares, se estima que aproximadamente un 8% del territorio estudiado es susceptible de albergar técnicas MAR

Los terrenos asociados a cauces fluviales o humedales con la misma particularidad del caso anterior alcanzan los 10.500 km².

La distribución para la mayoría de las cuencas hidrográficas quedaría del siguiente modo (tabla 2).

Según estos datos, la cuenca más apropiada para operaciones de recarga artificial es la del Duero. La siguen Ebro, Guadalquivir y Júcar, por este orden, cuyas zonas susceptibles están supeditadas al caudal circulante en cauces fluviales de primer orden, por lo general.

Según estos primeros resultados preliminares, se estima que aproximadamente un 8% del territorio estudiado es susceptible de albergar técnicas MAR.

Obtenidas las zonas "susceptibles" (el problema radica más en conseguir toda la información que en procesarla), se está comenzando el estudio de cada cuenca hidrográfica pormenorizadamente, para así proponer una serie de opciones. Esta etapa cuenta con una importante fase de I+D+i, y se prevé tantear varios sistemas de cruce, modificando el orden.

Además del análisis SIG, el proyecto contempla otros objetivos, algunos simultáneos, tales como:

- Diseño de una aplicación informática orientada a visualización, cálculos

Cruce	Área cruce	Área cruce 2	Área cruce 3	Área cruce 4
Área (km ²)	26588	10403	42998	7822

Tabla 1. Resultados preliminares del área susceptible para ser recargada de modo artificial de acuerdo con los distintos cruces de coberturas especificados.

Cruce	Cuenca	Cruce 2 (km ²)	%	Cruce 3 (km ²)	%
1	Norte II	1	0,01	1.473	3,48
2	Duero	2.699	25,95	11.113	26,23
3	Tajo	973	9,35	5.515	13,02
4	Guadiana I	881	8,47	2.972	7,02
4	Guadiana II	24	0,23	91	0,22
5	Guadalquivir	1.406	13,51	3.500	8,26
6	Sur	468	4,50	1.674	3,95
7	Segura	494	4,74	1.633	3,85
8	Júcar	1.224	11,77	5.884	13,89
9	Ebro	1.822	17,51	6.599	15,58
10	Catalunya	413	3,97	1.910	4,51
TOTAL		10.403	100,00	42.364	100,00

Tabla 2. Resultados preliminares del área susceptible para ser recargada de modo artificial de acuerdo con los distintos cruces de coberturas especificados distribuido por cuencas hidrográficas.



Figura 7. Fotografía aérea de Villagonzalo de Coca (Segovia), remarcando el cuenco de la laguna de la Iglesia (nº 56) y humedales adyacentes inventariados (Fernández Escalante, 2005) en un estado de conservación deficiente. En la margen este se ha dibujado sobrepuesto el trazado del dispositivo de recarga artificial de la Cubeta de Santiuste. La fotografía aérea es del año 2001.

algebraicos y análisis del producto generado.

- Desarrollo de dispositivos acordes con las especificaciones de cada sistema.
- Desarrollo de la dimensión medioambiental de la técnica MAR. Las actividades tienen un proceso de detección de impactos ambientales, bajo la máxima de planificar las actuaciones en el marco del desarrollo sostenible. Para ello hay varias líneas de actuación, como la determinación de los caudales ambientales en los cauces fluviales de toma: se ha establecido una



Figura 8. Regeneración hídrica de la laguna de la Iglesia en mayo de 2005 y detalle del dispositivo de entrada (conocido como "hongo"). Laguna de la Iglesia, Coca (Segovia).

En vista de que las sequías son procesos recurrentes en España; sería conveniente dedicar el esfuerzo necesario en investigar, promocionar y construir nuevas técnicas y dispositivos de AR

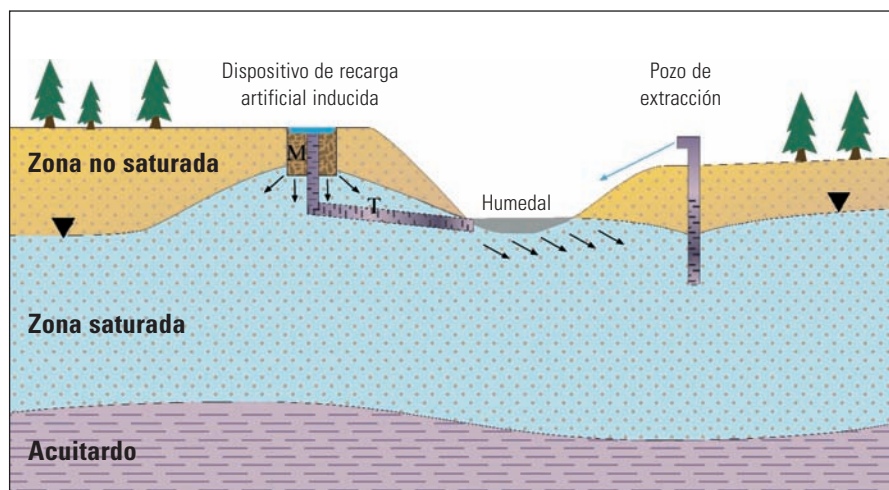


Figura 9. Diseño genérico de un dispositivo de recarga artificial inducida para aumentar la salinidad de las aguas de recarga artificial hasta alcanzar unas características similares a las aguas indígenas regulando la superficie de contacto y el tiempo de interacción con el material salino natural del terreno, precipitado por el ascenso de flujos subterráneos profundos. (Fernández Escalante, 2005).

metodología, actualmente en vías de mejora, que se apoya en la premisa de nunca extraer recursos para AR que puedan provocar un descenso del caudal inferior al 15-20% del caudal medio.

- Regeneración hídrica de humedales y otros elementos clave aplicando la técnica MAR: en el invierno de 2005, se ha llevado a cabo una actuación consistente en la restauración hídrica de la laguna de la Iglesia, principalmente endorreica y de carácter salino, en Coca (Segovia) con aguas procedentes del dispositivo de recarga artificial de la Cubeta de Santiuste. A lo largo del año 2006, se ha derivado un caudal de 11.600 m³ hacia el humedal (Grupo Tragsa, 2006), lo que representa un 0,13% del total. Esta actuación, con escasos antecedentes en España, ha sido debidamente controlada como "experiencia piloto" por el Grupo Tragsa, con objeto de estudiar la idoneidad y viabilidad de estas actuaciones.

En las figuras 7 y 8 se presenta el aspecto del dispositivo de recarga artificial inducida. Algunos detalles técnicos pueden ser consultados en Fernández Escalante, 2006, (CONAMA 8).

Los indicadores medioambientales de respuesta aplicados (Fernández Escalante et al., 2005; ídem y García, 2006), y en vía de diseño como hito dentro del programa DINA-MAR, revelan que la regeneración hídrica evoluciona en sentido favorable,

tanto desde el punto de vista hidrológico como ecológico. Se está generando la orla perimetral entre los cultivos y el cuenco y se percibe una cierta regeneración natural.

El previsible impacto medioambiental generado cuando las aguas salinas del humedal se infiltran y mezclan con las aguas dulces del acuífero es mínimo, dado que el sustrato es de escasa permeabilidad. Además, existe una divisoria hidrogeológica (física) que impide el flujo subterráneo en esta dirección, si bien es previsible que este aspecto deba ser considerado en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) de cualquier otra actuación futura. Para ello es preciso contar con un buen conocimiento tridimensional de la geometría del acuífero y de su funcionamiento hidrogeológico y diseñar dispositivos mejorados (figura 9).

El proyecto DINA-MAR se encuentra actualmente en curso, terminando la fase de definición. Está prevista su continuidad en otra fase de desarrollo tecnológico para el diseño e implementación de nuevos dispositivos, acordes con cada caso concreto, que permitan alcanzar unas tasas de infiltración altas, estudio de técnicas de tratamiento de suelo y acuífero (SAT), de nuevos materiales y energías alternativas, tanto para la alimentación de los dispositivos como para la

producción de energía eléctrica a pequeña escala que posibilite el funcionamiento de los aparatos de medida, *data logger*, etc., instalados en las zonas piloto.

El programa cuenta con un programa de educación ambiental y divulgación simultáneo, si bien precisa una financiación adicional para completar todos los objetivos previstos.

Conclusiones

La recarga artificial de acuíferos (AR o MAR) es una técnica de gestión hídrica de gran potencial muy poco utilizada en España. Hay un gran escepticismo sobre su valor y una escasa difusión hasta la fecha. Así mismo sigue estando escasamente considerada por los gestores hídricos del país.

Las circunstancias socio-económicas y políticas, así como el marco legal que regula la actividad, son idóneas, en el momento actual, para incluir este tipo de dispositivos en los nuevos esquemas de gestión hídrica.

En vista de que las sequías son procesos recurrentes en España durante todo el periodo cuaternario; sería conveniente dedicar el esfuerzo necesario en investigar, promocionar y construir nuevas técnicas y dispositivos de AR en aquellas ubicaciones donde resulte viable y conveniente.

El análisis económico y la dimensión medioambiental de la técnica MAR refrendan su efectividad, su conveniencia y su buena adecuación a la realidad hídrica española del siglo XXI. Esta técnica no debe ser entendida como una herramienta para controlar el medio, sino como un instrumento para actuar en las consecuencias de unas actividades mal planificadas en el pasado y/o planificar otras para el futuro más afines con el desarrollo sostenible.

En España hay grandes posibilidades de instalar nuevos dispositivos de recarga artificial de acuíferos. La cuenca más proclive es la del Duero, y las que menos las del norte

A pesar de su apariencia, excesivamente ecológica, se trata de una medida estructural, más “elegante” que la construcción de una presa o una balsa, si bien permite un margen de maniobra muy superior, al posibilitar la ocupación del terreno sobre el acuífero empleado para la recarga artificial, es más barata y hay quien aboga por el mayor valor contingente de los elementos asociados con respecto a las grandes obras hidráulicas.

La técnica debe ser incorporada en esquemas de utilización conjunta complejos ya que, por sí misma, difícilmente puede cubrir una fuerte garantía de suministro.

En España hay grandes posibilidades de instalar nuevos dispositivos de recarga artificial de acuíferos (según cálculos provisionales, aproximadamente un 8% del territorio nacional es susceptible a operaciones de AR). La cuenca más proclive es la del Duero, y las que menos las del norte.

Agradecimientos

El autor desea manifestar su agradecimiento a Manuel López y Rodrigo Calero, del Grupo Tragsa, quienes han hecho posible el arranque del proyecto DINA-MAR, inscrito en el programa de I+D del Grupo con código 00/13.223, a la decena de técnicos del equipo investigador y a todos los profesionales que nos están brindando ayuda y apoyo.

Bibliografía

- Armenter Ferrando, J.L. (2006). *La recarga artificial de acuíferos en la gestión conjunta de los recursos del río Llobregat*. Agua y Ciudad en el ámbito mediterráneo (AQUAinMED). Memoria de las jornadas de Málaga del 24 al 28 de abril de 2006. Edita: IGME, serie Hidrología y Aguas Subterráneas, nº 19.
- Fernández Escalante, A.E. (2005). *Recarga artificial de acuíferos en cuencas fluviales. Aspectos cualitativos y medioambientales. Criterios técnicos derivados de la experiencia en la Cubeta de Santiuste (Segovia)*. Tesis doctoral. UCM.
- Fernández Escalante, A.E. (2006). *Gestión de la recarga de acuíferos como práctica alternativa de gestión hídrica. El proyecto DINA-MAR*. JT 6: Gestión integral de los recursos y los servicios del ciclo del agua. CONAMA 8. Madrid.
- Fernández Escalante, A.E. y García Rodríguez, M. (2004). *La recarga artificial de acuíferos. Marco legal que regula sus aplicaciones*. VIII Simposio de Hidrogeología. AEH-IGME. Octubre de 2004.
- Fernández Escalante, A.E. y García Rodríguez, M. (2006). Descripción de indicadores medioambientales para la evaluación de impacto ambiental, seguimiento y control de la restauración de humedales mediante técnicas de recarga artificial de acuíferos. (Segunda parte: indicadores de respuesta). *Tecnología y Desarrollo*, IV. Universidad Alfonso X el Sabio de Madrid.
- Fernández Escalante, A.E., García Rodríguez, M., Villarroya Gil, F. y Montero Fernández, J. (2005). Propuesta de un sistema de indicadores medioambientales para la evaluación de impacto ambiental y seguimiento de actividades de regeneración hídrica mediante recarga artificial de acuíferos. *Tecnología y Desarrollo*, III. Universidad Alfonso X el Sabio. Villanueva de la Cañada, (Madrid)
- IGME (2000). *Identificación de acciones y programación de actividades de recarga artificial de acuíferos en las cuencas intercomunitarias*. MCT.
- MAPA (1999). *Estudio hidrogeológico complementario para la recarga artificial en la cubeta de Santiuste (Segovia)*. Informe técnico no publicado. Secretaría General de Desarrollo Rural-Tragsatec.
- MAPA (2005a). *Asistencia técnica para el seguimiento y modelización de la recarga artificial en la cubeta de Santiuste de San Juan Bautista (Segovia)*. Dirección General de Desarrollo Rural-TRAGSATEC.
- MAPA (2005b). *Asistencia Técnica para la gestión de los recursos hídricos en el acuífero de Los Arenales, comarca de “El Carracillo” (Segovia)*. Dirección General de Desarrollo Rural-TRAGSATEC.
- MIMAM. (2000). *Libro Blanco del Agua en España 2000 (LBAE)*. MIMAM.
- MOPTMA.-MINER (1994). *Libro Blanco de las Aguas Subterráneas (LBAS)*. Secretaría General Técnica del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.

En cuanto a los aspectos cuantitativos, en la situación hídrica actual se considera posible y procedente “invertir” volúmenes procedentes de ríos para la regeneración de espacios de interés medioambiental, si bien está en tela de

juicio si esta actividad podrá mantenerse en el tiempo en caso de mantenerse la sequía actual, agravada por problemas globales tales como la desertización, el cambio climático, etc. La polémica está servida.