

I. RECARGA ARTIFICIAL DE ACUIFEROS. CONCEPTOS GENERALES (continuación)

Colmatación

Colmatación mecánica

Colmatación biológica

Colmatación debida a procesos químicos

Dispositivos y procedimientos utilizados en la lucha contra la colmatación

Agua recargada

Modelización matemática

Modelos específicos

Gestión

Evaluación económica

Aspectos legislativos

Aspectos legislativos de la recarga artificial con aguas residuales

El sistema de transporte a elegir en cada caso concreto dependerá en gran medida de la infraestructura que exista en la zona donde se vaya a realizar la operación de recarga artificial. En muchas zonas en las que esta técnica puede ser aplicable ya existe una red de acequias desarrollada, y en estos casos no cabe duda de que esta red debe usarse y, en su caso, mejorarse o completarse, para las operaciones de recarga artificial.

La infraestructura de conducción, transporte y almacenamiento de agua puede adquirir, en ocasiones, una gran dimensión.

COLMATACIÓN

Con toda seguridad, el mayor problema con el que se enfrenta la recarga artificial de acuíferos es el de la colmatación, entendiéndose por tal el proceso de acumulación de materiales sobre la superficie de infiltración del agua. Su efecto es una reducción de la capacidad de recarga.

La colmatación puede deberse a efectos mecánicos, actividad biológica y procesos químicos.

La recarga artificial, en lo referente a los fenómenos de colmatación, exige unos condicionantes muy rigurosos en lo que respecta al agua de recarga. La afección sobre la tasa de infiltración es tan importante que incluso en los casos donde se opera con una baja concentración de sólidos en suspensión es necesario programar sistemas de limpieza y descolmatación de las instalaciones. Al cabo de un cierto tiempo y volumen de agua recargado es posible que se tengan que abandonar los dispositivos de recarga al no poderse regenerar su capacidad de infiltración con caudales operativos. Este proceso de degeneración de la capacidad inicial de infiltración se traduce en la necesidad de estimar la vida útil de las instalaciones y realizar, en función de la misma, los estudios económicos pertinentes para cuantificar su rentabilidad. Datos proporcionados por instalaciones americanas indican que la vida útil en las balsas es ligeramente superior a diez años y en los pozos de cinco a diez años. No obstante, en las infraestructuras de gran envergadura pueden alcanzarse órdenes de magnitud de hasta veinte años, o incluso superiores.



16

La deposición de los sólidos en suspensión que lleva el agua de recarga forma sobre el suelo una película arcillosa que reduce notablemente la tasa de infiltración de la instalación de recarga.

Colmatación mecánica

Para que una partícula sea transportada en suspensión por una corriente de agua se necesita que ésta lleve una determinada velocidad y que el tamaño de la partícula sea el adecuado. Cuando la velocidad decrece, para un mismo tamaño de partícula, el material en suspensión puede depositarse. Este fenómeno se agrava en la mayoría de las instalaciones de recarga artificial, ya que el agua pasa a estar en reposo y las materias decantables que estaban en suspensión en el agua en movimiento, aún a velocidades bajas, se depositan sobre la superficie del suelo, o bien penetran por los poros y fisuras del terreno, dando lugar a una acumulación de materiales que producen una reducción de la tasa de infiltración o del caudal específico.

El fenómeno de la colmatación difiere mucho de unos materiales a otros. Los de tamaño más pequeño pueden llegar a estar en una suspensión más o menos estable y penetrar profundamente en el terreno. La mayor reducción de permeabilidad parece corresponder a la costra superficial de sedimentos depositados sobre el suelo de las instalaciones. La eliminación de esta costra superficial, retirada de los primeros centímetros de suelo, restablece la permeabilidad, pero con ello no se retiran todos los sólidos en suspensión aportados, pues permanecen los que penetraron profundamente, que dan lugar a una lenta disminución de la capacidad de infiltración a medida que el proceso de recarga artificial avanza, por lo que, cada cierto tiempo, puede resultar adecuado reprofundizar algunos decímetros en el suelo de la instalación de infiltración.

En los sistemas de recarga en profundidad (sondeos de inyección) aparte de la colmatación debida a los sólidos en suspensión, se produce en el acuífero una entrada de aire y de gases que se encuentran disueltos en el agua de alimentación. Estas burbujas de aire y de gas se comportan en el terreno como si se tratara de verdaderos granos de materia sólida que se oponen al paso del agua.

La experiencia adquirida en las pruebas piloto de recarga artificial realizadas por el ITGE, junto con la bibliografía internacional consultada, ponen de manifiesto que el máximo contenido de sólidos en suspensión, en el agua de recarga, no debe superar los 20 mg/L, considerándose como valores recomendables los inferiores a 10 mg/L.



La erosión de los taludes es en ocasiones causa de colmatación. Su revestimiento con material geotextil contribuye eficazmente a reducir este problema.

17

Colmatación biológica

Se admite, a nivel del medio filtrante, que la colmatación biológica es más compleja que la mineral. Se produce por crecimiento de algas y plantas, en un agua que contiene cierta cantidad de materia orgánica, generalmente en épocas del año de gran luminosidad y elevada temperatura como el verano.

En los sistemas de recarga en profundidad tiene una gran importancia la colmatación debida a la proliferación de bacterias, que se concentran fundamentalmente en el filtro. La colmatación no se produce por las bacterias introducidas con el agua de recarga, ya que su volumen es muy pequeño, sino por los crecimientos y proliferaciones a que pueden dar lugar.



18

A veces, dependiendo de las condiciones de operación de la instalación y de las características del agua de recarga, se pueden producir fenómenos de colmatación biológica debidos al crecimiento de algas.

Colmatación debida a procesos químicos

El agua que se recarga artificialmente en un acuífero es extraña al ambiente subterráneo donde se introduce, tanto en su medio sólido como líquido. Esto provoca que se puedan producir reacciones de disolución, precipitación, cambio iónico, absorción, adsorción y oxidación-reducción.

En principio parece que se debe prestar una mayor atención y control cuando la instalación sea del tipo pozo o sondeo.



19

La costra colmatante reduce notablemente la permeabilidad del fondo de la balsa. La remoción o retirada de la película arcillosa permite recuperar una gran parte de la permeabilidad primitiva.



20

Dispositivos y procedimientos utilizados en la lucha contra la colmatación

Como principales acciones de carácter preventivo, que se emplean para evitar o reducir efectos colmatantes, se relacionan las siguientes:

- Decantación de las materias suspendidas en el agua de inyección o de infiltración mediante balsas diseñadas para este fin.
- Filtración del agua de recarga, a través de un filtro de arenas o gravilla, colocado en el fondo de la balsa o en el circuito exterior de toma de agua del sondeo de inyección.
- Empleo de alguicidas, que pueden estar contraindicados, ya que degradan la calidad del agua y, con mayor o menor intensidad, dificultan posteriores procesos de autodepuración.
- Aumento de la altura de la lámina de agua, para disminuir la intensidad luminosa y, en consecuencia, frenar el desarrollo de las algas.
- Modificación del sistema de recarga, cambiando las balsas por canales, ya que gran parte de las algas que crecen en las balsas son especies que viven en aguas estancadas.
- Alimentación intermitente de las balsas, lo que frena el desarrollo de algas por los frecuentes vaciados, y evita la colmatación debida al hinchamiento de las arcillas.

No obstante, a pesar de la utilización de dispositivos y procedimientos de lucha contra la colmatación, se pueden presentar fenómenos de este tipo. En estos casos es necesario proceder a la descolmatación periódica de las obras o al abandono de las mismas. Los procesos de descolmatación más utilizados se resumen en el cuadro 3.

Cuadro 3 PROCESOS DE DESCOLMATACIÓN MÁS UTILIZADOS	
TIPO DE DISPOSITIVO	PROCEDIMIENTO DE DESCOLMATACIÓN
Dispositivos de recarga en superficie.	Dejar secar la instalación de recarga: esto contrarresta el hinchado de las arcillas, restituyendo así parte de la permeabilidad. En ocasiones se deja crecer la vegetación, cuyas raíces perforan y rompen la zona colmatada, facilitando así el posterior paso de agua.
	Escariado de la parte colmatada: cuando la penetración de limos es poco profunda se puede proceder a eliminar la zona colmatada, lo que es preferible hacer manualmente con rastillos, puesto que las máquinas pueden alterar la disposición del filtro o del terreno natural, compactándolo.
	Extracción de la zona colmatada y posterior lavado: cuando la colmatación es profunda, se puede proceder a retirar dicha zona (filtro de arenas y/o terrenos naturales), para que, tras su lavado, pueda reintegrarse a su lugar e iniciar un nuevo ciclo de recarga.
Dispositivos de recarga en profundidad.	El método más usual de descolmatación es el bombeo intenso, a veces intermitente, a caudal superior al de recarga. Como alternativa, el desarrollo mediante aire comprimido. En formaciones carbonatadas, previa inyección de ácido clorhídrico con dispersantes.

AGUA RECARGADA

El agua recargada debe permanecer en el acuífero el tiempo suficiente para permitir su utilización posterior.

Los aspectos que se deben analizar son los siguientes:

- Tiempo de almacenamiento en el acuífero.
- Grado de recuperación del agua recargada.
- Calidad obtenible.



Los efectos no deseados del oleaje sobre los taludes de las balsas pueden provocar problemas de deslizamiento, e incluso hundimiento.

21

MODELIZACIÓN MATEMÁTICA

La necesidad ineludible de formular modelos matemáticos, donde se simulen diferentes alternativas de gestión fundamentadas en la utilización de la técnica de la recarga artificial de acuíferos y del grado de explotación actual y futuro que presentará el acuífero, contribuirán a delimitar las auténticas posibilidades de aplicación que presenta esta técnica para un determinado caso concreto.

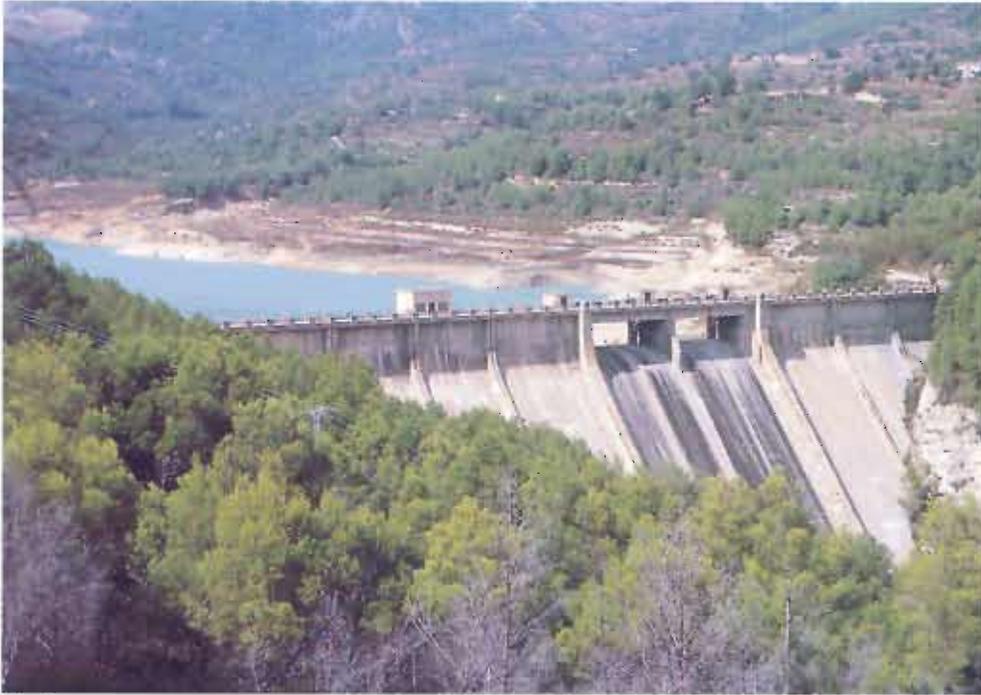
Dentro del software relacionado con los recursos hídricos se pueden distinguir dos tipos de aplicaciones informáticas:

- De simulación funcional: software diseñado para simular el funcionamiento de los sistemas hídricos.
- De gestión: software diseñado para la gestión y/o optimización de recursos hídricos.

Dentro de los modelos de simulación funcional pueden distinguirse dos grandes categorías: de evaluación de recursos hídricos y modelos de calidad. No obstante, ciertas aplicaciones informáticas consideran ambos aspectos de forma conjunta.



Los modelos matemáticos constituyen eficaces herramientas de gestión y predicción que contribuyen a optimizar las operaciones de recarga artificial de acuíferos.



23

Los modelos de gestión permiten integrar todos los elementos de un sistema de recursos hídricos de forma que, mediante las oportunas interacciones entre ellos, se consigue optimizar la explotación del mismo.

Los modelos de simulación de la gestión, pretenden la integración de los diferentes elementos de regulación, distribución y consumo de agua en una cuenca determinada con el objetivo de evaluar las garantías reales ante diferentes situaciones en base a unas reglas de operación.

Modelos específicos

La tecnología de la recarga artificial de acuíferos es una técnica compleja donde intervienen elementos característicos de los sistemas de aguas superficiales. En este sentido, cabe la posibilidad de tener que utilizar, en alguna ocasión concreta, modelos de transporte de agua en ríos y en canales o de control y regulación de redes de canales, con objeto de desarrollar estrategias para proceder a un reparto adecuado y flexible del agua.

Dada la importancia que tiene el efecto colmatante sobre la instalación de infiltración es necesario tratar el problema del transporte de sedimentos en ríos. Los modelos de transporte de sedimentos en cursos de agua naturales permiten analizar la compleja dinámica de la erosión del lecho de los ríos y el transporte y deposición de los sedimentos.

Como modelos específicos de colmatación se pueden citar los siguientes:

CLOG

CLOG es un modelo de colmatación en 3D capaz de trabajar con procesos intrínsecamente diferentes:

- Agregación y separación de partículas suspendidas sobre los granos del medio poroso.
- Crecimiento bacteriano, y fijación a la matriz sólida de las bacterias muertas.
- Transporte reactivo de solutos, con equilibrios y cinética de la precipitación de minerales.
- Flujo multifase, incluyendo la formación de aire.
- Compactación de la matriz sólida.

El código trabaja con elementos finitos, y obtiene la solución mediante aproximaciones y sustitución directa. Adopta el esquema de Newton-Raphson para la solución del flujo y el transporte. Calcula la presión de líquido en cada nodo, así como la presión de gas, la temperatura y la velocidad de los sólidos. Después, obtiene la velocidad de Darcy, que es introducida en el módulo de transporte para calcular la concentración de las especies primarias en cada nodo y para cada paso de tiempo. Las nuevas concentraciones se utilizan para actualizar los valores de la porosidad, y, consecuentemente, la permeabilidad intrínseca se modifica, de acuerdo con la ecuación de Kozeny-Caman.

El programa CLOG ha sido aplicado con éxito en el tratamiento de diferentes problemas de colmatación, tales como:

- Crecimiento bacteriano en columnas de arena.
- Agregación de partículas en laboratorio bajo condiciones de flujo radial.
- Colmatación de pozos de recarga debida a flóculos de hierro.

MIKE - SHE SC

Es un modelo de colmatación de suelos que describe el crecimiento microbiano y el transporte de biomasa en medios porosos.

Es un nuevo instrumento añadido al modelo MIKESHE, desarrollado por el Danish Hydraulic Institute de Dinamarca, que modeliza sistemas hidráulicos. El modelo de colmatación SC se desarrolló con el fin de aportar una herramienta fácil y eficaz para estimar los cambios en las propiedades del suelo y en consecuencia, los cambios sobre el movimiento de los contaminantes, que tienen lugar cuando se realizan procesos de recarga artificial de acuíferos, almacenamiento y recuperación (ASR), eliminación de aguas residuales o biorremediación in situ de acuíferos.

El modelo MIKESHE SC se limita a describir los procesos de biocrecimiento y reducción de la materia orgánica, así como sedimentación y separación de la misma. No incluye todos los procesos biológicos, físicos y químicos que pueden causar la colmatación del suelo, tales como precipitación, formación de burbujas de aire o compactación de la capa colmatante. Tampoco trabaja con variaciones de temperatura.

El crecimiento biológico se resuelve mediante una ecuación de primer grado; y los procesos de sedimentación, separación y reducción de la materia orgánica se resuelven utilizando una expresión cinética de primer orden.

GESTIÓN

Operacionalmente la recarga artificial de acuíferos es una técnica que presenta una cierta complejidad de ejecución, especialmente, si se compara con la sencillez tecnológica que ha presidido hasta la fecha la planificación de obras y actuaciones en hidrogeología. La programación de intervenciones fundamentadas en esta tecnología suele limitarse, salvo excepciones, a áreas que presentan escasa regulación de recursos hídricos y fuerte demanda; a zonas con explotación agrícola bien desarrollada y alto rendimiento; a comarcas donde el coste del agua es muy elevado; y a sectores costeros donde no es posible la construcción de obras clásicas de regulación por condicionantes topográficos.

Su eficiencia dependerá en buena medida de la adecuada utilización y mantenimiento del sistema. Estos aspectos se habrán de tratar con especial atención y dedicación a través de un MANUAL DE OPERACIONES donde se contemplen las ideas básicas para lograr un funcionamiento óptimo.

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Entre las principales imputaciones que se realizan a la técnica de la recarga artificial de acuíferos se encuentra su alto coste. Este factor es relativo y debatible, puesto que la decisión de efectuar un proyecto de estas características no sólo depende de análisis estrictamente económicos, sino también de consideraciones sociales y ecológicas. Las cifras aportadas para las instalaciones de California (1993) oscilan entre 80 y 125 \$ para cada 1.000 m³ de agua recargada a través de métodos de superficie, que son los más utilizados. En Arizona (USA), concretamente en el proyecto denominado Salt River Project, se obtienen costes de 3,8 \$ por cada 1.000 m³ de agua recargada. Evidentemente, cuando la recarga se efectúa mediante sondeos el coste puede ser ligeramente superior. Lo mismo ocurre con la recarga de aguas residuales si se consideran los remanentes correspondientes al tratamiento y depuración.

La evaluación económica de cualquier proyecto u obra de recarga artificial se debe realizar para distintos estados del proceso:

- Agua puesta en almacenamiento.
- Agua puesta de nuevo a disposición.

Para estos cálculos se deben tener en cuenta, entre otros, los siguientes costes:

- De investigación hidrogeológica.
- Del agua a recargar.
- De adquisición de los terrenos.
- De instalaciones de pretratamiento.
- De instalaciones auxiliares.
- De instalaciones de recarga.
- De instalaciones de control y seguimiento.
- De explotación y conservación.

En general se puede indicar que la explotación de las aguas superficiales precisa de grandes inversiones, mientras que sus costes de operación son normalmente reducidos. En cambio, las aguas subterráneas requieren de inversiones iniciales pequeñas, aunque sus costes de operación son más elevados.

La recarga artificial de acuíferos al participar de elementos comunes a ambas técnicas de regulación se verá afectada por factores económicos relacionados tanto con proyectos de aguas superficiales como de aguas subterráneas. La incidencia que puede tener cada tipología dentro de un estudio de recarga artificial dependerá de los condicionantes específicos presentes en cada caso concreto.

Un elemento que puede favorecer un abaratamiento relativo y competitivo de los precios del agua recargada artificialmente, frente al coste del agua para riego derivada directamente de embalses, procede de la Nueva Directiva Europea del Agua. En este sentido la Unión Europea, a través del Congreso de París, defiende la repercusión en el precio del agua de todos los costes implicados.

La viabilidad económica de un proyecto de recarga artificial dependerá del precio que los usuarios estén dispuestos a pagar por una determinada cantidad de agua. En este sentido es preciso indicar que, por ejemplo, 80 pts/m³ puede resultar una cantidad perfectamente asumible por agricultores con cultivos forzados y de alto rendimiento; mientras que esa misma cantidad no es rentable para otros agricultores cuyos cultivos son de menor productividad.

Una vez confirmada la viabilidad del proyecto será preciso distribuir los costes de creación y operación de la infraestructura entre los distintos usuarios implicados en el proyecto. Evidentemente la distribución de costes a aplicar, salvo cuando se contemplen beneficios de índole social, no deberá ser uniforme, sino proporcional al uso que haga cada uno del agua subterránea, así como a la localización de cada captación en relación al efecto beneficioso que sobre el acuífero produce la recarga artificial.

Concretar estos aspectos puede resultar muy complicado para usuarios que operen a nivel individual. Ahora bien, la formación de comunidades de usuarios de acuíferos puede facilitar notablemente la concreción de dicha labor.

ASPECTOS LEGISLATIVOS

El uso del agua destinado a operaciones de recarga artificial, como consecuencia de la titularidad estatal del Dominio Público Hidráulico (art. 1.2 de la Ley 29/85 de Aguas) debe someterse a las disposiciones contenidas en la citada Ley de Aguas (LA). Así, cabe distinguir dos supuestos:

- a) Si la recarga artificial se realiza a iniciativa privada, sería un supuesto de uso privativo de las aguas, y por tanto, la disposición de los caudales necesarios estaría sometida al régimen de concesión administrativa (art. 57.1 LA).
- b) Por el contrario, si la recarga artificial se realiza dentro de las actividades de investigación de la Administración Pública; o dentro de los objetivos marcados en la planificación Hidrológica, solamente será necesaria una autorización especial extendida a favor de la Administración Pública de que se trate, sin perjuicio de terceros (art. 57.4 LA).

La recarga artificial está contemplada como un instrumento de gestión en la Ley de Aguas y como tal está recogida en el artículo 40, en el que se establece lo siguiente:

Artículo 40- Los Planes Hidrológicos comprenderán obligatoriamente:

i) Las directrices de recarga y protección de acuíferos:

El R.D. 927/88, que aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica (RAPAPH), en desarrollo de los títulos II y III de la Ley de Aguas, precisa lo siguiente:

Artículo 84.1.- El plan Hidrológico podrá incluir las áreas de posible recarga artificial de acuíferos, para las que se detallarán el objetivo de la recarga, así como la procedencia, cuantía y calidad de los recursos aplicados...

Artículo 84.3.- Se determinarán también los criterios básicos para la protección de las aguas subterráneas frente a la intrusión salina u otras causas de deterioro. Dentro de estos criterios podrán incluirse proyectos de recarga artificial de acuíferos. Es por tanto en la Planificación Hidrológica en donde se deberán reflejar las posibles actuaciones a nivel general de recarga artificial de acuíferos.

Al margen de los artículos anteriormente citados, en los que se establece la recarga artificial como instrumento de gestión de los recursos hídricos, hay otra serie de artículos que, sin aludir concretamente a la recarga artificial pueden afectar a un proyecto de estas características.

A) Las obras de infraestructura de recarga artificial pueden estar situadas o invadir los márgenes de ríos, ramblas y torrentes o incluso estar situadas dentro del mismo cauce, por lo que se ven afectadas por lo dispuesto en los artículos:

Art. 6.LA: en el que se delimita la anchura de la zona de policía (100 m).

Art. 691.LA: que establece que la utilización o aprovechamiento de los cauces o bienes situados en ellos requerirá la previa concesión o autorización administrativa.

Asimismo, en los artículos 4, 5 y 6 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH) aprobado por el R.D. 849/86, se define lo que se considera cauce a efectos de la LA, las servidumbres a las que está sujeto y la zona de policía.

En el artículo 9, apartado 1 del RDPH, se establecen las limitaciones de uso de estas zonas. Algunos de los usos limitados son las alteraciones sustanciales del relieve natural del terreno y las construcciones de todo tipo, ya sean de carácter definitivo o provisional. Este mismo artículo, en su apartado 3, indica que cualquier obra o trabajo en la zona de policía de cauces precisará autorización administrativa previa del Organismo de cuenca.

Los trámites para las autorizaciones en zona de policía están recogidos en los artículos 52 a 54 y 78 y siguientes de RDPH.

B) La posibilidad de imponer servidumbre forzosas de acueducto, necesarias tanto para la conducción del agua hasta las balsas como para la distribuida a los sondeos, está recogida en el siguiente precepto de la Ley de Aguas:

Art. 46.1.: "Los Organismos de cuenca podrán imponer... la servidumbre forzosa de acueducto, si el aprovechamiento del recurso o su evacuación lo exigiere".

En el R.DPH., en su artículo 19, apartado 2 y 3, se indican los motivos por los que podrán imponerse las servidumbres de acueducto, entre los que se citan el establecimiento o ampliación de riegos, y el abastecimiento de viviendas.

En artículo 22 del citado RDPH, recoge las causas por las que los dueños de los terrenos en los que se trate de imponer la servidumbre podrán oponerse a ella.

El artículo 23 especifica la forma en que deberá constituirse la servidumbre (acequia cubierta, acequia o tubería).

La recarga artificial de acuíferos está afectada por el art. 173.1 del RDPH, según el cual el Organismo de cuenca podrá delimitar perímetros de protección en los acuíferos, dentro de los cuales será necesaria su autorización para la realización de obras o actividades que pudieran afectar al acuífero. Dentro de estas actividades deberá incluirse la recarga artificial, cuya realización dentro de los perímetros de protección establecidos tiene la limitación expuesta.

En cuanto al régimen económico-financiero de la utilización del Dominio Público Hidráulico, recogido en el Título VI de la LA, hay que mencionar la existencia de diversos tipos de cánones:

- El artículo 104 grava la ocupación o utilización que requiera autorización o concesión de los bienes del dominio público hidráulico con el llamado "canon de ocupación". De este canon están sin embargo exentos los concesionarios de aguas por la ocupación o utilización de los terrenos necesarios para llevar a cabo la concesión.
- El artículo 105 establece el canon de vertido. Este canon afectará a las operaciones de recarga artificial de acuíferos en cualquier caso, según establece el art. 92 LA, modificado por la Ley 46/1999 de 13 de diciembre, que modifica a la Ley 29/85, ya que "se consideran vertidos los que se realicen directa o indirectamente en las aguas continentales, así como el resto del dominio público hidráulico, cualquiera que sea el procedimiento o técnica utilizada". A la vista de esta redacción, hay que considerar a la recarga artificial como un vertido.
- El artículo 106 establece que:
 1. "Los beneficiados por las obras de regulación de aguas superficiales o subterráneas financiadas, total o parcialmente, con cargo al Estado, satisfarán un canon de regulación destinado a compensar los costes de la inversión que soporte la Administración estatal y atender los gastos de explotación y conservación de tales obras".
 2. "Los beneficiados por otras obras hidráulicas específicas realizadas íntegramente a cargo del Estado, (...) satisfarán por la disponibilidad o usos del agua una exacción denominada "tarifa de utilización del agua destinada a compensar los costes de inversión que soporte la Administración estatal y atender a los gastos de explotación y conservación de tales obras".
 3. "La cuantía de cada una de las exacciones se fijará para cada ejercicio presupuestario, sumando las siguientes cantidades:
 - a) El total previsto de gastos de funcionamiento y conservación de las obras realizadas.
 - b) Los gastos de administración del organismo gestor imputables a dichas obras.

c) El 4 por 100 del valor de las inversiones realizadas por el Estado debidamente actualizado, teniendo en cuenta la amortización técnica de las obras e instalaciones y la depreciación de la moneda, en la forma que reglamentariamente se determine.

4. La distribución individual de dicho importe global, entre todos los beneficiados por las obras, se realizará con arreglo a criterios de racionalización del uso del agua, equidad en el reparto de las obligaciones y autofinanciación del servicio en la forma que reglamentariamente se determine.

Por lo que respecta a la interacción que pudiera existir entre operaciones de recarga artificial de acuíferos y el medio ambiente, hay que señalar que el art. 90 de la Ley de Aguas establece como preceptiva la presentación de una evaluación de los efectos que las mismas pudieran causar sobre el medio ambiente en la tramitación de concesiones y autorizaciones que afecten al dominio público hidráulico. Esto mismo es recalcado por el art. 236 del RDPH, y extendido en el art. 239 del citado RDPH a los programas, planes, anteproyectos y proyectos de obras o acciones a realizar por la propia Administración, cuando razonablemente puedan presumirse riesgos para el medio ambiente como consecuencia de su realización.

Los Organismos de cuenca podrán requerir de los usuarios de una misma unidad hidrogeológica o de un mismo acuífero la constitución de la comunidad de usuarios del mismo (art. 79 LA), estableciendo el sistema de utilización conjunta de las aguas. Estas comunidades de usuarios serán beneficiarias de la expropiación forzosa y de la imposición de las servidumbres que exijan su aprovechamiento y el cumplimiento de sus fines (art. 210.1 del RDPH). Uno de estos fines podría ser la recarga artificial de acuíferos cuando ésta se utilice como medio para mantener o incrementar los recursos del acuífero o conservar la calidad de sus aguas, de forma que no se induzcan problemas de sobreexplotación.

Asimismo, podrán solicitar del Organismo de cuenca que se declaren de utilidad pública los aprovechamientos de que son titulares, o la ejecución singularizada de determinadas obras o proyectos (art. 210.2 del RDPH), entre los que podrían incluirse proyectos de recarga artificial de acuíferos.

Por último, indicar que los aspectos legislativos sobre recarga artificial de acuíferos se han tratado muy poco, hasta la fecha, en España, aunque su conocimiento resulte decisivo para conocer la viabilidad práctica de una determinada operación de recarga artificial. En este sentido, una vez concretada la viabilidad técnica de un proyecto concreto, se considera totalmente necesario aclarar y precisar el régimen jurídico que lo afecta, así como la necesidad de creación de una Comunidad de usuarios del acuífero, al plantear proyectos de este tipo.

Aspectos legislativos de la recarga artificial con aguas residuales

La legislación española considera la recarga artificial de acuíferos con aguas residuales como un vertido al dominio público hidráulico, y no como una reutilización directa de aguas residuales depuradas, según lo dispuesto en el art. 272.2 del RDPH, que establece que "... se entiende por reutilización directa de las aguas las que, habiendo sido utilizadas por

quien las derivó, y antes de su devolución a cauce público, fueran aplicadas a otros diferentes usos sucesivos”. La recarga artificial es evidentemente una devolución a cauce público, ya que los acuíferos, como medios que contienen agua, forman parte del dominio público hidráulico, por lo que no podría entenderse como un diferente uso sucesivo. Por tanto, la legislación que afecta a este tipo de recarga artificial será la que regula los vertidos a cauce público. Así cabe entenderlo, además, a la vista del art. 92 de la LA, en el cual “... se considerarán vertidos los que se realicen directa o indirectamente en las aguas continentales, así como en el resto del dominio público hidráulico, cualquiera que sea el procedimiento o técnica utilizada”. Será necesario pues, tramitar la autorización de vertido que impone el citado art. 92 LA, según el procedimiento establecido en los art. 250, 251 y 252 del RDPH. Además, dado que se trata de un vertido de los que contempla el art. 94 de la LA, que “... puede dar lugar a la infiltración o almacenamiento de sustancias susceptibles de contaminar los acuíferos o las aguas subterráneas...”, sólo podrá autorizarse éste, si un estudio hidrogeológico previo demuestra su inocuidad. Por otra parte, si el vertido implica un riesgo para el medio ambiente, deberá presentarse, a los efectos de cumplir con el art. 90 de la LA, o el art. 236 del RDPH, una evaluación de los efectos del vertido sobre el medio ambiente. El trámite de autorización del vertido se completará, a criterio del Organismo de cuenca, con la solicitud, de acuerdo con el art. 106.3 del RDPH, de aportar estudios complementarios sobre la incidencia sanitaria, social y ambiental y sus soluciones.

En la autorización de vertido deben figurar los límites que se establecen para la composición del efluente, de acuerdo con los objetivos de calidad contemplados en el correspondiente Plan Hidrológico, y que, como mínimo, deben incluir los contemplados en el anexo al título IV del RDPH, así como los establecidos para los vertidos de aguas residuales urbanas por la Directiva 91/271.

Sería necesario, a tenor del art. 105 de la LA, la satisfacción de un canon de vertido a establecer por el Organismo de cuenca competente en base a los criterios contenidos en el citado artículo.

La aplicación de aguas residuales al terreno puede constituir un sistema depurador idóneo muy recomendable para pequeños núcleos de población, debido a la acción de retención y degradación de la materia orgánica que realiza el suelo. En este caso, las consideraciones legales que habría que aplicar a prácticas de este tipo, que podrían constituir una recarga incidental después de haber utilizado el suelo como medio depurador, son las mismas que las que se han comentado en los párrafos anteriores.