

## FICHA DE LA TECNOLOGÍA

### *Gestión de la recarga de acuíferos: su implicación en la lucha contra la desertificación. Tipologías y dispositivos de recarga artificial*

#### TEMÁTICA

**Clasificación:** Sector Recursos Hídricos

**Tema:** Gestión integral de acuíferos

**Subtema:** Sistemas de ahorro de agua

**Tipo:** Técnica

**Clasificación finalidad:** Prevención

**Objetivo:** Aumento/Mantenimiento del agua almacenada en el suelo

**Degradación afrontada:** Explotación inadecuada de recursos hídricos

#### DESCRIPCIÓN

##### 1. INTRODUCCIÓN

En zonas semiáridas, los sistemas hidrológicos se caracterizan por la escasez e irregularidad de las precipitaciones, el dominio de la evaporación en el balance hídrico y la gran heterogeneidad espacial de las propiedades hidráulicas del terreno. En concreto, en las áreas costeras de la región mediterránea seca, y especialmente en el Sureste español, la demanda de agua experimenta un crecimiento acelerado, por el impulso de la agricultura intensiva y la industria turística. Como es conocido, los riesgos son el agotamiento de acuíferos, la intrusión marina, la pérdida de calidad del agua y del suelo, los daños en ecosistemas fluviales y en zonas húmedas, e incluso la propia sostenibilidad de los usos de suelo afectados.

La explotación racional de las aguas subterráneas constituye un elemento clave en el desarrollo económico de un país, área o región. En las regiones de clima árido o semiárido el agua subterránea tiene además un interés estratégico. La explotación intensiva o incontrolada de las aguas subterráneas puede ocasionar, en determinados casos, ciertos problemas ambientales que favorecen los procesos de desertificación. En terrenos arenosos, el descenso del nivel freático puede favorecer la erosión eólica, la formación y el avance de las dunas. En terrenos de gran aridez el regadío con aguas de elevado contenido salino pueden obligar al abandono de tierras debido a la salinización de los suelos agrícolas. En este sentido, el óptimo aprovechamiento del potencial de recarga de acuíferos constituye un importante factor de ayuda para garantizar la seguridad de los abastecimientos. Por tanto, se considera requisito imprescindible la disponibilidad de procedimientos que permitan estimar la magnitud de la recarga potencial e identificar los sitios y actuaciones más apropiadas para inducirla.

##### 2. OBJETIVOS

El objetivo principal de la gestión de la recarga de acuíferos, es lograr el aprovechamiento sostenible de las aguas subterráneas, para garantizar la seguridad de los abastecimientos y la pervivencia del recurso hídrico.

La tipificación de dispositivos de recarga por su parte, tiene como objetivo desarrollar una descripción general de las técnicas actualmente más utilizadas en la gestión de la recarga de acuíferos, así como exponer los distintos dispositivos inventariados, a utilizar según las características de la zona en la que se ubiquen.

##### 3. DESCRIPCIÓN

Las aguas subterráneas constituyen con cierta frecuencia el único recurso hídrico disponible en regiones de clima árido y semiárido, teniendo el valor de recurso estratégico. En el caso español se estima que en los primeros 500 metros de terreno se almacenan 300 km<sup>3</sup>, mientras que la capacidad de todos los embalses que jalonan nuestros ríos no alcanza los 50 km<sup>3</sup> (Pulido Bosch, A., 2000). El interés de las aguas subterráneas desde el punto de vista agrícola, se puede constatar a partir de las

## DESCRIPCIÓN

cifras siguientes: de los 3,5 millones de hectáreas de regadío en nuestro país, 2,5 millones se riegan con aguas superficiales, para lo que se emplean 20000 hm<sup>3</sup>/año; el millón restante se riega con aguas subterráneas con unos 5 hm<sup>3</sup>/año (Llamas, 1999). Resulta expresivo el marcado menor consumo de los regadíos con las aguas subterráneas.

Aún con esto, la explotación desordenada de las aguas subterráneas puede plantear una serie de problemas directos o indirectos (Llamas, 1989; Llamas y Custodio, 1999; Pulido Bosch, 1993) de índole técnica, ambiental, social, económica, administrativa y legal.

Existen numerosos estudios que tratan de relacionar la sobreexplotación de acuíferos con los procesos de desertificación, en el sentido de cómo el uso inadecuado de las aguas subterráneas puede contribuir al desarrollo de los procesos de desertificación. Existen también gran número de publicaciones y estudios en los que se trata el tema de la sobreexplotación, así como de ubicación y sostenibilidad del agua subterránea y estudio, caracterización y funcionamiento de los diferentes acuíferos del Sureste español. En concreto, en los Congresos de Sobreexplotación celebrados en Almería en 1989 de ámbito nacional (Pulido Bosch, 1989), y en el Puerto de la Cruz en 1991 (IAH, 1991) se encuentra un denso muestrario de la problemática a escala nacional y mundial (en el segundo caso), donde se describen numerosos ejemplos muy singulares y espectaculares.

Una herramienta de gestión hídrica económica de gran efectividad ante la sobreexplotación ha sido la recarga artificial de acuíferos. En España se encuentra todavía en un estado incipiente o experimental, a pesar de que en nuestro país existen antecedentes de recarga al menos desde la época árabe.

La recarga artificial de acuíferos no sólo es un sistema de almacenamiento de agua, sino que también es un método de lucha contra la intrusión marina, un sistema de recuperación y regeneración de humedales, un método de control de la erosión y la desertificación, además de un método efectivo de recuperación de aguas, etc.

Existen gran número de posibles variaciones en cada uno de los dispositivos que se describen a continuación, ya que en todos los casos el dispositivo debe ser el más apropiado a cada una de las condiciones y características de la zona donde se vaya a instalar.

Una clasificación de los sistemas de recarga artificial muy utilizada, es la establecida por Ian Gale y Peter Dillon en 2005, que figura en el libro "Estrategias para la Gestión de Recarga de Acuíferos (MAR) en Zonas Semiáridas".

A la clasificación establecida por Ian Gale y Peter Dillon, el proyecto DINA-MAR aporta otros 9 nuevos dispositivos de AR generando un total de 24 sistemas de AR (Recarga de Acuíferos) que se distribuye en 6 grupos que se detallan a continuación. (DINA-MAR es un proyecto de gestión hídrica en el marco del I+D+i financiado por el Grupo Tragsa cuyo principal objetivo es determinar qué zonas de España son susceptibles para la recarga artificial de acuíferos o Managed Aquifer Recharge (MAR) y su desarrollo).

### DISPOSITIVOS DE RECARGA DE ACUÍFEROS

#### \* Dispositivos de dispersión

Los dispositivos que integran el grupo formado por los sistemas de dispersión presentan una serie de características en común que deben cumplirse para un correcto funcionamiento y rendimiento mínimo de la estructura de AR:

– Es necesaria la existencia de afloramientos permeables en superficie ya que en estos dispositivos la recarga se realiza mediante infiltración directa a través del terreno. El agua se infiltra por gravedad a través de la zona no saturada del suelo hasta llegar al acuífero.

– Para obtener unos volúmenes mínimos de recarga, es necesario la utilización de grandes superficies de terreno.

– La disponibilidad de una fuente de agua fiable y de buena calidad es uno de los factores más importantes a tener en cuenta.

– La ubicación y trazado son aspectos importantes que deben considerarse en el diseño de este tipo de dispositivos.

Una de las ventajas de los sistemas de dispersión es que debido a su paso por el suelo, la zona no saturada y el acuífero, la calidad del agua de recarga mejora considerablemente debido al efecto autodepurador de éstos.

### BALSA DE INFILTRACIÓN

Ya sea mediante el aprovechamiento del relieve natural, minas abandonadas o mediante la

## DESCRIPCIÓN

construcción mecánica de éstas, existen unas exigencias que son comunes para los diversos tipos de balsa.

Para obtener unos volúmenes mínimos de recarga del acuífero, es necesario que las superficies de infiltración de las balsas sean lo suficientemente extensas. Las grandes dimensiones que suelen tener las balsas o series de balsas implican la ocupación de grandes superficie de terreno con poca inclinación, para favorecer una infiltración lo más homogénea posible.

La estructura básica de una balsa de infiltración depende en gran medida de las características de la zona, la calidad del agua de recarga y del rendimiento que se espere obtener del dispositivo.

### CANALES Y ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Tanto las zanjas como los canales son dispositivos de recarga superficial, cuyo fin es aumentar la infiltración natural. La principal diferencia es que mientras los canales suelen instalarse para distribuir el agua a través de las zonas más permeables o conducirla hasta los reservorios, las zanjas son estructuras de retención de aguas de escorrentía que además de reducir significativamente la erosión de laderas, aumentan la infiltración natural.

En el caso de las zanjas es necesario que exista una capa superficial de material blando que permita la ubicación de las zanjas a diferencia de los canales que pueden discurrir sobre la roca. Las zanjas no se pueden construir en terrenos totalmente erosionados, donde la roca madre queda expuesta en superficie.

Las zanjas son estructuras excavadas en el terreno, con una morfología lineal y cuya sección es semicircular. Pueden ubicarse siguiendo las curvas de nivel lo cual además de aumentar la infiltración también reduce los procesos de erosión.

Uno de los principales problemas que presentan estos dispositivos es la reducción de la capacidad de infiltración debido a los fenómenos de colmatación que tienen lugar en fondo de las balsas y canales.

### CAMPOS DE INFILTRACIÓN (INUNDACIÓN Y DIFUSIÓN CONTROLADA)

Este tipo de dispositivo de recarga artificial es una antigua forma de gestión de los recursos hídricos muy utilizado en zonas áridas y semiáridas. Una de las regiones donde más se practica es en Pakistán, aunque también es muy utilizado en Asia, Yemen, el Cuerno de África y África del Norte.

La derivación de aguas para inundación o "Water Spreading" es una técnica que consiste básicamente en forzar al flujo de agua a salir de su álveo natural, por ejemplo a través de un sistema de canales o bordos hacia los campos cultivados.

Para la implantación de este tipo de dispositivo de recarga artificial, es necesario la disponibilidad de extensas llanuras de fondo plano y permeables (llanuras aluviales).

### TÉCNICAS DE TRATAMIENTO SUELO/ACUÍFERO (TÉCNICAS SAT)

Las técnicas SAT más habituales están encaminadas a extraer o minimizar ciertos contaminantes de las estructuras de AR, especialmente compuestos orgánicos y nitrogenados, reducir la colmatación física, biológica y química, la eliminación de los sólidos en suspensión y microorganismos, así como a la reducción de fosfatos, metales y aire disuelto en el agua mediante actuaciones preventivas o bien curativas.

El agua tratada tras su paso por el suelo y acuífero puede ser utilizada para riego, usos municipales, recreativos, etc. Sin embargo, su uso para consumo humano queda restringido por el contenido en carbono orgánico. Esto hace necesario la utilización de otro tipo de sistemas de depuración previos a los SAT como son la ósmosis inversa, los filtros de carbono o la dilución con aguas subterráneas nativas (Ian Gale 2005).

### RECARGA ACCIDENTAL POR RETORNOS DE RIEGO

Históricamente el exceso de agua de riego en los canales y campos de cultivo ha causado números problemas por inundación y salinización de los suelos, sin embargo cuando este exceso de riego esta controlado y gestionado correctamente puede convertirse en una técnica de recarga artificial de los acuíferos subyacentes.

Dentro de los diferentes tipos de riego que suelen utilizarse, los de superficie son los más indicados para ser empleados en la recarga artificial de acuíferos. Pueden considerarse como sistemas de riego de superficie tanto los canteros como los surcos.

Las redes de azarbes permiten recoger las aguas sobrantes del riego y conducirlas a otros puntos de utilización situados aguas abajo. Parte del agua, procedente de los excesos de riego puede ser utilizada para recargar los acuíferos, infiltrándola directamente desde el azarbe al suelo o utilizando otro

## DESCRIPCIÓN

sistema de recarga artificial como pueden ser los pozos abiertos de infiltración.

\* Dispositivos de modificación del canal

Dentro de este grupo, los diques perforados y los diques de retención o represas son dispositivos que se instalan en la superficie del cauce fluvial y almacenan o represan el agua aumentando el tiempo de permanencia en la cuenca y favoreciendo la infiltración natural. Otro tipo de dispositivo son las presas de arena que, a diferencia de los dos anteriores, aumentan la capacidad de almacenamiento creando un acuífero artificial aguas arriba de la presa. Los diques permeables no retienen ni desvían completamente el flujo de agua, sino que lo represan parcialmente y permiten que parte del caudal fluya a través de ellos. En cuanto al último de los cuatro tipos de diques mencionados anteriormente, las presas subsuperficiales son diques subterráneos cuya función es optimizar la capacidad de almacenamiento del acuífero subyacente reteniendo el flujo subterráneo de agua.

### DIQUES DE RETENCIÓN/REPRESAS

Una variante de las grandes presas pero a menor escala son los diques de retención y represas. Los diques de retención son presas que se construyen transversalmente en el cauce de un río con el fin de contener y canalizar la escorrentía superficial, mientras que las represas se sitúan en cauces con caudal permanente durante todo el año.

### DIQUES SUBSUPERFICIALES/SUBTERRÁNEOS

En regiones con climas semiáridos la construcción de pequeñas presas superficiales causa en muchas ocasiones grandes pérdidas por evaporación.

Frente a esto, la construcción de presas subsuperficiales es una alternativa muy importante siempre y cuando se cumplan los requisitos necesarios para la instalación de este tipo de dispositivo.

### DIQUES PERMEABLES Y PRESAS DE ARENA

Los diques permeables son estructuras que se instalan transversalmente a la dirección de flujo del cauce, reteniendo parte del caudal y aumentando significativamente la infiltración natural. Los diques están contruidos con materiales permeables como gravas y bloques para permitir el paso del agua a través de él.

Las presas de arena, son diques contruidos en el cauce del río, produciendo la acumulación aguas arriba de sedimentos. Estos sedimentos forman un depósito altamente permeable, que puede considerarse como un acuífero artificial donde se almacenará la escorrentía superficial de la cuenca.

### DIQUES PERFORADOS

Este tipo de diques están formados por una presa construida con materiales impermeables y la cual contiene en su base una o varias tuberías para permitir la salida del agua aguas abajo, siguiendo el cauce del río y favoreciendo la infiltración en el acuífero subyacente.

### SERPENTEOS

Otro tipo de dispositivos de AR que modifican el lecho del cauce, son los serpenteos. Estos dispositivos también llamados diques en "T" y en "L" por su forma, se instalan en los ríos para reducir la velocidad del agua y favorecer la recarga natural.

### ESCARIFICACIÓN DEL LECHO DEL RÍO

La escarificación del lecho consiste en un arado del lecho del río para aumentar la infiltración natural y recargar el acuífero. El agua que circula por el río contiene partículas en suspensión las cuales se depositan en el lecho del río y producen la colmatación del lecho reduciendo significativamente la infiltración y de esta forma la entrada de agua al acuífero.

\* Pozos

Este tipo de instalaciones suelen emplearse en terrenos donde el uso de sistemas superficiales es inadecuado, ya sea por disponer de poco espacio o por tratarse de acuíferos poco transmisivos o con alternancia de niveles permeables e impermeables. Algunas de las técnicas de recarga en profundidad son: sondeos de inyección, drenes y galerías, ASR (Aquifer Storage & Recovery) o inyección en simas y dolinas.

### QANATS (GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)

El sistema, llamado qanats fue inventado en Irán hace miles de años. Debido a su sencillez y eficacia fue adoptado en muchas otras regiones del Oriente Medio y en todo el Mediterráneo.

El agua que discurre por el interior de qanats se mueve exclusivamente por gravedad, sin necesidad de ningún tipo de bomba u otro dispositivo para su transporte y extracción.

El sistema de qanats consta de un túnel principal, a lo largo del cual se excavan una serie de pozos

## DESCRIPCIÓN

verticales para proporcionar ventilación y acceso para las reparaciones y eliminación del material excavado.

### POZOS ABIERTOS Y POZOS PROFUNDOS DE INFILTRACIÓN

Este tipo de dispositivo de recarga artificial es utilizado cuando la presencia de capas superficiales de baja permeabilidad no hace posible la utilización de las técnicas de recarga superficiales mediante dispersión.

Los pozos abiertos de infiltración consisten en uno o varios pozos de gran diámetro y de poca profundidad aproximadamente de 5 a 15m (Bouwer, 1996). Tanto las paredes laterales como el fondo del pozo deben ser lo más estrechas posibles para favorecer al máximo la infiltración. Es aconsejable rellenar el pozo con gravillas y arenas gruesas para favorecer la infiltración y reducir los costes de mantenimiento en caso de obstrucción.

La principal diferencia con los pozos abiertos de infiltración es la profundidad de los mismos, ya este tipo también es utilizado para la recarga de acuífero superficiales encima de los cuales existen capas o estratos de baja permeabilidad. El resto de las características en cuanto a revestimiento, relleno, mantenimiento, calidad de las aguas de recarga, costes, etc., son muy similares a las descritas anteriormente.

### SONDEOS, ASR Y ASTR

A diferencia de los pozos abiertos o pozos profundos, en los sondeos, ASR y ASTR, el agua es inyectada en el acuífero mediante bombas u otro dispositivo mientras que en los pozos esta se infiltra hasta las capas más permeables por gravedad.

En el caso de los sondeos el agua inyectada en el acuífero fluye siguiendo el gradiente hidráulico de la zona hasta ser recuperado aumentando el volumen de lagunas, ríos, manantiales, etc.

En los ASR "Acuifer Storage Recovery" o "Almacenamiento en acuífero con Recuperación", el agua es inyectada y recuperada a través de un solo sondeo. Sin embargo, en los ASTR "Acuifer Storage Transfer and Recovery" o "Almacenamiento en acuífero, Transferencia Y Recuperación", el agua inyectada se recupera a través de otro sondeo distinto situado a varios kilómetros.

### DOLINAS, COLAPSO

Las dolinas son depresiones cerradas de origen kárstico que concentran el agua de lluvia que circula por la superficie permitiendo su infiltración hacia las partes más profundas del karst. Las dolinas suelen estar conectadas en profundidad con un sistema kárstico que es realmente el que hará las funciones de almacén del agua de recarga.

Es importante la calidad del agua de recarga, para evitar posibles reacciones químicas, al interactuar ésta con la matriz del acuífero. El agua de recarga es conducida desde la fuente como puede ser un río, canal, laguna, etc. hasta la dolina o colapso y es introducida a través de ésta en el acuífero.

#### \* Dispositivos de filtración

Los dispositivos de filtración, son sistemas que utilizan tanto instalaciones artificiales ya existentes como ambientes naturales, en los que se consigue incrementar la recarga natural llevando a cabo algunas modificaciones.

### BANCOS FILTRANTES EN LECHOS DE RÍOS (RBF)

Esta técnica engloba diversos tipos de actuaciones que aumentan la infiltración natural del lecho del cauce, como son:

- la instalación de una batería de pozos en la margen del río,
- la ampliación y modificación de las márgenes de ríos,
- la instalación de pozos de filtración en el cauce y
- la implantación de tuberías de drenaje en el cauce.

### FILTRACIÓN INTERDUNAR

Esta técnica, consiste básicamente en la inundación de campos de dunas para aumentar la recarga natural, mejorando tanto la calidad como la cantidad del agua en acuíferos costeros.

Este tipo de dispositivos han sido muy utilizados en las costas de Holanda, donde utilizan agua de río como fuente de agua de recarga.

### RIEGO SUBTERRÁNEO

El riego subterráneo, a diferencia del riego subsuperficial, consiste en la aplicación de agua en zonas más profundas que éste último. La aplicación del método pretende conseguir, bien la creación de franjas húmedas a la profundidad deseada, o bien la creación de niveles freáticos artificiales.

## DESCRIPCIÓN

### \* Dispositivos de captación de agua de lluvia

La captación de agua de lluvia es, en su sentido más amplio, la recolección de escorrentía para uso productivo. Esto generalmente implica la acumulación de agua de lluvia de un área extensa para su uso en un área de menor tamaño para riego o para recarga de agua subterránea (Ian Gale 2005).

### CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

Los sistemas de aprovechamiento de la escorrentía superficial, consisten en la reconducción de ésta a través de canales que la transportan, por gravedad hacia áreas habilitadas para su almacenamiento o infiltración.

La recolección de agua de lluvia de los techos permite aprovechar el agua de lluvia para consumo directo o para la recarga del agua subterránea.

### \* Suds

El desarrollo de un diseño urbano sostenible se está convirtiendo en una estrategia de gran éxito para mitigar los impactos ambientales de las zonas rurales y urbanas. Sin embargo, todavía existen muchos aspectos que no están claramente establecidos como el diseño, los costes, el mantenimiento, etc. A continuación se nombran los sistemas que incluyen los Suds, a pesar de que su interés se centra mucho más en la sostenibilidad del recurso hídrico a nivel urbano.

### RECARGA ACCIDENTAL, CONDUCCIONES Y ALCANTARILLADO

Las fugas de agua, aguas residuales y pluviales de los sistemas de agua en las zonas urbanas pueden contribuir significativamente a la recarga de las aguas subterráneas, en algunos casos se traduce en el aumento de los niveles de las aguas subterráneas e inundaciones.

Tanto las pérdidas ocasionadas en los sistemas de alcantarillado de las grandes ciudades, como las pequeñas fugas de los sistemas de distribución suponen un aporte a tener en cuenta en cuanto a los volúmenes de recarga del acuífero.

### SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

Las superficies asfaltadas, aparcamientos, fachadas, tejados, etc., suponen una importante superficie dentro del área urbana donde no existe infiltración natural o se reduce en gran medida. Estas aguas de escorrentía, provenientes del lavado de estas superficies impermeables, aportan gran cantidad de contaminantes a los ríos.

El objetivo general de este tipo de sistemas es la recuperación del mayor volumen de agua de lluvia y la reducción de los sólidos en suspensión y demás contaminantes presentes.

### 4. APLICACIONES

En un momento en que la disponibilidad de los recursos hídricos es un tema de interés general, los dispositivos de recarga artificial de acuíferos se presentan como una seria alternativa en los planes de gestión hídrica frente a los sistemas más tradicionales.

Aunque algunos de estos dispositivos se utilizan desde hace años, la mayoría está siendo objeto de intensas investigaciones para establecer unos parámetros de diseño, control y mantenimiento que faciliten su utilización de forma generalizada. Una estrategia conjunta de conservación de agua, que incluyera en sus planes tanto la regeneración y reutilización de aguas, como los sistemas de AR, supondría una mejora capaz de satisfacer la creciente demanda de agua. En zonas donde existe una importante variación estacional en la demanda, como son las áreas costeras, la utilización conjunta de los sistemas de almacenamiento y de regeneración/recuperación está teniendo un gran éxito no solo para abastecimiento de la población sino también en la lucha contra la intrusión salina.

Resulta claro que las áreas del planeta con mayor escasez de agua son las más vulnerables a la expansión del desierto y las que más se resienten en caso de que tengan lugar sequías eventuales (Agneur y Anderson, 1992). Son sistemas especialmente frágiles y vulnerables que carecen de margen de maniobra frente a situaciones extremas. Es posiblemente en estas áreas donde la inadecuada gestión del agua subterránea puede resultar de mayor impacto.

El correcto uso del agua subterránea puede ser una garantía de mantenimiento del equilibrio y un arma de lucha contra la desertificación.

## TECNOLOGÍAS RELACIONADAS

- Sistemas tradicionales de captación de agua en zonas áridas.
- Sistemas tradicionales de captación de agua en zonas áridas: Galerías con lumbreras.

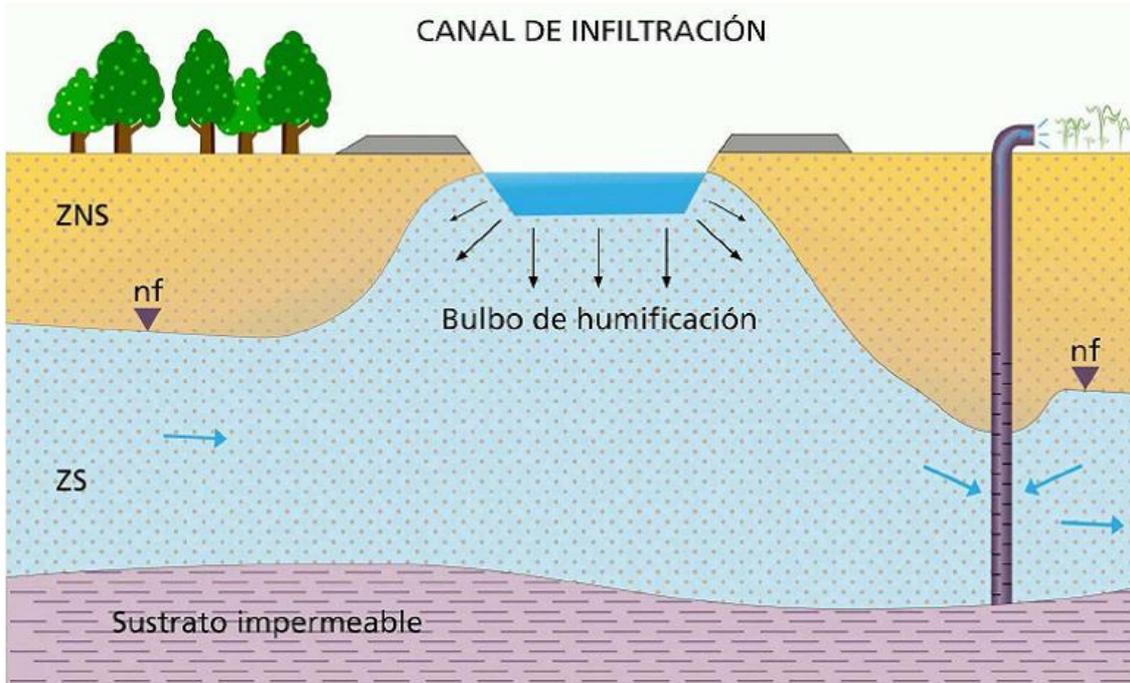
## TECNOLOGÍAS RELACIONADAS

- Sistemas tradicionales de captación de agua en zonas áridas: Riego por boqueras.
- Restauración de sistemas dunares.
- La repoblación forestal como herramienta para la recarga de acuíferos.
- Sistema de Información Espacial basado en software abierto para el análisis de la utilidad de los diques de retención de sedimentos.

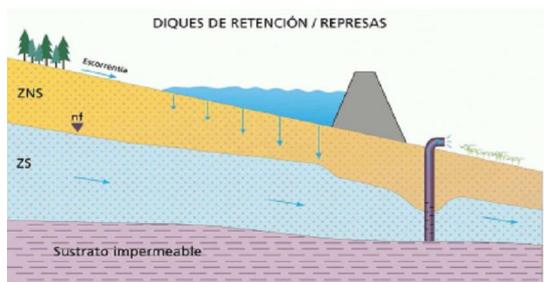
## FUENTES DE INFORMACIÓN

- Página web: [www.dina-mar.es](http://www.dina-mar.es)
- Minaya Ovejero, M. J. (2008). Tipologías y dispositivos de Recarga Artificial (AR) existentes y diseñados en el marco del Proyecto Dina-Mar. Ponencia de la Jornada de Difusión del Proyecto Dina-Mar.
- Pulido Bosch, A. (2000). La explotación de las aguas subterráneas y su implicación en la desertización. Boletín Geológico y Minero. Vol. 111-5, 3-18.
- Martín-Rosales, W.; Pulido-Bosch, A.; Vallejos, A.; Gisbert, J.; Andreu, J.M. y Sánchez-Martos, F. (2007). Hydrological implications of desertification in southeastern Spain. Hydrological Sciences Journal, 52(6). Special issue: Hydrological Changes in Semi-arid Areas under Climatic and Human Influences: focus on the Mediterranean region.
- Martín-Rosales, W.; Gisbert, J.; Pulido-Bosch, A.; Vallejos, A. y Fernández-Cortés, A. (2007). Estimating groundwater recharge induced by engineering Systems in a semiarid area (southeastern Spain). Environmental Geology 52: 985-995.
- Gisbert, J.; Pulido-Bosch, A.; Vallejos, A.; Martín-Rosales, W.; Molina-García, J.M. y Fructuoso, M. (2005). Estimación de la recarga en clima semiáridos. El caso del borde meridional de la Sierra de Gádor. En: López-Geta, J.A.; Rubio, J.C. y Martín Machuca, M. (Eds.), VI Simposio del Agua en Andalucía. IGME. 301-312.
- Pulido Bosch, A. (2001). Sobreexplotación de acuíferos y desarrollo sostenible. En Pulido Bosch, A.; Calaforra Chordi, J.M. y Pulido Leboeuf, P.A. (Eds.) Problemática de la gestión del agua en regiones semiáridas. Instituto de Estudios Almerienses. Diputación de Almería. 115-132.
- Pulido-Bosch, A.; Pulido Leboeuf, P.A.; Molina-Sánchez, L.; Vallejos, A. y Martín-Rosales, W. (1999). Intensive agriculture, wetlands, quarries and water management. A case study (Campo de Dalias, SE Spain). Environmental Geology 40 (1-2). 163-168.

## IMÁGENES



Esquema de un dispositivo de AR tipo canal de infiltración. (Fuente: Tragsatec)



Esquema de un dispositivo de AR mediante diques de retención o represas y dique de retención de aguas superficiales (Alicante). Las labores del suelo pueden favorecer la recarga de acuíferos. (Fuente: Tragsatec)

## BIBLIOGRAFÍA ASOCIADA

**Título:** Tipologías y dispositivos de Recarga Artificial (AR) existentes y diseñados en el marco del Proyecto Dina-Mar.

**Autor:** MINAYA OVEJERO, M. J.

**Publicación:** Ponencia de la Jornada de Difusión del Proyecto Dina-Mar.

**Editorial:** -

**Localidad:** Madrid, España      **Año:** 2008      **Tipo:** Artículo

**Título:** Arquitectura tradicional. Guías de Almería.

**Autor:** Varios autores

**Publicación:** Instituto de Estudios Almerienses

**Editorial:** -

**Localidad:** Almería, España      **Año:** 2008      **Tipo:** Libro

**Título:** Sobreexplotación y contaminación de acuíferos.

**Autor:** PULIDO BOSCH, A.

**Publicación:** Memoria V Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio (Murcia), Problemática Geoambiental y Desarrollo. Tomo I, 75-92

**Editorial:** Sociedad Española de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio

**Localidad:** Madrid, España      **Año:** 1993      **Tipo:** Comunicación congreso

**Título:** Estimación de la recarga en clima semiárido. El caso del borde meridional de la Sierra de Gádor.

**Autor:** GISBERT, J.; PULIDO-BOSCH, A.; VALLEJOS, A.; MARTÍN ROSALES, W.; MOLINA-GARCÍA, J.M.; y FRUCTUOSO, M.

**Publicación:** Memoria VI Simposio del Agua en Andalucía, 301-312

**Editorial:** IGME

**Localidad:** Madrid, España      **Año:** 2005      **Tipo:** Comunicación congreso

**Título:** Problemática de la Sobreexplotación de Acuíferos en el Sudeste Español.

**Autor:** PULIDO BOSCH, A.

**Publicación:** Memoria del Simposio Internacional de Aguas Subterráneas, 48-60

**Editorial:** Sociedad Mexicana de Ciencias del Suelo

**Localidad:** León, Gto., México      **Año:** 1998      **Tipo:** Comunicación congreso

**Título:** Sobreexplotación de acuíferos y desarrollo sostenible.

**Autor:** PULIDO BOSCH, A.

**Publicación:** Problemática de la gestión del agua en regiones semiáridas, 115-132

**Editorial:** Instituto de Estudios Almerienses. Diputación de Almería.

**Localidad:** Almería, España      **Año:** 2001      **Tipo:** Capítulo libro

## BIBLIOGRAFÍA ASOCIADA

**Título:** Estimating groundwater recharge induced by engineering systems in a semiarid area (southeastern Spain).

**Autor:** MARTÍN-ROSALES, W.; GISBERT, J.; PULIDO-BOSCH, A.; VALLEJOS, A. y FERNÁNDEZ-CORTÉS, A.

**Publicación:** Environmental Geology (2007) 52, 985-995

**Editorial:** Springer

**Localidad:** Estados Unidos **Año:** 2007 **Tipo:** Artículo

**Título:** La explotación de las aguas subterráneas y su implicación en la desertificación.

**Autor:** PULIDO BOSCH, A.

**Publicación:** Boletín Geológico y Minero. Vol. 111-5, 3-18.

**Editorial:** Instituto Geológico y Minero de España

**Localidad:** Madrid, España **Año:** 2000 **Tipo:** Comunicación congreso

**Título:** Intensive agriculture, wetlands, quarries and water management. A case study (Campo de Dalías, SE Spain).

**Autor:** PULIDO BOSCH, A.; PULIDO-LEBOEUF, P.; MOLINA-SÁNCHEZ, L.; VALLEJOS, A. y MARTÍN-ROSALES, W.

**Publicación:** Environmental Geology 40 (1-2)

**Editorial:** Springer

**Localidad:** Estados Unidos **Año:** 2000 **Tipo:** Artículo

**Título:** Hydrological implications of desertification in southeastern Spain.

**Autor:** MARTÍN-ROSALES, W.; PULIDO-BOSCH, A.; VALLEJOS, A.; GISBERT, J.; ANDREU, J.M. y SÁNCHEZ-MARTOS, F.

**Publicación:** Hydrological Sciences-Journal des Sciences Hydrologiques 52 (6)

**Editorial:** IAHS Press

**Localidad:** Wallingford, Oxfordshire, Reino Unido **Año:** 2007 **Tipo:** Artículo

## PROYECTOS RELACIONADOS

**Proyecto:** DINA-MAR

**Investigador Principal:** --

**Otros Investigadores:** --

**Entidad Investigadora:** Tragsa

**Otras Entidades Investigadoras:** --

**Entidad Financiadora:** --

**Observaciones:** Es un proyecto de gestión hídrica en el marco del I+D+i financiado por el Grupo Tragsa cuyo principal objetivo es determinar qué zonas de España son susceptibles para la recarga artificial de acuíferos o Managed Aquifer Recharge (MAR) y su desarrollo.