

TÉCNICAS ESPECIALES DE GESTIÓN HÍDRICA. REVIVIFICACIÓN DE ESQUEMAS TRADICIONALES Y DISEÑO DE TECNOLOGÍAS DE VANGUARDIA EN EL ÁMBITO DE LA REUTILIZACIÓN, GESTIÓN DE LA RECARGA Y TÉCNICAS PALIATIVAS.

Enrique Fernández Escalante (Tragsa), M^a Jesús Minaya (Tragsatec); M^a Ángeles San Miguel (Tragsatec), Carlos Copano (Tragsatec), Jon San Sebastián (Tragsatec), Ignacio Prieto (Tragsatec), Óscar Martínez (Tragsatec)

Grupo Tragsa

C/ Julián Camarillo 6, Edif. 6b. 28037 Madrid. Tf: 91 3226106

efernan6@tragsa.es

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	OBJETIVOS	3
3	MATERIALES Y MÉTODOS	4
4	ESTADO DE LA CUESTIÓN	4
5	DISCUSIÓN Y RESULTADOS PRELIMINARES	5
5.1	HITO 1: RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES Y SU ANÁLISIS.....	5
5.2	HITO 2: DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA ESPECÍFICA BASADA EN EL EMPLEO DE GIS PARA DEFINIR LAS ZONAS MÁS SUSCEPTIBLES DE ESPAÑA DONDE LLEVAR A CABO OPERACIONES DE RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS	9
5.3	HITO 3: ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES	11
5.4	HITO 4: ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA SU DIVULGACIÓN Y PUESTA EN PRÁCTICA	13
5.5	HITO 5: TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE SUELO Y ACUÍFERO (SATS).....	13
6	CONCLUSIONES	18
7	AGRADECIMIENTOS	19
8	BIBLIOGRAFÍA	19

RESUMEN

Entre los esquemas actuales de gestión hídrica integral, cabe diferenciar las técnicas “tradicionales” (básicamente embalsamiento superficial y trasvases) de las “especiales” o “alternativas”, que en líneas generales son la desalación, el reciclaje y la reutilización. Existe un amplio grupo de técnicas adicionales de alta aplicabilidad en escenarios específicos, todas ellas contempladas en la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE (DM). Entre ellas cabe destacar la gestión de la recarga de acuíferos, una técnica implantada en la agrohidrología desde hace varios siglos que actualmente recobra una creciente importancia; las técnicas paliativas de almacenamiento de agua en las cabeceras de las cuencas, con objeto de incrementar las reservas y regular las aguas superficiales, así como la reutilización en sentido amplio.

Dentro de estas líneas de acción, el artículo pretende difundir algunos resultados del proyecto de investigación disociados por su temática y otros conjuntos, basados en el empleo de las Mejores Técnicas Disponibles (MTDs) y en un intento de cargar el proyecto de una fuerte componente de innovación:

- En cuanto a la gestión de la recarga se ha estudiado los dispositivos cuyo uso se remonta al menos al siglo XII, tales como las acequias de careo de las Alpujarras y las boqueras del este peninsular.
- En agrohidrología se ha tipificado una metodología basada en operaciones de álgebra de mapas y adopción de indicadores medioambientales, y determinado qué zonas de España son susceptibles para operaciones de gestión de la recarga de acuíferos: *Managed Aquifer Recharge* (MAR o GRA), en el marco del desarrollo sostenible, bajo normas de mínimo impacto ambiental y en consonancia con la DM. Se han obtenido resultados numéricos relevantes por cuencas hidrográficas, abundando en la necesidad de aplicar técnicas de Tratamiento de Suelo y Acuífero para la mejora de la efectividad del proceso y de los dispositivos ahora existentes. Además se han inventariado 15 esquemas tradicionales y tipificado ocho nuevos no inventariados en las reseñas bibliográficas.
- Las técnicas paliativas incrementan la recarga en los acuíferos destacando la influencia positiva de las masas forestales en la cabecera de cuencas.
- En planificación ambiental se ha adoptado una metodología basada en seis grupos de criterios ambientales básicos para la aplicación de MAR: Fuentes de contaminación, riesgos, condicionantes, demandas, tendencias y ventajas.
- En cuanto a la reutilización s.s., se están incorporando dispositivos de recarga artificial en zonas urbanas en el marco de la gestión integral del agua en la edificación.

PALABRAS CLAVE: Agrohidrología, recarga artificial de acuíferos, Managed Aquifer Recharge (MAR), DINA-MAR, gestión hídrica, gestión conjunta, técnicas paliativas.

1 INTRODUCCIÓN

Entre los esquemas actuales de gestión hídrica integral, cabe diferenciar las técnicas “tradicionales” (básicamente embalsamiento superficial y trasvases) de las “especiales” o “alternativas”, que en líneas generales son la desalación, el reciclaje y la reutilización. Existe un amplio grupo de técnicas adicionales de alta aplicabilidad en escenarios específicos, todas ellas contempladas en la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE (DM). Entre ellas cabe destacar la gestión de la recarga de acuíferos, una técnica implantada en la agrohidrología desde hace varios siglos que actualmente recobra una creciente importancia; las técnicas paliativas de almacenamiento de agua en las cabeceras de las cuencas, con objeto de incrementar las reservas y regular las aguas superficiales, así como la reutilización en sentido amplio.

El artículo pretende difundir algunos resultados del proyecto de investigación DINA-MAR, cuya actividad investigadora de los últimos tres últimos años ha arrojado bastante luz sobre estas técnicas, empleando para ello las Mejores Técnicas Disponibles (MTDs) y cargando el proyecto de una componente de innovación.

2 OBJETIVOS

La mayor parte de los objetivos y pretensiones del artículo son consonantes con los del proyecto de investigación presentado, al estar enmarcado en su 5º hito: Divulgación y transferencia de tecnología. Cabe añadir la pretensión de exponer algunos resultados del proyecto de manera que posibilite su conocimiento tanto al técnico especializado como al lector profano en esta materia.

La participación de doce investigadores de ocho titulaciones diferentes conlleva que el artículo sea planteado con carácter conciliador, aglutinando distintos puntos de vista y enfoques de la gestión hídrica, por lo que el esquema argumental de las publicaciones científicas tradicionales se verá algo modificado.

Las principales temáticas que se pretenden abordar son:

- Innovación en dispositivos relacionados con la gestión de la recarga de acuíferos (MAR). Inventariado de esquemas tradicionales (tales como las acequias de careo de las Alpujarras y las boqueras del este peninsular), esquemas modernos (Gale, 2005) y tipificación de nuevos dispositivos no inventariados en las reseñas bibliográficas.
- En agrohidrología, tipificar una metodología basada en operaciones de álgebra de mapas y adopción de indicadores medioambientales, con objeto de determinar con cierta precisión qué zonas de España son susceptibles para operaciones de gestión de la recarga de acuíferos en el marco del desarrollo sostenible, bajo normas de mínimo impacto ambiental y en consonancia con la DM. El objetivo es afinar en las previsiones calculadas hasta la fecha (en Fdez. Escalante, CONAMA 8) y obtener resultados numéricos relevantes por cuencas hidrográficas.
- En hidrogeología, abundar en la necesidad de aplicar técnicas de Tratamiento de Suelo y Acuífero para la mejora de la efectividad de la recarga artificial en sentido amplio y de los dispositivos ahora existentes.

- Estudiar la idoneidad de las técnicas paliativas para incrementar la recarga en los acuíferos en zonas de cabecera de cuenca y áreas forestales.
- En planificación ambiental, diseñar una metodología basada en criterios ambientales básicos para el estudio individualizado de la idoneidad de aplicar técnicas especiales en cada “zona MAR” o zonas consideradas adecuadas para la recarga artificial de acuíferos.
- En cuanto a la reutilización s.s., incorporar dispositivos de recarga artificial en zonas urbanas en el marco de los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) y la gestión integral del agua en la edificación (GIAE).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

Dado el carácter del artículo, divulgativo y unificador de distintas disciplinas, resulta complicado definir los métodos y materiales empleados en cada línea de acción, por tanto se mencionan aquellos considerados “más comunes” entre las distintas ramas, sin entrar en niveles altos de especificidad.

Los materiales más empleados han sido, en principio, herramientas de hidrogeología clásica portátiles (sondas, tomamuestras, barrenas, infiltrómetros, etc.), si bien se han instrumentado zonas piloto con tensiómetros, humidímetros y registradores en continuo.

La determinación de zonas susceptibles se ha realizado mediante operaciones de álgebra de mapas con coberturas temáticas mediante una aplicación GIS suficientemente robusta para tratar una gran cantidad de capas en la extensión de España. Como información de partida, cabe destacar el empleo de hasta 83 capas temáticas. Tañes como afloramientos permeables, masas de agua, regadíos con aguas subterráneas, cauces fluviales, litología, Espacios Naturales Protegidos, etc.

4 ESTADO DE LA CUESTIÓN

Al igual que en el apartado precedente, la pluridisciplinariedad del equipo investigador y la amplia diversidad de líneas de trabajo hace dificultoso presentar el estado del arte de manera adecuada.

En las reseñas bibliográficas se cita documentación específica, si bien, es conveniente conocer las técnicas “especiales” o alternativas” de gestión hídrica, y concretamente, qué es la recarga artificial de acuíferos, captando la idea más que revisando el amplio abanico de definiciones: Se trata de un método de gestión hídrica que permite introducir agua en acuíferos subterráneos, siendo el origen de ésta muy diverso. En general procede de ríos, si bien puede ser originaria de depuradoras, desaladoras, humedales, escorrentía en zonas urbanas, etc. Una vez almacenada en los acuíferos, puede ser extraída para distintos usos (abastecimiento, riego, etc.), servir de barrera contra la intrusión marina y contaminación, etc.

Los sistemas utilizados para la recarga artificial pueden ser de diversos tipos: Pozos de infiltración, balsas, canales, zanjias, diques, sondeos de inyección, etc.

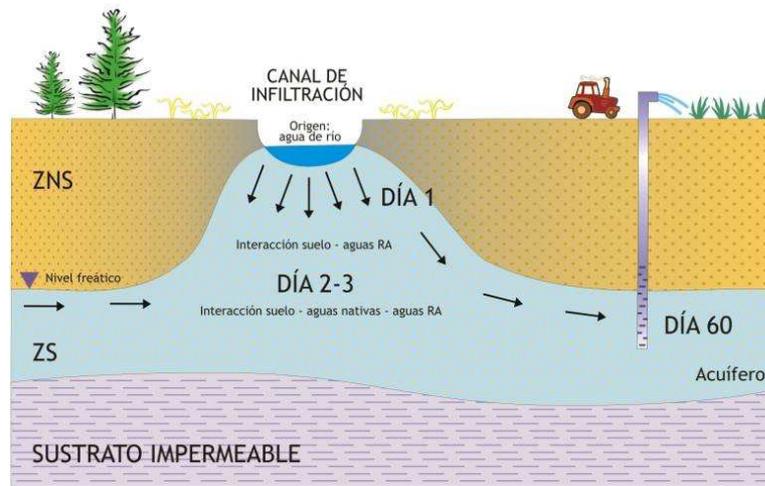


Figura 1. Esquema operativo de un dispositivo de recarga artificial de acuíferos (canal) en una zona regable.

En Fdez. Escalante, (CONAMA 8, 2006), se presenta un amplio resumen del grado de implantación de la tecnología a nivel europeo y nacional.

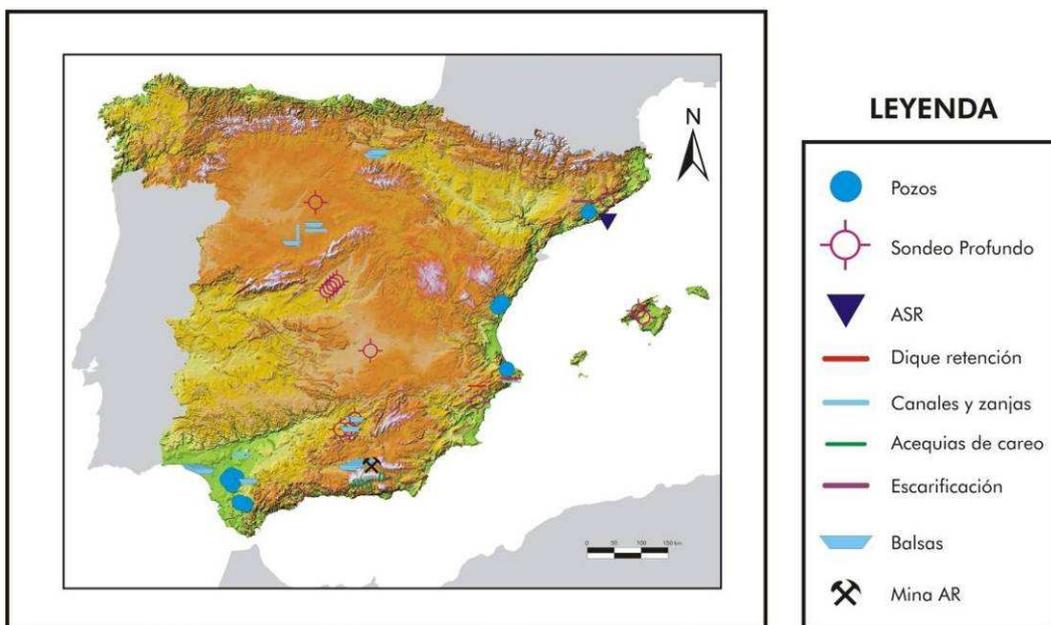


Figura 2. Principales estructuras y dispositivos de MAR operativos en España y tipologías.

5 DISCUSIÓN Y RESULTADOS PRELIMINARES

De acuerdo con los hitos establecidos al inicio del proyecto, cabe destacar las siguientes metodologías y resultados:

5.1 Hito 1: Recopilación de antecedentes y su análisis

España continúa siendo el quinto país del mundo en cantidad de presas y volumen de agua almacenado (CMR-UICN, 2000), con fuerte dedicación al embalsamiento superficial en todos los planes hidrológicos de cuenca. En cambio, las “técnicas especiales” de gestión hídrica mantienen su escaso tratamiento en las disposiciones legales. El análisis de las causas desprende que tanto la recarga artificial como las técnicas paliativas son actividades escasamente implantadas en la idiosincrasia del país, que requiere una amplia divulgación de las experiencias y un adecuado programa de educación ambiental y divulgación.

Las técnicas paliativas de gestión hídrica basadas en la recarga en áreas forestales y de cabecera de cuenca resultan muy apropiadas. El dispositivo más adecuado son los diques, que incrementan las reservas en los acuíferos de manera considerable, según se ha constatado con estudios y datos reales desarrollados en la Comunidad Valenciana. En este sentido, cabe mencionar que los bosques infiltran más agua en el subsuelo que las áreas deforestadas.

Se ha prestado especial consideración a dos dispositivos clásicos de recarga artificial, en general paliativos, enmarcados en la agrohidrología, como son los careos de las Alpujarras o las boqueras del este peninsular, ambos de origen árabe.

Las **acequias de careo** son acequias de fondo permeable que permiten la infiltración de las aguas del deshielo en la falda sur de Sierra Nevada constituyen un sistema de recarga artificial de acuíferos específico, basado en la tradición y el legado de padres a hijos durante generaciones, quienes han ido ampliando el conocimiento del funcionamiento del acuífero y de los suelos.

El asombroso conocimiento de la conectividad hidráulica a través de fracturas y fallas en el sustrato rocoso, según testimonios de los regantes, se debe al empleo de trazadores (colorantes) desde la época de los moriscos de las Alpujarras, la técnica del ensayo y error y muchos años de experimentación. De este modo, se puede afirmar que, aunque no existan estudios tectónicos de mucho detalle, los regantes conocen bien las relaciones entre áreas de recarga y de descarga.

El sustrato geológico más favorable para las labores de recarga artificial mediante careos lo constituyen los materiales calcáreos carstificados, desde donde el agua se conduce a simas y sumideros, o bien por formaciones detríticas permeables con gran desarrollo de suelo en las que se han implantado terrenos de labor.

La topografía es un condicionante fuerte tanto para condicionar el espesor de los suelos como para el diseño y trazado de las acequias.

De las 127 acequias inventariadas en la falda Sur de Sierra Nevada, 23 son de careo, empleadas para la distribución de agua, el riego y la recarga artificial de los acuíferos. Su longitud total es de 125.224 metros.

Su gestión está mancomunada y existe un acequero a cargo de las compuertas, que es el encargado de la gestión hídrica y del reparto del agua.

Las Comunidades de Regantes son los principales protectores del sistema de acequias, que mantienen vivo el legado de los antepasados y que cuentan con sistemas de gestión muy eficaces y eficientes a aplicar en los esquemas de gestión hídrica más modernos. Por lo general, las CRs disponen de escasos recursos para su mantenimiento, quedando

externalizada una parte del gasto de conservación a cargo del Parque Nacional. Resultaría importante preservar y mantener estos sistemas de acequias de careo, dado su alto valor histórico, agrohidrológico y medioambiental.

Las **boqueras** son dispositivos de origen árabe diseñados para el aprovechamiento de las aguas de una rambla. Consistente en unos largos caballones que derivan parte del caudal durante una avenida y lo conducen hacia las parcelas de cultivos. Constituyen una técnica paliativa para incrementar la recarga en los acuíferos en zonas de cabecera de cuenca y áreas forestales.

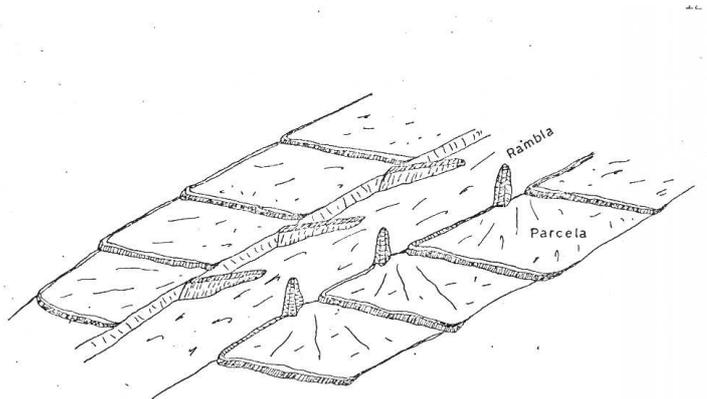


Figura 3. Croquis de boqueras en una rambla. El agua, entrando por la “boquera”, riega la parcela. (Tomado de *Ecología Fuera de Serie*. ICONA. 1990).



Figura 4. Las labores sobre el suelo pueden favorecer en buena medida el mejor control de las escorrentías, facilitando la recarga de los acuíferos, el mejor desarrollo de la posterior plantación y la disminución de la escorrentía superficial. (Fotos TRAGSATEC)

Según varios autores (Copano et al, 2008, en prensa), realización de infraestructuras seriadas en las cuencas de cabecera y a lo largo de los cauces, así como la reforestación de áreas de recarga y su gestión adecuada, suponen un incremento en la cantidad de agua subterránea que recarga los acuíferos y en las disponibilidades hídricas para diversos usos en la zona. Igualmente, esa gestión forestal favorece una mayor calidad de las aguas y el mantenimiento o aparición de unos ecosistemas con mayor biodiversidad y calidad ambiental.

En un contexto menos tradicional, se ha hecho hincapié en los dispositivos paliativos ya existentes, con objeto de planificar otros que incorporen una mayor componente de investigación. Se han encontrado referencias de 16 y tipificado hasta 25. La actualización del inventario de dispositivos para apoyar las “técnicas especiales” de gestión hídrica se exponen a continuación (tabla 1).

SISTEMA	TIPO DE DISPOSITIVO
DISPERSIÓN	BALSAS DE INFILTRACIÓN
	CANALES DE INFILTRACIÓN
	TÉCNICAS DE TRATAMIENTO SUELO/ACUÍFERO
	CAMPOS DE INFILTRACIÓN (INUNDACIÓN Y DIFUSIÓN CONTROLADA)
	RECARGA ACCIDENTAL POR RETORNOS DE RIEGO
CANALES	DIQUES DE RETENCIÓN Y REPRESAS
	DIQUES PERMEABLES
	SERPENTEOS
	ESCARIFICACIÓN LECHO
	DIQUES SUBSUPERFICIALES/SUBTERRÁNEOS
	DIQUES PERFORADOS
POZO	QANATS (GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)
	POZOS ABIERTOS DE INFILTRACIÓN
	POZOS PROFUNDOS Y MINISONDEOS
	SONDEOS
	DOLINAS, COLAPSOS...
	ASR/ASTR
FILTRACIÓN	BANCOS FILTRANTES EN LECHOS DE RÍOS (RBF)
	FILTRACIÓN INTERDUNAR
	RIEGO SUBTERRÁNEO***
LLUVIA	CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN IMPRODUCTIVO
SUDS	RECARGA ACCIDENTAL CONDUCCIONES Y ALCANTARILLADO
	SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

Tabla 1. Inventario de dispositivos (modificado de la clasificación de Gale, 2005) y agrupados por tipologías.

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 con alta efectividad de forma generalizada.

Un gran número de problemas operacionales y de mantenimiento pueden tener lugar durante la instalación y funcionamiento de los dispositivos de AR, pero la mayoría de estos problemas pueden evitarse o reducirse mediante la realización previa de estudios detallados.

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 gran éxito, no solo para abastecimiento de la población sino también en la lucha contra la intrusión salina

Las autoridades competentes deberían incluir tanto en la planificación, desarrollo, y realización de los proyectos, la integración conjunta de los sistemas de AR, tanto a nivel nacional, regional y de cuenca, como parte del conjunto de estrategias de gestión del agua.

5.2 Hito 2: Desarrollo de una metodología específica basada en el empleo de GIS para definir las zonas más susceptibles de España donde llevar a cabo operaciones de recarga artificial de acuíferos

Se han manejado hasta 83 capas temáticas, ensayando distintos procesos de álgebra de mapas, de cara a obtener zonas enclavadas en acuíferos susceptibles para la gestión de la recarga (MAR). Los resultados cuasidefinitivos con aguas de origen fluvial y de las depuradoras mayores desprenden que aproximadamente un 14,7 % del territorio de España peninsular e Islas Baleares es susceptible a la gestión de la recarga. Las cuencas más idóneas son Duero y Baleares, y las menos las del norte y Guadalquivir.

Se han elaborado 11 mapas coropléticos por cuencas hidrográficas donde se identifican las "áreas MAR". Un ejemplo de los resultados se presenta como figura 6, si bien, la totalidad de las cartografías puede ser encontrada en www.dina-mar.es.

Las cuencas más idóneas son Baleares y Duero, y las menos las del norte y Guadalquivir. Los datos concretos figuran en la tabla 2, con mención de la superficie de la cuenca, la superficie MAR contenida en ella y el porcentaje que representa.

ID	CUENCA	total cuenca (km ²)	Sup. cuenca (km ²)	% cuenca	% total
1	NORTE	1952.98	53780.90	3.63	2.92
2	DUERO	21565.45	78955.69	27.31	32.26
3	TAJO	10186.19	55814.90	18.25	15.24
4	GUADIANA	5183.57	60125.19	8.62	7.75
5	GUADALQUIVIR	4878.02	63298.10	7.71	7.3
6	SUR	1457.55	18408.22	7.92	2.18
7	SEGURA	2282.97	18833.04	12.12	3.41
8	JUCAR	7891.79	42682.26	18.49	11.8
9	EBRO	8686.32	85936.39	10.11	12.99
10	PIRINEO	1746	16555.28	10.55	2.61
11	BALEARES	1023.07	5038.33	20.31	1.53
	TOTAL	66853.9	499428.31	13.39	100

Tabla 2. Datos relativos a la distribución de zonas MAR por cuencas hidrográficas.

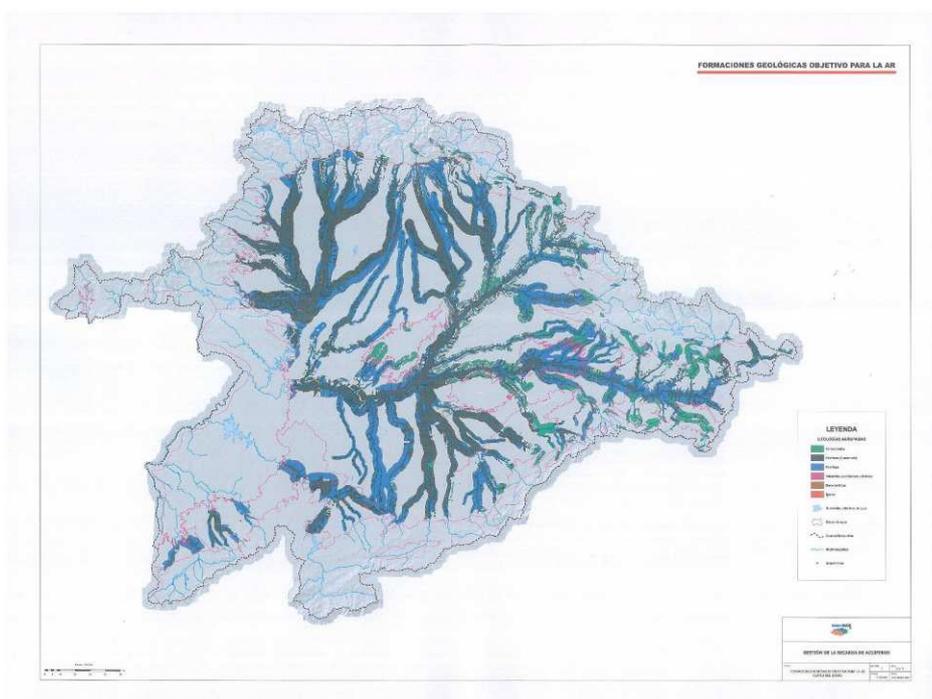


Figura 6. “Zonas MAR” en la cuenca del Duero según la cartografía obtenida con aguas de origen fluvial.

Además de este cálculo, se ha estudiado la proporción de zonas MAR que quedan ubicadas en zonas regables del Plan Nacional de Regadíos (PNR) regadas con aguas subterráneas (tabla 3 y figura 7). Apenas un 3% de éstas son zonas MAR. La mayor densidad se encuentra en las cuencas del Duero, Júcar y Guadiana respectivamente, las que menos en Norte, Tajo y Ebro.

ID	CUENCA	Sup cuenca (Km2)	Total cuenca (Km2)	% cuenca	% total
1	NORTE	53780.90	0.00	0.00	0.00
2	DUERO	78955.69	578.52	0.73	20.40
3	TAJO	55814.90	15.32	0.03	0.54
4	GUADIANA	60125.19	467.98	0.78	16.50
5	GUADALQUIVIR	63298.10	220.19	0.35	7.76
6	SUR	18408.22	187.84	1.02	6.62
7	SEGURA	18833.04	74.45	0.40	2.63
8	JUCAR	42682.26	711.67	1.67	25.09
9	EBRO	85936.39	210.34	0.24	7.42
10	PIRINEO	16555.28	284.94	1.72	10.05
11	BALEARES	5038.33	84.88	1.68	2.99
	TOTAL	499428.31	2836.13		100.00

Tabla 3. Datos relativos a la distribución de las zonas MAR en zonas regadas con aguas subterráneas según el Plan Nacional de Regadíos (PNR) por cuencas hidrográficas.

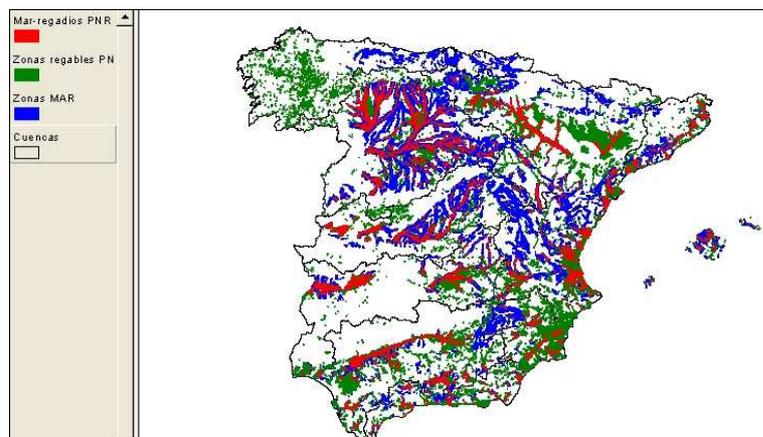


Figura 7. Superficies mar en zonas regables por cuencas hidrográficas (origen aguas AR fluvial).

5.3 Hito 3: Aspectos medioambientales

Se han desarrollado varias líneas de acción, destacando:

La toma de caudales desde cauces fluviales y depuradoras debe tener en cuenta los **caudales ambientales**, si bien, gran parte del agua derivada para recarga artificial forma parte del caudal ambiental, al quedar retenida en el espacio y tiempo. La metodología debe tener en cuenta consideraciones climáticas, temporales, espaciales y también del subsuelo por donde discurren los cauces. Los principales aspectos a tener en consideración en cada estudio individualizado son:

- Debe clasificarse los tramos de río, así como decidir que clasificaciones van a considerarse como prioritarias
- Debe definirse con precisión el nivel de detalle del estudio, y cuales son las principales especies objetivo de los diferentes tipos de cauces.
- Debe decidirse si se van a evaluar tramos concretos o cuencas en su conjunto.
- En todas las zonas que se quieran evaluar es necesario disponer de una lista actualizada de todas las concesiones de extracción de agua de los cauces, así como un inventario de presas y minicentrales.
- La determinación de los caudales debe aunar además de los criterios mencionados anteriormente, objetivos geomorfológicos, riparios, de calidad de las aguas, de fauna silvestre del ecosistema fluvial, fauna silvestre del ecosistema litoral (en su caso), cantidad y calidad de las aguas subterráneas, valores paisajísticos, usos sociales/recreativos, etc.

En **planificación ambiental** se ha adoptado una metodología basada en seis grupos de criterios ambientales básicos para la aplicación de MAR: Fuentes de contaminación, riesgos, condicionantes, demandas, tendencias y ventajas, con los que se han elaborado indicadores medioambientales en el sistema PER (Presión-Estado-Respuesta) y otorgado un sistema de rangos-pesos. Veamos cómo se han empleado los criterios ambientales:

FUENTES DE CONTAMINACIÓN: Determinados usos ya establecidos provocan determinados riesgos de contaminación.

- Forma de dispersión: La difusa es más difícil de controlar pero la puntual suele ser más grave en cuanto a efectos inmediatos.
 - Fuente difusa
 - Fuente puntual
- Origen por uso: Cada una implica la existencia de riesgos para la calidad del agua a recargar. Los nitratos, restos de componentes químicos de síntesis o sólidos arrastrados requieren diferentes tratamientos antes de usar un aporte de origen agroganadero, industrial o de escorrentía natural para la recarga
 - Contaminación urbana
 - Contaminación agraria
 - Contaminación ganadera
 - Contaminación industrial
 - Contaminación por Sólidos en Suspensión

RIESGOS: La localización o uso del terreno determina riesgo que pueden poner en peligro la viabilidad de la recarga o la necesidad de dicha actuación.

- Intercepción de flujos (acuíferos y escorrentías)
- Vertidos accidentales
- Presencia de endemismos biológicos
- Intrusión salina
- Efectos sobre la salud

CONDICIONANTES: Existen características intrínsecas al uso o a la asociación que exigen un tipo u otro de dispositivo MAR o simplemente determinan que dicha recarga no supere ciertas cotas en ciertos momentos.

- Alta pendiente
- Alta escorrentía
- Cota alta
- Lámina libre de agua continua
- Lámina libre de agua temporal
- Freático alto
- Existencia de periodos secos

DEMANDAS: Las necesidades varían no solo en cuanto a calidad exigible sino también a su distribución espacial y temporal.

- Agua potable
- Recreativa (baño)
- Ecológica
- Refrigeración
- Riego
- Energía (hidroeléctrica)

TENDENCIAS: De cara a una viabilidad y rentabilidad de los dispositivos es preciso no sólo evaluar los usos actuales sino las tendencias que se esperan en dichos usos, como la extensión del riego sobre secanos o las implicaciones del cambio climático.

- Intensificación
- Sensible a cambio climático
- Demanda potencial de riego
- Zona preferente de restauración

VENTAJAS: Los usos actuales pueden

- Generación de retornos
- Filtro verde
- Localización zonas de recarga
- Descarga lenta
- Fuente para desaladora
- Fuente para EDAR
- Infiltración mínima

A partir del cruce de ambas listas se ha completado una matriz que sirve para evaluar la capacidad y la condicionalidad de cada tipo de uso/cobertura con respecto a cierto tipo de MAR. La existencia de relación entre filas y columnas se ha marcado con una X y para cada

descriptor y cada grupo de consideraciones ambientales se ha contabilizado el número de cruces. Esta labor se seguirá realizando sucesivamente con cada una de las capas con información relevante para caracterizar la potencialidad ambiental del MAR.

De esta forma se obtendrán mapas de capacidad de usos para los distintos factores que determinan el medio donde se puede poner en marcha un dispositivo MAR. Se obtendrán salidas gráficas para localizar las posibilidades de los dispositivos MAR en base a unos condicionantes ambientales contrastables.

Los indicadores medioambientales deben adoptar entre sus criterios la procedencia administrativa de cada actuación, así como la aceptabilidad y viabilidad económica e incluso política, no solo técnica. Este aspecto representa una línea de trabajo actual.

La elaboración de cartografías ha permitido detectar cómo la técnica MAR y las paliativas en general se perfilan como unas alternativas de gran peso y calado para zonas regables. Sólo un 3% de las zonas regables del PNR tienen actuaciones de recarga artificial en la actualidad.

En cuanto a la hidrogeología urbana, la reutilización s.s. se integra mediante el uso de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) y la Gestión Integral del Agua en la edificación (GIAE). Estas técnicas especiales deben ir encaminado a alcanzar “buenas prácticas urbanas”, destacando:

- Minimizar la escorrentía superficial en la ciudad.
- Drenar hacia zonas verdes en vez de derivar el agua al alcantarillado.
- Recoger pluviales para uso posterior: riego, cisternas, lavadoras...
- Mantener la ciudad limpia de modo periódico.
- Concienciación de fuentes contaminantes: talleres, hospitales, fábricas...
- Minimizar el uso de herbicidas y fungicidas en parques.
- Educación de todos los agentes implicados en el diseño y mantenimiento de la Ciudad.

5.4 Hito 4: elaboración de una metodología para su divulgación y puesta en práctica

La divulgación y educación ambiental debe estar bien planificada desde el inicio del proyecto y debe ir enfocada a todos los sectores de la sociedad, agrupados por grupos homogéneos, desde gestores e investigadores a colegiales y amas de casa, con distintos matices según cada “grupo diana”. Se ha elaborado un programa para tres años de duración que, hasta la fecha, se está cumpliendo con precisión.

5.5 Hito 5: Atribución de dispositivos más convenientes y Técnicas de Tratamiento de Suelo y Acuífero (SATs)

Se está estudiando la colmatación en una zona piloto y la evolución de la tasa de infiltración de cara a diseñar dispositivos eficientes, que se están incorporando al inventario elaborado de tipologías (tabla 1). Estos 25 dispositivos son tenidos en cuenta para su ubicación en las

distintas áreas MAR, de acuerdo con criterios de diversa índole incorporados a macros de programas GIS.

La relación entre los dispositivos y las áreas MAR definidas se ha establecido mediante un sistema de rangos-pesos (figura 8), de modo que cada dispositivo recibe un peso según su idoneidad y ajuste a las características físicas y a los restantes indicadores con respaldo SIG. Queda así una propuesta genérica a gran escala con una jerarquización de cuáles son los dispositivos de AR más recomendables hasta los inviables.

El sistema propuesto se encuentra en permanente proceso de modificación a medida que prospera el trabajo de investigación, por lo que debe considerarse provisional.

Los pesos correspondientes son cinco:

0 = Inadecuado
< 1 = Poco Indicado
1 = No Condiciona
2 = Favorable
3 = Muy Favorable

Tabla 6. Pesos adoptados para cada caso en la matriz relacional.

El proceso de análisis y la unión de todos los temas y asignación de los dispositivos, se ha basado en la gestión de todas las capas y su carga en una tabla específica en la que se cruzan las capas temáticas y las técnicas de recarga. la metodología seguida se apoya en el siguiente esquema operativo:

Se asigna automáticamente a cada recinto la puntuación para cada método. A continuación se muestra un ejemplo de cálculo de puntuación para un dispositivo de recarga artificial. El cálculo de la puntuación se lleva a cabo para el recinto de contorno azul y para el dispositivo D1 de recarga (balsas de infiltración).

En primer lugar se añaden los campos D1, D2,... D24, para calcular en estos campos la puntuación para cada recinto y cada dispositivo. A todos estos campos se les asigna de entrada un valor de 1, con lo que de entrada el recinto no es favorable ni desfavorable para un determinado método.

Los pesos aplicarán en el recinto para los siguientes elementos cartográficos:

- El recinto marcado en azul tiene una permeabilidad muy alta, por lo que de acuerdo con la tabla al valor inicial asociado de 1 lo multiplicamos por 3.
- Permeabilidad: $D1 = 1 * 3 = 3$
- Litología: aluvial: por lo tanto: $d1 = d1 * 3 = 9$
- Contenido en nitratos < 50 : factor de 1
- Zona vulnerable: No, no afecta.
- Origen del agua: Rg_o_agua = 1 (superficial) factor de 3.
- $D1 = d1 * 3 = 27$
- Polígonos concéntricos en torno a ríos: zona de 0 – 1km río, factor de 3
- $D1 = D1 * 3 = 81$
- Riesgo de inundación: 4 (sin riesgo) factor de 3. $D1 = D1 * 3 = 243$
- Pendiente: 1 (0 – 10%) factor de 3. $D1 = D1 * 3 = 729$
- Buffer de Humedales: No, por tanto no afecta.

- Acueducto Tajo-Segura: No, por tanto no afecta.
- Calidad de las aguas. Conductividad, es menor de 2500, factor de 2
- $D1 = D1 * 2 = 1458$
- Piezometría, no está calculada su influencia a falta de depurar la base de datos.
- Masas forestales: es zona no forestal, por tanto, no afecta
- Unidades hidrológicas susceptibles de recarga artificial: no es ninguna de estas unidades, por tanto no afecta.
- Áreas con excedente hídrico, no estamos en zona con excedente hídrico, por lo tanto no afecta.

Así la puntuación final para este recinto y este dispositivo es $D1 = 1.458$.

Se ha diseñado un proceso que calcula automáticamente una puntuación para cada recinto y método, asignando a cada zona el dispositivo idóneo. Para lo cual se considera, el dispositivo más idóneo, al que obtenga la puntuación más alta. Así para este mismo recinto las puntuaciones para todos los dispositivos figuran en la matriz siguiente (figura 9):

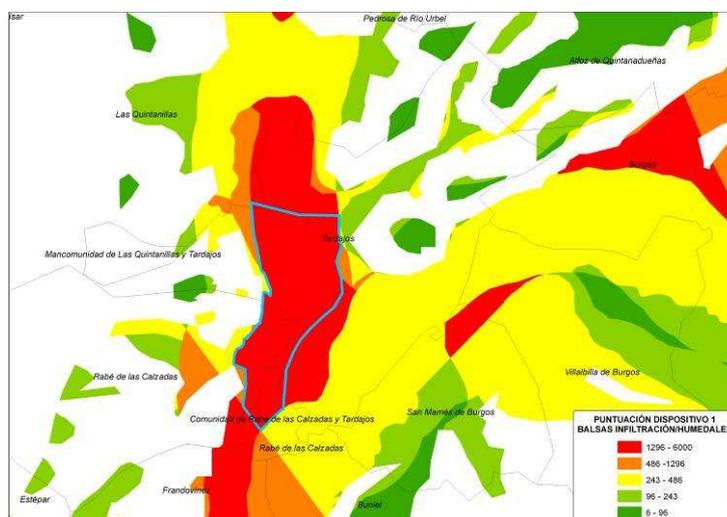


Figura 8. Aplicación del sistema rangos-pesos en un sector elegido al azar.

Figura 9. Vista parcial de la tabla que relaciona los factores físicos e indicadores con respaldo SIG con los distintos tipos de dispositivos de AR

		TÉCNICAS Y DISPOSITIVOS DE MAR																							
		DISPERSIÓN				CANALES						POZOS						FILTRACIÓN				LLUVIA		SUDS	
CÓDIGO		BALSAS DE INFILTRACIÓN / HUMEDALES	CANALES DE INFILTRACIÓN	CABALLONES/TÉCNICAS DE TRATAMIENTO SUELO/ACUÍFERO	CAMPOS DE INFILTRACIÓN (INUNDACIÓN Y DIFUSIÓN CONTROLADA)	RECARGA ACCIDENTAL POR RETORNOS DE RIEGO	DIQUES DE RETENCIÓN Y REPRESAS	DIQUES PERMEABLES	SERPENTEOS LEVEES	ESCARIFICACIÓN LECHO	DIQUES SUBSUPERFICIALES/SUBTERRÁNEOS	DIQUES PERFORADOS	CANALIS (GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)	POZOS ABIERTOS DE INFILTRACIÓN	POZOS PROFUNDOS Y MINISONDEOS	SONDEOS	DOLINAS, COLAPSOS...	ASR	ASTR	BANCOS FILTRANTES EN LECHOS DE RÍOS (RBF)	FILTRACIÓN INTERDUNAR	RIEGO SUBTERRÁNEO	CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN IMPRODUCTIVO	RECARGA ACCIDENTAL CONDUCCIONES Y ALCANTARILLADO	SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE
ZONAS MAR																									
Afloramientos permeables MMA 2006		MUY ALTA	3	3	3	3	2	2	3	3	2	1	2	1	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1
		ALTA	3	3	3	3	2	2	2	2	1	2	1	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1
		MEDIA	3	3	3	3	2	2	2	1	2	1	2	1	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1
Geología de España a escala 1:200.000, MMA 2006		ALUVIAL	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		DETRÍTICO	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		KARSTICO	2	2	2	0,5	1	2	3		1	3	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		METAMÓRFICO	0,2	2	2	0,5	1	1	3		1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		VOLCÁNICO	0,2	2	2	0,5	1	1	2		2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		INTRUSIVO	0,2	2	2	0,5	1	1	2		2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Red de control de nitratos en las aguas subterráneas		<50	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		>=50	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zonas declaradas vulnerables 2005			1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Regadío: Origen del agua		SUPERFICIALES	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		SUBTERRÁNEAS	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		RETORNOS	2	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		DEPURADORAS	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
		DESALINIZADORAS	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
Polígonos concéntricos distantes de 1 a 5 km de los cauces con caudal medio/ 1 km de los embalses		EMBALSE <=1 km	2	1	2	3	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		RÍO <=1 km	3	1	3	3	1	3	3	3	3	1	3	2	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		RÍO >1 y <=2	1	2	1	2	1	1	0,5																
		RÍO >2 y <=3	1	2	1	1	1	1																	
		RÍO >3 y <=4	1	2	1	1	1	1																	
		RÍO >4 y <=5	1	1	1	0,5	1	0,5																	
Riesgo de inundación		SIN RIESGO	3	2	1	3	3								1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		MÁXIMO			2	3		3	3	3	3	1	3	1					1	0	0	1	1	1	1
		MEDIO	0,5	0,5	2	3	0,5	2				1	3	1	2				1	0	0	1	1	1	1
		MÍNIMO	2	0,5	2	2	0,5	0,5	2			1	2	1	3	3	3	3	1	1	0,5	0,5	1	1	1
Representación de áreas que se encuentran dentro de un intervalo de pendiente preestablecido		0-10	3	3	1	3	1	3	0,5	3	3	3	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		10-20		3	1		1	3	3	0,5	0,5	2	1	1	3	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1
		20-30		2	2		1	2	3			1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		30-40		1	2		1	0,5				1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		40-50		1	2		1					2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Representación de las áreas que distan hasta 1 Km de los límites de los humedales		<=1 km	1	1	1	3	1	2	1	1	1	2	1	1	2	3	2	1	2	2	1	1	1	1	1
Acueducto Tajo-Segura		<=1 km	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1
Calidad de las aguas. Conductividad >2500		< 2500	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		> 2500								2											2	2	1	1	1
Datos de minas del MMA (1996). Minas en acuíferos		<25	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	3	3	3	1	1	1	1
		>25 y <=50	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3
		>50 y <=75	2	2	1	1	2	0,5	1	0,5	2		0,5	2	2	3	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	2	1
		>75	0,5	0,5	1	0,5	0,5								2	2	1	3	1			1	1	1	1
					1											3	1	3	3			1	1	1	1
Masas Forestales a escala 1:1.000.000			1	1	2	1	1	3	3	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unidades hidrogeológicas susceptibles de recarga artificial según el IGME			2	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
Estaciones meteorológicas de zonas o subcuencas con excedentes hídricos			2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1
Depuradoras		<20.000	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		>=20000 y <200.000	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	2	2	2	2	1	1	1
		>=200.000		2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	3	2	1	1	1	1
Depuradoras por lagunaje			3	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Áreas urbanas detalladas		0,5, 0,5					2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	3
Buffer 5 km Áreas urbanas detalladas		<20.000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2
		>=20000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	3	3

Cabe destacar que esta matriz no es definitiva, pues es modificada a medida que surgen nuevos resultados de los distintos ensayos realizados.

En la figura 10 se muestra el ejemplo de aplicación de la metodología para el caso del acuífero del Bajo Guadalhorce; en este caso considerando aguas tanto procedentes del río como de la depuradora. Los dispositivos obtenidos a partir de los datos introducidos y del sistema de rangos-pesos empleado son los que figuran posicionados en la cartografía y en la leyenda (cálculo provisional, como se ha indicado con anterioridad).



Figura 10. Acuífero del Bajo Guadalhorce. Propuesta de la ubicación de dispositivos para la recarga artificial de acuíferos de acuerdo con el sistema matricial de rangos-pesos que hemos designado DINA-MAR.

En cuanto a los sistemas de Tratamiento de suelo y Acuífero (SATs), a partir de la descripción y análisis de las distintas tipologías de impactos negativos y problemas encontrados en los dispositivos y experiencias de AR, se proponen varios binomios “problema-solución” a aplicar en las operaciones de recarga artificial (AR) en función de las circunstancias, basados especialmente en el empleo de técnicas SAT.

- Es preciso minimizar la colmatación por pretratamiento y mantenimiento.
- Es preciso minimizar la tendencia descendente de la tasa de infiltración mediante la aplicación de técnicas de Tratamiento de Suelo y Acuífero (SATs) especialmente enfocadas a la regulación del caudal y la incidencia de los finos y el aire en el agua de AR. De este modo es recomendable evitar batir las aguas y recargar a velocidades lentas.
- Los caballones en el fondo de las balsas y canales aumentan la tasa hasta en un orden de magnitud.
- Los sistemas de vasos comunicantes y el empleo de válvulas en los equipamientos para pozos reducen la disolución de aire en el agua de AR.
- La medida SAT más efectiva de todas las planteadas se considera el pretratamiento del agua de AR.
- De acuerdo con Bouwer, 2002, la regla de oro en recarga artificial es empezar con cautela, aprender sobre la marcha y expandir las estructuras de acuerdo con lo aprendido y según las necesidades. Dada la alta complejidad de ejecución de las operaciones de AR, resulta preciso contar con plantas piloto, tramos de canal o balsas

experimentales, donde puedan ser ensayadas nuevas tecnologías, dispositivos, etc. para “empezar con cautela.”

La aplicación de las actuaciones más recomendables en cada caso conlleva la interacción de impactos medioambientales de signo contrario, de modo que las actuaciones apropiadas para un fin determinado son negativas para otros procesos. Por ejemplo el aislamiento de las aguas para que no se oxigenen impide que la luz solar ataque a los virus presentes, pero si ésta incide se generan algas cuyo ataque con compuestos químicos puede provocar sinergismos, etc. De este modo la alternativa más recomendable es la creación de un sistema integrado en el que la evaluación de los impactos de signo positivo sobrepase a la de los de signo negativo. De este modo, cualquier planificación de las actuaciones debe tener carácter integral y flexible ante los cambios que, con toda seguridad, se van a producir en el medio.

Los prototipos genéricos propuestos requieren un grado de desarrollo de ingeniería posterior que permitan llevar a la práctica los diseños, cumpliendo con los criterios objetivo, que básicamente son: minimizar las pérdidas (evapotranspiración, colmatación, etc.), facilitar las labores de descolmatación, reducir los costes en el transporte, almacenamiento y bombeo, permitir funcionar en óptimo (punto óptimo de recarga o tasa de infiltración más efectiva) incluso en situaciones climatológicas adversas (congelación del suelo o avenidas) y que tengan una vida útil suficientemente alta para obtener una alta rentabilidad. Además los costes de construcción y mantenimiento no deben ser elevados.

6 CONCLUSIONES

De acuerdo con las distintas líneas de acción contempladas en los hitos del proyecto de investigación, cabe destacar las siguientes conclusiones generales:

- Es preciso profundizar en los aspectos económicos de las técnicas especiales y paliativas de gestión hídrica, así como hacer una valoración contingente de los aspectos ambientales y sociales, teniendo en consideración los costes de oportunidad del recurso.
- Las nuevas líneas de acción, además de tener un enfoque técnico, es preceptivo encaminarlas hacia el diseño de dispositivos de bajo coste.
- Los sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible abren una adecuada línea de investigación en el marco de la hidrogeología urbana, si bien el concepto de los SUDS queda limitado en algunos aspectos que deben englobarse en proyectos de mayor calado de la gestión integral del agua en la edificación.
- La divulgación debe tener un mayor esfuerzo sobre la “población diana”, especialmente integrada por “hidrogestores” y “confederaciones hidrográficas”.
- El futuro de las técnicas especiales debe pasar por mejorar el mapa de zonas MAR teniendo en mayor consideración la recarga artificial profunda mediante dispositivos tipo ASR y ASTR.
- La inyección de residuos en profundidad en el pasado en acuíferos susceptibles para la recarga artificial, plantea el interrogante del abandono de los mismos, intentar su recuperación o plantear nuevos usos, p.e. sumideros de CO₂, almacén de salmueras de las desaladoras, etc.
- Una técnica especial con gran cabida en el marco de las paliativas es el uso de acuíferos confinados submarinos para el almacenamiento de agua y la captación de las descargas subterráneas de agua dulce para su traída al continente, lo que plantea interesantes líneas de acción para la continuación del proyecto de I+D+i.

7 AGRADECIMIENTOS

Los autores desean manifestar su agradecimiento a Manuel López y Rodrigo Calero, quienes han hecho posible el proyecto DINA-MAR, inscrito en el programa de I+D+i del Grupo Tragsa con código 30/13.053. A Ramón Galán del MMAMRM, por su participación en el nacimiento del proyecto y también a los promotores de los medios de financiación que posibilitan su existencia, SEPI y Grupo Tragsa.

8 BIBLIOGRAFÍA

- AGBAR (2004). *“Informe de sostenibilidad del Grupo AGBAR”* 2004.
- AGBAR (2007). *“Dispositivos de recarga artificial de acuíferos en Barcelona”* 2007.
- AGBAR. (1987). *“Recarga artificial de los deltas de los ríos Llobregat y Besos”* 1987 Monográfico nº 3
- AGBAR. (2006). *“La recarga artificial de acuíferos en la gestión conjunta de los recursos del río Llobregat.”* Agua y Ciudad en el ámbito mediterráneo (AQUA in MED). Memoria de las jornadas celebradas en Málaga del 24 al 28 de Abril de 2006. Edita: IGME, serie hidrología y Aguas Subterráneas, nº 19.
- AGENCIA CATALANA DEL AGUA (2006). *“Directiva Marco del Agua en Cataluña”* 2000. pp 544-571.
- AGUILERA, K. (1994). *“Agua, economía y medio ambiente: interdependencias físicas y necesidades de nuevos conceptos”*. Revista de Estudios Agrosociales, pp 42-167.
- AL- MUDAYNA (1991). *“Historia de los regadíos en España”*. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. IRYDA.
- ARMAYOR, J.L., MURILLO, J.M. Y MARTÍNEZ, R. (2001). *“Factores hidrometeorológicos y determinación de excedentes hídricos potencialmente utilizables en la operaciones de recarga artificial de acuíferos.”* Revista Hidropres de tecnología y gestión del agua nº 32. Diciembre de 2001.
- BADARAYANI, UMA, KULKARCI, HIMANSHU & PHANDNIS, VINIT. (2005). *“Groundwater recharge from a percolation tank to a Deccan Basalt Aquifer: A case of study from Western Maharashtra, India”* Proceedings of the 5th International Symposium on Management of Aquifer Recharge, Berlin, Germany, 2005.
- BAEZA SANZ, D.; MARTÍNEZ CAPEL, F.; GARCÍA DE JALÓN LASTRA, D. *“Variabilidad temporal de caudales: aplicación a la gestión de ríos regulados”*
- BLACK, P. E. (1990). *“Watershed Hydrology”*. Prentice Hall. Advanced Reference Series Physical and Life Sciences. New Jersey.
- BOE (2007). Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.
- BOE. (1998). Real Decreto 1664/1998, de 24 de Julio, por el que se aprueban los Planes Hidrológicos de cuenca.
- BOE. (2001). Ley 10/2001, de 5 de Julio, del Plan Hidrológico Nacional. (BOE. n.º 161, de 6 de Julio de 2001, corrección de errores BOE. n.º 184, de 5 de julio de 2001).
- BOE. (2002). Real Decreto 329/2002, de 5 de Abril, por el que se aprueba el Plan Nacional de Regadíos (BOE núm. 101, de 27 de abril de 2002).
- BOE. (2005). Resolución de 7 de Marzo de 2005, de la Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático, sobre la evaluación de impacto ambiental del proyecto “Recarga artificial de un pozo profundo en La Cabaña” Campo de Pozos Canal del Oeste, en el término municipal de Pozuelo de Alarcón (Madrid)» del Canal de Isabel II en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Tajo. BOE 91/2005 de 16 de abril de 2005.

- BOR. (1981). *"Proyecto de presas pequeñas (Design of small dams)."* Bureau de Reclamation. Editorial Dossat. Madrid.
- BOUWER H. (2002). *"Artificial recharge of groundwater: hydrogeology and engineering"*. Hydrogeology Journal 10: 121-142.
- BOUWER, H. (1999). *"Artificial recharge of groundwater: systems, design, and management."* In: Mays LW (Ed.) Hydraulic design handbook. McGraw-Hill, New York, pp 24.1–24.44
- CANO-MANUEL LEÓN, J. (2000). *"Las acequias de Sierra Nevada."* Informe técnico del Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Parque Nacional de Sierra Nevada-TRAGSA.
- CASTILLO MARTÍN, A., DEL VALLE, M. RUBIO CAMPOS, J.C. FERNANDEZ RUBIO, R. (1996). *"Síntesis hidrológica del macizo de Sierra Nevada"*. 1º Conferencia Internacional Sierra Nevada.
- CEBALLOS, L. Y ORTUÑO, F. (1952). *"El bosque y el agua en Canarias"*. Revista Montes nº 48. 1952.
- CENTRAL GROUND WATER BOARD (2000). *"Guide on Artificial Recharge to Ground Water"* Ministry of Water Resources, New Delhi (India)
- CERMÁK, J. & KUCERA, J. (1987). *"Transpiration of mature spruce"*. Forest Hydrology and Watershed Management. IAHS nº 167. Edited by R. H. Swanson, P. Y. Bernier & P. D. Woodard.
- CHS. *"Comunidad de Regantes de Mecina-Bombarón, Provincia de Granada, denominada de San Isidro"*. Ordenanzas y reglamentos para el sindicato y jurado de riegos. Confederación Hidrográfica del Sur.
- CMMAD (1988). *"Nuestro Futuro Común"*. Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo. Alianza Editorial, Madrid.
- CMR-UICN (2000). *"Represas y Desarrollo: Un Nuevo Marco para la Toma de Decisiones"*. Informe de la Comisión Mundial de Represas. Noviembre de 2000.
- COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. *"Agricultura, medio ambiente y desarrollo rural: hechos y cifras"* (Bruselas, 07-99, COM) con la colaboración de tres servicios de la Comisión Europea: EUROSTAT, DG de Agricultura y DG de Medio Ambiente
- COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. *"Estrategia del Consejo en materia de integración medioambiental y desarrollo sostenible en el ámbito de la política agrícola común establecida por el Consejo de Agricultura"* (Bruselas, 17-11-99)
- COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL CONSEJO Y AL PARLAMENTO EUROPEO (2000). *"Indicadores para la integración de las consideraciones medioambientales en la Política Agrícola Común"* (Bruselas, 26.01.2000, COM)
- CONCURSO INTERNACIONAL DE BUENAS PRÁCTICAS (2004). *"Gestión racional y sostenible del agua de lluvia en las ciudades (Madrid, España)"*
- CONSELLERIA D'AGRICULTURA, PESCA I ALIMENTACIÓ. *"Plan de modernización del regadío en la Comunidad Valenciana"*. Generalitat Valenciana.
- CONSELLERIA D'OBRES PUBLIQUES URBANISME I TRANSPORTS (1985). *"Libro Blanco del Agua en la Comunidad Valenciana"*. Generalitat Valenciana.
- CONSELLERIA DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE & INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (1996). *"Los recursos hídricos en la Comunidad Valenciana"*. Madrid.
- CONSELLERIA DE MEDI AMBIENT (1994). *"Libro Blanco de la Política Forestal de la Comunidad Valenciana"*. Generalitat Valenciana.
- CRC- Liso Martín, J.D. *"Informe preliminar: sistema drenaje-reinyección. Cobre las Cruces"*. Abril-2006.

- CUSTODIO, E Y LLAMAS, M.R. (1983). *"Hidrología Subterránea"*. Ed Omega. Barcelona. 2 Vol: 1-2450.
- CUSTODIO, E. Y LLAMAS, M.R. (1983). *"Hidrología subterránea"* tomo I, 2ª Edición. Ed. Omega. Barcelona.
- DAVID G. PYNE, R. (1998). *"Aquifer storage recovery: Recent developments in the United States."* Artificial recharge of groundwater, Peters, J.H. et al. (ed). Proceedings of the 3th International Symposium on Artificial Recharge of Groundwater, TISAR 98, Amsterdam, Netherlands, 21-25 September 1998. Ed. Balkema, Róterdam.
- DAVID, R. & PYNE, G. (2005). *"Recent advances in ASR technology in the United States"* Proceedings of the 5th International Symposium on Management of Aquifer Recharge, Berlin, Germany, 2005.
- DE LA ORDEN, J. A., (2006). *"Recursos hídricos no convencionales"*. I Curso de Hidrogeología Aplicada, Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. Madrid.
- DE LA ORDEN, J. A., LÓPEZ-GETA, J. A. Y MURILLO, J. M. (2003). *"Experiencias de recarga artificial de acuíferos realizadas por el IGME en acuíferos detríticos."* Boletín Geológico y Minero. Volumen 114, nº 2, abril-junio de 2003. I.G.M.E- M.C.T.
- DE LA ORDEN, J.A. (2005). *"Estudio de la Recarga artificial en la Plana de Gandía-Denia. Diseño de una instalación a nivel industrial"*. Tesis Doctoral. ETSI Minas. Universidad Politécnica de Madrid.
- DE LOS COBOS, G. (2002). *"The aquifer recharge system of Geneva, Switzerland: a 20 year successful experience."* Management of Aquifer Recharge for Sustainability, Dillon, P.J. (ed). Proceedings of the 4th International Symposium on Artificial Recharge of Groundwater, Adelaide, South Australia 22-26 September 2002. Balkema Publishers-AIH, The Netherlands.
- DEBASISH, DAS. (2005). *"Development of fresh water sources in some part of the Arsenic contaminated areas of West Bengal trough artificial recharge: A remote sensing and geographical information system approach"* Proceedings of the 5th International Symposium on Management of Aquifer Recharge, Berlin, Germany, 2005.
- Desarrollo Rural-Tragsatec.
- DILLON, P. (2005). *"Future management of aquifer recharge"*. Hydrogeology Journal Official Journal of the International Association of Hydrogeologists. Volume 13, Number 1 / Marzo de 2005.
- DILLON, P. J. (1996). *"Economics of ASR: System and users perspective"*. Aquifer Storage and Recovery. Centre for Groundwater Studies. Adelaida, Australia. 1-2 october, 1996.
- DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS (1990). *"Plan Hidrológico. Síntesis de la documentación básica"*. MOPU. Madrid.
- DIRECTIVA 2000/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO
- DIRECTIVA 2006/118/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO
- DOMENICO, P.A. y SCHWARTZ, F.W. (1990). *"Physical and Chemical Hydrogeology"*. Ed. Wiley.
- DREVER, J.I. (1997). *"The geochemistry of Natural Waters"*. Prentice-Hall, 3ª Ed. 436 pp.
- DRIGVER, B., C., & WILLENSEN, A. (2005). *"Feasibility of ASR for surface water storage in Haarlemmermeer (Netherlands)"* Proceedings of the 5th International Symposium on Management of Aquifer Recharge, Berlin, Germany, 2005.
- DUNNE, T. & LEOPOLD, L.B. (1978). *"Water in Environmental Planning"*. W.H. Freeman and Company. New York.

- ESTELLER ALBERICH, M.V. (1993). "Consideraciones sobre el aprovechamiento de los recursos hídricos en la plana de Castellón. Utilización de aguas residuales para riego". Tesis Doctoral. Fac. Ciencias. Universidad de Granada.
- EWRI-ASCE. (2001). "Water Resources Planning & Management". World Water Resources & Environmental Resources Congress. Orlando Florida. May 20-24, 2001. EURI-ASCE. American society of civil engineers. ASCE/EWRI Standards Committee for Artificial Recharge.
- FAO (1962). "La influencia de los montes". Roma.
- FERNÁNDEZ ESCALANTE, A. E. (2008) " Aspectos cualitativos de la interacción agua-suelo en operaciones de recarga artificial de acuíferos. el caso de la Cubeta de Santiuste (Segovia)". I+D+i del Grupo TRAGSA Madrid. IX Simposio de Hidrogeología. AIH. Elche, Valencia. Enero de 2008
- FERNÁNDEZ ESCALANTE, A. E. (2008) " Técnicas de tratamiento de suelo y acuífero (s.a.t.) obtenidas de y aplicadas al dispositivo de recarga artificial de la Cubeta de Santiuste (Segovia)". I+D+i del Grupo TRAGSA Madrid. IX Simposio de Hidrogeología. AIH. Elche, Valencia. Enero de 2008
- FERNÁNDEZ ESCALANTE, A. E.; LÓPEZ HERNÁNDEZ, M.; LÓPEZ PARDO, J.R. (2008) "Esquemas tradicionales de la nueva gestión hídrica integral: las acequias de careo". Revista agricultura 908. Junio de 2008.
- FERNÁNDEZ ESCALANTE, A. E.; MINAYA OVEJERO, M. J. (2008). "Cinco años de recarga artificial en el acuífero de la Cubeta de Santiuste (Segovia)". I+D+i del Grupo TRAGSA Madrid. IX Simposio de Hidrogeología. AIH. Elche, Valencia. Enero de 2008.
- 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. (2004c). "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. (2004a). "Proposición de un sistema de caracterización de humedales degradados susceptibles de regeneración hídrica mediante operaciones de recarga artificial de acuíferos". VIII Simposio de Hidrogeología. El agua. esencia ambiental. AEH-IGME. Octubre de 2004.
- FERNÁNDEZ ESCALANTE, A.E., (2006). "Técnicas de tratamiento de suelo y acuífero (S.A.T.) aplicadas a la gestión de la recarga artificial". Serie Hidrogeología Hoy. Grafinat, Noviembre de 2006.
- FERNÁNDEZ ESCALANTE, A.E., GARCÍA RODRÍGUEZ, M. (2004d). "La recarga artificial de acuíferos en el mundo. Estado de la cuestión y experiencias". VIII Simposio de Hidrogeología. AEH-IGME. Octubre de 2004.
- FERNÁNDEZ ESCALANTE, A.E., GARCÍA RODRÍGUEZ, M. (2006). "Gestión de la recarga artificial de acuíferos (M.A.R.)". Serie Hidrogeología Hoy. Grafinat, Octubre de 2006.
- FERNÁNDEZ ESCALANTE, A.E., GARCÍA, M. Y VILLARROYA, F. (2005a). "The "careos" from Alpujarra (Granada, Spain), a historical example of artificial recharge previous to XIII century applicable to the XXI century. Characterization and inventory". ISMAR 5 proceedings. 5th International Symposium on Management of Aquifer Recharge. Berlín, 2005 (12-16 june).
- FETTER, C. W. (2001). "Applied Hydrogeology". Prentice-Hall, 4ª ed., 598 pp.
- FOCAZIO, MICHAEL J., REILLY, THOMAS E., RUPERT, MICHAEL G. & HELSEL, DENNIS R. (2002). "Assessing Ground-Water Vulnerability to Contamination: Providing Scientifically Defensible Information for Decision Makers" U.S. Geological Survey Circular 1224

- GALÁN, R, FERNÁNDEZ ESCALANTE, A E. Y MARTÍNEZ, J. (2001). “Contribuciones al estudio hidrogeológico para la recarga artificial del acuífero de la Cubeta de Santiuste. (Segovia).” VII Simposio de hidrogeología, AEH, Murcia.
- GALÁN, R., LÓPEZ, F., MARTÍNEZ, J., MACÍAS, C., GALÁN, G. Y FERNÁNDEZ ESCALANTE, A.E. (2001a). “Recarga artificial del acuífero de los Arenales en la comarca de “El Carracillo” (Segovia). Soporte físico.” VII Simposio de hidrogeología, AEH, Murcia.
- GALE I. (2005). “Strategies for Managed Aquifer Recharge (MAR) in semi-arid areas” IAH–MAR, UNESCO IHP. Paris, Francia.
- GANDULLO, J. M. (1992). “Influencias de la vegetación en el clima”. Curso Internacional sobre Ordenación Agrohidrológica y Restauración Hidrológico-Forestal de Cuencas. CENEAN. España.
- GANDULLO, J. M. (1985). “Ecología Vegetal”. Fundación Conde del Valle de Salazar. Escuela de Ingeniería Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid.
- GARCÍA DE JALÓN, D. (2003). “The Spanish Experience in Determining Minimum Flow Regimes in Regulated Streams”. Canadian Water Resources Journal Vol. 28, Nº 2, 185-198 pp.
- GARCÍA DE JALÓN, D.; GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, M. “El concepto de caudal ecológico y criterios para su aplicación en los ríos españoles”. Departamento de Ingeniería Forestal, Escuela de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid.
- GARCÍA NÁJERA Y COL. (1961). “Estudio teórico sobre la relación entre la superficie foliar de los árboles y el área cubierta por sus copas”. Anales del Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE). Año XXXIII, Nº 6. Ministerio de Agricultura.
- GARCÍA NÁJERA Y COL. (1961). “Retención de agua de lluvia por las copas y la corteza de los árboles”. Anales del Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE). Año XXXIII, Nº 6. Ministerio de Agricultura.
- GARCÍA NÁJERA, J. M. (1962). Anales del IFIE.
- GARCÍA-HERNÁN GÓMEZ, O. “Investigaciones y ensayos experimentales en la recarga artificial de acuíferos detríticos con baja permeabilidad. Lebrija (Sevilla)” Tesis Doctoral. Marzo de 1997.
- GONZÁLEZ AYESTARÁN, R. (2000). “Las acequias de Lanjarón en la Alpujarra de Granada”. Proyecto fin de carrera. E.T.S.I. Montes. Madrid.
- GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, M. (1985). “Papel del bosque en la calidad de las aguas”. Revista El Campo nº 98: Bosques y montes de España.
- GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, F.; LÓPEZ ARIAS, M. & MINAYA GALLEGU, M.T. (1993). “Intercepción, trascolación y escorrentía cortical en masas de *Eucalyptus globulus* y *Pinus pinea* del sur de la provincia de Huelva”. Departamento de Sistemas Forestales. INIA. Ponencia presentada en el Congreso Forestal Español. Lourizan, 1993. Pontevedra.
- GRAS, J.M.; VEGA, J.A.; BARÁ, S.; CUIÑAS, P.; de los SANTOS, J.A. & FONTURBEL, T. (1993). “La investigación en cuencas forestales de especies de crecimiento rápido en Galicia”. Centro de Investigaciones Forestales de Lourizan. Ponencia presentada en el Congreso Forestal Español. Lourizan, 1993. Pontevedra.
- GREEN WH, AMPT GA. (1911). “Studies on soil physics, I. The flow of air and water through soils.” J Agric Sci 4:1–24.
- GRISCHEK, T., MADELEIDT, W. & NESTLER, W. (2002a). “River bed specifics and their effect on bank filtration efficiency.” Management of Aquifer Recharge for Sustainability, Dillon, P.J. (ed). Proceedings of the 4th International Symposium on

- Artificial Recharge of Groundwater, Adelaide, South Australia 22-26 September 2002. Balkema Publishers-AIH, The Netherlands.
- GRISCHEK, T., SCHOENHEINZ, D. WORCH, E. & HISCOCK, K. (2002b). *“Bank filtration in europe- an overview of aquifer conditions and hydraulic controls.”* Management of Aquifer Recharge for Sustainability, Dillon, P.J. (ed). Proceedings of the 4th International Symposium on Artificial Recharge of Groundwater, Adelaide, South Australia 22-26 September 2002. Balkema Publishers-AIH, The Netherlands.
 - GRUPO TRAGSA (2000). *“Pliego de prescripciones técnicas para las actuaciones en la red de acequias de Sierra Nevada”*. Documento interno no publicado.
 - HAEFFNER, H., DETAY, M. & BERSILLON, J.L. (1998). *“Sustainable groundwater management using artificial recharge in Paris region.”* Artificial recharge of groundwater, Peters, J.H. et al. (ed). Proceedings of the 3th International Symposium on Artificial Recharge of Groundwater, TISAR 98, Ámsterdam, Netherlands, 21-25 September 1998. Ed. Balkema, Róterdam.
 - HANTKE, H (1983). *“Der Sickerschlitzengraben. Brunnenbau, Bau von Wasserwerken, und Rohrleitungsbau”* (BBR): 34(6):207–208.
 - HARRIS, SALLY, ADAMS, MARCUS & JONES, MICHAEL (2005). *“NLARS: Evolution of an aquifer recharge scheme”* Proceedings of the 5th International Symposium on Management of Aquifer Recharge, Berlin, Germany, 2005.
 - HEALY, R. & COOK, P. (2002). *“Using groundwater levels to estimate recharge.”* Hydrogeology Journal Vol 10, nº 1. Feb 2002. AIH-Springer.
 - HILLS ANGUS. G., (1970). *“Developing a better environment”*. Ontario Economic Council, Toronto.
 - HISCOCK, H. (2005). *“Hydrogeology. Principles and practice”*. Blackwell 389 pp.
 - HUERTAS, E., FOLCH, M., VERGÉS, C., PIGEM, J., SALGOT, M. (2005). *“La calidad del agua residual regenerada para la recarga de acuíferos”* IGME 1999.
 - HUKKA, JARMO J. & SEPPÄLÄ, OSMO T. (2005). *“One of 29 WaterTime case studies on decision-making on water systems: Tampere”*
 - IGME. (1995). *“Nuevas tecnologías para el saneamiento, depuración y reutilización de las aguas residuales en la provincia de Alicante”*, 1995.
 - IGME. (2000). *“Identificación de acciones y programación de actividades de recarga artificial de acuíferos en las cuencas intercomunitarias.”* MCT.
 - IGME. (2006). *“Mapa litoestratigráfico y de permeabilidad de España”* IGME. Ministerio de Medio Ambiente. Formato DVD versión 1.0 (2006)
 - IGRAC *“Global Inventory of Artificial Recharge”* UNESCO
 - IHP (2000). Central Ground Water Board Ministry of Water Resources & International Hydrological Programme UNESCO. *“Catch the water - where it drops: rain water harvesting and artificial recharge to ground water, a guide to follow”* UNESCO
 - INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (1991). *“Tecnología básica de la recarga artificial de acuíferos”*. Madrid.
 - IRYDA (1985). *“Diseño y construcción de pequeños embalses”*. Manual Técnico nº2.
 - IRYDA. (1990). *“Proyecto de Asistencia Técnica para el Estudio Hidrogeológico de la Cubeta de Santiuste (Segovia).”* Documento técnico no publicado. IRYDA-ITGE., 1990.
 - ITGE. (1991). *“Tecnología básica de la recarga artificial de acuíferos.”* Serie: Lucha contra la contaminación.
 - ITGE. (2000b). *“Identificación de acciones y programación de actividades de recarga artificial de acuíferos en las cuencas intercomunitarias”*. ITGE. Ministerio de Ciencia y Tecnología (e.a. M.C.T).
 - ITGE: *“Informe sobre la hidrogeología de la zona de Villagonzalo de Coca, Villeguillo, Ciruelos de Coca y Santiuste de S. Juan Bautista”*. (1989).

- IWMI-TATA WATER POLICY PROGRAM (2002). *"Innovations in Groundwater Recharge"* Water Policy Briefing 1
- KALANTARI, N & GOLI, A. (2005). *"Artificial recharge of Baghmelak aquifer, Khoucestas province, Southwest of Iran"* Proceedings of the 5th International Symposium on Management of Aquifer Recharge, Berlin, Germany, 2005.
- KITTREEEDGE, J. (1948). *"Forest influences"*. McGraw-Hill. New York.
- LANGMUIR, D. (1997). *"Aqueous Environmental Geochemistry"*. Prentice-Hall, 600 pp.
- LASZLO, F. (2003). *"The Hungarian Experience with Riverbank Filtration."* Riverbank filtration: the future is now. Proceedings of the Second International Riverbank Filtration Conference. Melin, G. (Ed.). September 16-19, 2003. Cincinnati, Ohio. National Water Research Institute. Fountain Valley, California.
- LLAMAS MADURGA, M.R. (2001). *"Aguas subterráneas: retos y oportunidades"*. Fundación Marcelino Botín. Ediciones Mundi-prensa.
- LÓPEZ CADENAS DE LLANO, F. (1992). *"Influencia de la vegetación en la conservación del agua y del suelo"*. Curso Internacional sobre Ordenación Agrohidrológica y Restauración Hidrológico-Forestal de Cuencas. CENEAN. España.
- LÓPEZ CADENAS DE LLANO, F. Y BLANCO CRIADO, M. (1978). *"Hidrología Forestal 2ª parte"*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid.
- LUJÁN GARCÍA, J.; RODRÍGUEZ CHAPARRO, J. & MENÉNDEZ LÓPEZ, J. (1992). *"Dotaciones de riego máximas"*. Revista Ingeniería Civil nº 85.
- MAPA (2002-2006). *"Memoria Propuesta de indicadores. Programa de Vigilancia Ambiental del Plan Nacional de Regadío"* H-2008.
- MAPA. (1999a). *"Estudio hidrogeológico complementario para la recarga artificial en la cubeta de Santiuste (Segovia)"*. Informe técnico no publicado. Secretaría General de Desarrollo Rural-Tragsatec. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- MAPA. (1999b). *"Anteproyecto de recarga del acuífero de la Cubeta de Santiuste de San Juan Bautista (Segovia)"*. IRYDA.
- MAPA. (2000). *"Proyecto de A.T. Gestión de los Recursos Hídricos del Acuífero de Los Arenales, Carracillo (Segovia)"*. Dirección General de Desarrollo Rural-TRAGSATEC (no publicado).
- MAPA: *"Proyecto de asistencia técnica para la modelización matemática de la recarga artificial del acuífero de los Arenales, Cubeta de Santiuste (Segovia)"*. (2002-2004).
- MAPA: *"Proyecto de las obras para la recarga artificial del acuífero de los Arenales, Cubeta de Santiuste (Segovia)"*. (1999).
- MARTÍN-ALONSO, J. (2003). *"Combined Use of Surface Water and Groundwater for Drinking Water Production in the Barcelona Metropolitan Area."* Riverbank filtration: the future is now. Proceedings of the Second International Riverbank Filtration Conference. Melin, G. (Ed.). September 16-19, 2003. Cincinnati, Ohio. National Water Research Institute. Fountain Valley, California.
- MARTÍNEZ TEJERO, O.; FERNÁNDEZ ESCALANTE, A. E. (2008) *"Recarga de acuíferos en España en el marco del desarrollo sostenible"*. Revista agricultura. Nº 903. Enero de 2008.
- MCCHESENEY, D. (2001). *"Artificial Storage and Recovery of Ground Water. Progress Report"*. Washington State Department of ecology Olympia WA Pub number 01-11-019
- MENCÍO, A., MAS-PLA, J. Y VILANOVA, E. (2003). *"Análisis de las posibilidades de la recarga artificial de aguas residuales en el contexto hidrológico de la cuenca del río Onyar (Cuencas internas de Cataluña)"*. Presente y futuro del agua subterránea en España y la Directiva Marco del agua. Medidas de corrección. Zaragoza, 20-22 de noviembre de 2002. IGME.

- MIMAM. (2000b). *“Libro Blanco del Agua en España 2000 (LBAE).”* MIMAM. Madrid. 637 pp.
- MIMAN (1996). *“Indicadores ambientales. Una propuesta para España”*. DG de Calidad y Evaluación Ambiental. Madrid, 1996.
- MINAYA GALLEGO, M.T.; GONZÁLEZ, F. & LÓPEZ ARIAS, M. (1993). *“Estudio de las relaciones precipitación-intercepción y escorrentía cortical en una masa de Pinus pinea”*. Departamento de Sistemas Forestales. INIA. Ponencia presentada en el Congreso Forestal Español. Lourizan, 1993. Pontevedra.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN (1986). *“Mapas de cultivos y aprovechamientos”*.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (1995). *“Anuario de Estadística Agraria. 1993”*.
- MINTEGUI AGUIRRE, J. A. Y LÓPEZ UNZU, F. (1990). *“La Ordenación Agrohidrológica en la Planificación”*. Departamento de Agricultura y Pesca. Gobierno Vasco. Servicio Central de Publicaciones.
- MMA.(2002) *“Directiva del Parlamento y del Consejo sobre la protección de las aguas subterráneas frente a la contaminación”*, Madrid el 22 de Enero de 2007. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General del Agua.
- MOLCHANOV, A. A. (1963). *“The hydrological role of forest”*.
- Montgomery, H. (1987). *“U.K. Experience in the ground water recharge of threatened sewage: Potential for irrigation purposes.”* Irrig. & Drainage Eng.
- MORENO MERINO, LUIS, (2003). *“La depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante la infiltración directa en el terreno”* IGME, 2003.
- MUNTEANU, A. ; GASPAR, R. ; CLINCIU, I. & LAZAR, N. (1978). *“ Sur le calcul des débits maximums des torrents”*. Groupe de travail de l'aménagement des bassins versants de montagne (FAO). 12-ème session, 18-26 sept. 1978. Roma.
- MURILLO DÍAZ, J.M. (2003). *“Recarga de acuíferos evaluación y análisis de condicionantes técnicos y económicos. Acuífero aluvial del bajo Guadalquivir”*. Tesis Doctoral. E.T.S.I. MINAS, Universidad Politécnica de Madrid.
- MURILLO, J.M., DURÁN, J.J., ORDEN, J.A. DE LA, LÓPEZ GETA, J.A. (2002). *“Experiencia piloto de recarga artificial en el acuífero de Mitidja (Argelia).”* Curso de recarga artificial de acuíferos.” IGME.- Agencia Española de Cooperación Internacional. Técnicas Hidrogeológicas y de Servicio.
- NASSIF, S.H. & WILSON, E.M. (1975). *“The influence of slope and rain intensity on runoff and infiltration”*. Hydrol. Sci. Bull., 20, 539-533.
- NAVARRO ALCALÁ-ZAMORA, P. (1981). *“Tratadillo de Agricultura Popular”*.
- NAVARRO PÉREZ, L.C. (1983). *“Algunos aspectos del uso y distribución de las aguas de Almería: siglo XVI-XVIII”*, Almotacin, 2, pp. 83-88.
- NOGUERA CÁCERES, J.F. *“Caracterización de zonas contaminadas por métodos geoquímicos: Área de Gavà-Viladecans (Delta del Llobregat)”* 2003. Tesis Doctoral. Universidad de Autónoma de Barcelona
- OMS. (1989). *“Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en Agricultura y Acuicultura.”* Informe de un Grupo Científico de la Organización Mundial de la Salud (e.a. OMS.). Ginebra 1989. Serie de Informes Técnicos 778
- ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO (1999). *“Indicadores ambientales para la agricultura: Métodos y resultados - Gases efecto invernadero, biodiversidad y hábitats salvajes”* Agosto 1999. (OCDE)
- ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO (1999). *“Indicadores ambientales para la agricultura: Métodos y resultados - Gestión de*

- la explotación, recursos financieros de la explotación, viabilidad rural*" Agosto 1999 (OCDE).
- ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO, (1999). *"Indicadores ambientales para la agricultura: Métodos y resultados - Contextuales recomendados, uso de nutrientes, riesgos y uso de pesticidas"* Agosto 1999 (OCDE).
 - PACHÓN, D, MARTÍN MACHUCA, M., MURILLO, J.M., LÓPEZ-GETA, J.A. (2001). *"La instalación piloto de recarga artificial de "Los Sotillos" (Cádiz)"*. V Simposio sobre el agua en Andalucía, Almería, 25 - 28 de septiembre 2001. Vol. 1.
 - PARDE, J. (1978). *"El microclima del bosque"*. In Ecología Forestal (Pesson, ed.). Mundi Prensa. Madrid.
 - PERALES MOMPARNER, S.; ANDRÉS DOMÉNECH, I.; FERNÁNDEZ ESCALANTE, A. E. (2008) *"Los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en la hidrogeología urbana"*. I+D+i del Grupo TRAGSA Madrid. IX Simposio de Hidrogeología. AIH. Elche, Valencia. Enero de 2008
 - PERALES MOMPARNER, S.; ANDRÉS DOMÉNECH, I.; FERNÁNDEZ ESCALANTE, A. E. (2008) *"Los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en la hidrogeología urbana"*. I+D+i del Grupo TRAGSA Madrid. IX Simposio de Hidrogeología. AIH. Elche, Valencia. Enero de 2008
 - PEREZ-PARICIO, A. (1999). *"Site description Cornellà, Spain."* Proyecto Europeo de Recarga Artificial de Acuíferos. Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), Barcelona.
 - PÉREZ-PARICIO, A. (2000). *"Integrated modelling of clogging of artificial recharge systems."* Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña.
 - PÉREZ-PARICIO, A. (2007). *"Managed aquifer recharge (groundwater artificial recharge) operation tools"* 1st Joint Workshop Reclaim Water- Gabardine, Barcelona, Spain 2007.
 - PÉREZ-PARICIO, A., BENET, I., AYORA, C., SAALTINK, M. Y CARRERA, J. (2000b). *"CLOG: A code to address the clogging of Artificial Recharge systems."* Simposio internacional: Computer Methods for Engineering in Porous Media, Flow and Transport, 28/9 al 1/10 de 1998. Giens (Francia). Ed.: J.M. Crolet.
 - PÉREZ-SOBA BARÓ, A. (1985). *"Influencias de la vegetación en la conservación del suelo y del agua"*. Revista El Campo nº 98: Bosques y montes de España.
 - PONCE, V. M. (1989). *"Engineering hydrology. Principles and practices"*. Prentice Hall. New Jersey.
 - PROCEEDINGS OF AN INTERNACIONAL SYMPOSIUM, HELSINKI, FINLAND (1996). *"Artificial recharge of groundwater"* Ed. Anna-Liisa Kivimäki and Tuulikki Suokko
 - PULIDO-BOSCH. A. (1995). *"Centuries of artificial recharge on the southern edge of the Sierra Nevada"*. Environmental Geology. V. 26. pp 57-63.
 - RINK-PFEIFFER, S., PITMAN, C. & DILLON, P. (2005). *"Stormwater ASR in practice and ASTR (aquifer Storage Transfer and Recovery) under investigation in Salisbury, South Australia"* Proceedings of the 5th International Symposium on Management of Aquifer Recharge, Berlin, Germany, 2005.
 - RUBIO, J.C., LUPIANI, E., DELGADO, S., LÓPEZ-GETA, J.A., IGLESIAS, A., PERANDRES, G., CASTILLO, E. y DELGADO, J. (2002). *"Experiencia de recarga artificial mediante la utilización de las aguas de drenaje de la mina de Alquife en el acuífero de Guadix (Granada)"*. Libro homenaje a Manuel del Valle Cardenete. IGME.
 - RUSTEBERG, B. (2006). *"Groundwater Artificial Recharge by Alternative Sources of Water to guarantee Water Supply in the Future: The European Research Project GABARDINE"* Conferencia en AQUA

- Salgot de Margay, M. (1980). *“Estudio acerca de la posibilidad de reutilización de las aguas residuales depuradas de la Costa Brava, Gerona”*. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia, Universidad de Barcelona.
- SALIM, N & WILDI, W. (2005). *“Conceptual approach of recharge estimation at the West Bank Aquifers - Palestine”* Proceedings of the 5th International Symposium on Management of Aquifer Recharge, Berlin, Germany, 2005.
- SANDLUND, O.T., & VIKEN, Å. (1997). *“Report from Workshop on Freshwater Biodiversity.”* Selbu, Norway, 5.-7. June 1997. The Trondheim Conferences on Biodiversity.
- SCHWAB, G. O.; FREVERT, R. K.; EDMINSTER, T. W. & BARNES, K. K. (1966). *“Soil and water conservation engineering. Chapter 3: Infiltration, Evaporation and transpiration”*. Third Edition.
- SECO SANTOS J. y GARMENDIA IRAUNDEGUI J. (1973). *“Evaporación en España”*. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.
- SERVICIO GEOLÓGICO (1986). *“Recarga artificial de acuíferos”*. Boletín de Informaciones y Estudios. MOPU.
- SEWRPC 2006 *“State-of-the-art of water supply practices chapter VI: artificial groundwater recharge and management”* Technical Report No. 43
- SHINDE, MUKUND, SMOUT, IAN & GORANTIWAR, SUNIL. (2005). *“Assessment of water harvesting and groundwater recharge through continuous contour trenches”* Proceedings of the 5th International Symposium on Management of Aquifer Recharge, Berlin, Germany, 2005.
- SILGADO, A., ROMÁN, J, MARTÍN, M. Y MANTECÓN, R. (2002). *“Uso eficiente del agua en cuencas optimización de la gestión de los recursos hidráulicos mediante la recarga artificial. Experiencias en la cuenca del Guadalquivir”*
- SINISI, LUCIANA (2005). *“Impact assessment of aquifer”* NEPA,
- TAMAS, PAUL. (2003). *“Water Resource Scarcity and Conflict: Review Of Applicable Indicators and Systems of Reference”* UNESCO Technical Documents in Hydrology PC+CP series 21
- TUINHOF, A, OLSTHOORN, T., HEEDERIK, J.P. & DE VRIES, J. (2004). *“Management of Aquifer Recharge and Subsurface Storage. A promising option to cope with increasing needs.”* Netherlands National Committee for the IAH in cooperation with Netherlands Hydrological Society.
- UPV (2001). Aquatool. Sistema soporte de decisión para la planificación y gestión de recursos hídricos. UPV, 2001
- VALDÉS, J.L. (1992). *“Experiencias de recarga artificial en los acuíferos del Río Llobregat y Río Besòs.”* Aguas de Barcelona (AGBAR), Barcelona
- VAN HOUTTE, EMMANUEL & VERBAUWHEDE, JOHAN. (2005) *“Artificial recharge of wastewater effluent enables sustainable groundwater management of a dune aquifer in Flanders, Belgium”* Proceedings of the 5th International Symposium on Management of Aquifer Recharge, Berlin, Germany, 2005.
- VEIHMEYER, F.J. & HENDRICKSON, A.J. (1931). *“The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soils.”* Soil Science 32:181–194.
- VILLARROYA, F. (2002). *“El marco de la Directiva Marco.”* Jornadas técnicas sobre la gestión y el control del agua frente a la Directiva Marco. UAM-CY-II.
- WANIELISTA, M. (1990). *“Hydrology and water quantity control”*.
- WHO (2003) *“Health risks in aquifer recharge using reclaimed water - State of the art report”* Edited by R. Aertgeerts & A. Angelakis
- WINTER, T.C., HARVEY J.W., FRANKE, O.L., ALLEY, W.M. (1998). *“Groundwater and surface water. A single resource”*. US Geological Survey. Circ 1139.

- http://aguas.igme.es/igme/educacion_ambiental/LIBRO_AGUAS_SUB/PAGINAS_HTML_FINAL_ESPANOL/pagina35/pagina35.html
- http://aguas.igme.es/igme/educacion_ambiental/LIBRO_AGUAS_SUB/PAGINAS_HTML_FINAL_ESPANOL/pagina35/pagina35.html
- <http://aguas.igme.es/igme/publica/libro47/lib47.htm>
- http://cgwb.gov.in/documents/Guide_on_ArtificialRecharge.pdf
- <http://dnr.wi.gov/org/water/dwg/gac/presentations/contents.pdf>
- <http://igrac.nitg.tno.nl/marmain.html>
- <http://mediambient.gencat.net/aca/documents/ca/>
- <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001333/133307e.pdf>
- <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001438/143819E.pdf>
- <http://www.andaluciajunta.es/portal/boletines/2006/03/aj-bojaVerPagina-2006-03/0,23159,bi%253D693193260889,00.html>
- <http://www.ath.aegean.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=8758>
- <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind53/dis/dis.html>
- <http://www.cgwaindia.com/success.htm>
- <http://www.cobrelascruces.com/>
- <http://www.csir.co.za>, 2002
- <http://www.dams.org>
- <http://www.dams.org/report/>
- <http://www.ecy.wa.gov/biblio/0111019.html>
- <http://www.eladelantado.com/ampliaNoticia.asp?idn=50568&sec=2&offset=0>
- <http://www.euro.who.int/document/wsn/WSNgroundwaterrpt.pdf>
- <http://www.gerenasostenible.org/>
- <http://www.h2ogeo.upc.es/publicaciones>
- http://www.h2ogeo.upc.es/seminarios/2006/Manuela%20Barbieri%2026_01_2006.pdf
- <http://www.iah.org/recharge>
- <http://www.iwmi.cgiar.org/waterpolicybriefing/files/wpb01.pdf>
- <http://www.mcu.es/TESEO/teseo.html>
- http://www.mma.es/secciones/agua/pdf/informesphncon/manuel_llamas_madurga.pdf
- <http://www.sociedadgeologica.es/archivos/geogacetas/Geo38/Geo38-43.pdf>
- <http://www.sociedadgeologica.es/archivos/geogacetas/Geo38/Geo38-43.pdf>
- <http://www.springerlink.com/content/u0r3txnnfqm4p6y/>
- http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECEOC05_003.pdf
- <http://www.unesco.org>.
- http://www.unesco.org/water/ihp/publications/water_harvesting.pdf
- <http://www.upv.es/aquatool/>.
- http://www.watertime.net/wt_cs_cit_ncr.asp#Finland)
- http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/wsh0308/en/index.htm)
- http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/wsh0308chap5.pdf)
- http://www.wwf.es/aguas_politica_phn.php
- http://es.wikipedia.org/wiki/Recarga_artificial_de_acu%C3%ADferos