

"Técnicas de Recarga Artificial de Acuíferos: Aplicación en entornos Mediterráneos"



Por Dr. Enrique Fernández Escalante



Especialista Tragsa I+D+i. Profesor asociado Campus Moncloa.
"Noble prime" 2013 del Grupo de Recarga Gestionada (MAR) de la
Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH)
Desde marzo de 2013, co-coordinador de este mismo grupo.

IAH Email list - IAH-International Association of Hydrogeologists - Windows Internet Explorer

http://recharge.iah.org/recharge/contacts.htm

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

IAH Email list - IAH-International Association of Hydro...



GROUNDWATER ORGANISATION

HOME SYMPOSIA WORKSHOPS-PLENARIES WORKING GROUPS IAH-MAR EMAIL **RESEARCH** PUBLICATIONS LINKS CONTACTS

Contacts

IAH email list

[Click here to access the IAH Email List.](#) By clicking on this link you can join a large group of people with interests in recharge enhancement. We hope you will contribute ideas and news of interest to this scientific community, and benefit from the contributions of others to this email list.


Contact a Co-Chair

Peter Dillon
Co-Chair, IAH Commission on Managing Aquifer Recharge
CSIRO Land and Water, Australia
peter.dillon@csiro.au

Weiping Wang
Co-Chair IAH Commission on Managing Aquifer Recharge
University of Jinan, China
stu_wangwp@ujn.edu.cn

Enrique Fernandez Escalante
Co-Chair IAH Commission on Managing Aquifer Recharge
TRAGSA Group, Spain
efernan6@tragsa.es

Selected publications



Clogging Monograph

● [Back to top](#)

Internet 100%

Error en la página.

Índice

- Recarga gestionada de acuíferos ¿MAR o AR?
- Introducción
 1. MAR. Una técnica de gestión hídrica alternativa
 2. Estado del arte
 3. Experiencias
 4. Casos concretos del sur peninsular
 5. Proyectos específicos en el arco mediterráneo



Introducción

- ¿MAR o AR? Análisis **DAFO (=SWOT)**

Fortalezas:

- MAR y cambio climático
- MAR e IWRM

Debilidades:

- Idiosincracia
- Experiencias sin continuidad

Amenazas!!!

Oportunidades!!!



Gestión hídrica y cambio climático

- El **agua** se considera el **principal vector del cambio climático** (Conf CC CEDEX, Madrid, Oct. 2011)
- El **90%** se utiliza para **finés agrícolas** en áreas en desarrollo (FAO)
- Cada año nacen 83 millones de personas.
- Expectativas de **“future water scarcity”** (B.M)
- Los **acuíferos profundos** ya **no son** considerados un **recurso renovable** (FAO)
- El **agua subterránea** se está minando por efecto del C.C. del orden de **5.400 hm³/año en México** (renovación y calidad)
- El precio medio del agua subió un **4,5% en 2010**.
- **30.000 M \$ anuales** para cumplir los **MDG** en cuanto a suministro de agua en los **países en desarrollo**



Fuentes: OCDE, UNESCO

http://www.unesco.org/water/news/newsletter/93_es.shtml

Panorama “adverso”

El contexto actual requiere **soluciones tecnológicas avanzadas** en los esquemas de gestión hídrica integral

La gestión hídrica en España

Técnicas:

- Recarga gestionada de acuíferos ¿MAR o AR?



1. Una técnica de gestión hídrica alternativa
2. Estado del arte
3. Experiencias
4. Casos concretos del sur peninsular
5. Proyectos específicos en el arco mediterráneo

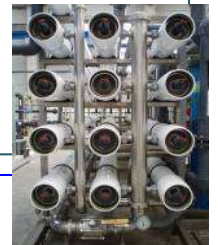
Convencionales

- **ALMACENAMIENTO EN EMBALSES: 53.000 hm³**
- **EXPLORACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS: 6.000 hm³/año. 80% regadío**
- **TRASVASES**



No convencionales

- **REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE: 450 hm³/año**
- **DESALACIÓN: 1,5 hm³/día. Casi 1.000 desaladoras**



Especiales o alternativas

- **GESTIÓN DE LA RECARGA DE ACUÍFEROS (MAR) 380 hm³/año**
- TÉCNICAS PALIATIVAS**

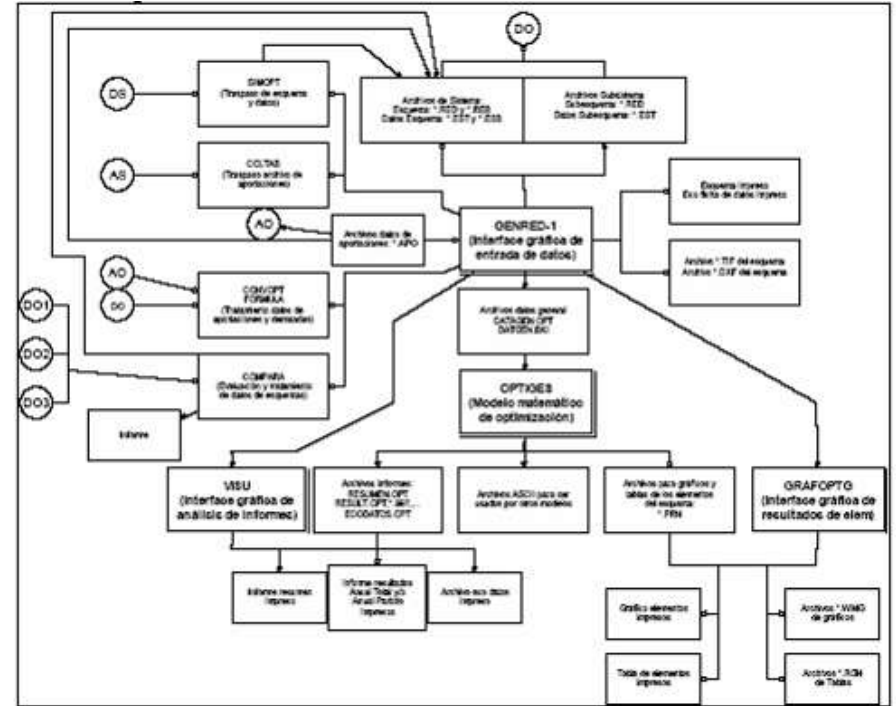
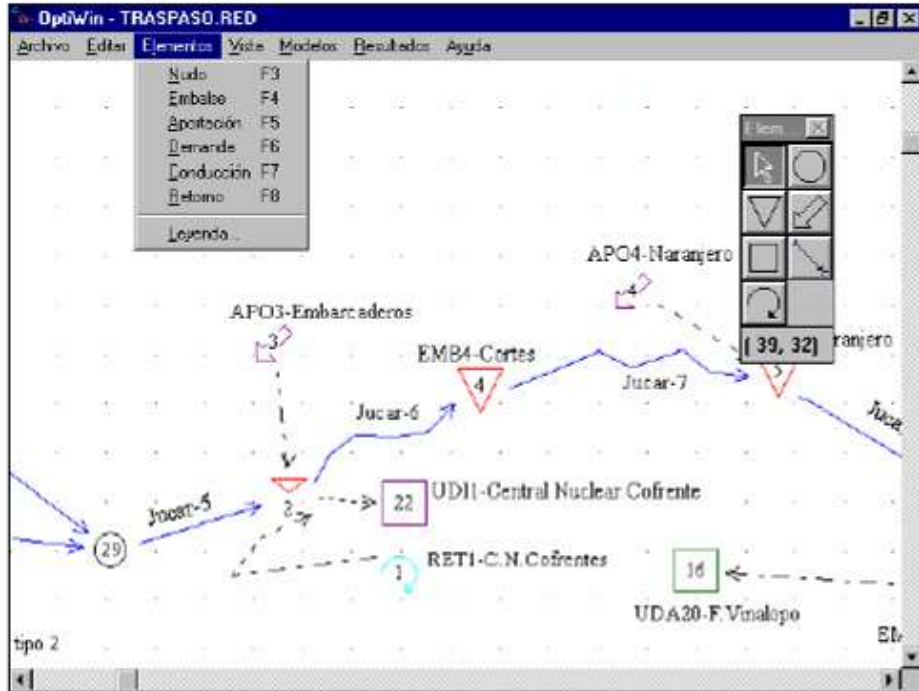
- Ahorro / Eficiencia de las conducciones
 - Disminución de la escorrentía
 - Descender evaporación
 - Descargas submarinas de agua dulce
- Etc.



Gestión hídrica integral.

Esquemas topológicos

Aquatool (UPV)



El sistema distingue nudos con y sin capacidad de almacenamiento, canales, demandas, entradas hidrológicas...

ELEMENTOS DE RETORNO ESCASOS

Estado del arte

Managed Aquifer Recharge (MAR)

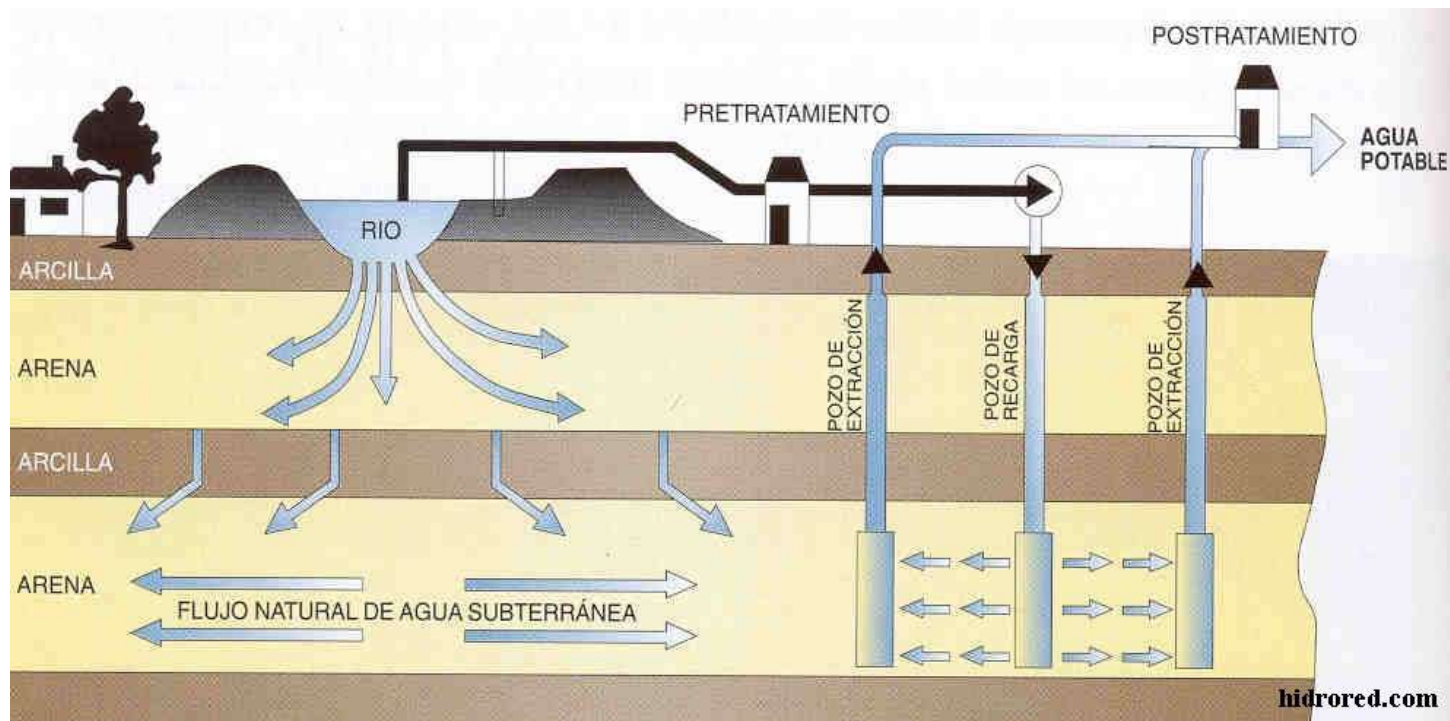
- Recarga gestionada de acuíferos ¿MAR o AR?
 1. Una técnica de gestión hídrica alternativa
 2. Estado del arte
 3. Experiencias
 4. Casos concretos del sur peninsular
 5. Proyectos específicos en el arco mediterráneo

- La recarga artificial de acuíferos (MAR) se ha convertido en una **herramienta de gestión hídrica económica y de gran efectividad** con respecto a las grandes obras hidráulicas.
- En gran parte del mundo se encuentra todavía en un **estadio incipiente o experimental**.
- El Anejo 2 de la Directiva 2000/60/CE y su documento guía del análisis de presiones e impactos, el **informe IMPRESS (CEE, 2002)**, incluye la **recarga artificial** como una actividad o ***Driving Force***.

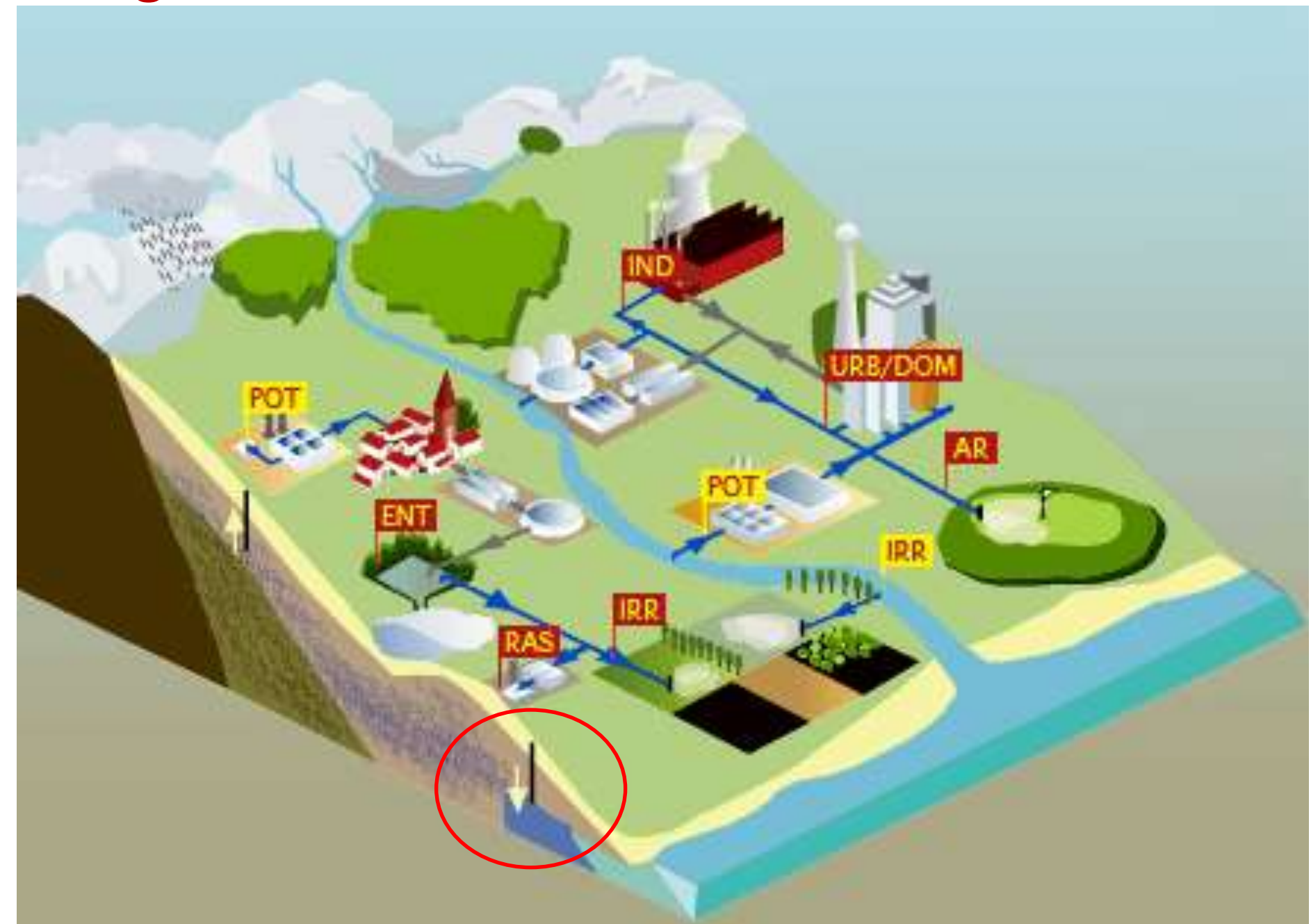


Driving Force

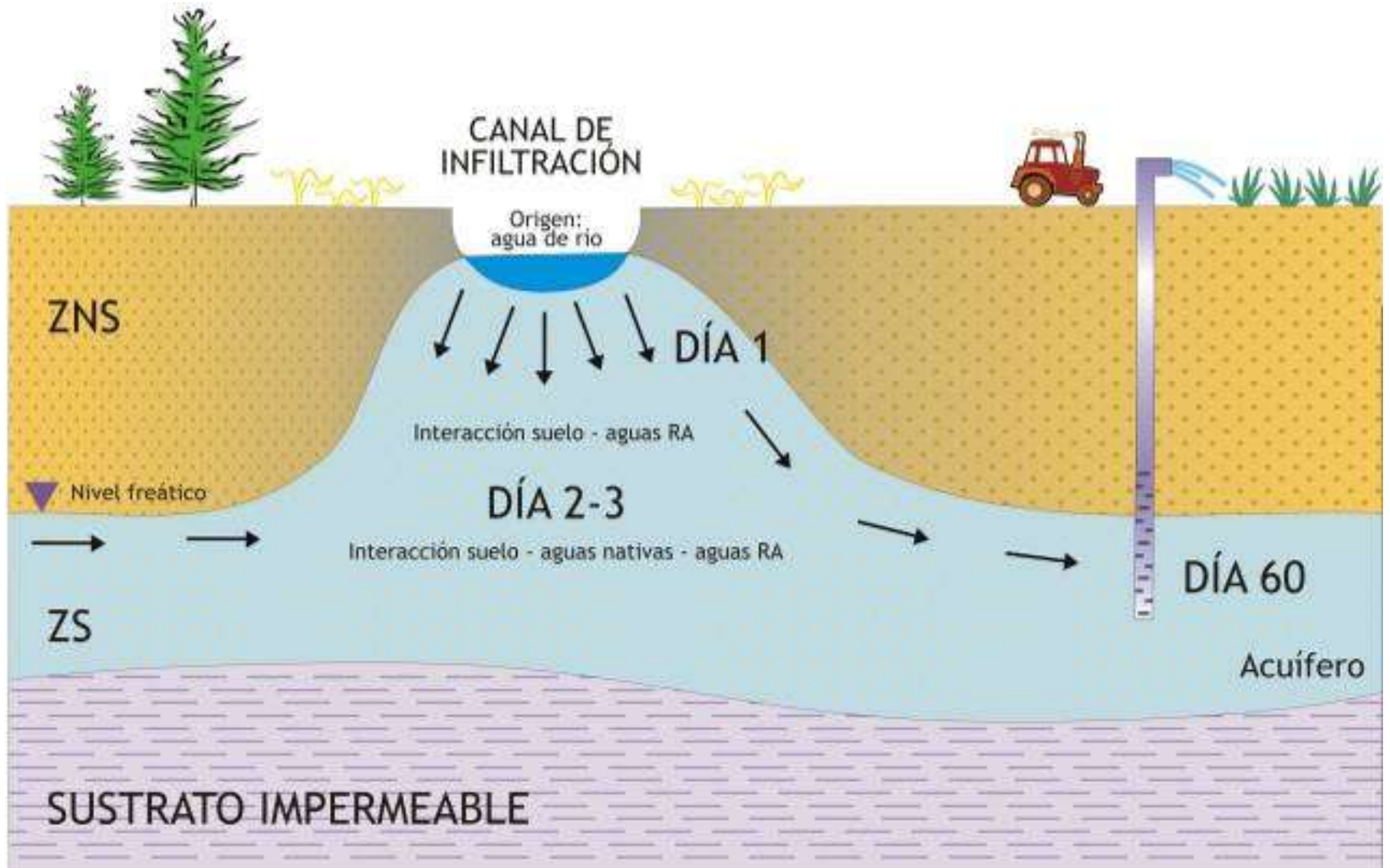
El Anejo 2 de la Directiva 2000/60/CE y su documento guía del análisis de presiones e impactos, el informe IMPRESS (CEE, 2002), incluye la recarga artificial como una actividad “*Driving Force*” (puede provocar un impacto sobre la cantidad y la calidad de la masa de agua).



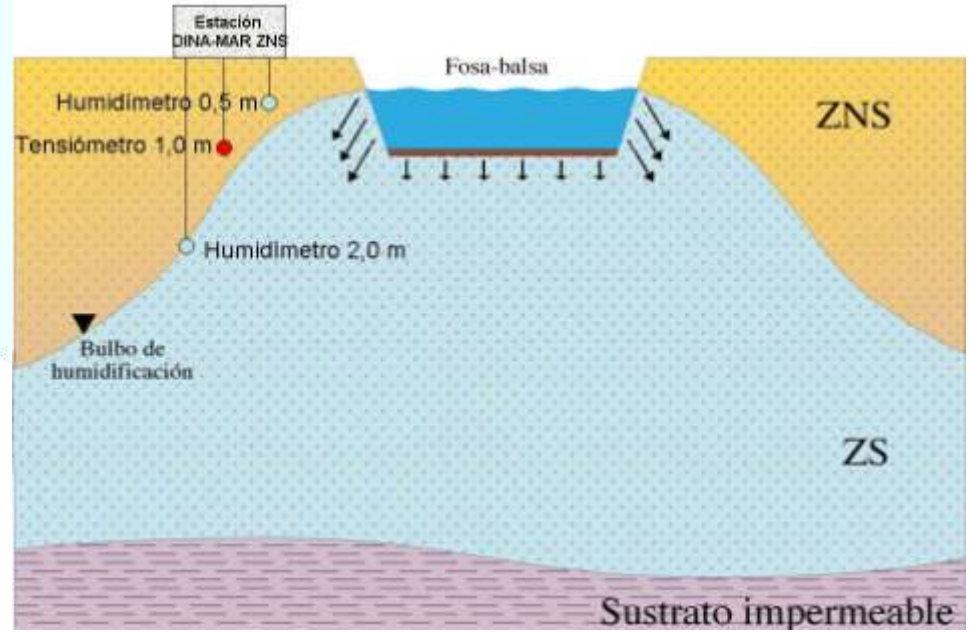
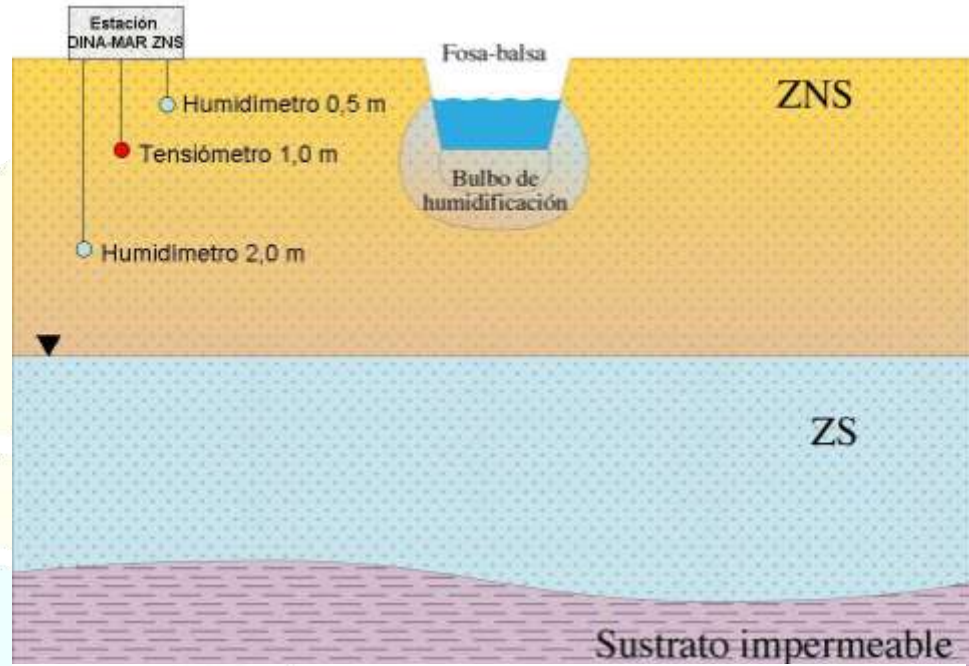
Ideograma



Mecanismo hidrodinámico



Mecanismo hidrodinámico 2



Un hito tras Darcy: Green and Ampt, 1911

La infiltración a través de un suelo saturado en agua está determinada por la ecuación de Green and Ampt (*Green and Ampt, 1911*), que es una adaptación de la ecuación de Darcy para suelos saturados. Su expresión es:

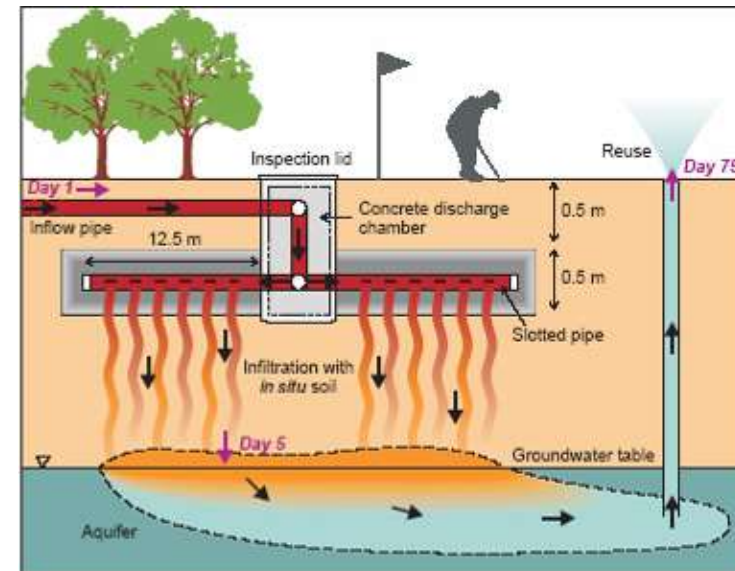
$$V_i = K \frac{H_w + L_f + h_{we}}{L_f}$$

- Donde:
- V_i es la tasa de infiltración.
- K es la conductividad hidráulica de la zona humedecida.
- H_w es la profundidad del agua con respecto al suelo.
- L_f es la profundidad del frente del bulbo de humidificación.
- h_{we} es la capacidad de succión capilar o presión negativa en el frente del bulbo de humidificación.

La ecuación no considera el aire disuelto, por lo que el resultado queda subestimado, si bien el parámetro h_{we} puede ser modificado para un cálculo más realista.

Para ello *Bouwer et al, 1999*, proponen los siguientes valores: (por experiencias realizadas en infiltrómetros).

- Arenas gruesas: -5
- Arenas de grano medio: -10
- Arenas de grano medio fino: -15
- Arenas y limos- limos arenosos: -25
- Limos: -35
- Arcillas estratificadas: -35
- Arcillas dispersas: -100



Utilidades de la técnica MAR:



- **Almacenar agua en los acuíferos**, especialmente en zonas de **escasa disponibilidad superficial o sin posibilidad de otras formas** de embalsamiento
- **Suavizar fluctuaciones** en la demanda y **reducir el descenso** del nivel del agua por sobrebombeo
- Utilización del **acuífero como embalse regulador**, almacén y red de distribución dentro de un sistema integrado
- Reducir las **pérdidas por evaporación** respecto a presas y balsas
- **Compensación de la pérdida de recarga natural** en un acuífero por actividades humanas
- Evitar que las aguas de inferior **calidad** del acuífero se desplacen hacia captaciones de buena calidad.
Suavizar diferencias cualitativas
- **Regeneración hídrica** elementos clave (humedales)
- **Barrera** para la intrusión marina
- Prevenir **problemas geotécnicos**
- **Evacuación y depuración de** aguas residuales urbanas (**reutilización**)
- Integración de actividades lesivas en el marco del desarrollo sostenible.
- **Mejora económica** zonas deprimidas.
- Intervención en el **control desertización**, acarcavamiento, erosión de suelos, etc.

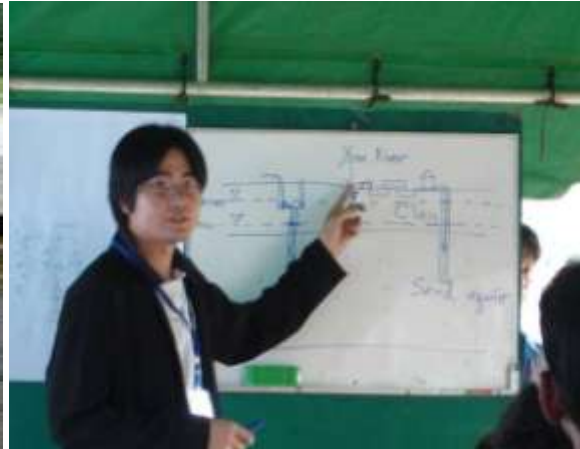
Inconvenientes



- 1. **Grado de conocimiento incipiente de su potencial**
- 2. **Visión principalmente hidráulica** de la política de gestión hídrica en el país. p.e. el PAIH del MIMAM alude a la AR en la cuenca del Duero como “*técnicas especiales*”
- 3. **Escasez y falta de continuidad en las experiencias.** Las operaciones van cobrando importancia creciente. Ej MAPA, 2002/03
- 4. **Escasa dedicación en las publicaciones** de gestión hídrica del país (ej. LBAS, LBAE, etc.).
- 5. Precisa **estudios técnicos detallados.**

Problemas habituales

- **Escaso conocimiento** del medio receptor
- **Inadecuado diseño/adopción** de dispositivos
- Recarga artificial con **aguas de mala calidad**
- **Pérdidas** del agua almacenada en los acuíferos
- **Impactos ambientales** “aguas abajo” del dispositivo
- **Afecciones** negativas **de los dispositivos experimentales** en el medio receptor
- **Problemas socioeco/políticos**
- **Escasa difusión** de la información
- **Colmatación** + aire



Colmatación + aire (efecto Lyse)



Origen del agua:

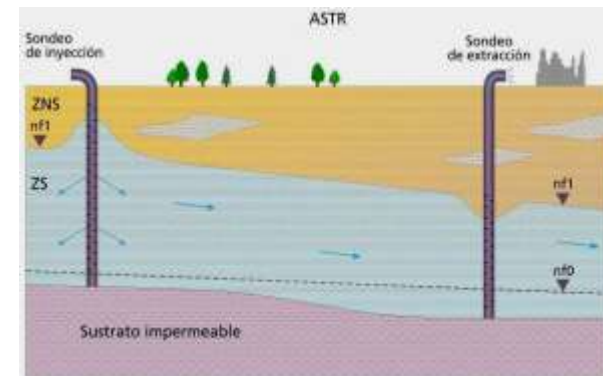
- **Ríos, canales, arroyos** perennes/intermitentes.
- **Embalses y presas.**
- Aguas de **escorrentía urbana.**
- **Aguas residuales/tratadas.**
- **Retornos de riegos (azarbes).**
- **Recarga accidental.**
- **Otros**



Aguas depuradas (“SAT”??)

Tecnología para la inyección profunda de aguas regeneradas mediante sondeos y pozos en general ubicados en las inmediaciones de las depuradoras.

- **Consiste:** Aprovechar las aguas con depuración terciaria para osmotizarlas e introducir las en los acuíferos.
- **Caudal variable:** 50 – 80 l/s en general por sondeo de 50 m y 100 l/s de 500 m (valores promedio).
- **Aplicación:** No precisa excedentes hídricos. Puede ser utilizado para riego, combatir la intrusión marina, usos medioambientales, abastecimiento industrial, etc.
- **Coste unitario de inversión:** 0,23 €/m³ (50 m) y 0,58 €/m³ (500 m) (trat. Terciario no considerado).
- **Supeditado a concesión (estándar de calidad ambicioso)**



Links y enlaces a publicaciones

LINKS:

- Igrac [International Groundwater Resources Assessment Centre - Igrac, www.un-igrac.org/](http://www.un-igrac.org/)
- PTEA as a dissemination member in the new action group <http://www.plataformaagua.org/>
- <http://www.dessin-project.eu>
- <http://demeau-fp7.eu/results>
- UNESCO - International Hydrological Programme <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/ihp/>
- CSIRO Land and Water <http://www.clw.csiro.au/research/urban/reuse/>
- China MAR: <http://china-mar.ujn.edu.cn/>
- Aquifer storage and recovery <http://www.asrforum.com/>
- <http://www.iwmi.cgiar.org/> specially for Asia.
- South Africa's Artificial Recharge Information Centre. <http://www.artificialrecharge.co.za/>
- Activities in emergent countries <http://www.bebuffered.com/>

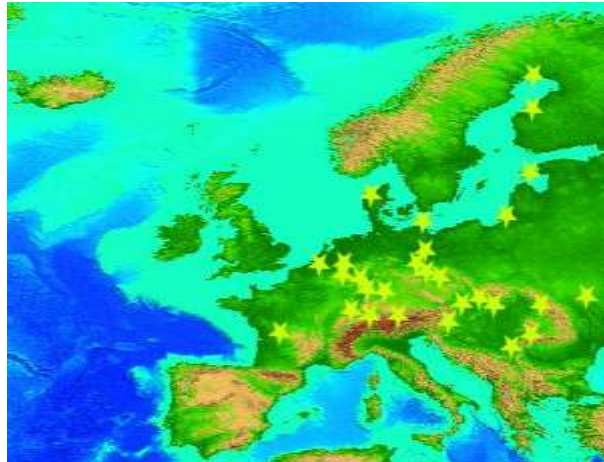
BOOKS

- **No.4 – Management of aquifer recharge / discharge processes and aquifer equilibrium states**
- http://typo3.fao.org/fileadmin/user_upload/groundwatergovernance/docs/Thematic_papers/GWG_Thematic_Paper_4.pdf
- **No.5 - Groundwater Policy and Governance**
- http://www.groundwatergovernance.org/fileadmin/user_upload/groundwatergovernance/docs/Thematic_papers/GWG_ThematicPaper5_APr2013_web.pdf
- **Rechargeable sustainability. The key is the storage" / "Sostenibilidad recargable. La llave en el almacén"**
- <http://www.dina-mar.es/post/2012/08/31/NUEVO-DINA-MAR-Publicacion-e2809cSostenibilidad-recargable-La-llave-en-el-almacene2809d-disponible-en-Internet.aspx>
- **DINA-MAR final book (in Spanish):** <http://www.dina-mar.es/post/2013/01/02/DINA-MAR-Publicacion-final-del-proyecto-c2a1Inminente!.aspx>
- **Clogging monograph (released last October) and opened to new contributions.** <http://recharge.iah.org/recharge/clogging.htm>
- **Strategies for MAR in semi-arid areas, Spanish:** http://recharge.iah.org/recharge/downloads/MAR_Strategies_spanish.pdf
- **P-ISMAR series: Posters from the last five International symposium on Managed Aquifer Recharge (P-ISMAR):**
- [http://www.dina-mar.es/post/2013/11/27/P-ISMAR-serie-Titulo-5-P-ISMAR-8-\(descarga-gratuita-del-Ebook-Free-download\).aspx](http://www.dina-mar.es/post/2013/11/27/P-ISMAR-serie-Titulo-5-P-ISMAR-8-(descarga-gratuita-del-Ebook-Free-download).aspx)
- <http://www.dina-mar.es/post/2013/01/01/P-ISMAR-BOOKS-TITULO-4-P-ISMAR-7.aspx>
- **ISMAR 7 proceedings book. Achieving Groundwater Supply Sustainability & Reliability Through Managed Aquifer Recharge**
- <http://www.dina-mar.es/pdf/ismar7-proceedingsbook.pdf>
- **ISMAR 6 proceedings book** http://recharge.iah.org/recharge/downloads/AquiferRecharge_ISMAR6.pdf & **ISMAR 5 proceedings book.**
- <http://recharge.iah.org/recharge/infoNNC.html>
- <http://recharge.iah.org/recharge/reports.htm>
- <http://www.artificialrecharge.co.za/06implementation.html>
- <http://www.artificialrecharge.co.za/11needtoknow.html>

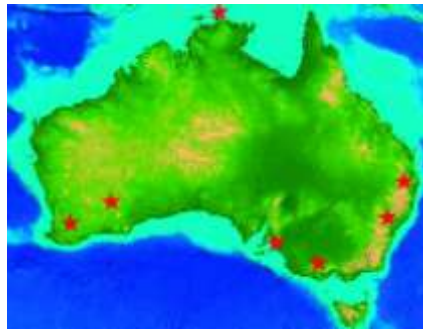
videos

-  http://www.dina-mar.es/videos/DINA-MAR_MOVIE.WMV
- <http://www.artificialrecharge.co.za/13videos.html>

Dispositivos y experiencias



- **Europa.** Al menos 50 dispositivos y experiencias en 18 países. Dusseldorf depende en un 100% de las aguas de MAR, así como Budapest. Berlín en un 75%, etc.
- **N. América:** 56 instalaciones operativas de ASR/MAR en USA. Unas 100 en fase de construcción.
- **África:** Las experiencias más extendidas han sido llevadas a cabo en Israel, República Surafricana, Namibia...
- En **Asia** algunas de las experiencias más destacables son la desarrolladas en Tailandia, Taiwán, Kuwait y la Unión India, donde hay catalogadas unas 1000 experiencias.
- En **Israel** existen dos proyectos que aprovechan aguas de inundaciones para recargar los acuíferos.
- **Australia:** En la actualidad existen al menos cinco programas en desarrollo comandados por CSIRO y CGS, con más de 7 dispositivos operativos.



Inventario para Europa:

www.dessin-project.eu

Inventario de dispositivos y experiencias en España


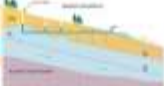













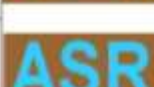


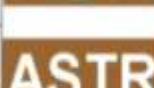











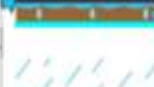








- Recarga gestionada de acuíferos ¿MAR o AR?
 1. Una técnica de gestión hídrica alternativa
 2. Estado del arte
 3. Experiencias
 4. Casos concretos del sur peninsular
 5. Proyectos específicos en el arco mediterráneo



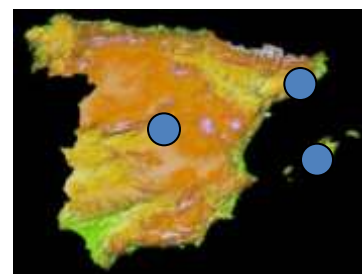
Inventario de tipologías 1

N	SISTEMA	TIPO DE DISPOSITIVO	ICONO	FIGURA	FOTO	LEYENDA
1	DISPERSION	BALSAS DE INFILTRACIÓN / HUMEDALES				Humedal artificial para la recarga del Sanchón, Coca, Segovia. Foto: DINA-MAR
2		CANALES Y ZANJAS DE INFILTRACIÓN				Canal de recarga artificial de la Cubeta de Santlúste, Segovia, Spain, operativa desde 2002. Foto: DINA-MAR.
3		CABALLONES/TECNICAS DE TRATAMIENTO SUELOACUIFERO				Caballones en el fondo de una balsa de infiltración, California. Foto: D. Peyton
4		CAMPOS DE INFILTRACIÓN (INUNDACIÓN Y DIFUSIÓN CONTROLADA)				Campo de infiltración de Omdal (Namibia). Foto: G. Tredoux.
5		RECARGA ACCIDENTAL POR RETORNOS DE RIEGO				Recarga artificial por retornos de riego. Extremadura, España.
6	CANALES	DIQUES DE RETENCIÓN Y REPRESAS				Dique de recarga artificial en cabecera de cuencas, Alicante. Foto: DINA-MAR
7		DIQUES PERMEABLES				Dique permeable en Huesca, España. Foto: Tragsatec.
8		SERPENTEOS / LEVEES				Serpenteos en el río Santa Ana, Condado de Orange, California. Foto: A. Hutchinson.
9		ESCARIFICACIÓN LECHO				Escarificación del lecho del río Besòs, Barcelona. Foto: J. Armentar.
10		DIQUES SUBSUPERFICIALES/SUBTERRANEOS				Dique subsuperficial (embalse de arena) en Kytul, Kenia. Foto: Sander de Haas.
11		DIQUES PERFORADOS				Dique perforado. Lanjarón, Granada, España. Foto: Tragsatec.

Inventario de tipologías 2

12		GANATS (GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)				Qanat de Carbonero el Mayor, Segovia. Foto: E.F. Escalante.
13		POZOS ABIERTOS DE INFILTRACIÓN				Pozo abierto de infiltración. Arizona, USA. Foto: DINA-MAR
14		POZOS PROFUNDOS Y MONSODES				Pozo de recarga artificial, Cornellà, Barcelona. Foto: DINA-MAR
16	POZOS	SONDEOS				Sondeo para MAR (ASR) en Adelaida. Foto: P. Díez.
16		DOLINAS, COLAPSOS...				Colapso cárstico "El Mandimanto", Alicante, España. Foto: DINA-MAR
17		ASR				Dispositivo ASR en Scottsdale, Arizona. Foto: DINA-MAR
18		ASTR				Dispositivo ASTR en California.
19		BANCOS FILTRANTES EN LECHOS DE RÍOS (RBF)				Sistema RBF para MAR en Estivés. Foto: A. Tveit Hof.
20	FILTRACIÓN	FILTRACIÓN INTERDUNAR				Filtración interdunar cerca de Amelandsen, Holanda. Foto: Atlas.
21		REGO SUBTERRANEO				Riego subterráneo en Andalucía. Foto: Tragsa.
22	LLUVIA	CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN IMPRODUCTIVO				Captación de lluvia en improductivo para MAR.
23	SUDS	RECARGA ACCIDENTAL CONDUCCIONES Y ALCANTARILLADO				Recarga artificial desde el alcantarillado en España. Foto: Tragsa
24		SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE				SUDS. Gomeznans, Madrid. Foto: E.F. Escalante.

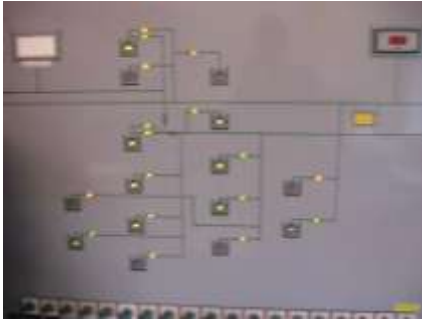
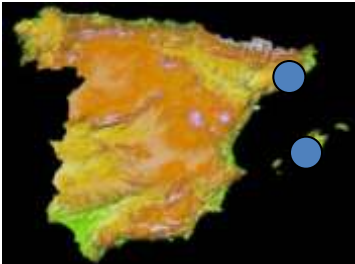
MAR para abastecimiento urbano



Recarga en profundidad



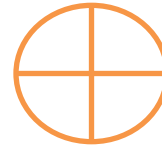
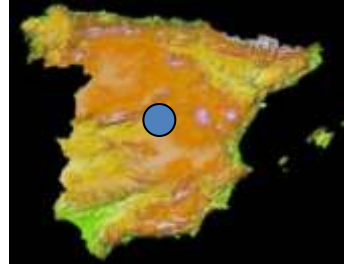
Recarga en profundidad-1



Recarga en profundidad-2

CYII. Madrid

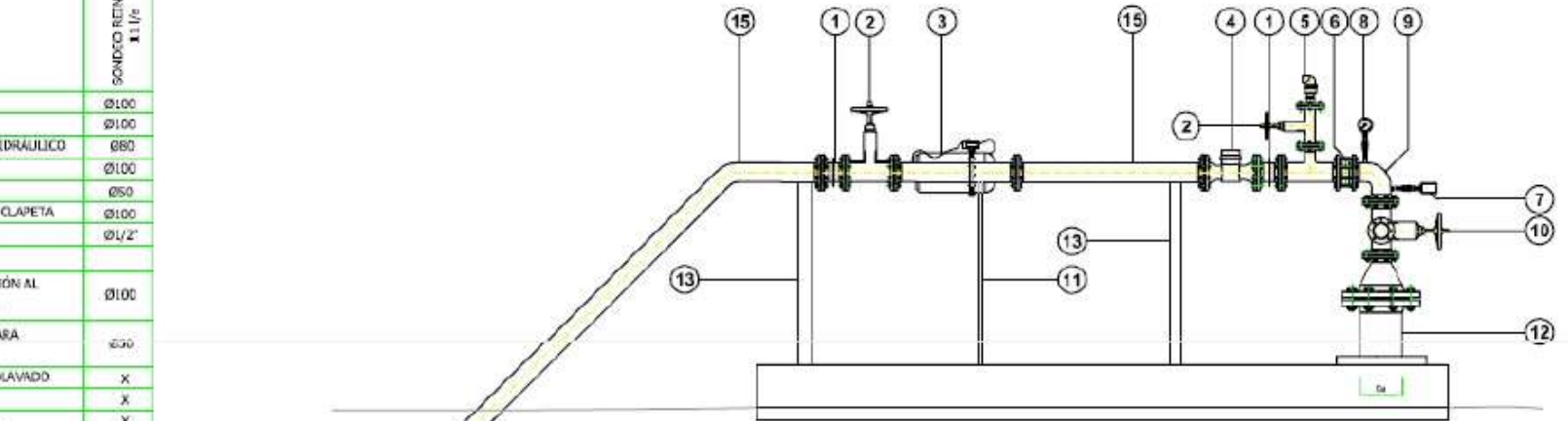
- ✓ 5 campos de pozos
- ✓ Solo para situaciones de emergencia
- ✓ Sondeos duales con doble sentido de flujo
- ✓ *Backwashing*
- ✓ Sensórica avanzada
- ✓ Diseño específico



SONDIDO REINYECCIÓN
1.1/1/e

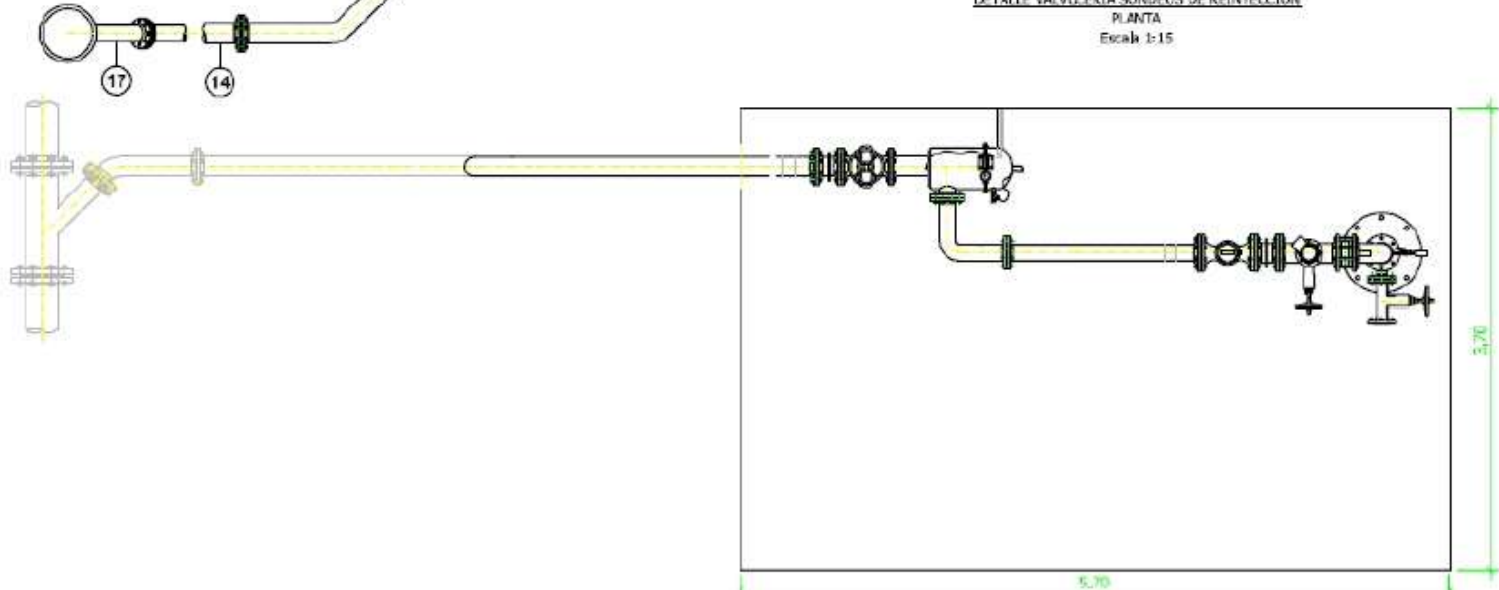
1	CARRETE DE DEMONTAJE	Ø100
2	VÁLVULA DE COMPUERTA	Ø100
3	FILTRO DE RETRO LAVADO HIDRAULICO	Ø80
4	CONTADOR WOLTMAN	Ø100
5	VÁLVULA DE VENTOSA	Ø50
6	VÁLVULA DE RETENCIÓN DE CLAPETA	Ø100
7	SENSOR DE PRESIÓN	Ø1/2"
8	MANÓMETRO	
9	TUBO ACODADO CON CONEXIÓN AL MANÓMETRO Y PRESOSTATO	Ø100
10	VÁLVULA DE COMPUERTA PARA DESAGÜE	Ø30
11	TUBO PARA DESAGÜE RETROLAVADO	X
12	POZO PARA REINYECCIÓN	X
13	ANCLAJE FIJACIÓN TUBERÍA	X
14	CONEXIÓN CON COLECTOR PE	Ø125
15	DIÁMETROS TUBERÍAS	Ø100
16	REDUCCIONES	Ø100/Ø90
17	PIEZA ESPECIAL EN TE A 45º	X

DETALLE VALVULERÍA SONDEO DE REINYECCIÓN I.2.3.
ALZADO: SECCIÓN
Escala 1:15



De Diámetro exterior del pozo: 168,2 mm

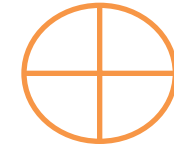
DETALLE VALVULERÍA SONDEOS DE REINYECCIÓN
PLANTA
Escala 1:15



Canal del Guadiana



- ✓ Recarga de oportunidad
- ✓ Pozos-sondeo
- ✓ Diseño único

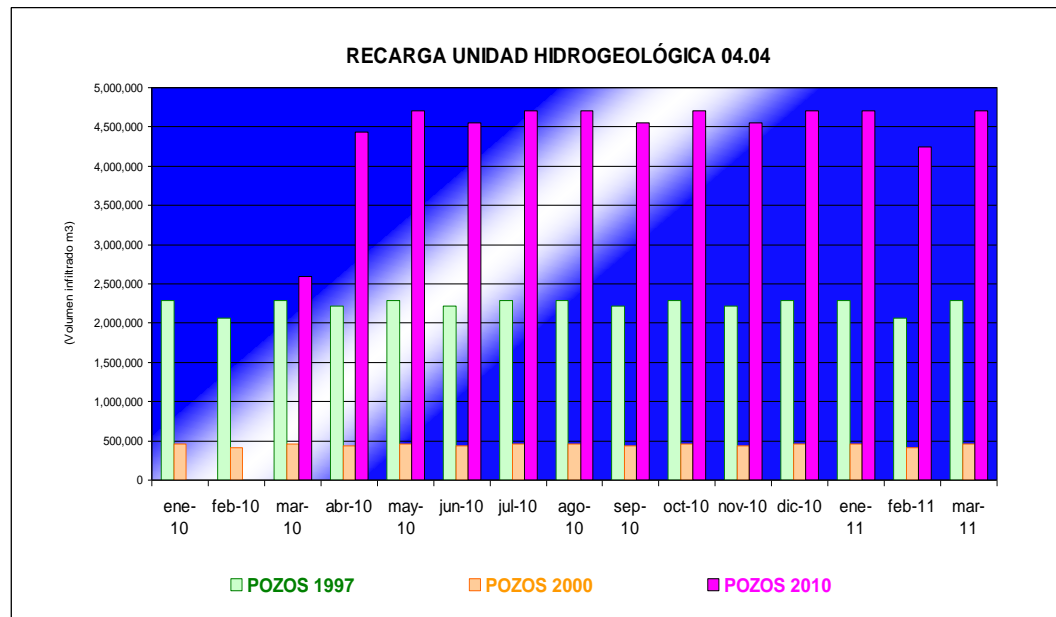


Canal del Guadiana

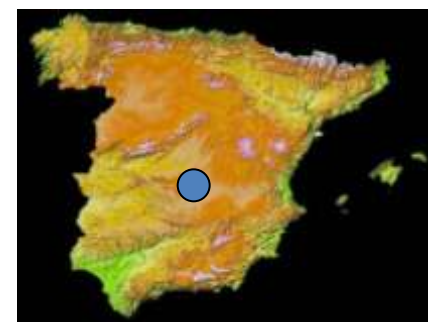
Volúmenes recargados (Enero 2010-Marzo 2011)

TOTAL RECARGA (hm³)

	Pozos 1997	Pozos 2000	Pozos 2010	
Enero 2010	2.3	0.5	0.0	
Febrero 2010	2.1	0.4	0.0	
Marzo 2010	2.3	0.5	2.6	
Abril 2010	2.2	0.4	4.4	
Mayo 2010	2.3	0.5	4.7	
Junio 2010	2.2	0.4	4.5	
Julio 2010	2.3	0.5	4.7	
Agosto 2010	2.3	0.5	4.7	
Septiembre 2010	2.2	0.4	4.5	
Octubre 2010	2.3	0.5	4.7	
Noviembre 2010	2.2	0.4	4.5	
Diciembre 2010	2.3	0.5	4.7	
Enero 2011	2.3	0.5	4.7	
Febrero 2011	2.1	0.4	4.2	
Marzo 2011	2.3	0.5	4.7	
TOTALES	33.6	6.7	57.8	98,1hm³

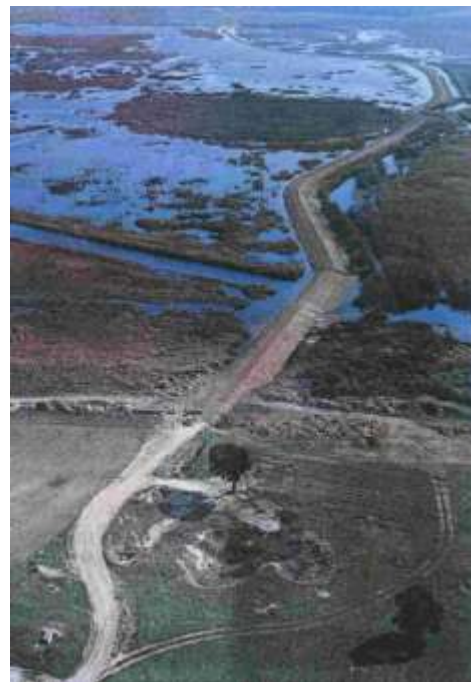


Regeneración hídrica de humedales: Tablas de Daimiel



8 POZOS M.A.R.

2 dispositivos hidráulicos



MAR y regadío. Santiuste



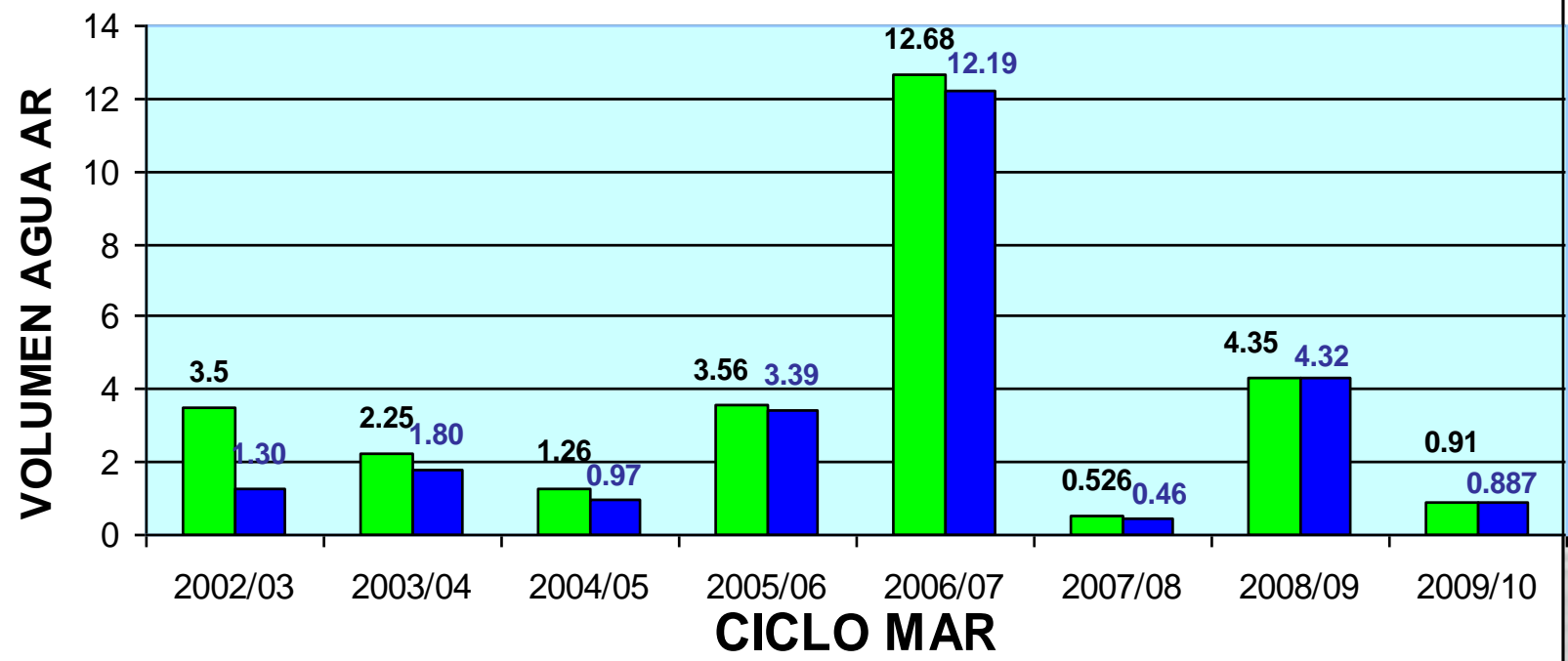
- 8 años de operatividad
- 27 km de canal
- 5 balsas de infiltración
- 3 humedales artificiales
- 3 pozos de infiltración





Vol. infiltrado	Inicio ciclo	Final ciclo	días efect.	Q deriv (hm3)	Qm caz (l/s)	Vol. inf. Tot. (hm3)
2002/03	05/12/2002	30/04/2003	148	3,5	278	1.30
2003/04	10/10/2003	30/04/2004	175	2,25	149	1.80
2004/05	01/10/2004	30/04/2005	212	1,26	68	0.97
2005/06	15/11/2005	01/04/2006	137	5,11	372	3.56
2006/07	01/10/2006	30/04/2007	212	12,68	692.37	12.19
2007/08	30/05/2008	06/06/2008	8	0,52	794.45	1.849
2008/09	01/11/2008	30/04/2009	181	4,35	278,48	5.225
2009/10	17/02/2010	31/03/2010	43	0,91	249	,27 hasta may

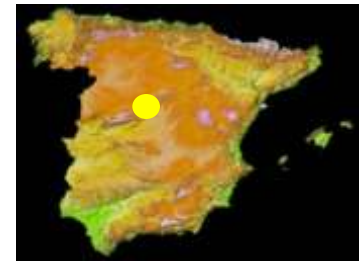
VOLUMEN DERIVADO VERSUS RECARGADO



MAR y regadío

El Carracillo

AZUD DE DERIVACIÓN



- 7 años de operatividad
- 40,7 km de canal
- 3 balsas de infiltración
- 1 RBF
- 1 humedal artificial

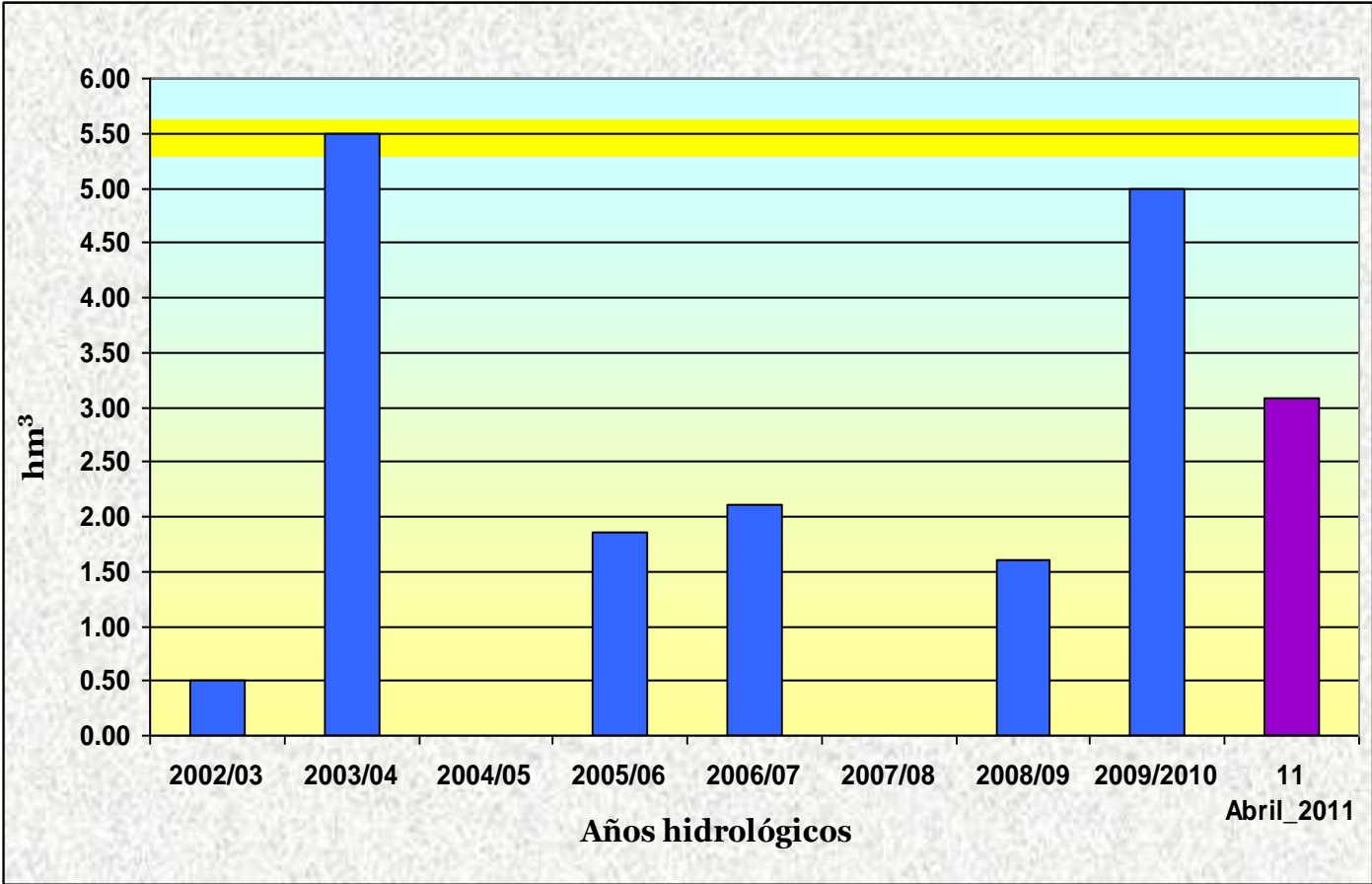


- Conducción en tubería de poliéster reforzado con fibra de vidrio, de hasta 1200 mm, y 20 km de longitud
- Desagües, ventosas, arquetas de salida
- Dispositivos de AR **combinados**: balsas, tuberías drenantes, canales, pozos, ...)



RECARGAS REALIZADAS

CAUDALES DERIVADOS DEL CEGA (hm³)



Año	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	11 Abril_2011
hm ³	0.50	5.50	0	1.85	2.10	0	1.60	5.00	3.08

MAR EN ÁREAS URBANAS

Nuevos diseños arquitectónicos

SUDS.

Sustainable Urban Drainage Systems



Regla de las tres eses:

- Slow it down
- Spread it off
- Soak it in



LA GESTIÓN DE RECARGA DE ACUÍFEROS EN HIDROGEOLOGÍA URBANA. SUDS: SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

Definición

Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible son sistemas que recuperan el ciclo natural del agua en la ciudad.



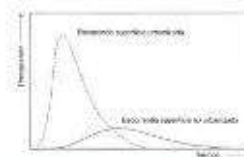
Ciudad impermeable.



Ciclo urbano del agua.

Problemática

La implantación de edificaciones y urbanizaciones suponen un impacto negativo en el territorio. La progresiva impermeabilización del terreno provoca profundas alteraciones hidrológicas y supone grandes inversiones en infraestructuras de canalización y depuración del agua recogida.



Efecto isla de calor:

La impermeabilización de las superficies urbanas: viales, aceras, aparcamientos, cubiertas... provoca un incremento de la temperatura de hasta 6 °C en el centro de las ciudades.

Concentración de escorrentía:

Las superficies urbanas impermeables provocan una rápida concentración del agua precipitada en breves lapsos de tiempo, obteniéndose como resultado inundaciones y eventos altamente contaminados y difícilmente absorbibles por las redes urbanas de saneamiento y alcantarillado.



Clasificación

Los sistemas urbanos de drenaje sostenible deben entenderse como componentes de una cadena de gestión y no como elementos aislados capaces de resolver el tratamiento del agua de modo individualizado.

Dicha cadena de Gestión comprende actuaciones de prevención, gestión en origen, gestión en el transporte y gestión en el tratamiento previo a la infiltración definitiva, y conduce a la siguiente clasificación:

El ciclo natural del agua consta de varias fases: evaporación, condensación, precipitación e infiltración. Todas ellas son de vital importancia para que el agua mantenga los niveles de vida estables y permita el desarrollo de un territorio sano. El ciclo urbano del agua, por su parte, ha abandonado las trazas originales del lugar y provoca problemas económicos y medioambientales de difícil solución:

Casos del sur peninsular

Antecedentes históricos

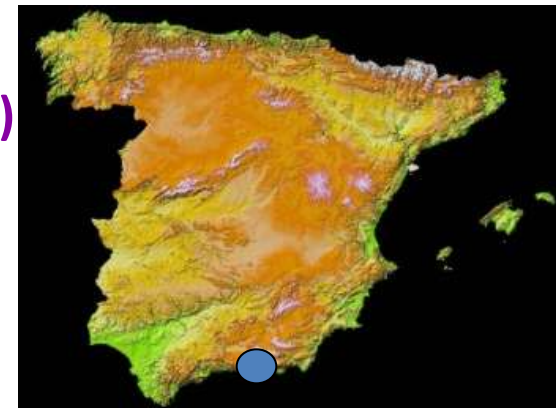
- Recarga gestionada de acuíferos ¿MAR o AR?
 1. Una técnica de gestión hídrica alternativa
 2. Estado del arte
 3. Experiencias
 4. Casos concretos del sur peninsular
 5. Proyectos específicos en el arco mediterráneo

Las acequias de careo (España)

Alpujarras, P.N. Sierra Nevada



- ✓ MAR desde el siglo XII
- ✓ 14 acequias de careo para MAR bien preservadas (125 km)



Acequia de Mecina

- ✓ Técnica de trazadores
- ✓ Uso discontinuidades estructurales
- ✓ Desde la sierra a las fuentes
- ✓ Canales, partidores, simas, campos de infiltración, compuertas...
- ✓ Mampostería hidráulica

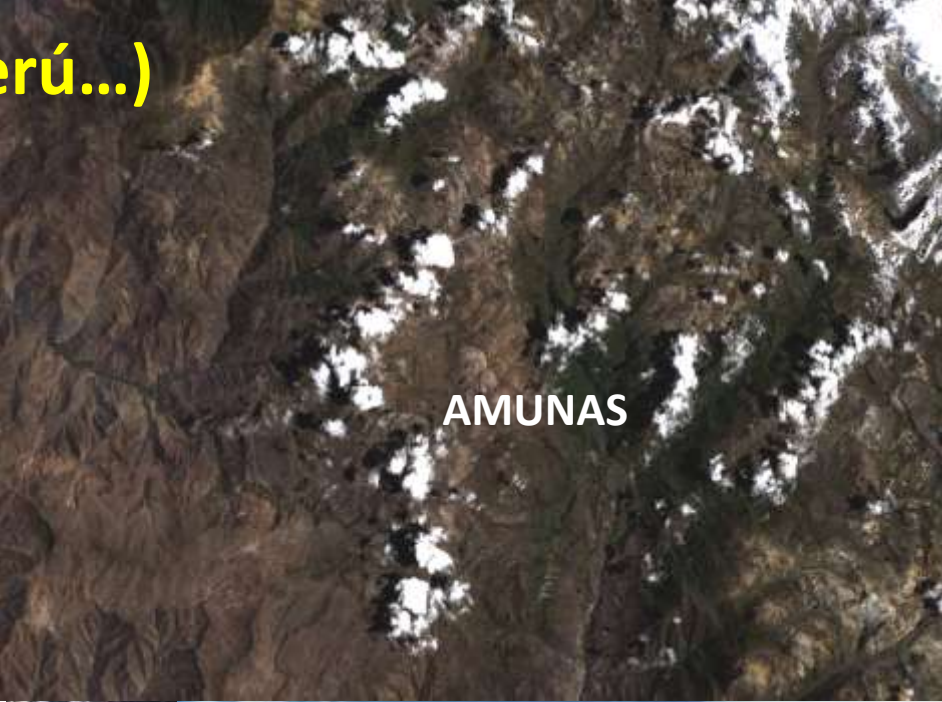


Acequia de Bérchules

- ✓ Canales y campos de infiltración
- ✓ Mampostería hidráulica avanzada
- ✓ Aumento reservas

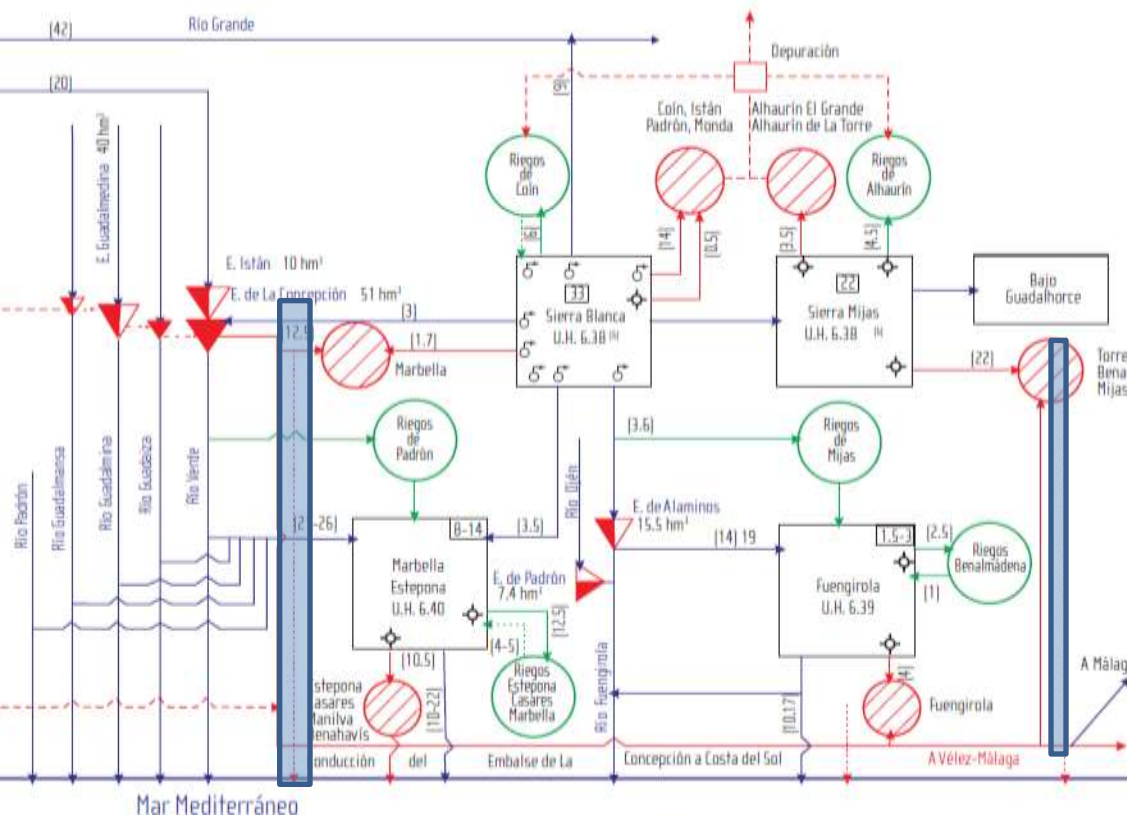


Amunas (Perú...)



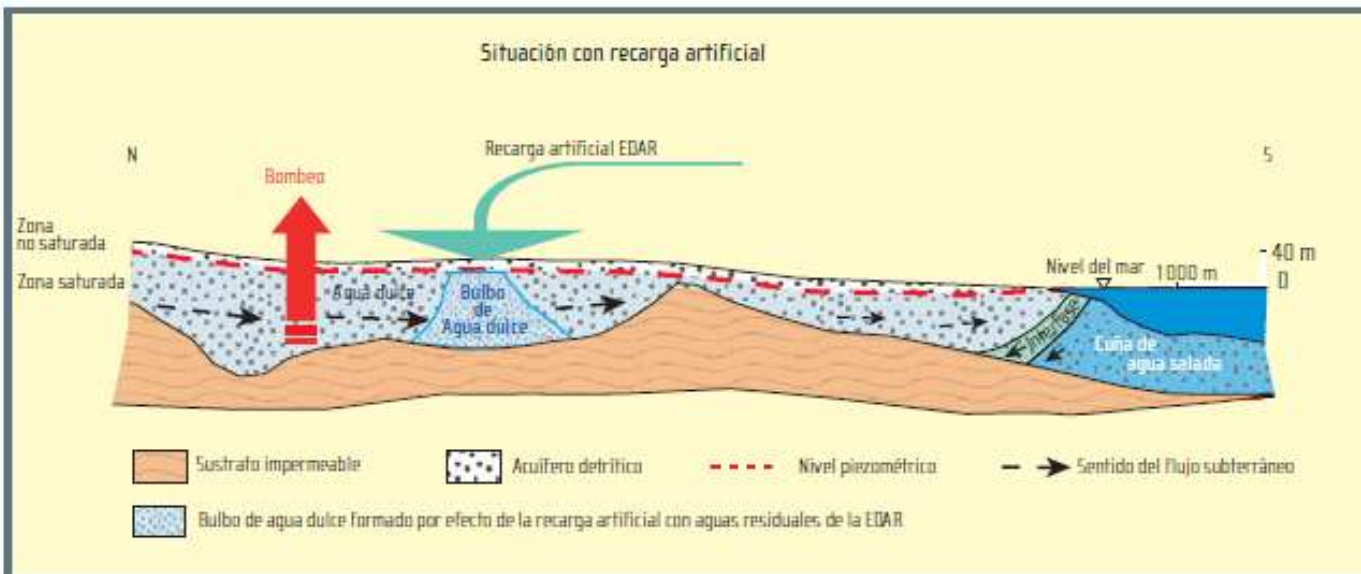
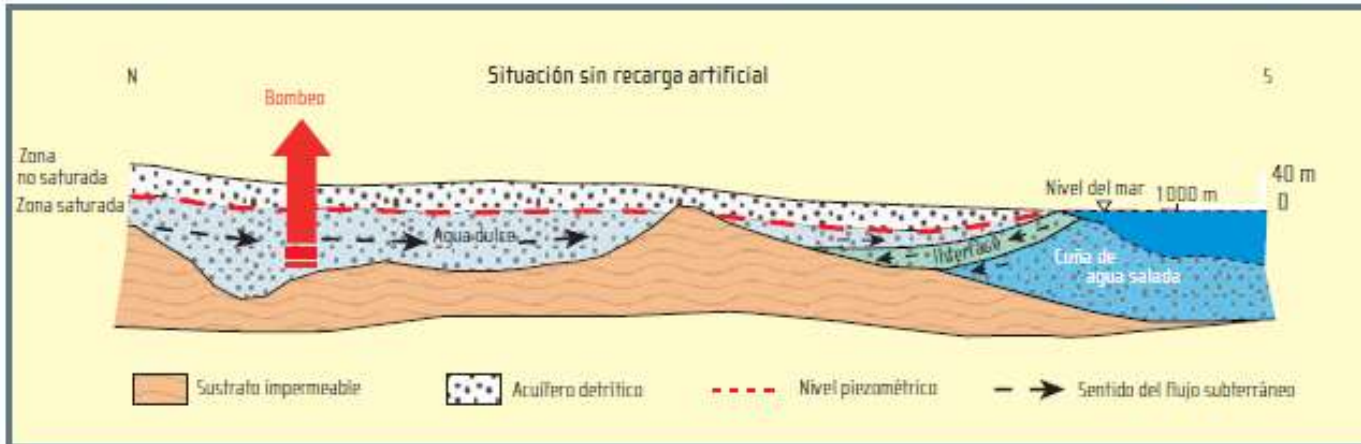
ESQUEMA TOPOLÓGICO GESTIÓN HÍDRICA MÁLAGA CENTRAL

✓ Interesantes posibilidades



- Unidad Hidrogeológica con indicación de la recarga media por infiltración de agua de lluvia (hm³/año)
- Explotación por sondeos
- Aprovechamiento de manantiales
- Embalse con uso prioritario agrícola en explotación/en construcción, proyecto o recrecimiento
- Embalse con uso prioritario para abastecimiento urbano en explotación/en construcción, proyecto o recrecimiento
- Regadíos en explotación/previstos
- Abastecimiento urbano en explotación/previstos
- Descarga subterránea a ríos o a otros sistemas de explotación, con indicación del caudal medio en hm³/año
- Conducción para abastecimiento urbano con indicación del caudal medio en hm³/año, en uso/en proyecto o construcción
- Conducción para regadíos con indicación del caudal medio en hm³/año, en uso/en proyecto o construcción
- Retornos de abastecimiento/Retornos de regadíos
- Estación de aforos con indicación de su número de orden y valos en hm³
- Estación de aforos histórica

RECARGA GESTIONADA EN EL RÍO VÉLEZ



Fuente: Atlas hídrico de La Provincia de Málaga

Ej. Solución tecnológica con apoyo SIG: Hidrogportal D-M

HIDROGPORTAL DINA-MAR | Ayuda

Buscar localización | Buscar en la capa de zonas | Imprimir

Results

Map Contents

- Cartografía Básica
 - Vías de comunicación
 - Ríos
 - Cascos urbanos
 - Municipios
 - Espacios Naturales Protegidos
 - Provincias
 - Comunidades Autónomas
- Capas DINA-MAR
 - CUENCAS HIDRÓGRAFICAS
 - DISPOSITIVOS DE RECARGA
 - INVERSION MEDIA
 - MAPA LITOESTRATIGRÁFICO
 - HIDROLOGÍA
 - AGUA
 - USO DEL TERRITORIO
 - PIEZOMETRÍA
 - ALTITUD
 - INTERVALOS DE PENDIENTE
 - MASAS FORESTALES (MFE)
 - SUBCUENCAS EXCEDENTES
 - PRECIPITACIÓN

0 70 140 280 420 560 kilómetros
Copyright

<http://goo.gl/ThooA>

http://sig3.tragsatec.es/visor_dina-mar/

Detalle zonas MAR

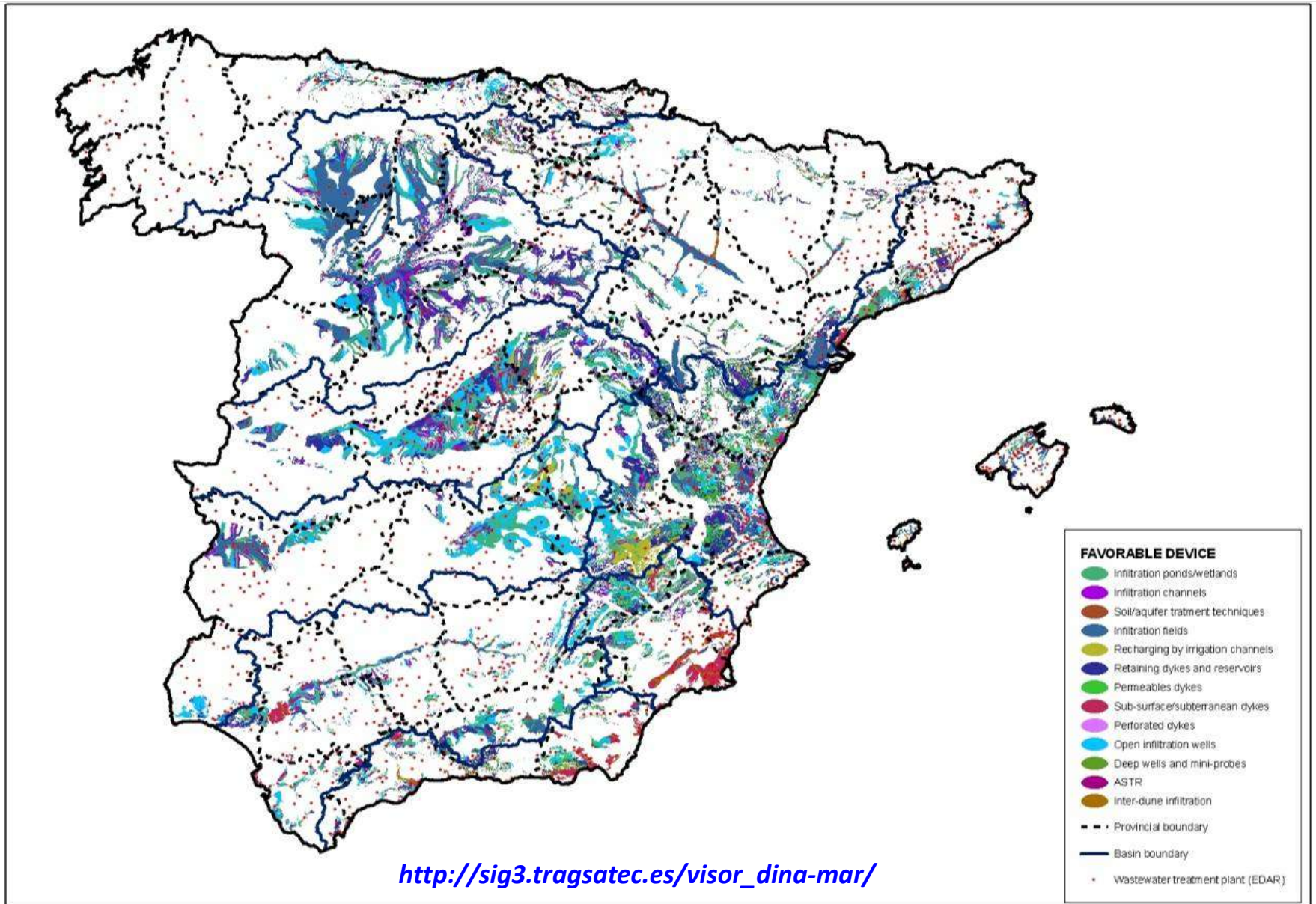
The image shows a screenshot of a web-based GIS application. The browser address bar displays the URL: http://sig3.tragsatec.es/VISOR_DINA-MAR/Default.aspx. The application title is "VISOR CARTOGRÁFICO DINA-MAR".

The interface includes a search bar with the text "Buscar localización | Buscar en la capa de zonas | Imprimir". Below the search bar is a "Results" section and a "Map Contents" panel. The "Map Contents" panel lists the following layers:

- Cartografiabasica
 - Vías de comunicación
 - Rios
 - Cascos urbanos
 - Municipios
 - Espacios Naturales Protegidos
 - Provincias
 - Comunidades Autónomas
- capas_dina-mar
 - rios
 - Bufer Rios
 - ZONAS DE ESTUDIO

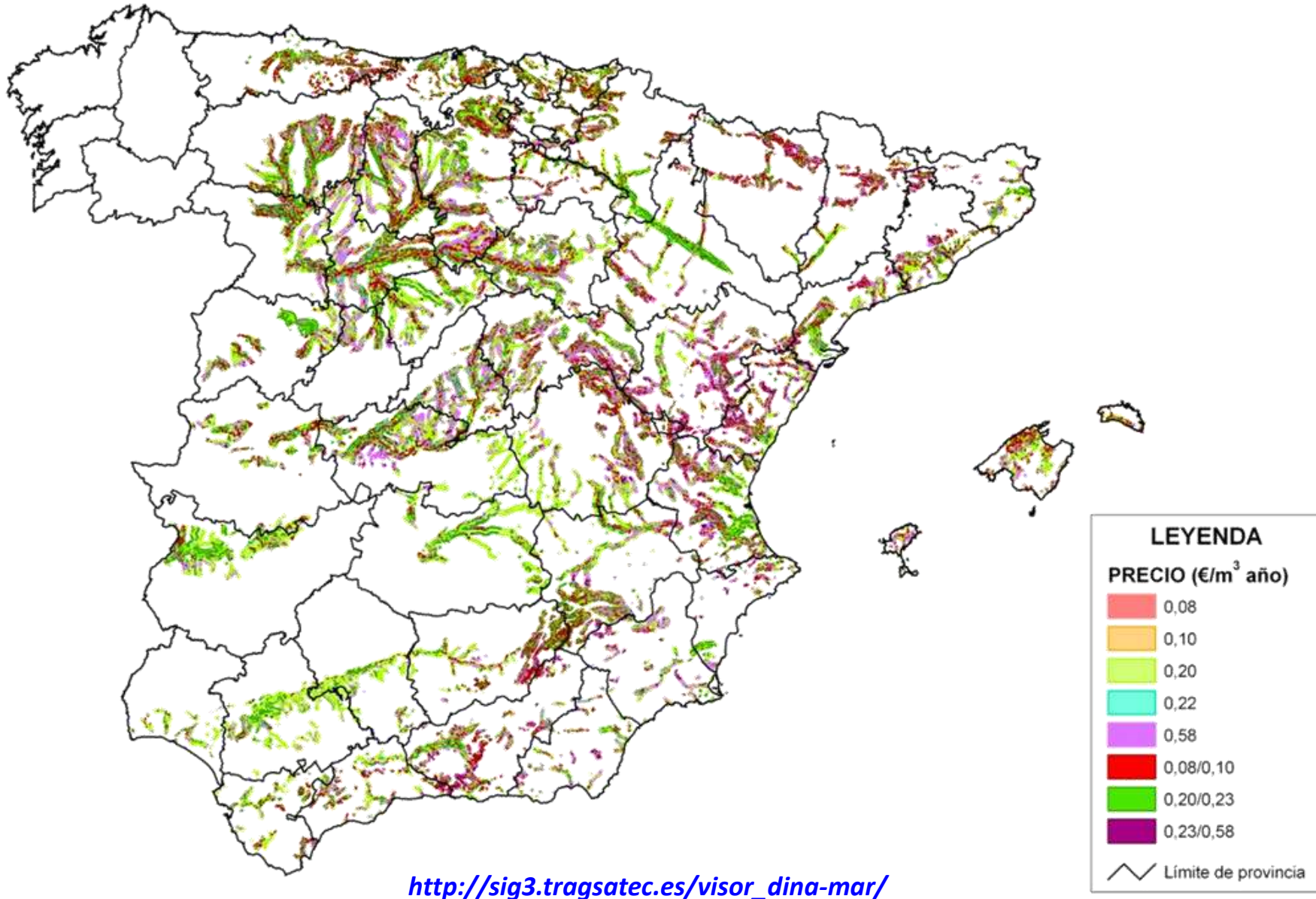
The map displays a detailed view of the Madrid region, with the city of Madrid and the city of Toledo labeled. The map is overlaid with various colored zones, including red, yellow, and blue. A scale bar and a "Copyright" notice are visible at the bottom of the map.

Dispositivos más idóneos para cada “Zona MAR”



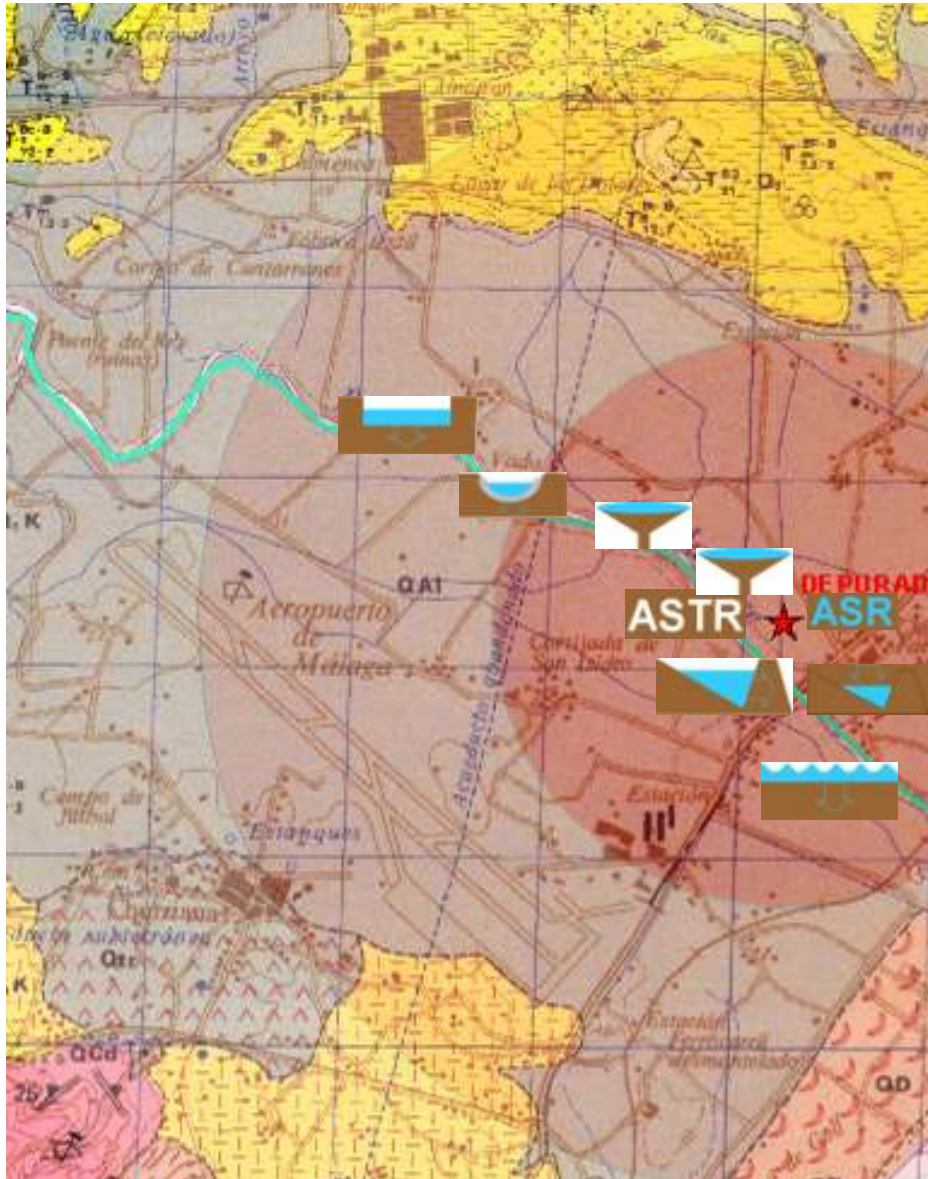
Costes para la toma de decisiones

MAPA DE ISOPRECIOS DE LOS DISPOSITIVOS MAR EN ESPAÑA



Zonas MAR - Dispositivos

Ejemplo para el Bajo Guadalhorce (Málaga)



CASUÍSTICAS 1	CÓDIGO	PC30	DISTRIBUCIÓN		CANALES		POZOS		PULSACIONES		TIPO	
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
MUY ALTA	1	1	1	1								
ALTA	2	2	2	2								
INTERMEDIA	3	3	3	3								
BAJA	4	4	4	4								
PRESTACION	5	5	5	5								
GRABESTICO	6	6	6	6								
INFILTRACION	7	7	7	7								
CON CUBIERTA	8	8	8	8								
INTERMEDIO	9	9	9	9								
EVAPORATIVO	10	10	10	10								

LEGEND:

- 01-INF. PONDS
- 02-INF. CHANNELS
- 04-INF. FIELDS
- 07-PERM. DAMS
- 08-SNAKESHAPED CH.
- 10-UNDERGROUND DAMS
- 13-OPEN WELLS
- 15-BOREHOLES
- 17-ASR
- 18-ASTR
- 20-INTERDUNE
- FILTRATION

Masa de Agua del Bajo Guadalhorce

RECARGA GESTIONADA EN LA MINA COBRE LAS CRUCES GERENA (SEVILLA)



- CLC**
- ✓ Complejidad de ejecución
 - ✓ Sensórica avanzada
 - ✓ Valvulería autopurgante
 - ✓ Control de la presión de inyección
 - ✓ Gestión en centro operativo en tiempo real
 - ✓ Control calidad aguas



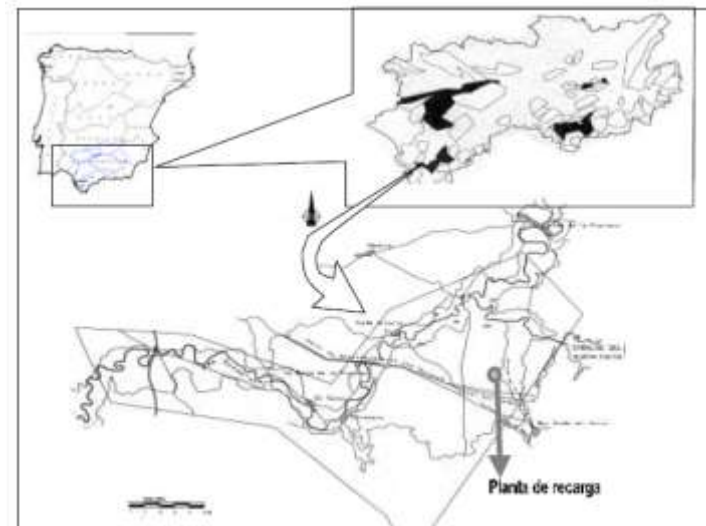
RECARGA GESTIONADA EN EL CANAL DEL GUADALQUIVIR GUADAJOZ (SEVILLA)

- ✓ Tranferencia aguas fluviales a subterráneas
- ✓ A través del banco del río Y BASAMENTO
- ✓ DECANTACIÓN SIN FILTRACIÓN
- ✓ Problemas de colmatación
- ✓ Actuación experimental de corta duración



OTROS EJEMPLOS DEL SUR ESPAÑOL

- ✓ Sotillos (Cádiz)
- ✓ Guadalete (Cádiz)
- ✓ Sondeo de Marbella (Málaga)
- ✓ Calcarenitas de Carmona (Sevilla)
- ✓ Vega de Guadix (Granada)
- ✓ Alquife (Granada)
- ✓ Alcalá la Real (Jaén)
- ✓ Gracia-Morenita (Jaén)
- ✓ Mancha Real (Jaén)
- ✓ Mazagón (Huelva)



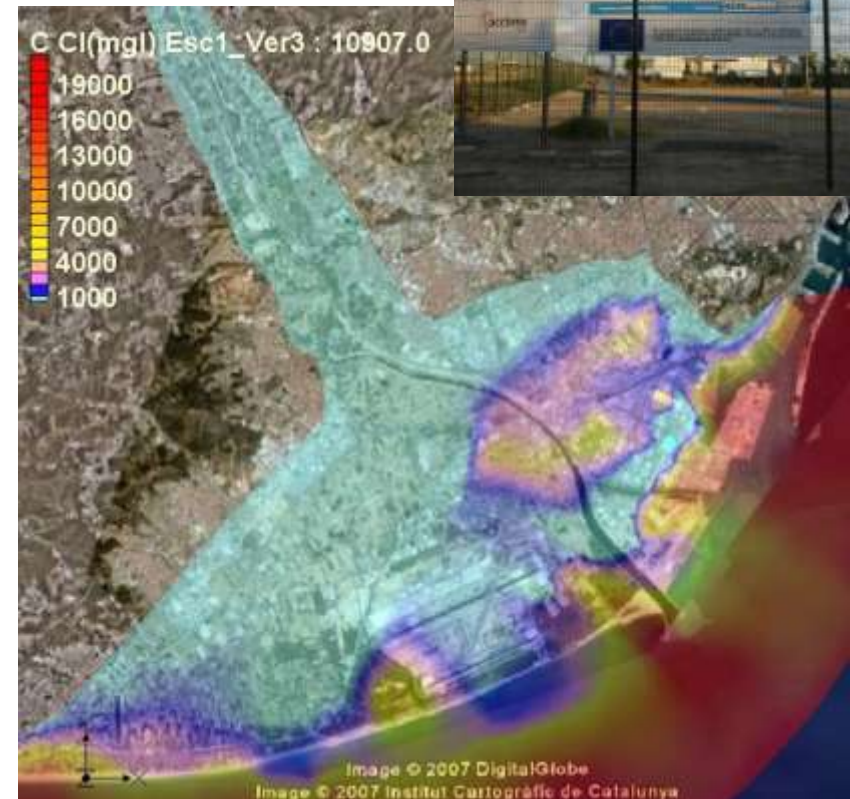
OTROS EJEMPLOS EN EL ARCO MEDITERRÁNEO ESPAÑOL

Barrera hidráulica para combatir la intrusión marina

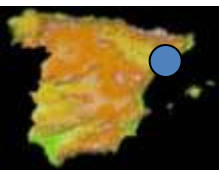
- ✓ Barrera hidráulica positiva mediante la inyección de agua tratada a través de sondeos.



SIN barrera hidráulica



CON barrera hidráulica

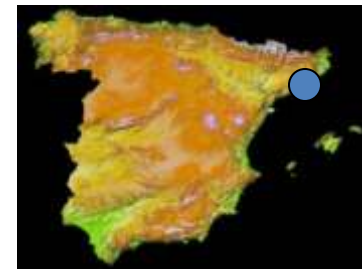


Modelo de simulación de la evolución de cloruros en el acuífero

Horizonte 2036

Escarificación lechos de ríos

- ✓ Aguas abajo
- ✓ Velocidad inferior a la de la corriente
- ✓ Recarga del banco e indirectamente del basamento



Recarga de oportunidad: Ufanés de Gabellí (Mallorca, España)

- ✓ Recarga de oportunidad “pura”
- ✓ Fuente vauclosiana



D&TT. DINA-MAR. Libro de cierre del proyecto



DINA-MAR

Depth Investigation of new Activities for Managed Aquifer Recharge

RESULTADOS POR CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Cerca del 16 % del territorio español
(excluidas las Islas Canarias) son zonas MAR

BASIN	Total basin (km2)	% Sup.
DUERO	21565	32.3
TAJO	10186	15.2
EBRO	8686	13.0
JUCAR	7892	11.8
GUADIANA	5184	7.8
GUADALQUIVIR	4878	7.3
SEGURA	2283	3.4
NORTE	1953	2.9
PIRINEO	1746	2.6
SUR	1458	2.2
BALEARES	1023	1.5
TOTAL	66854	100.0

Cuencas más adecuadas:

Duero
Baleares
Júcar
Tajo



- Recarga gestionada de acuíferos ¿MAR o AR?
 1. Una técnica de gestión hídrica alternativa
 2. Estado del arte
 3. Experiencias
 4. Casos concretos del sur peninsular
 5. Proyectos específicos en el arco mediterráneo



Mapas disponibles en:
www.dina-mar.es

POTENCIAL DE LA TÉCNICA MAR EN ESPAÑA

Volumen de agua almacenado en España:

53.198 hm³ en 2.745 km² (enero de 2005)

16 % del territorio es apropiado para MAR (67.000 km²)

¿Cuánto agua podría almacenarse en las zonas MAR?

Capacidad de almacenamiento medio estimado: **134.000 hm³ (2 hm³/km²)**

MÁS DEL DOBLE!! DEL VOLUMEN ALMACENADO EN EMBALSES



IGRAC

International Groundwater resources Assesment Centre

Proyecto 100\$



40 Groundwater and artificial recharge



Sand dam

Sand dam, Kitui, Kenya

In Kitui, Kenya, 'sand dams' are placed across a bed of intermittent small rivers, consisting of a 1.5-2 m high impermeable barrier. In fact, this barrier is built from stone or concrete, placed on a firm impermeable layer of rock or clay. During periods of high flow, sand and gravel accumulate here, giving the dam its name.

Runoff water infiltrates these highly permeable deposits and the bordering riverbanks, creating an artificial aquifer, which can store up to 35 % of its total volume as groundwater. Water is captured through a scope hole, hand-dug well or tube well, supplying water to nearby villagers in the dry season.

Applying conditions:

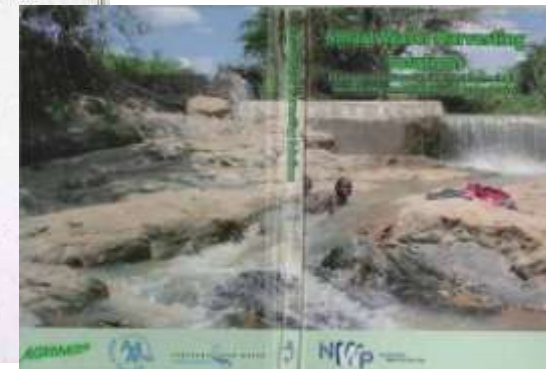
- Intermittent rivers in regions with semi-arid climates and erratic but intensive rainfall.
- Sandy riverbeds experiencing high sediment loads after heavy rain storms.
- River valleys with gradients between 1% and 2% are favourable.
- The dam location should be chosen carefully to ensure the highest storage capacity and convenience at minimum cost.

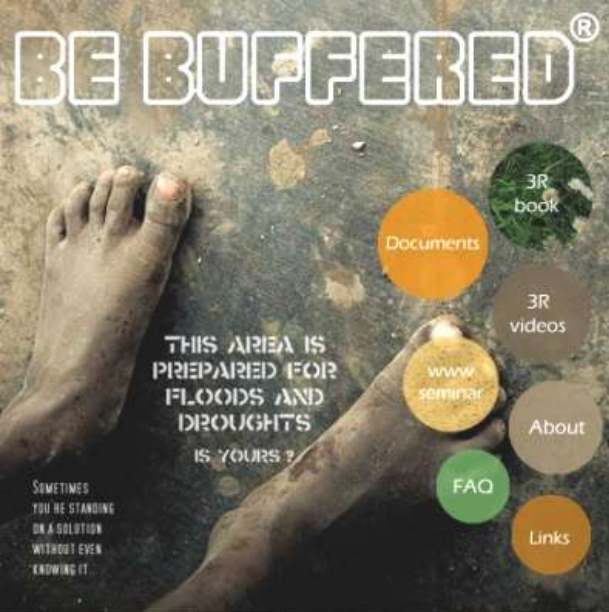
Advantages:

- Clean, good quality water due to the filtering effect of sand.
- Underground storage means limited evaporation, less chance of pollution and no breeding of surface water disease vectors.
- During a period of serious drought, some dams still provide water.
- Water is also stored in the riverbanks. Through the increased base flow from the banks, the riverbed can be recharged during the dry season.
- Low maintenance (costs) and long life.



▲ Sand dam in dry season in Kitui district, Kenya (photo: Barst & Haas).
Sand dam overflowing in wet season in Kitui district, Kenya (photo: M. Hoogmoed).





Proyecto 3R:

Recharge
Retention
Reuse

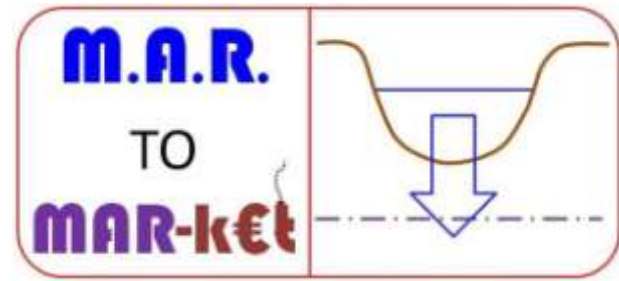
<http://www.bebuffered.com/>



Actividades en Marruecos, Túnez, Kenia, Paraguay, Yemen, Níger, India, Sri Lanka, Brasil, Namibia, Perú, Tanzania, Senegal, Nepal, Holanda., China...



Nuevo Action Group MAR(solutions) to MARk€t



- 14th- Managed Aquifer Recharge strategies and actions (AG128)
- LNEC (PT) –Tragsa (SP)
- Posibilidades de implantación de la técnica MAR en nueve sectores distintos del tejido industrial. 35 partners
- PTEA como socio (labores de difusión) junto con IGRAC



Gracias, 28 de Abril de 2014

Actuaciones secuenciales en agentes relacionados

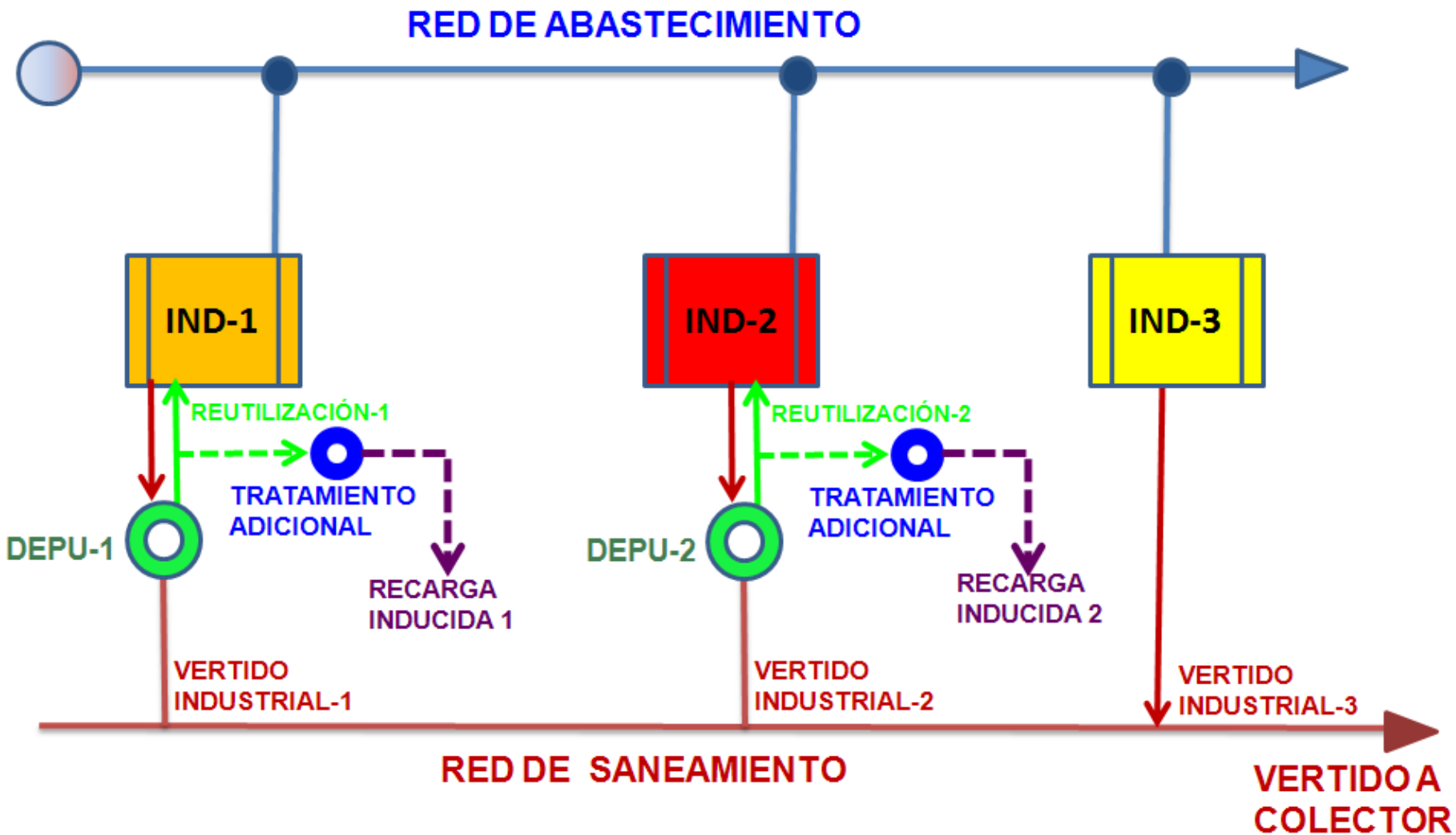
PRIMERA ETAPA:

1. **Agricultura (agroindustria)**
2. **Depuración de aguas residuales**
3. **Desalación**
4. **Embotelladoras de agua y bebidas envasadas**
5. **Campos de golf**
6. **Balnearios**
7. **Sectores de la Administración Pública**
8. **Hoteles e instalaciones turísticas (Market uptake)**

SEGUNDA ETAPA:

1. **Industrias e instalaciones con sistema de depuración propio**
2. **.../...**

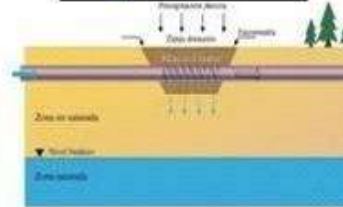




MAR y agroindustria

- Sector con abundantes ejemplos de implementación
- Mejoras en la eficiencia hídrica y energética por MAR
- Éxito ligado a la garantía de suministro sin dependencia climática
- Producción de “elevada calidad” en el *demo site*
- Variedad de escalas: Desde individuales a grandes industrias (asociacionismo)
- Huellas hídricas (operacional y de cadena de distribución) elevadas **reducir impacto mediante MAR**

- Demo Sites: Arenales y Brenta (Italia)



Results

Project deliverables

Posters

Publications

Technology

- Any -

Work Package

- Any -

Target group

- Any -

Document type

- Any -

D52.1 Drivers and barriers for successful implementation of innovative DEMEAU technologies

Document file:  [DEMEAU D52-1 Drivers and barriers for successful implementation of innovative DEMEAU technologies.pdf](#)

This deliverable presents a multi-stakeholder assessment of implementation drivers and barriers throughout various subsequent stages of the innovation cycle. Enabling factors (drivers) and constraining factors (barriers) for the implementation of the four innovative DEMEAU technologies that form the core of Work Areas 1 to 4 are identified at four different analytical levels (contextual, inter-organizational, intra-organizational and individual level) from the perspectives of various stakeholders that are involved in six selected case studies.

Date of delivery: Thursday, March 27, 2014

Conclusiones



1. La técnica M.A.R. está **infrautilizada en gran parte del mundo**. En España hay tres dispositivos de “gran envergadura”, cuando un **16% del terreno es susceptible**.
2. El **análisis económico** refrenda su **efectividad** y buena adecuación a la **realidad hídrica mundial del siglo XXI**.
3. La técnica constituye una **driving force** y es adecuada para fines medioambientales y **paliativa de los efectos del cambio climático**.
4. Interesantes **posibilidades** para su mayor implantación en esquemas de **gestión hídrica integral**, especialmente en **reutilización y “recarga de oportunidad”**.
5. Cada Estado es responsable de facilitar los **mecanismos de participación pública** y mejorar el nivel de información y formación general, así como promover nuevas experiencias, **PERO, la responsabilidad es compartida**.
6. **Soluciones tecnológicas...**
7. **Barreras a la innovación**
8. **Fin último**

6- Soluciones tecnológicas “complejas”

Avances en el sector del agua “lentos”

- (Hidro)imaginación
- Innovación
- Paciencia
- ...



¿Y PARA QUE SE PUEDE USAR ESTO?

NO SABEMOS, LO QUE HACEMOS ES INVESTIGACION BASICA

QUE BONITO, NOSOTROS NOS MATAMOS EMPUJANDO PIEDRAS Y ARRASTRANDO ANIMALES SALVAJES, MIENTRAS LOS SEÑORES SE ENTRETienen HACIENDO COSAS QUE NO SIRVEN PARA NADA



7- Saltar “barreras a la innovación”

LLEVAOS A MI COMPAÑERO GRANITO QUE OS AYUDE A PROBAR UN PROTOTIPO

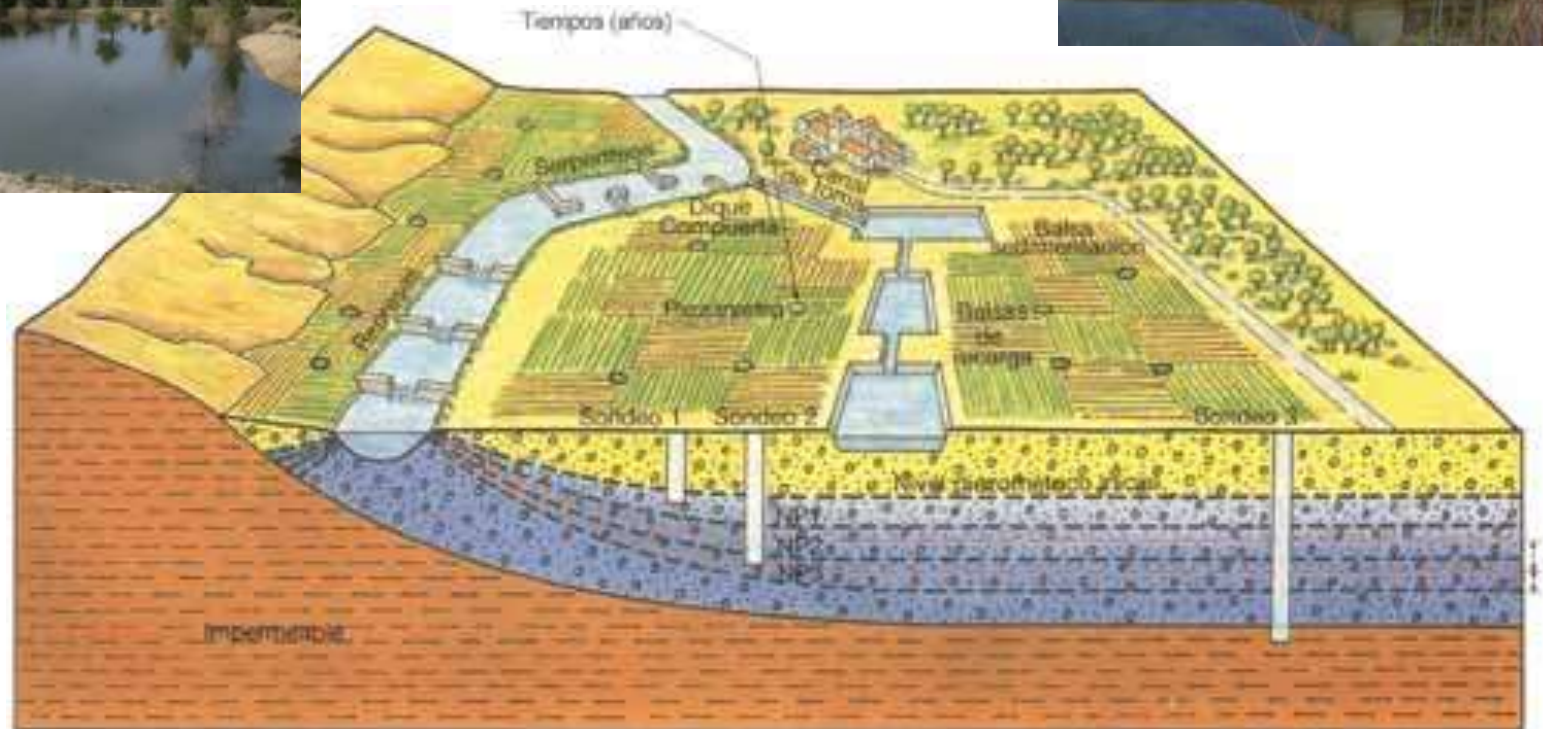
¡GENIAL!, ASÍ PODREMOS CONVERTIR LA INVESTIGACIÓN BÁSICA EN APLICADA

LO IMPORTANTE ES QUE FINALMENTE SALGAMOS TODOS GANANDO. ASÍ AHORRAREMOS TIEMPO Y SILEX. ADEMÁS DEBEMOS DIVULGAR NUESTRA INVESTIGACIÓN-ACCIÓN FUERA DEL POBLADO.



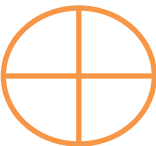
8- Fin último

Adecuada combinación de dispositivos (MAR y tradicionales) en la **GESTIÓN CONJUNTA**

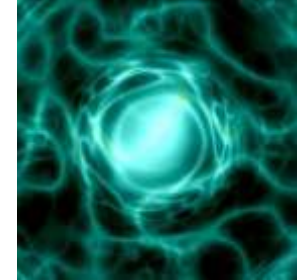


The key is
the storage!

Si es posible aquí...



Coordenadas y agradecimientos



dinamar@tragsa.es

www.dina-mar.es



MANAGED
AQUIFER
RECHARGE
SOLUTIONS



Muchas gracias

28 ABRIL 2014



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA
Campus de Excelencia Internacional