

RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS



FERNÁNDEZ ESCALANTE, Enrique

TRAGSA I+D+i

Profesor en el Campus Moncloa de Madrid

Vocal de habla hispana de la red de trabajo MAR-NET

Índice

- La gestión hídrica en España
- Gestión hídrica integral. Esquemas topológicos
- Técnicas especiales. La gestión de la recarga de acuíferos (antes recarga artificial)
- Mecanismo hidrodinámico
- Experiencias y estado del arte



dina - MAR

LA GESTIÓN HÍDRICA EN ESPAÑA. *Overlook*

TÉCNICAS:

Convencionales

- ALMACENAMIENTO EN EMBALSES
- EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
- TRASVASES INTERCUENCAS



No convencionales

- REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE
- DESALACIÓN



- GESTIÓN DE LA RECARGA DE ACUÍFEROS (MAR)



TÉCNICAS PALIATIVAS

- Disminución de la escorrentía en bosques y en áreas urbanizadas
- Trampas de escorrentía

Ahorro

Eficiencia de las conducciones

Descenso de la evaporación en los embalses

Descargas submarinas de agua dulce

Etc.

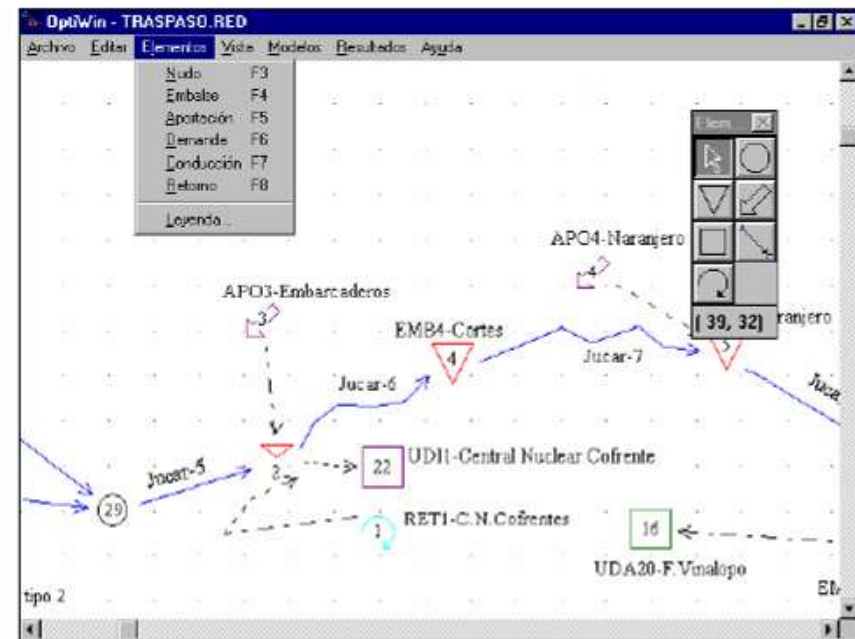
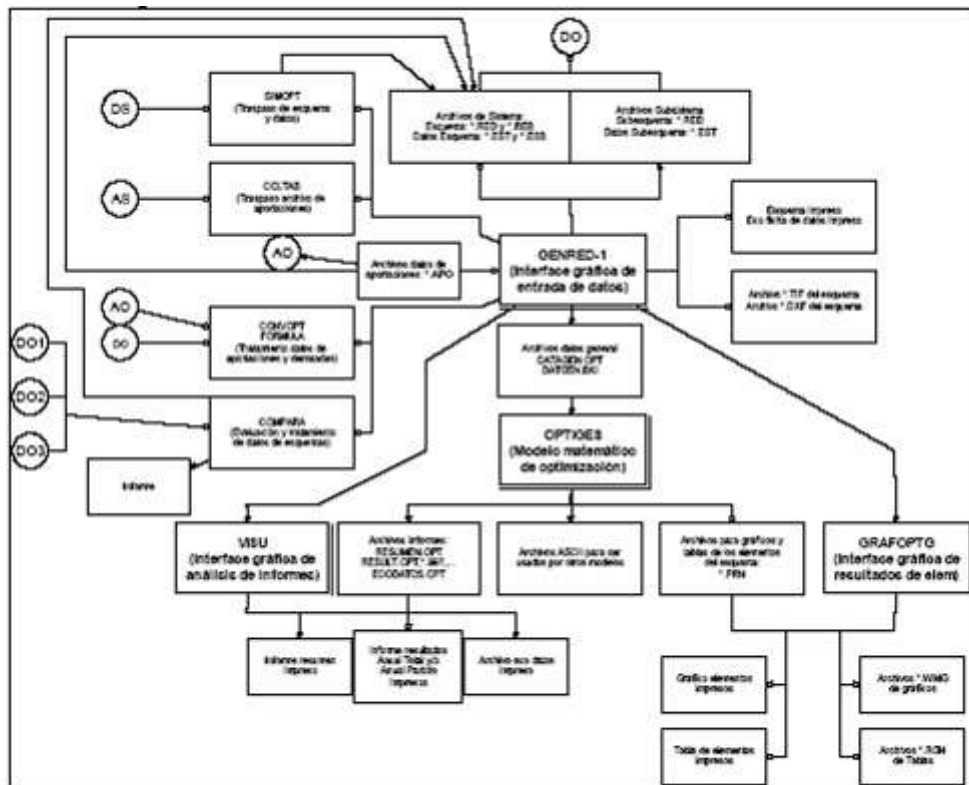


Especiales o alternativas

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)**...

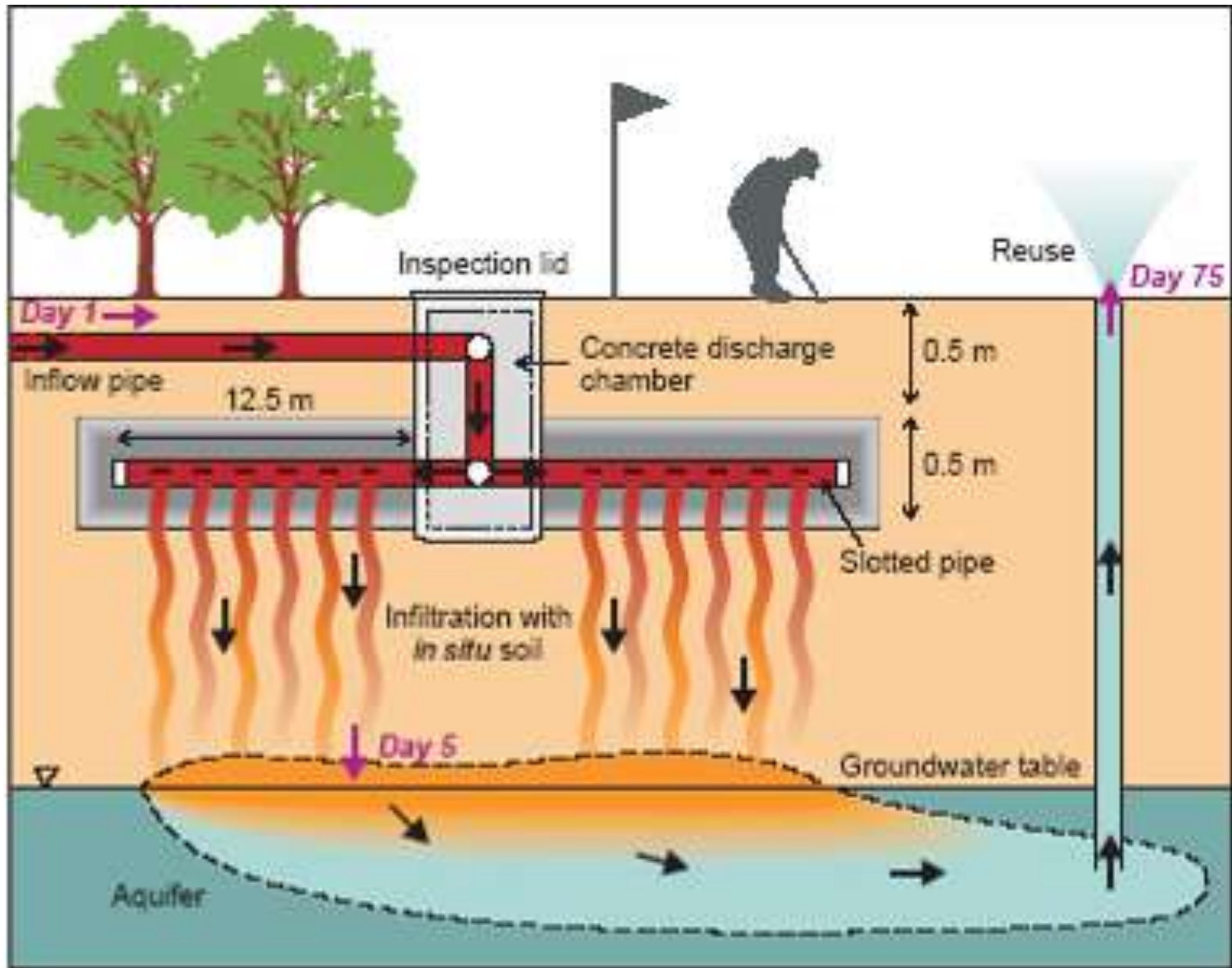
Managed Aquifer Recharge (MAR)

Introducción



- 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 España 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***.
- **Resultados “esperanzadores”**.

¿QUÉ ES LA GESTIÓN DE LA RECARGA?





navegación

- Portada
- Portal de la comunidad
- Actualidad
- Cambios recientes
- Página aleatoria
- Ayuda
- Donaciones

imprimir/exportar

- Crear un libro
- Descargar como PDF
- Versión para imprimir

herramientas

- Lo que enlaza aquí
- Cambios en enlazadas
- Subir archivo
- Páginas especiales
- Enlace permanente
- Citar este artículo

artículo discusión editar historial

Recarga artificial de acuíferos

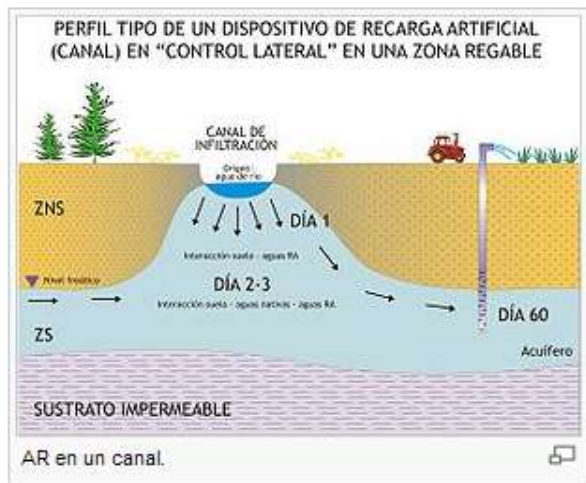
La **recarga artificial de un acuífero**, también llamada gestión de la recarga de acuíferos o *Managed Aquifer Recharge* (abreviatura: **MAR** o **GRA**) es un método de gestión hídrica que permite introducir agua en los acuíferos subterráneos (en general, agua de buena calidad y pretratada, aunque ha habido varias experiencias de recarga con aguas residuales). Una vez almacenada en estos, puede ser extraída para distintos usos (abastecimiento, riego, etc.) frenar la intrusión marina, contaminación y otros usos.

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

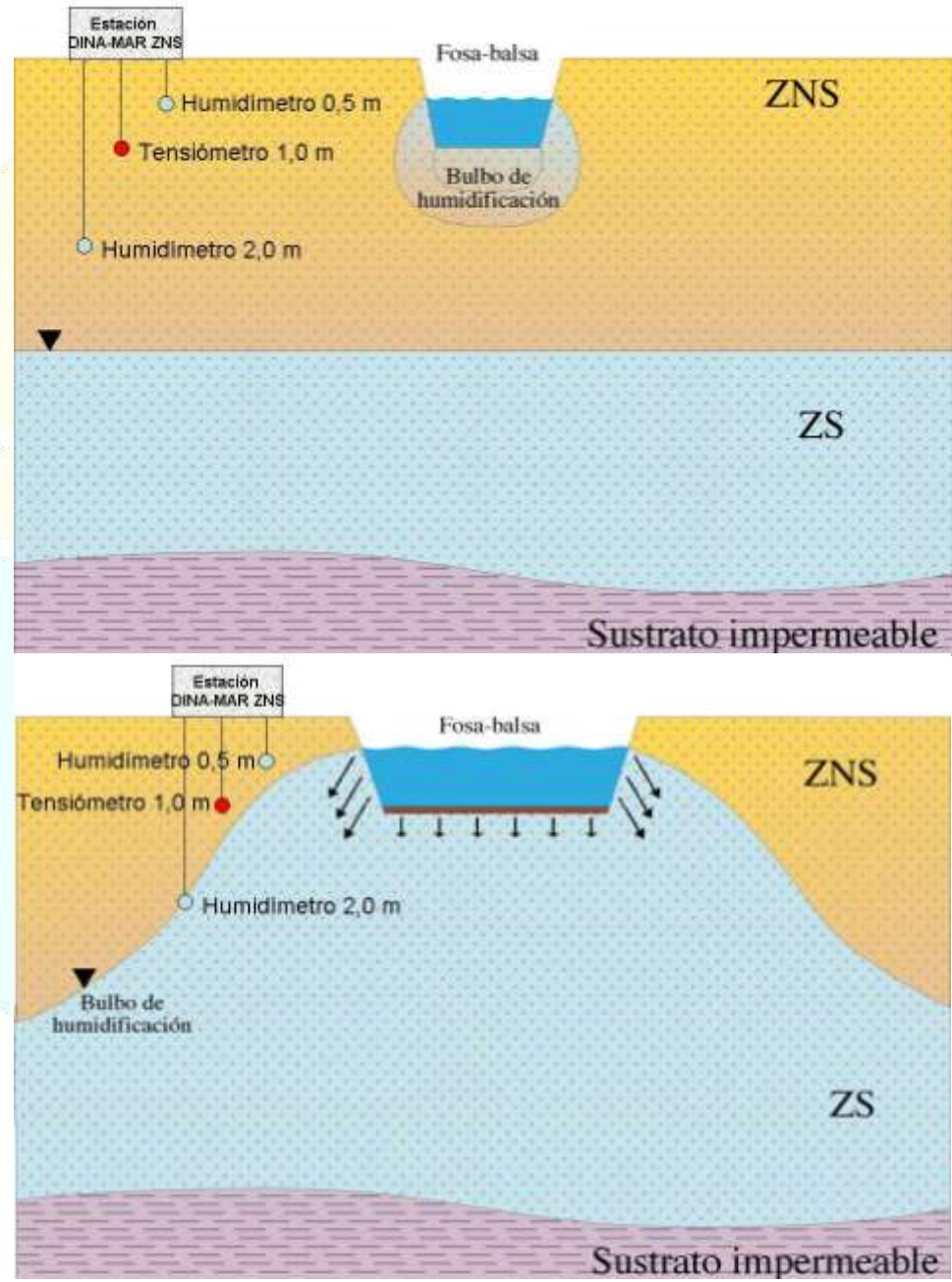
Esta técnica es considerada una *Driving Force* o actividad capacitada para provocar un **impacto ambiental** (positivo o negativo) sobre la cantidad y la calidad de las masas de agua.

- Contenido** [ocultar]
- 1 Pros y contras de la técnica MAR
 - 2 Comparativa con otras técnicas de gestión hídrica
 - 3 Conclusiones
 - 4 Bibliografía
 - 5 Véase también
 - 6 Enlaces externos

Pros y contras de la técnica MAR



Mecanismo hidrodinámico de la AR



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:

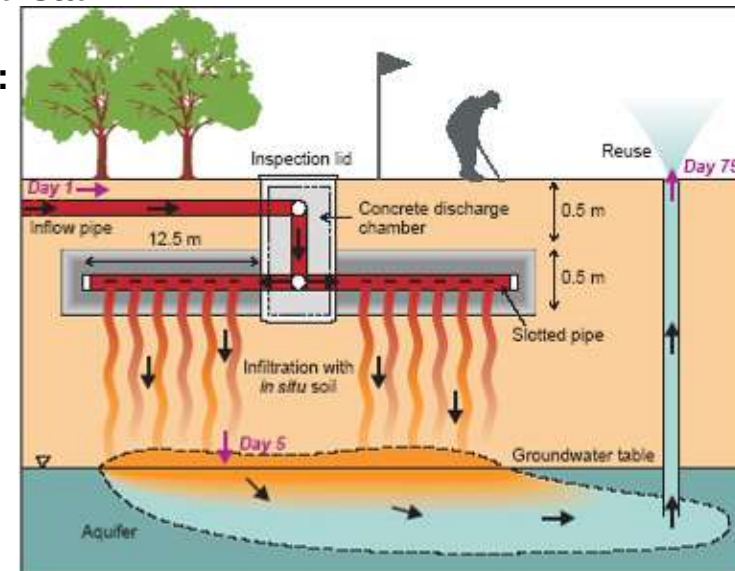
$$V_i = K \frac{H_w + L_f + h_{we}}{L_f}$$

- 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.

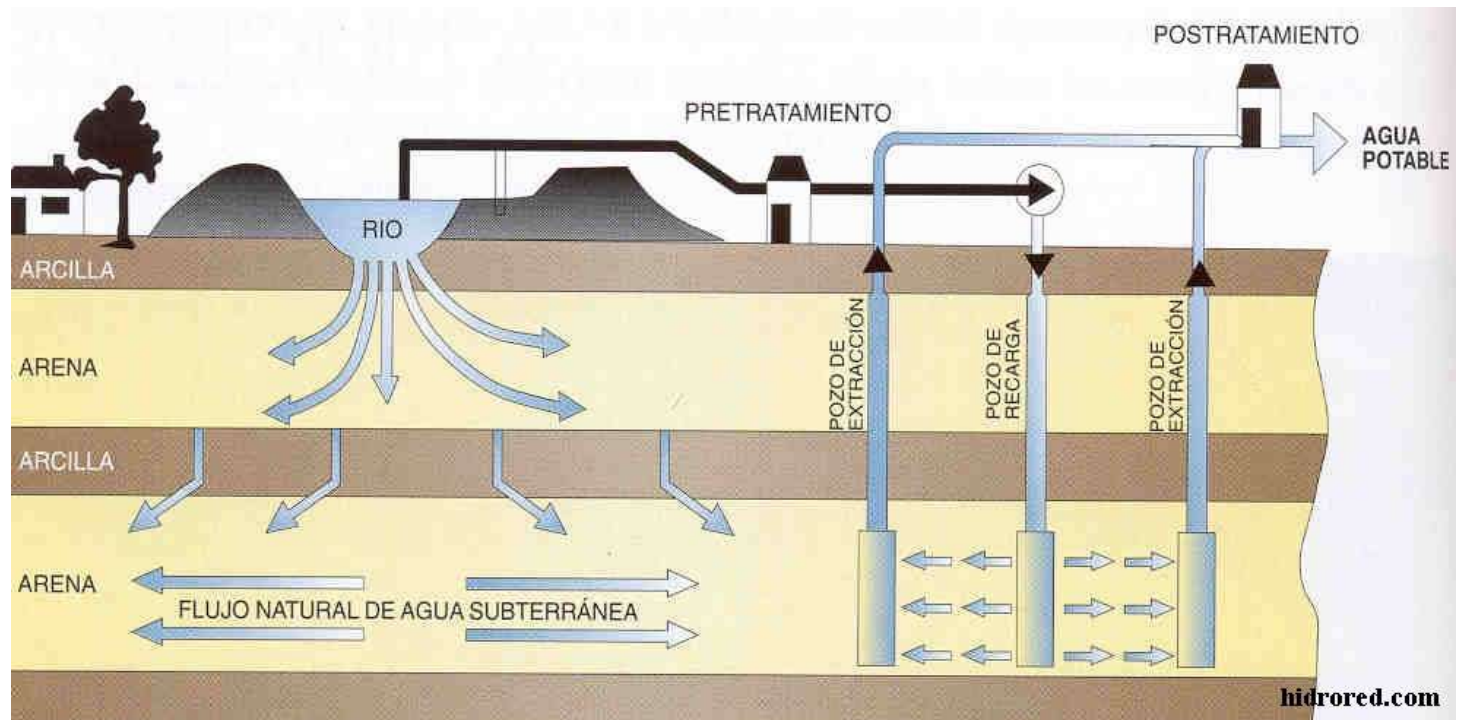
Para ello *Bouwer et al, 1999*, proponen los siguientes valores: (por experiencias realizadas en infiltrómetros).

- 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



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).



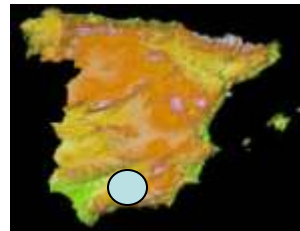
Antecedentes históricos

Las acequias de careo

Alpujarras, P.N. Sierra Nevada



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





Qanats (Irán...)



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 de la AR:



- 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 detallados **estudios técnicos.**

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 Lysse)



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 de origen fluvial

Tecnología para incrementar las reservas en los acuíferos con aguas de calidad para usos amplios y costes bajos frente a otras alternativas de gestión hídrica.

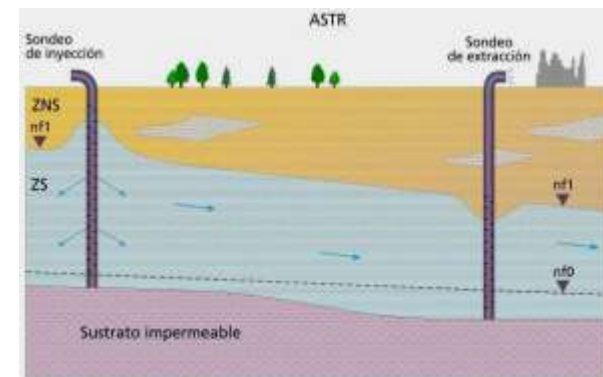
- Consiste: Desviar agua de los ríos, conducirla e introducirla en los acuíferos (almacenes subterráneos), con las ventajas que reporta de ocupación superficial, menor evaporación, calidad preservada, bajos costes de almacenamiento, etc.
- Caudal variable: 100-1000 l/s.
- Aplicación en un 16% de España (excluyendo las Islas Canarias).
- **Supeditado a concesión**
- **Necesidad de buenos estudios de idoneidad y viabilidad**



Aguas depuradas

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 introducirlas 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)**



Sistemas de AR

- **INSTALACIONES DE RECARGA SUPERFICIALES**

- **- Instalaciones localizadas en el interior de los cauces**

- Serpenteos

- Represas

- Escarificación lechos de ríos

- Modificación cauces naturales

- **- Instalaciones localizadas en el exterior de los cauces**

- Vasos permeables.

- Balsas.

- Fosas/canales/caceras.

- Campos de extensión (zonas regables).

- Espacios inter-dunares

- Pozos abiertos de gran diámetro

- **INSTALACIONES DE RECARGA EN PROFUNDIDAD**

- Sondeos de inyección.

- Inyección en simas y dolinas.

- Drenes y galerías.

- Almacenamiento y recuperación de acuíferos o

- *Aquifer Storage and Recovery (ASR).*

- **INSTALACIONES MIXTAS**

- Pozos colgados o que intercomunican un acuífero colgado con otro infrayacente.

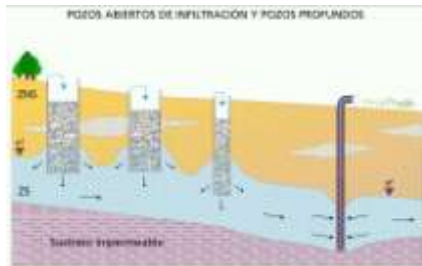
- Utilización conjunta de zanjias drenantes/balsas/canales y sondeos.

- Drenes subterráneos.

- Filtración en el lecho de los ríos o *River Bank Filtration (RBF).*

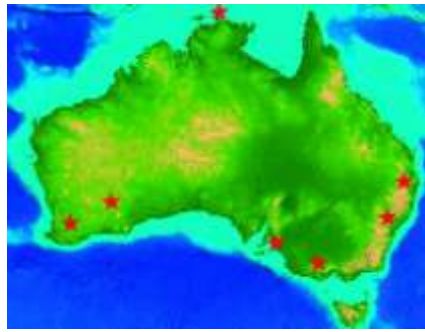
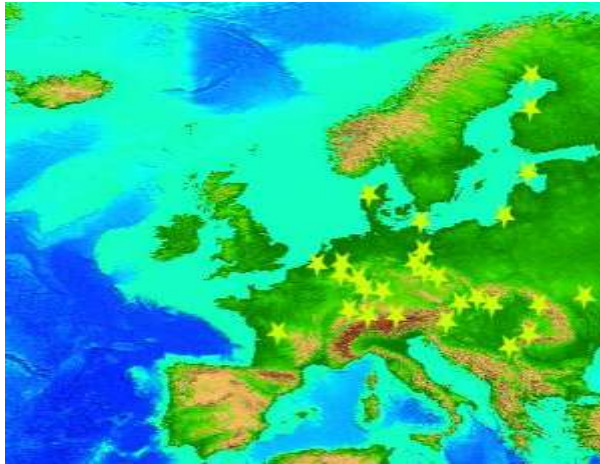
- Aliibes de aprovechamiento de la escorrentía urbana





Nº	SISTEMA	TIPO DE DEPOSITARIO	ICONO	FIGURA	FOTO	LEYENDA
1	COMUNICACIÓN	SEALADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo artificial sobre el escape de balsas. Foto: Reporte Pico, 2004-04-01
2		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
3		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
4		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
5		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
6	COMUNICACIÓN	SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
7		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
8		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
9		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
10		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
11	COMUNICACIÓN	SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
12		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
13		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
14		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
15		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
16	COMUNICACIÓN	SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
17		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
18		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
19		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
20		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
21	COMUNICACIÓN	SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
22		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
23		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
24		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
25		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
26	COMUNICACIÓN	SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
27		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
28		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
29		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
30		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
31	COMUNICACIÓN	SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
32		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
33		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
34		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
35		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
36	COMUNICACIÓN	SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
37		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
38		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
39		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
40		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
41	COMUNICACIÓN	SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
42		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
43		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
44		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
45		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
46	COMUNICACIÓN	SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
47		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
48		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
49		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
50		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
51	COMUNICACIÓN	SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
52		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
53		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
54		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
55		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
56	COMUNICACIÓN	SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
57		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
58		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
59		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
60		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
61	COMUNICACIÓN	SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
62		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
63		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
64		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
65		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
66	COMUNICACIÓN	SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
67		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
68		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
69		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
70		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
71	COMUNICACIÓN	SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
72		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
73		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
74		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
75		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
76	COMUNICACIÓN	SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
77		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
78		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
79		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
80		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
81	COMUNICACIÓN	SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
82		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
83		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
84		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
85		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
86	COMUNICACIÓN	SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
87		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
88		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
89		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
90		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
91	COMUNICACIÓN	SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
92		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
93		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
94		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo de balsas selladas y drenadas. Reporte, Pico, 2004-04-01
95		SEALADO Y DRENADO DE BALSAS, TROQUES Y FUNDOS, LAGOS				Manejo

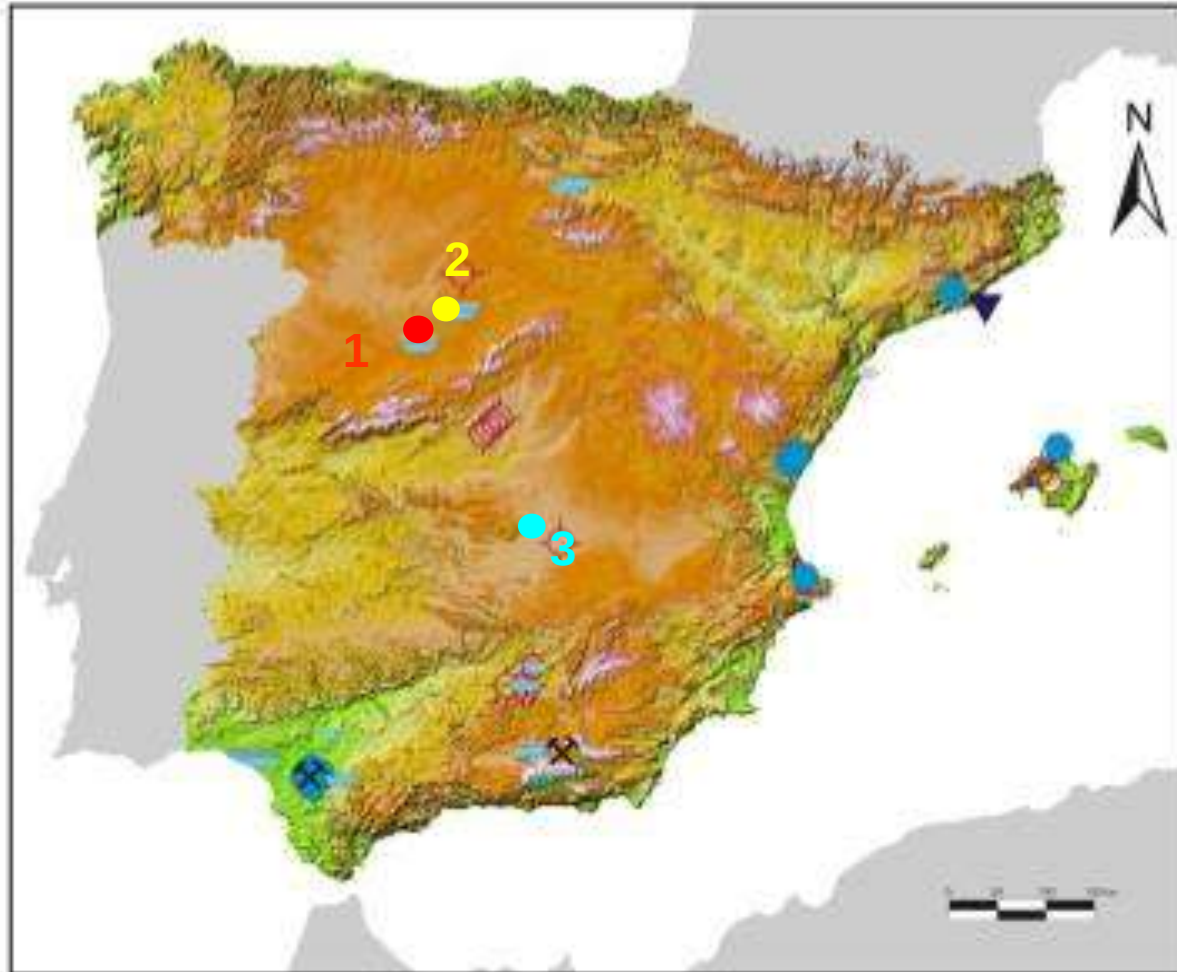
Dispositivos y experiencias



- **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 Sudafricana, 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.

M.A.R. EN ESPAÑA

- MAR Volumen en España: 380 hm³/año (2009, DINA-MAR)



LEYENDA

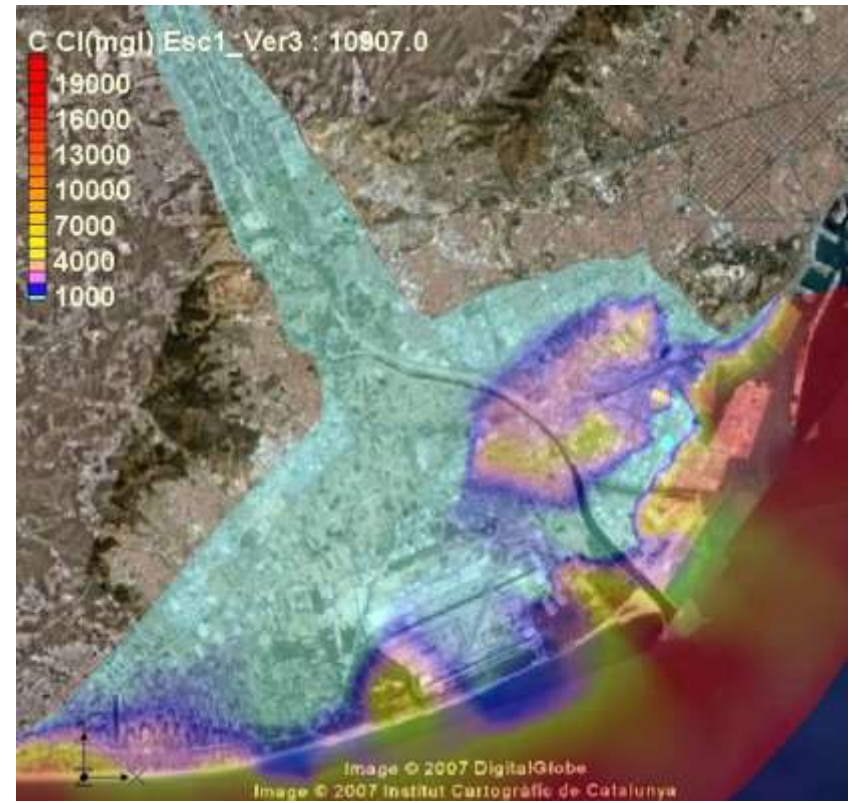
- Pozos
- Sondeo Profundo
- ASR
- Dique retención
- Canales y zanjas
- Acequias de careo
- Escarificación
- Balsas
- Mina AR

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

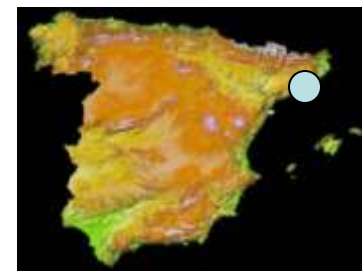
Modelo de simulación de la evolución de cloruros en el acuífero
Horizonte 2036



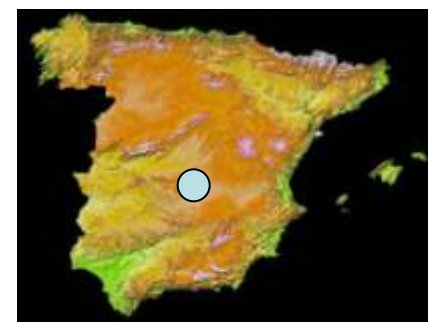
Ufanes de Gabellí (Mallorca)



Escarificación lechos de ríos



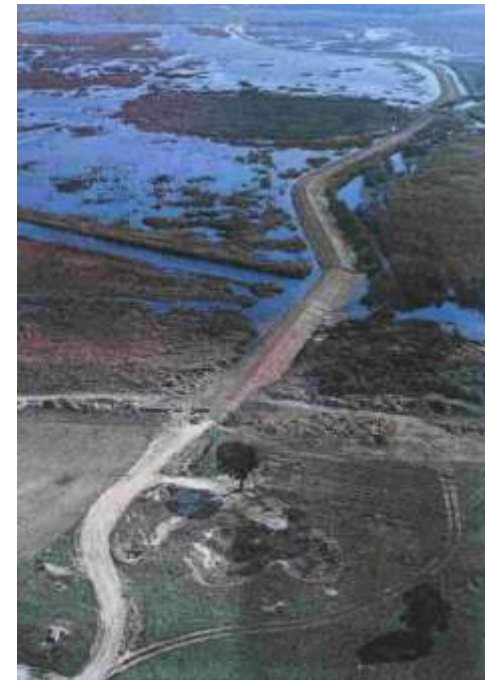
Regeneración hídrica de humedales. Tablas de Daimiel



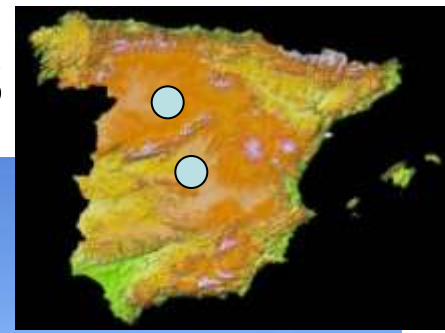
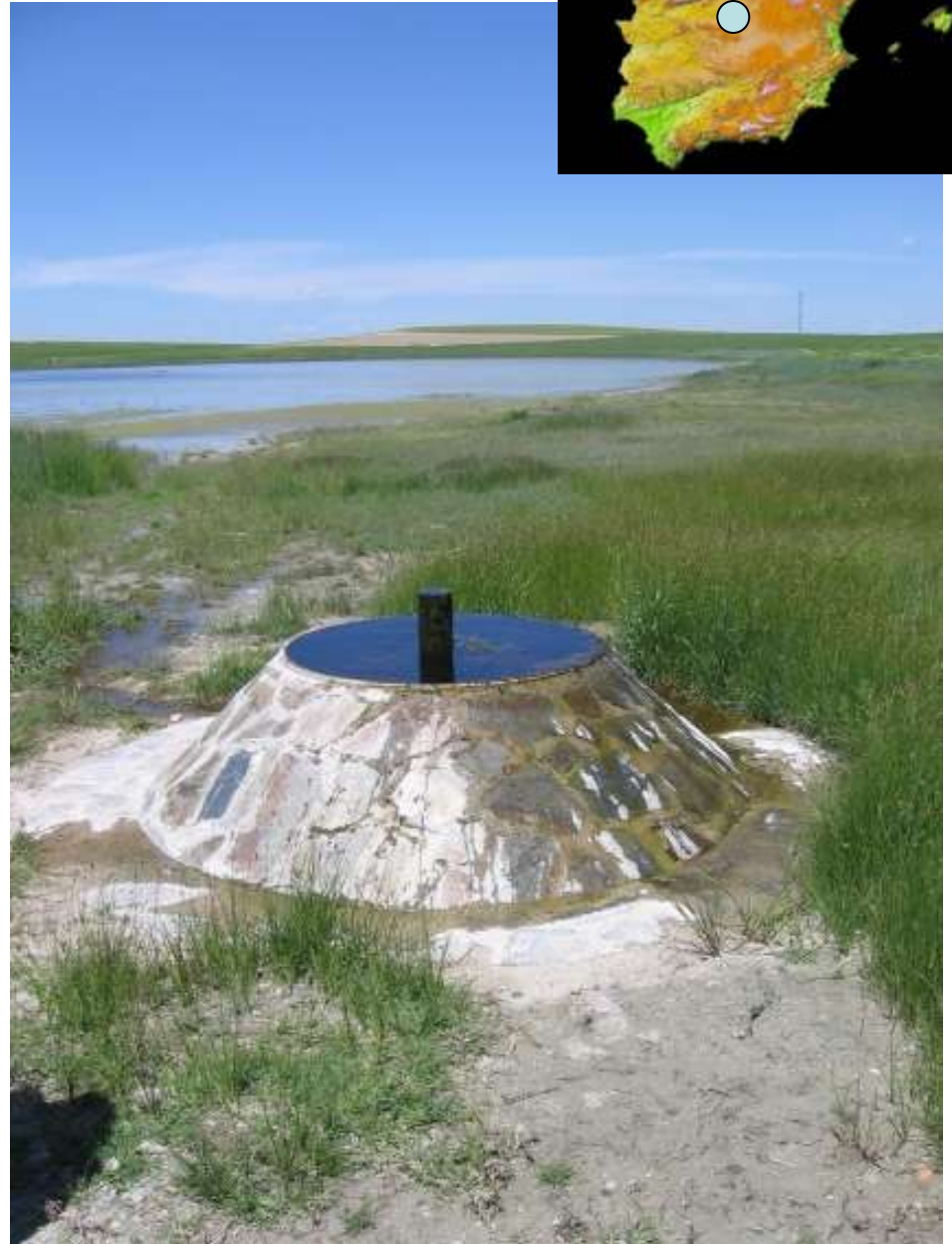
8 MAR boreholes:



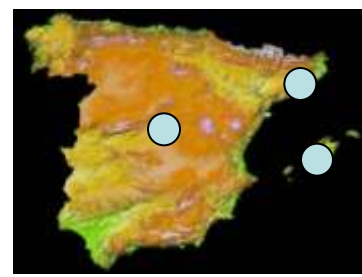
2 dispositivos hidráulicos



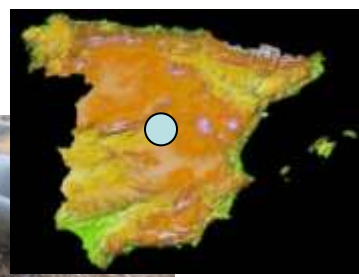
Utilización usos medioambientales



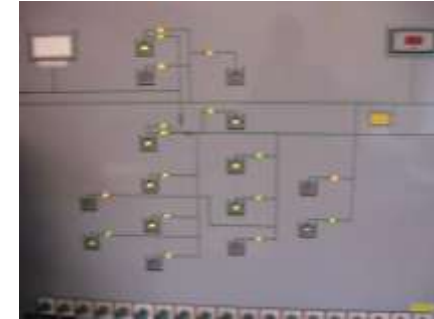
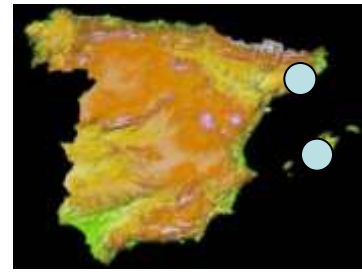
MAR para abastecimiento urbano



Recarga en profundidad



Recarga en profundidad



MAR y regadío. Santiuste



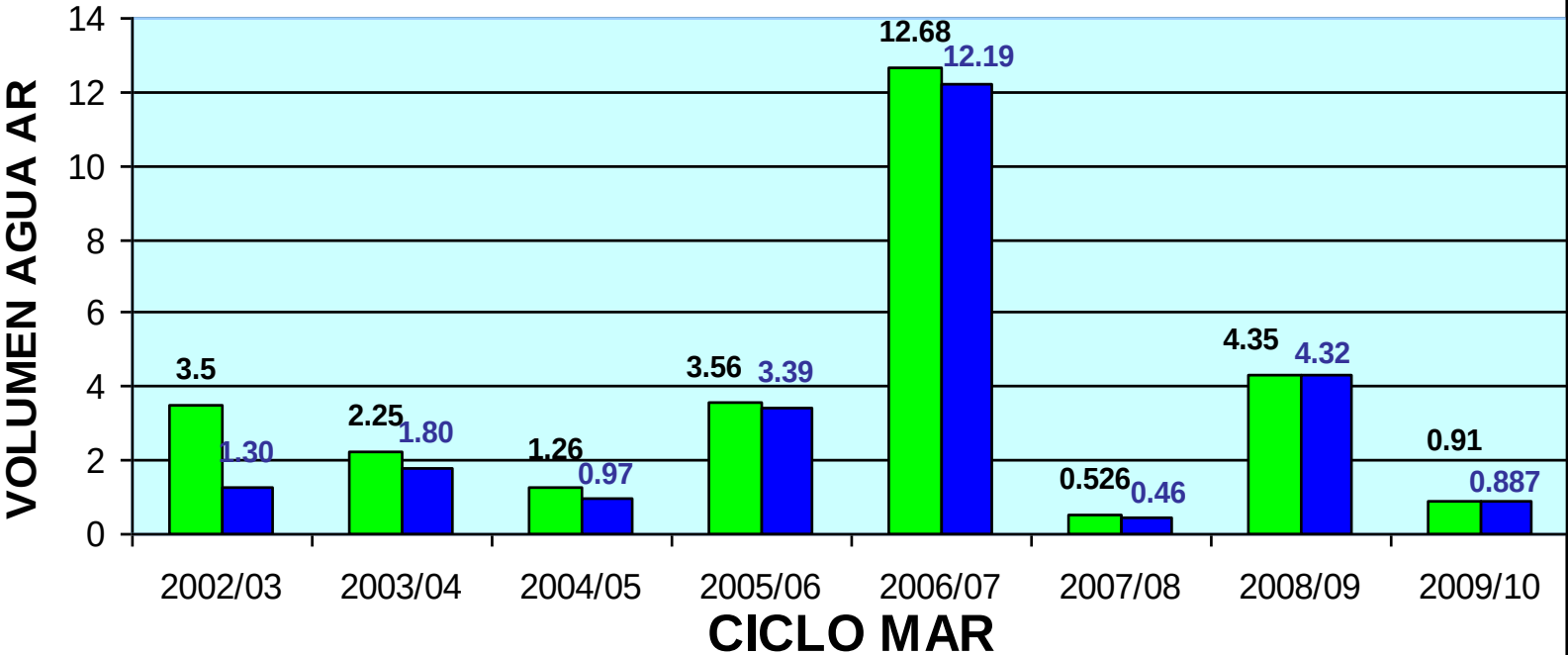
- 8 años de operatividad
- 27 km de canal
- 5 balsas de infiltración
- 3 humedales artificiales
- 3 pozos de infiltración





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

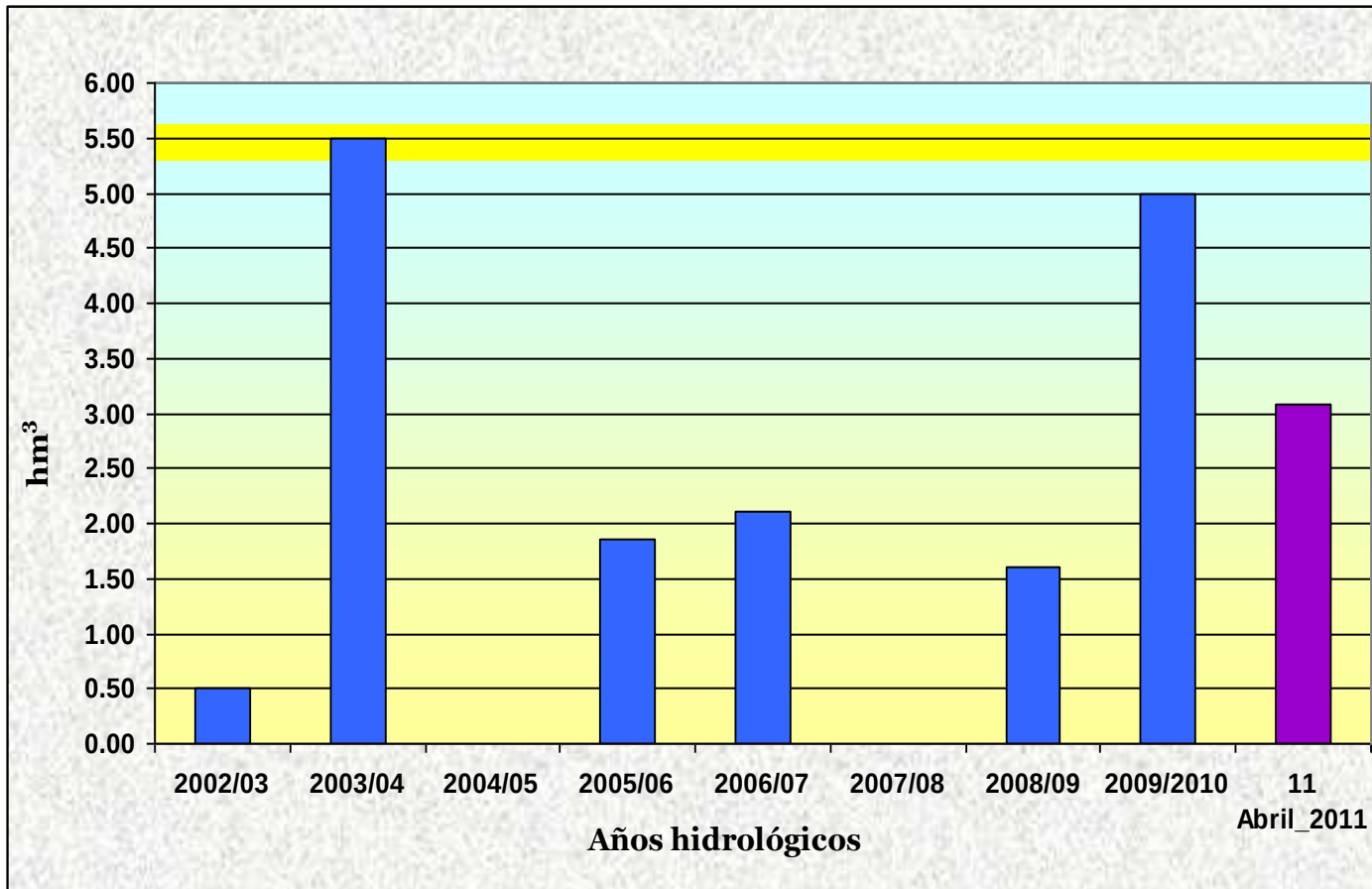


- Conducción en tubería de poliéster reforzado con fibra de vidrio, de hasta 1200 mm, y 20 km de longitud
- Desagües, ventosas, arquetas de salida
- Dispositivos de AR **combinados**: balsas, tuberías drenantes, canales, pozos, ...)



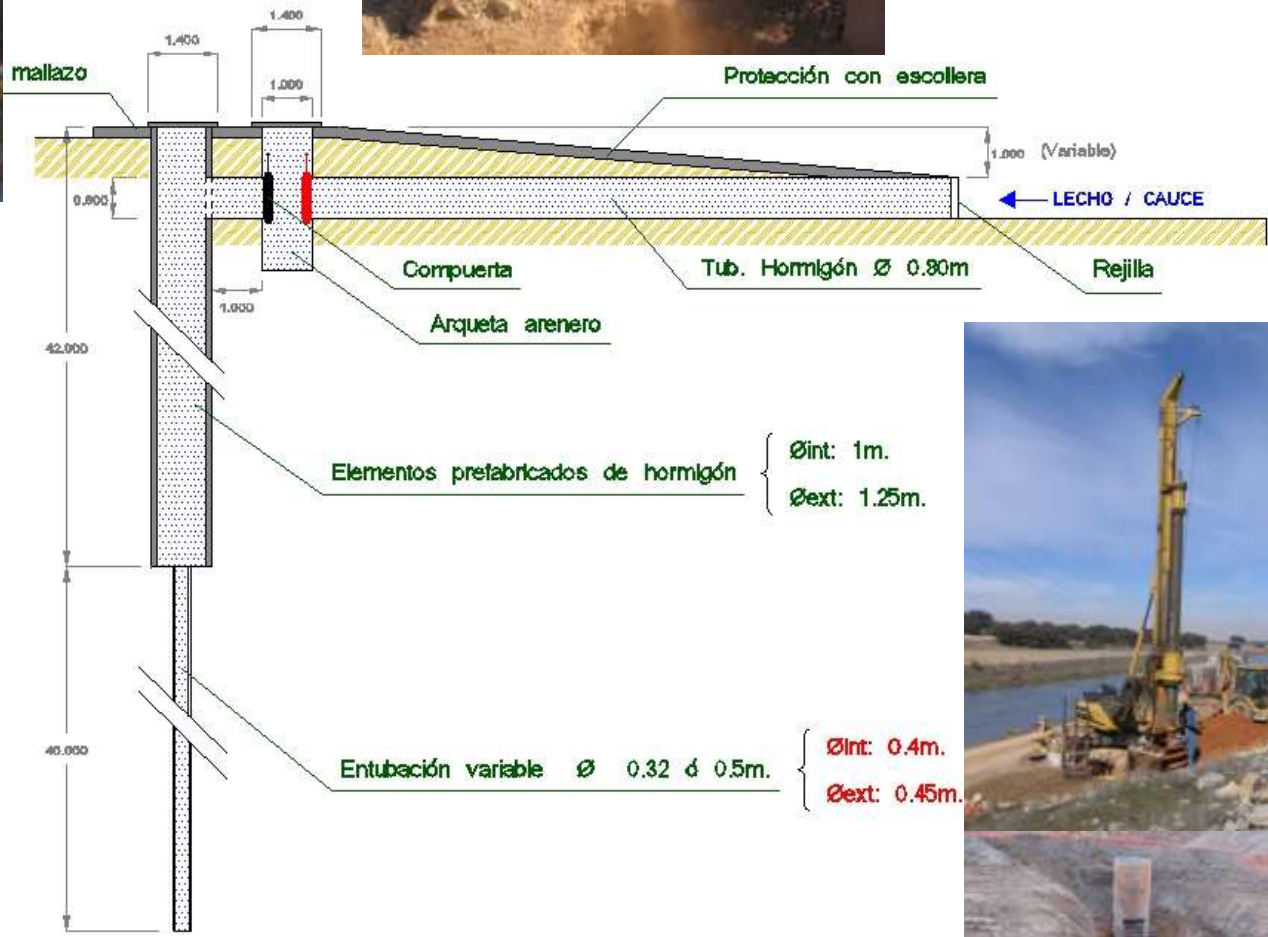
RECARGAS REALIZADAS

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

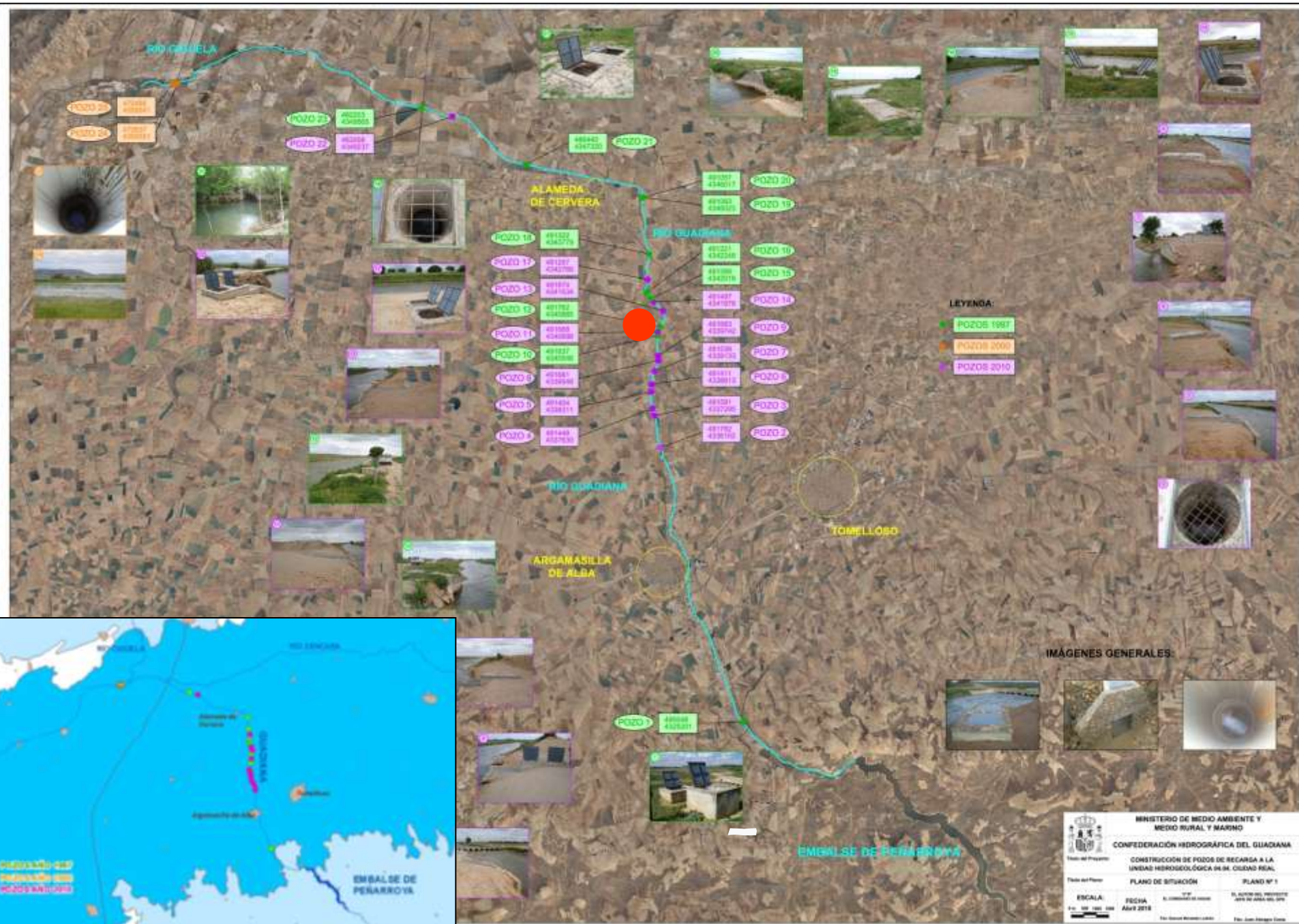
Canal del Guadiana



Características de los pozos de AR



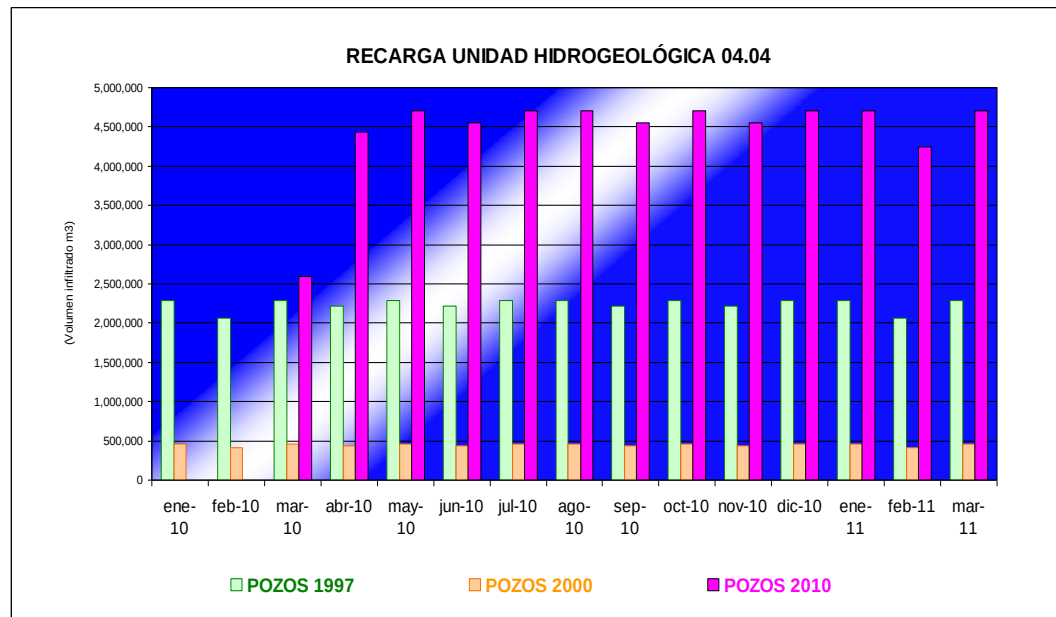
Canal del Guadiana



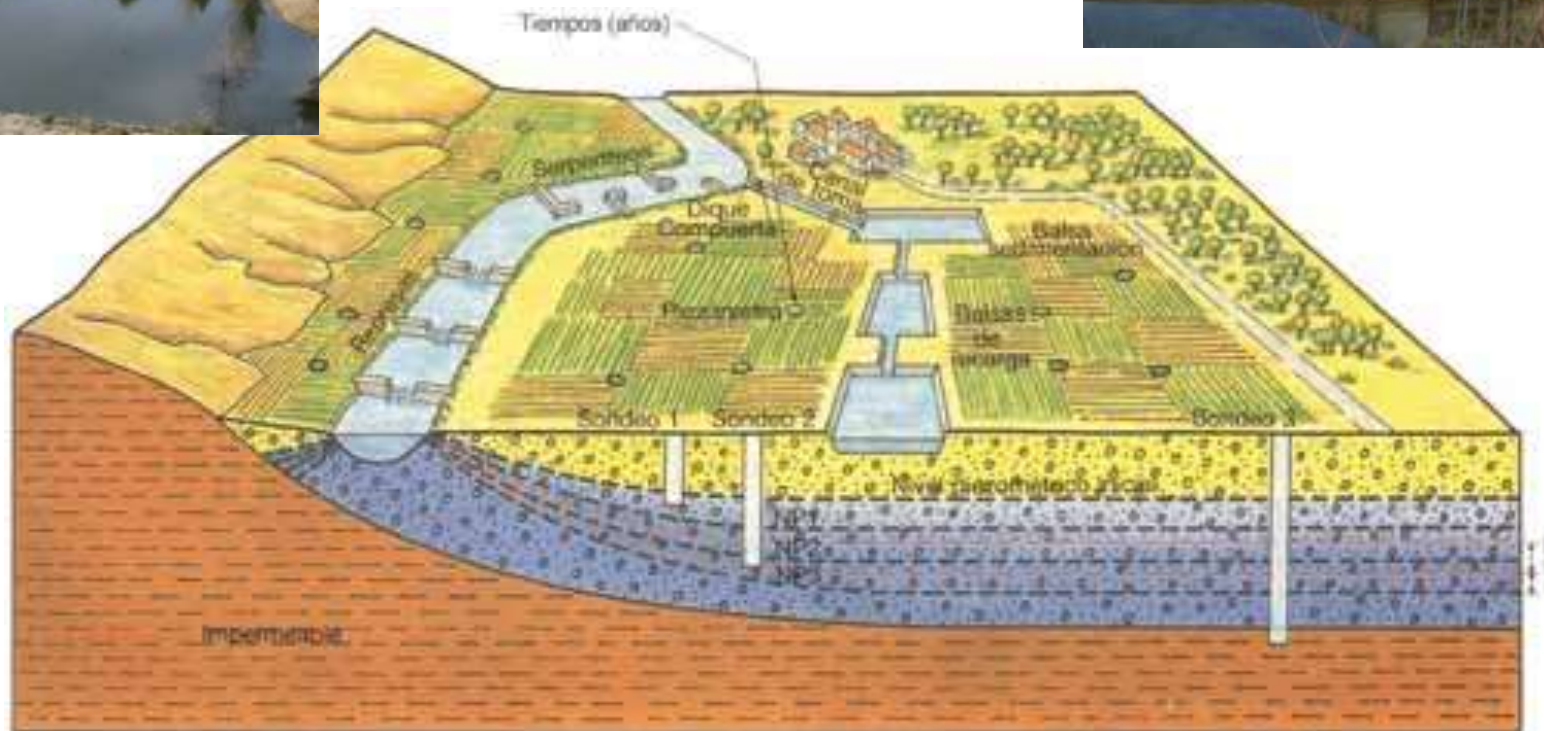
Volúmenes recargados (Enero 2010-Marzo 2011)

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 2010	2.1	0.4	4.2	
Marzo 2010	2.3	0.5	4.7	
TOTALES	33.6	6.7	57.8	98,1hm³



Dispositivos MAR en la GESTIÓN CONJUNTA

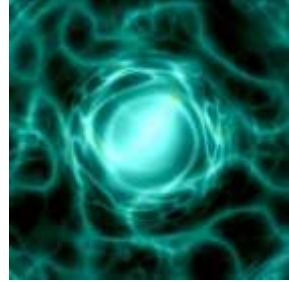


Otros

Si es posible aquí...



Resumen y conclusiones



1. La técnica M.A.R. está infrautilizada en España Y EN EL MUNDO. Hay tres dispositivos de “gran envergadura”, cuando un 16% de España es susceptible.
2. El análisis económico refrenda su efectividad y buena adecuación a la realidad hídrica española 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.
5. El Estado es responsable de facilitar los mecanismos de participación pública y mejorar el nivel de información y formación general, así como promover nuevas experiencias.
6. La responsabilidad es compartida.
7. Idea-fuerza de las tres Tes...

The key is
the strategy

Fases de un estudio de AR

Ejemplos de dos proyectos de MAR para regadío

1. Estudio de **previabilidad** técnica, socioeconómica y política.
2. Estudio **hidrogeológico**: En él se ha de combinar y analizar los datos con la información previa y la generada durante el estudio relativa a la geología de la zona, hidrología, geomorfología, topografía, microtopografía, edafología, clima, usos del suelo y actuaciones humanas esencialmente (MAPA, 1999a).
3. Estudio de la **litología**. Elaboración de una cartografía geológica.
4. Determinación de la **geometría** del acuífero.
5. Campañas de **prospección geofísica**.
6. Estudio de la **piezometría** referida a un período determinado y elaboración de una **cartografía hidrogeológica** empleando las normas de la UNESCO.
7. Determinación de la **velocidad de circulación**, trazado de las equipotenciales y orientación de las **líneas de flujo**.
8. Estudios de **hidroquímica y calidad** en la **ZS**.
9. Preceptivamente se puede añadir un estudio de la **ZNS**.
10. Resultados. **Anteproyecto** y **proyecto** de obra.

Coordenadas y agradecimientos

dinamar@tragssa.es
www.dina-mar.es



Muchas gracias
DIC. 2013