



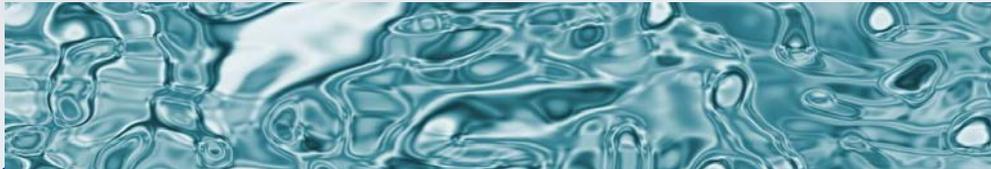
PLATAFORMA  
TECNOLÓGICA  
ESPAÑOLA DEL AGUA



Red de cooperación público-privada para el  
Fomento de la I+D+i en el sector del agua

*Madrid, 27 de noviembre de 2014*

**Miniforo Cyted-Iberoeka:  
soluciones innovadoras  
en la gestión de recursos  
hídricos para mitigar el  
cambio climático (ST-42)**



**¿Cómo combatir algunos efectos adversos del  
cambio climático mediante técnicas  
alternativas de gestión hídrica?**

**Dr. Enrique Fernández Escalante, PTEA Secretaría Técnica,  
co-chair IAH MAR Commission**



# 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 hm<sup>3</sup>/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](http://www.unesco.org/water/news/newsletter/93_es.shtml)

## Panorama “adverso”

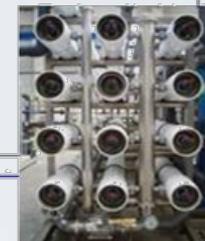
El contexto actual requiere **soluciones tecnológicas avanzadas** en los esquemas de gestión hídrica integral

# La gestión hídrica en España. Técnicas:



## Convencionales

- ALMACENAMIENTO EN EMBALSES: 53.000 hm<sup>3</sup>
- EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS: 6.000 hm<sup>3</sup>/año. 80% regadío
- TRASVASES



## No convencionales

- REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE: 450 hm<sup>3</sup>/año
- DESALACIÓN: 1,5 hm<sup>3</sup>/día. Casi 1.000 desaladoras

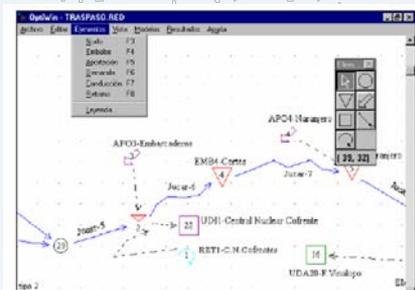
- GESTIÓN DE LA RECARGA DE ACUÍFEROS (MAR) 380 hm<sup>3</sup>/año

### TÉCNICAS PALIATIVAS

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



## Especiales o alternativas



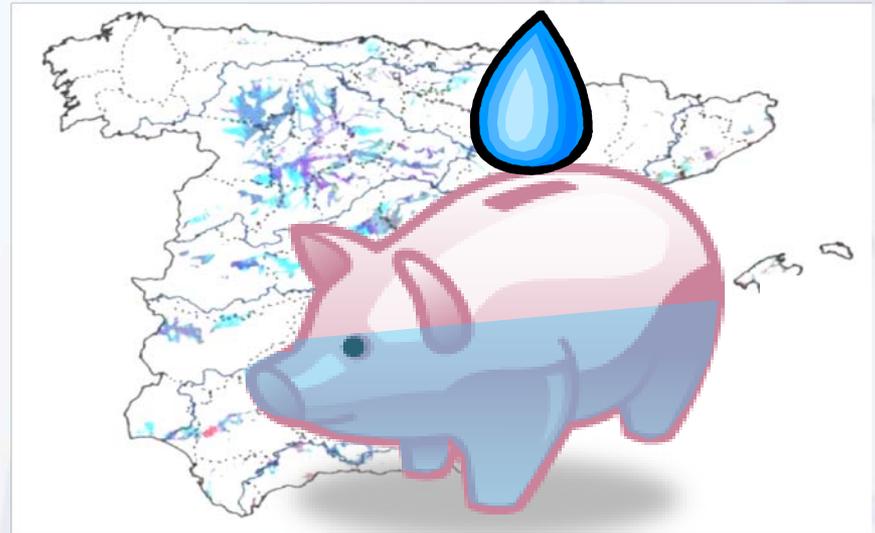
## ELEMENTOS DE RETORNO ESCASOS

Los esquemas de IWRM clásicos parecen insuficientes ante los escenarios modelizados

# Acciones contra eventos climáticos extremos

## ✓ Sequías

- Incrementar las celdas de almacenamiento “seguro”
- Disponibilidad de recursos a largo plazo (minería del agua)
- Combinación con técnicas convencionales

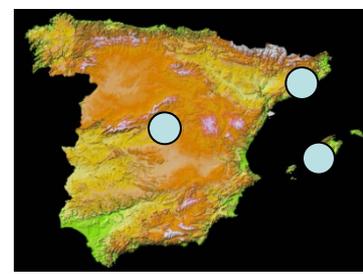


# Managed Aquifer Recharge (MAR)

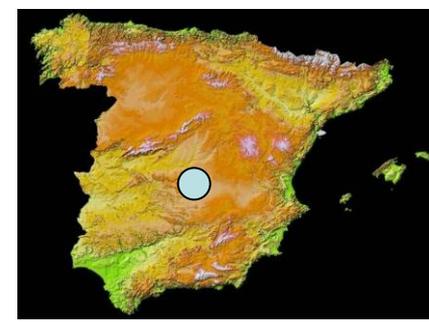
- La recarga artificial de acuíferos (MAR) se ha convertido en una **herramienta de gestión hídrica económica y de gran efectividad** con respecto a las grandes obras hidráulicas.
- En gran parte del mundo se encuentra todavía en un **estadio incipiente o experimental**.
- Regulación legal en España,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



# MAR para abastecimiento urbano

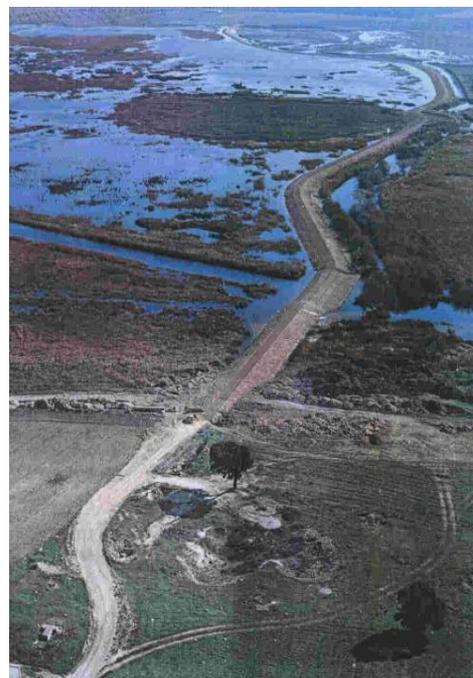


# Regeneración hídrica de humedales: Tablas de Daimiel

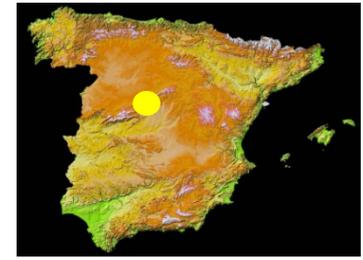


**8 POZOS M.A.R.**

**2 dispositivos hidráulicos**



# MAR y regadío El Carracillo



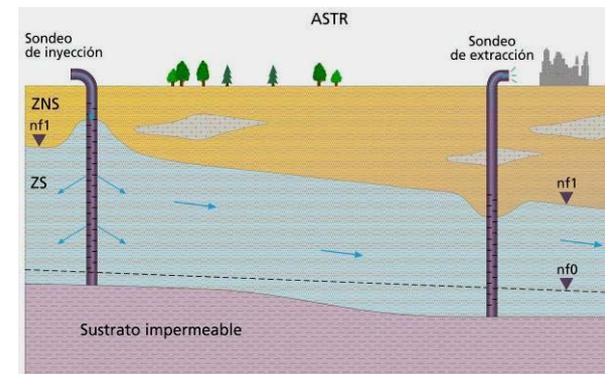
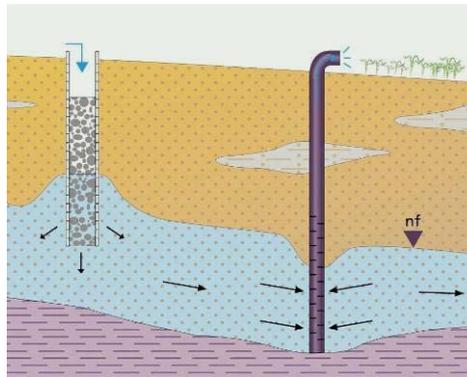
- Más de 1000 nuevas hectáreas de regadío en esta comarca desde que se iniciaron las actividades
- Organización en la CCRR adaptada a los nuevos tiempos, encarando el binomio agua-energía y el almacenamiento subterráneo como almacén seguro



# Aguas depuradas (“SAT-MAR”)

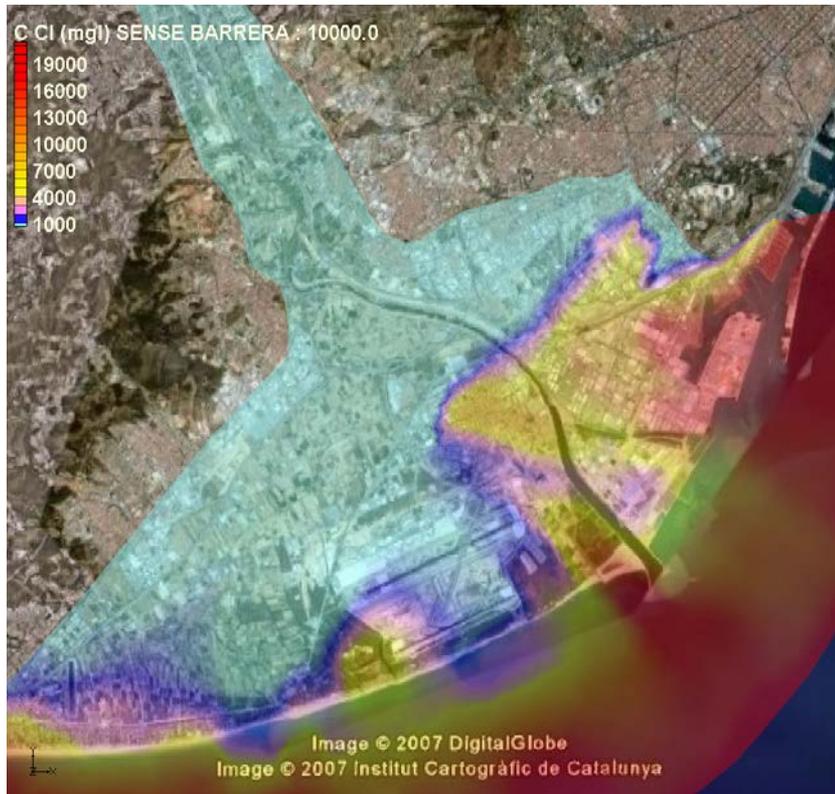
Tecnología para la inyección profunda de aguas regeneradas mediante sondeos y pozos en general ubicados en las inmediaciones de las depuradoras.

- **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 €/m<sup>3</sup> (50 m) y 0,58 €/m<sup>3</sup> (500 m) (trat. Terciario no considerado).
- **Supeditado a concesión (estándar de calidad ambicioso)**

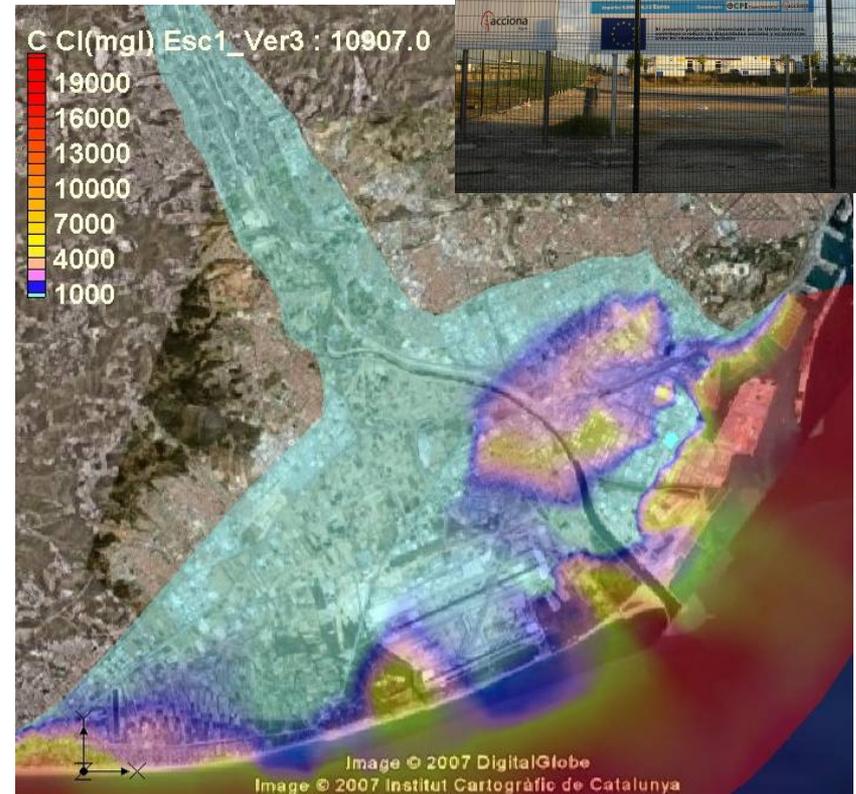


# BARRERA HIDRÁULICA PARA COMBATIR LA INTRUSIÓN MARINA

✓ 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

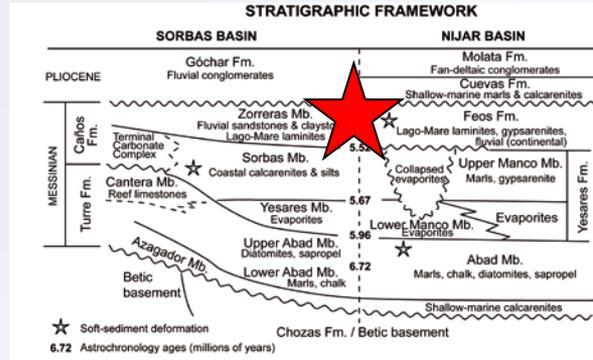
# Inventario de tipologías (24)

Nº	SISTEMA	TIPO DE DISPOSITIVO	ICONO	FIGURA	FOTO	LEYENDA
1	DIFUSIÓN	BALSAS DE INFILTRACIÓN / HUMEDALES				Humedal artificial para la recarga del Sanchón, Coxa, Segovia. Foto: DINA-MAR
2		CAÑALES Y ZANJAS DE INFILTRACIÓN				Canal de recarga artificial de la Cuesta de Santibáñez, Segovia, Spain, operativa desde 2002. Foto: DINA-MAR
3		CARALLONES/TÉCNICAS DE TRATAMIENTO SUELOACUÍFERO				Caballones en el fondo de una talud de infiltración, California. Foto: D. Payton
4		CAMPOS DE INFILTRACIÓN (INUNDACIÓN Y DIFUSIÓN CONTROLADA)				Campo de infiltración de Ordes (Navarra). Foto: G. Tejada
5		RECARGA ACCIDENTAL POR RETORNOS DE REGO				Recarga artificial por retornos de riego, Extremadura, España.
6	CANALES	DIGUES DE RETENCIÓN Y REPRESAS				Dique de recarga artificial en cabecera de cuencas, Alicante
7		DIGUES PERMEABLES				Dique permeable en Huesca. Foto: Tragsa
8		SERPENTEO / LEEVES				Serpenteos en Sacramento, California. Foto: A. Hochstetler
9		ESCARIFICACIÓN LECHO				Escarificación del lecho del río Besòs, Barcelona. Foto: J. Armentin
10		DIGUES SUBSUPERFICIALES/SUBTERRÁNEOS				Dique subsuperficial (ombalbe de arena) en Kyto, Corea. Foto: Sander de Haan
11		DIGUES PERFORADOS				Dique perforado, Lanjarín, Granada, España. Foto: Tragsa
12	POZOS	GANATS (GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)				Ganat 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 MISMODEOS				Pozo de recarga artificial, Cornellà, Barcelona. Foto: DINA-MAR
15		SONDOS				Sonda para MAR (ASR) en Adelfado, Foto: P. Dillon
16		DOJNAS, COLAPSO...				Colapso cárstico "El Hundimiento", Alicante, España. Foto: DINA-MAR
17		ASR				Dispositivo ASR en Scottsdale, Arizona. Foto: DINA-MAR
18		ASTR				Dispositivo ASTR en California
19		RBFB				Sistema RBFB para MAR en Erión. Foto: A. Tejada
20	FILTRACIÓN	FILTRACIÓN INTERDUNAR				Filtración interdunar cerca de Amsterdam, Holanda. Foto: Atlas
21		REGO SUBTERRÁNEO				Riego subterráneo en Andalucía. Foto: Tragsa
22	LLEVA	CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN IMPRODUCTIVO				Captación de lluvia en improductivo para MAR
23	SUDOS	RECARGA ACCIDENTAL, CONDUCCIONES Y ALCANTARILLADO				Recarga artificial desde el alcantarillado en España. Foto: Tragsa
24		SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE				SUDOS, Gomeznarva, Madrid.

# Acciones contra eventos climáticos extremos

## ✓ Inundaciones:

Un problema recurrente en el arco mediterráneo desde hace 6 millones de años



Hucmocky del Messiniense superior. Gafares, Almeria. Foto: C. Dabrio



1980



2012

Medidas basadas en la ordenación territorial y en la gestión de recursos (agua y bosques)

# Acciones innovadoras

## 1- Reforestación y técnicas de selvicultura para fomentar la recarga profunda

Bosques “ordenados” para una escorrentía “ordenada” y facilitar la infiltración

En dos áreas estudiadas en el proyecto DINAMAR el volumen infiltrado fue un 20% superior en zonas boscosas que yermas

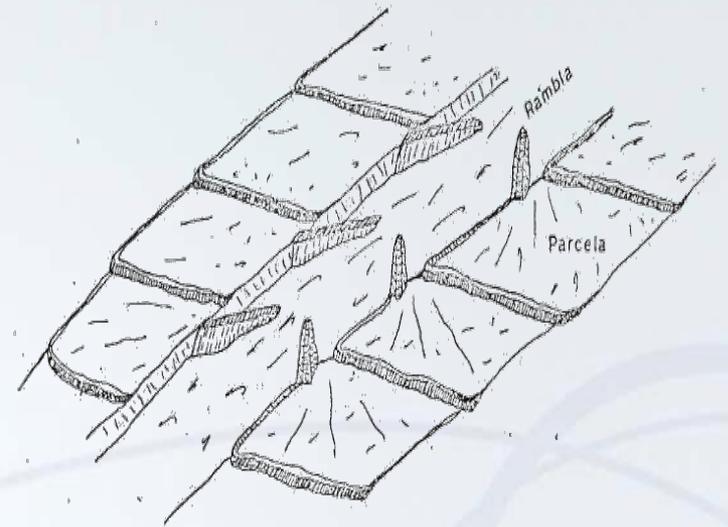


## 2- preparación mecánica del suelo para incrementar la tasa de infiltración

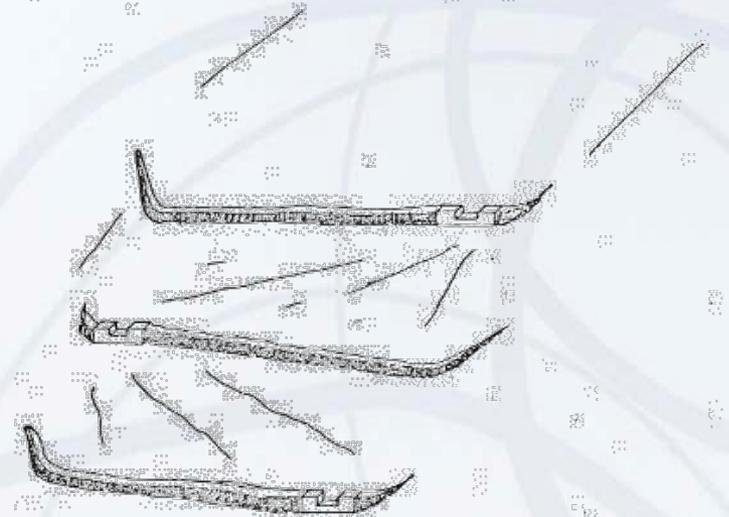
Acciones mecánicas para minimizar la escorrentía, Facilitar la recarga y la plantación posterior



# 3- Restauración y mantenimiento de terrazas



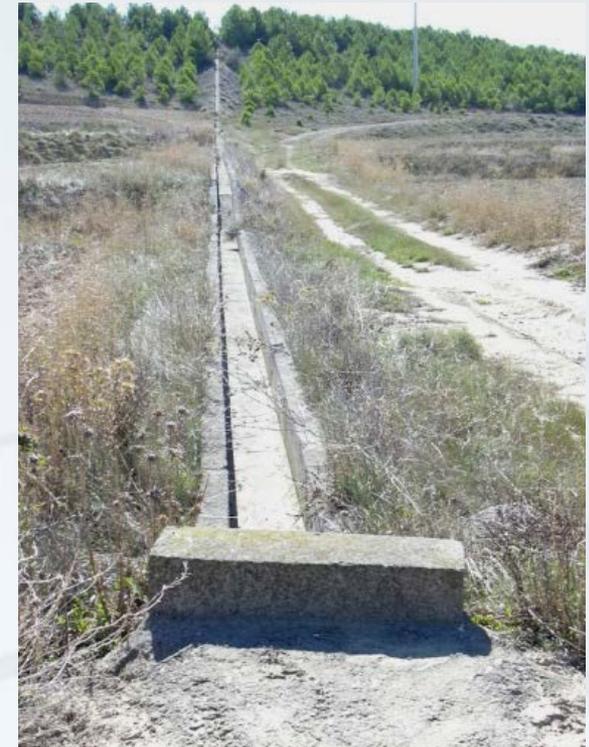
**Boqueras**



**Atochadas**

## 4- canalización y nivelación del agua de escorrentía

Desvío del agua fluvial hacia bosques acondicionados para almacenar agua un tiempo y facilitar su infiltración



## 5- Estructuras de laminación y Contención en los cauces en cabecera de cuenca



Diques de laminación para retardar el tiempo de concentración y facilitar la recarga

# GESTIÓN HÍDRICA EN ÁREAS URBANAS

**Reducir la tasa de escorrentía  
Romper el efecto “isla de calor”**

**TRAMPAS DE ESCORRENTÍA**



**EDIFICACIÓN CÓNCAVA**



**PAVIMENTOS PERMEABLES**



## **Buenas prácticas en ciudades:**

- **Minimizar la escorrentía superficial**
- **Drenar hacia áreas verdes**
- **Almacenar el agua de lluvia para su uso posterior**
- **Minimizar el uso de agroquímicos en parques**
- **Educación dirigida a los agentes implicados en el diseño y mantenimiento de ciudades**
- **Empleo de SUDS**

# Otras soluciones técnicas

- Sondeo profundo junto a una balsa de regadío como elemento de seguridad y de recarga



MAR borehole associated to an Irrigation pond

# POSIBLES LÍNEAS DE ACCIÓN PARA SOLUCIONAR / PALIAR LA CRISIS DEL AGUA

Hacia el nuevo paradigma de la gestión del agua del S. XXI:

## ¿QUÉ?

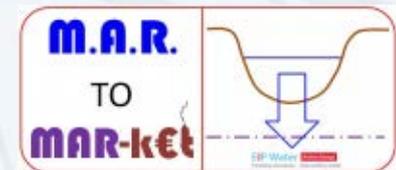
- CONTEXTO REQUIERE LA ELABORACIÓN DEL: “**MAPA DE TECNOLOGÍAS DE DEMANDA TEMPRANA PARA MITIGAR EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO**”

## ¿CÓMO?

- CONSTITUCIÓN DE **GRUPOS OPERATIVOS**.

## ¿DÓNDE?

- EN EL MARCO DE LA **PTEA**, OTRAS PLATAFORMAS Y OTROS GRUPOS DE ACCIÓN (IAH MAR Commission), EIP action groups...





# 9th International Symposium on Managed Aquifer Recharge

SOLUTIONS TO SUSTAINABLE WATER MANAGEMENT SUBJECT TO SCARCITY AND CLIMATE CHANGE

Mexico City, spring 2016

## Organizations

National Autonomous University of Mexico  
Engineering Institute  
Water network  
National Water Commission  
Mexico Valley Basin Water Agency  
Water System of Mexico City

## Theme and topic

Integrated water management and strategies  
MAR methods and strategies  
Regulations/Governance/Economics  
Modeling  
Geochemistry in MAR  
Health Aspects (Removal and fate of microorganisms and organic compounds)  
Monitoring and management  
MAR as a key to adapt to Climate Change  
MAR and water reuse  
MAR in developing country  
MAR and blueprint  
MAR to Market

## ISMAR9 will include the following

Pre-conference activities and workshops  
Plenary session with key note lectures  
Technical and poster sessions  
Round table discussions  
Technical tours  
Post-conference excursions  
Social program

## Sponsors

Degremont Technologies  
CH2MHILL

## Contact:

M. I. Adriana Palma  
apalman@iingen.unam.mx



# POSIBLES LÍNEAS DE ACCIÓN PARA SOLUCIONAR / PALIAR LA CRISIS DEL AGUA

- Mayor debate técnico, social y político
- Mayor participación de expertos fuera de la Administración General del Estado
- Adopción de las mejores técnicas disponibles y tecnologías innovadoras (rotura de barreras de contención de la IWRM tradicional)
- Mayor vigilancia tecnológica, alerta permanente sobre nuevas soluciones tecnológicas
- Nuevo marco regulatorio
  - Creación de agencia u organismo independiente para la vigilancia y control centralizado, ej *Water governance Center* (Holanda) o el *Water Authority Council* (Israel, 2007)
- Mayor información y transparencia



# Conclusiones

1. La técnica M.A.R. presenta interesantes **posibilidades** para su mayor implantación en esquemas de **gestión hídrica integral**, especialmente en **reutilización y “recarga de oportunidad”**.
2. La técnica constituye una **driving force** y es adecuada para fines medioambientales y **paliativa de los efectos del cambio climático**.
3. Avances en el sector del agua “lentos”. La gestión del agua futura requiere:
  - (Hidro)imaginación
  - Innovación
  - Paciencia...

*Kaizen: change  
for the better*

改善



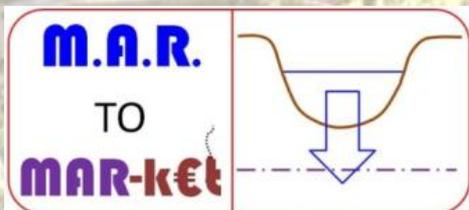
[efernan6@tragsa.es](mailto:efernan6@tragsa.es)  
[secretariatecnica@plataformaagua.org](mailto:secretariatecnica@plataformaagua.org)



[www.marsol.eu](http://www.marsol.eu)



[www.dina-mar.es](http://www.dina-mar.es)



Gracias  
27 Nov. 2014