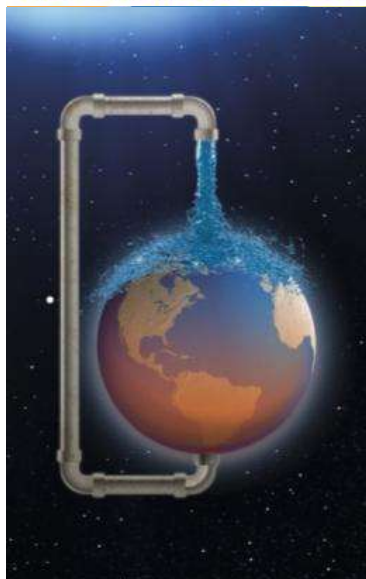


# LA RECARGA GESTIONADA DE ACUÍFEROS: UNA ALTERNATIVA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO



**I+D+i en recarga gestionada de acuíferos.**

**Resultados del proyecto europeo: *Managed Aquifer Recharge Solutions (MARSOL)***

Madrid, 27 de noviembre de 2017  
*Cátedra Rafael Dal-Ré ETSIAAB/TRAGSA*

**Dr. Enrique Fernández Escalante**  
**Dr. Jon San Sebastián Sauto**



<http://www.marsol.eu>

# INTRODUCCIÓN

**-Recomendaciones prácticas específicas del demo-site  
*Los Arenales***

**-Soluciones Tecnológicas (puntuales y globales)**

- **Constructivas**
- **Operativas / prácticas**
- **Medioambientales**



- **Contribuciones a la legislación (normativa europea)**
- **Otros**

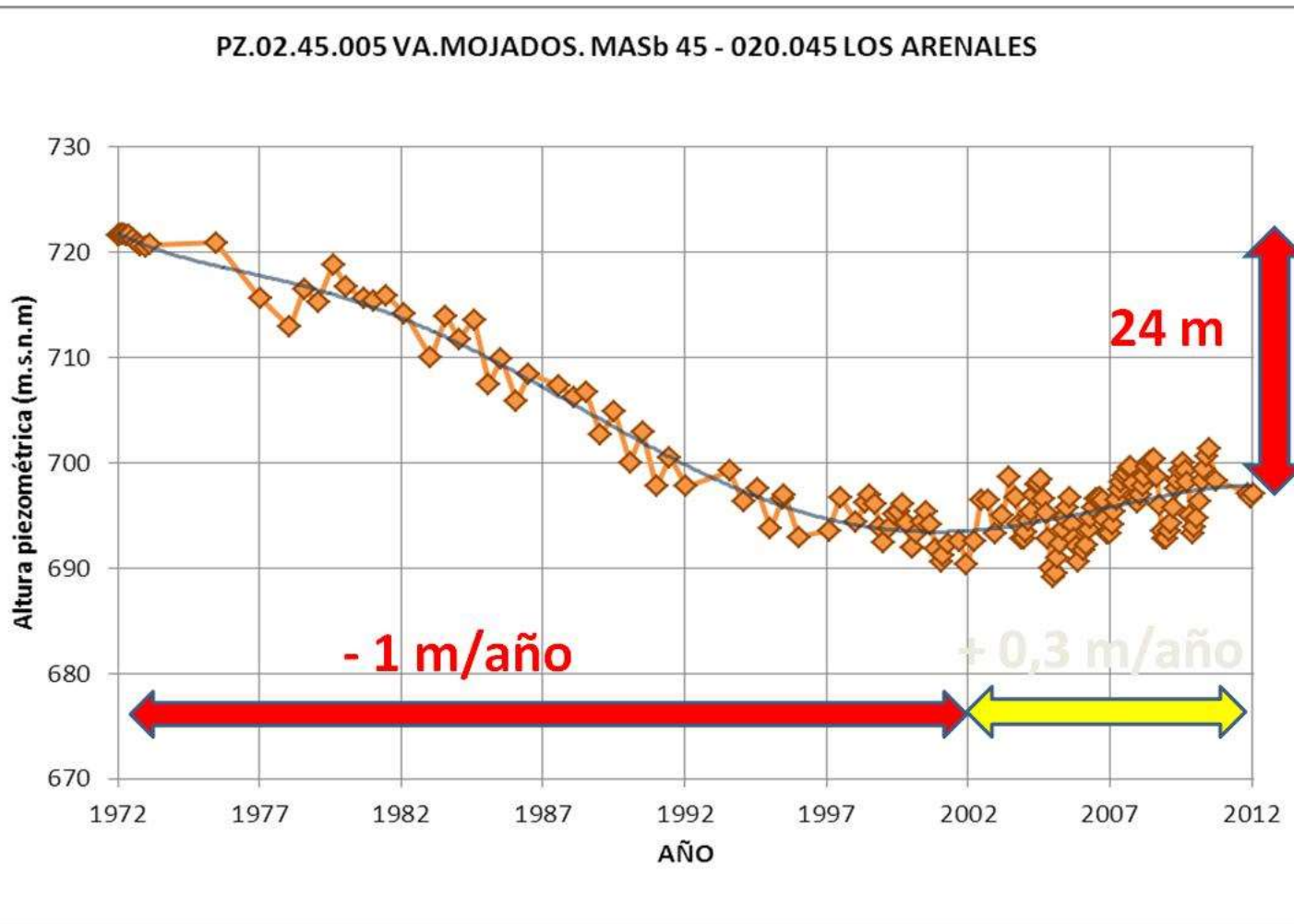
# LOS ARENALES

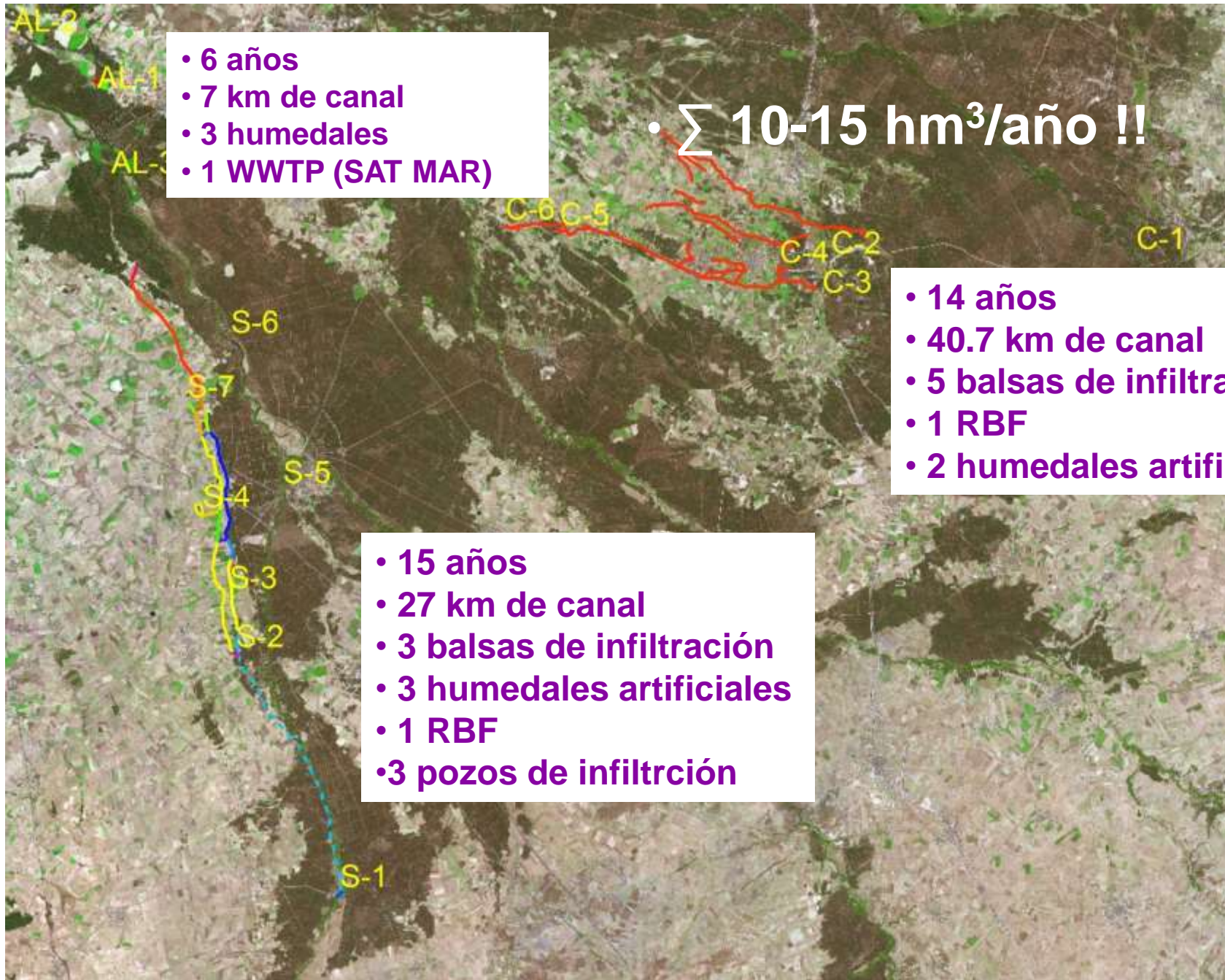


4- SAT-MAR en LA MORANA. Parado en la actualidad

SMARTS

# LOS ARENALES. EVOLUCIÓN DEL NIVEL FREÁTICO





- 6 años
- 7 km de canal
- 3 humedales
- 1 WWTP (SAT MAR)

•  $\Sigma$  10-15 hm<sup>3</sup>/año !!

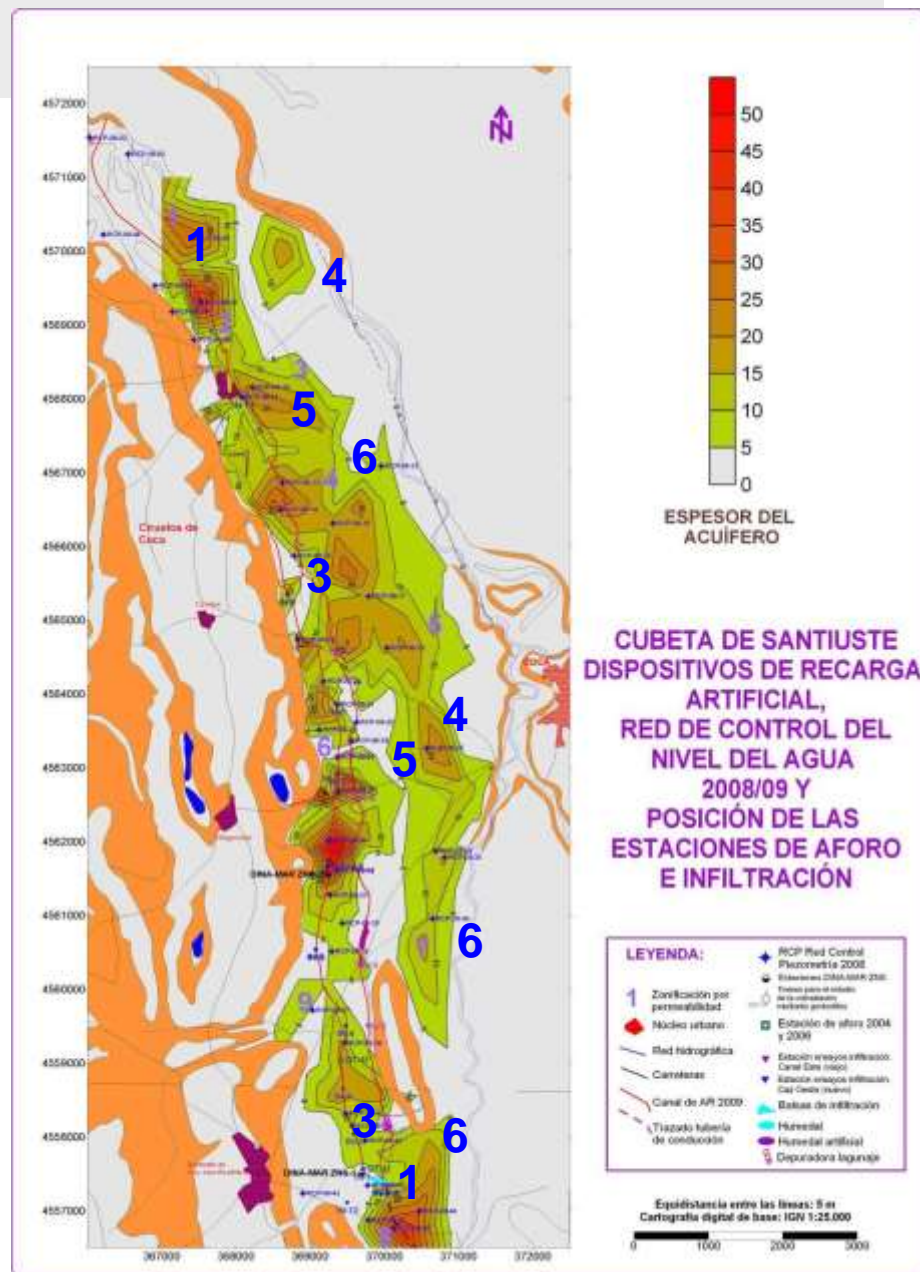
- 14 años
- 40.7 km de canal
- 5 balsas de infiltración
- 1 RBF
- 2 humedales artificiales

- 15 años
- 27 km de canal
- 3 balsas de infiltración
- 3 humedales artificiales
- 1 RBF
- 3 pozos de infiltración

# CUBETA DE SANTIUSTE

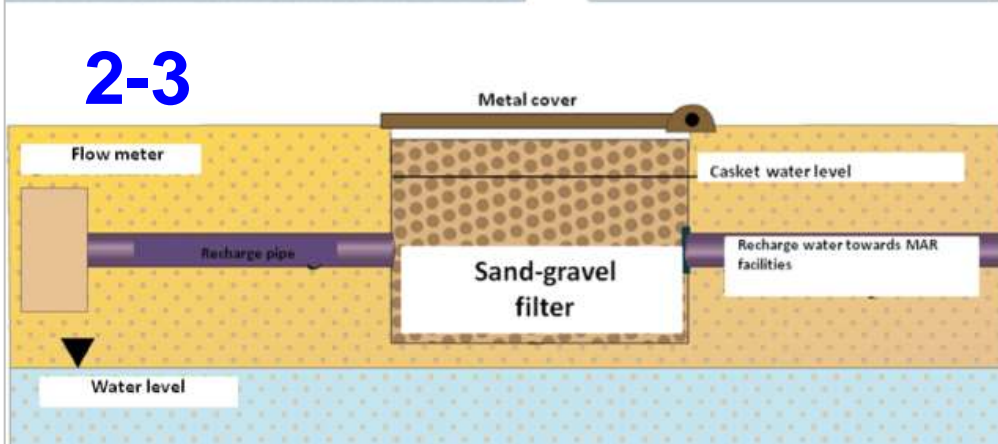
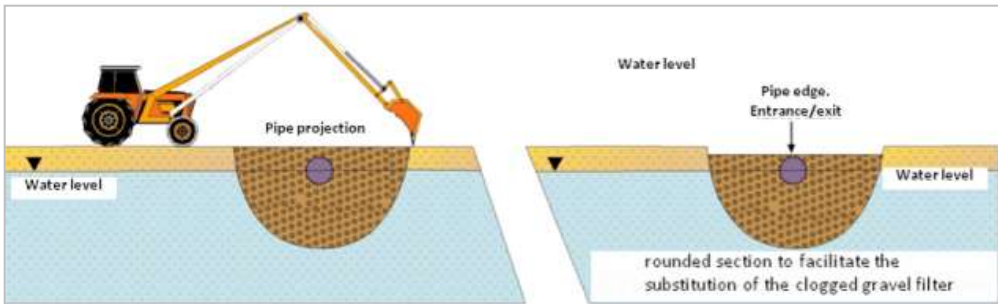


1. USO DE ESTE SECTOR DEL ACUÍFERO COMO “HUCHA” Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN
2. USO DE POZOS COMO DEPÓSITOS EN ZONAS DE BAJA PERMEABILIDAD Y CELDAS DE GESTIÓN
3. POZOS COLECTIVOS EN ZONAS MUY PRODUCTIVAS
4. ALIVIADEROS
5. BUEN EJEMPLO DE ASOCIACIÓN COMO FORTALEZA



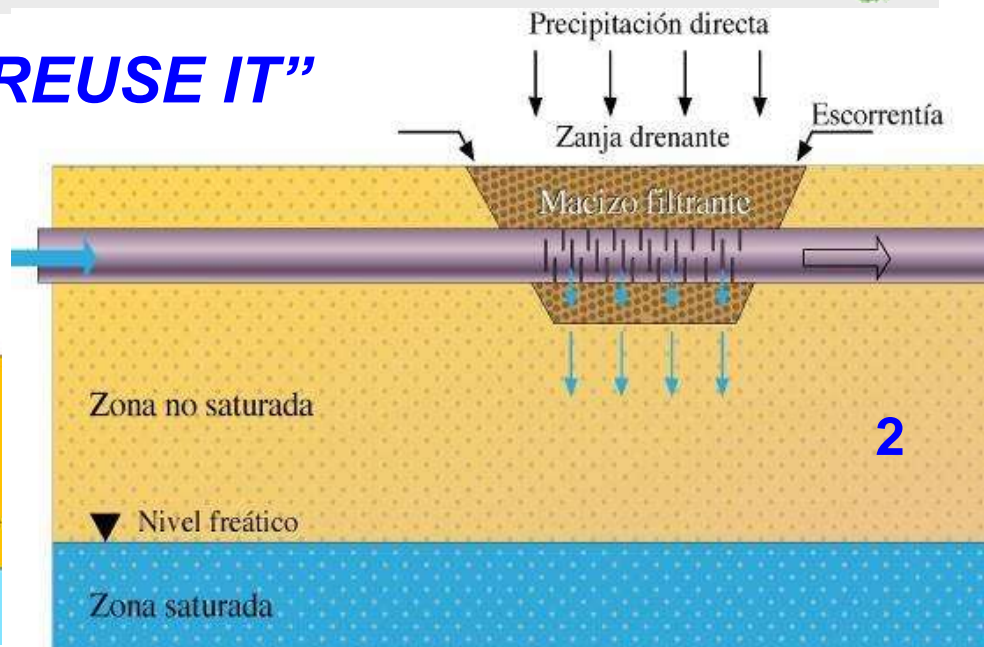
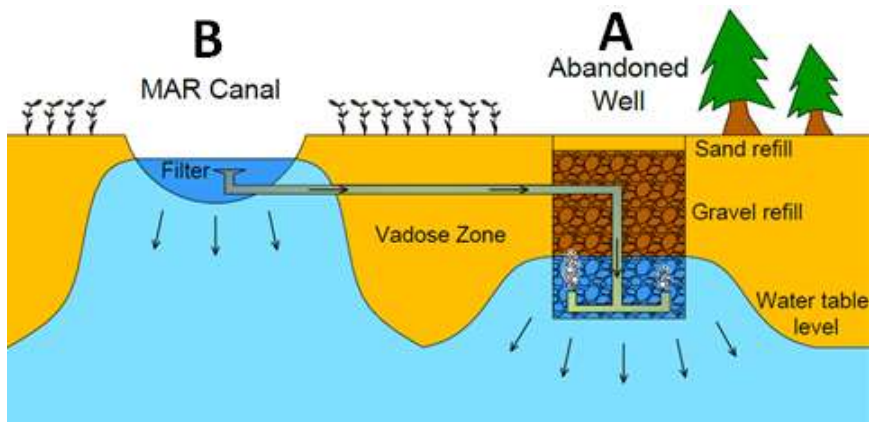
# PRE-TRATAMIENTO

1. Embalse con diseño específico
2. Filtración del agua
3. Filtros intermedios
4. Control del pH mediante “inertes”



# RECARGA "INVISIBLE"

- 1. "DO NOT CLOSE A WELL, REUSE IT"
- 2. RECARGA IN ITINERE





# GESTIÓN PERSONALIZADA



1. CONTROL MANUAL. PREVENCIÓN SITUACIONES EXTREMAS
2. MINIMIZAR LA COLMATACIÓN QUÍMICA



AVENIDAS



2002-2012, UNA DÉCADA DE RECARGA GESTIONADA.  
ACUIFERO DE LA CUBETA DE SANTIUSTE  
(CASTILLA Y LEÓN)



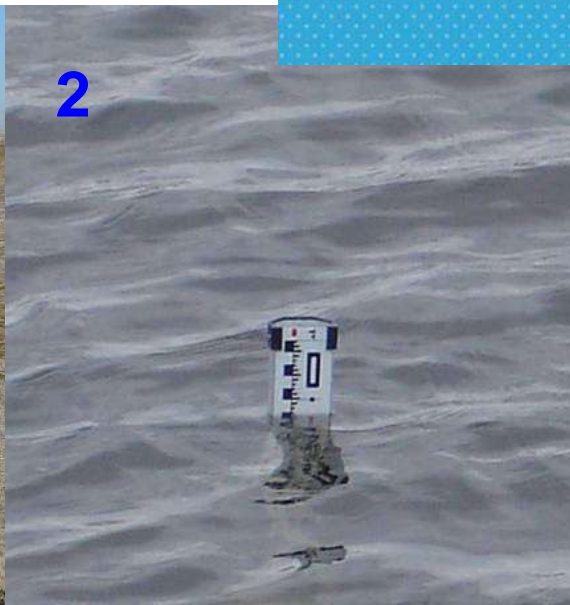
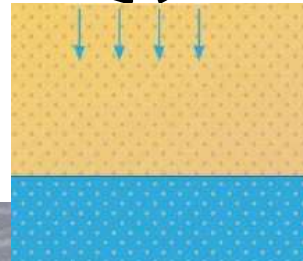
# SATs...



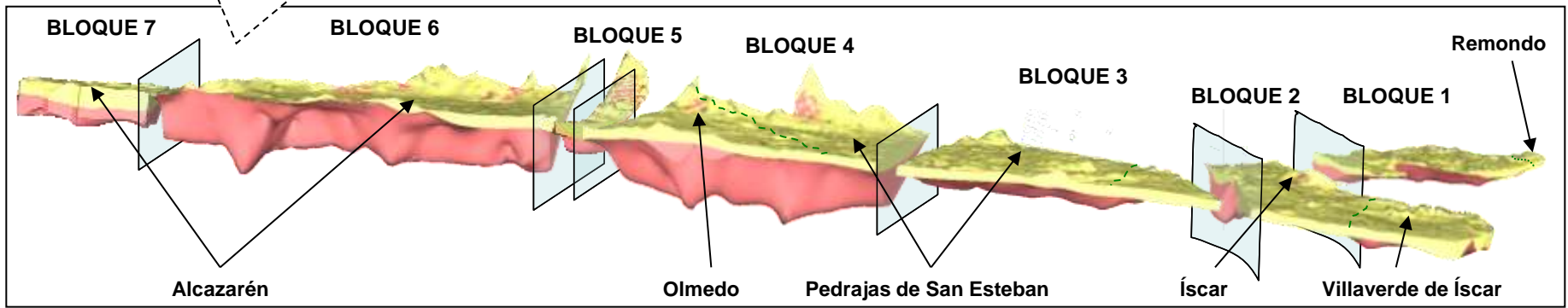
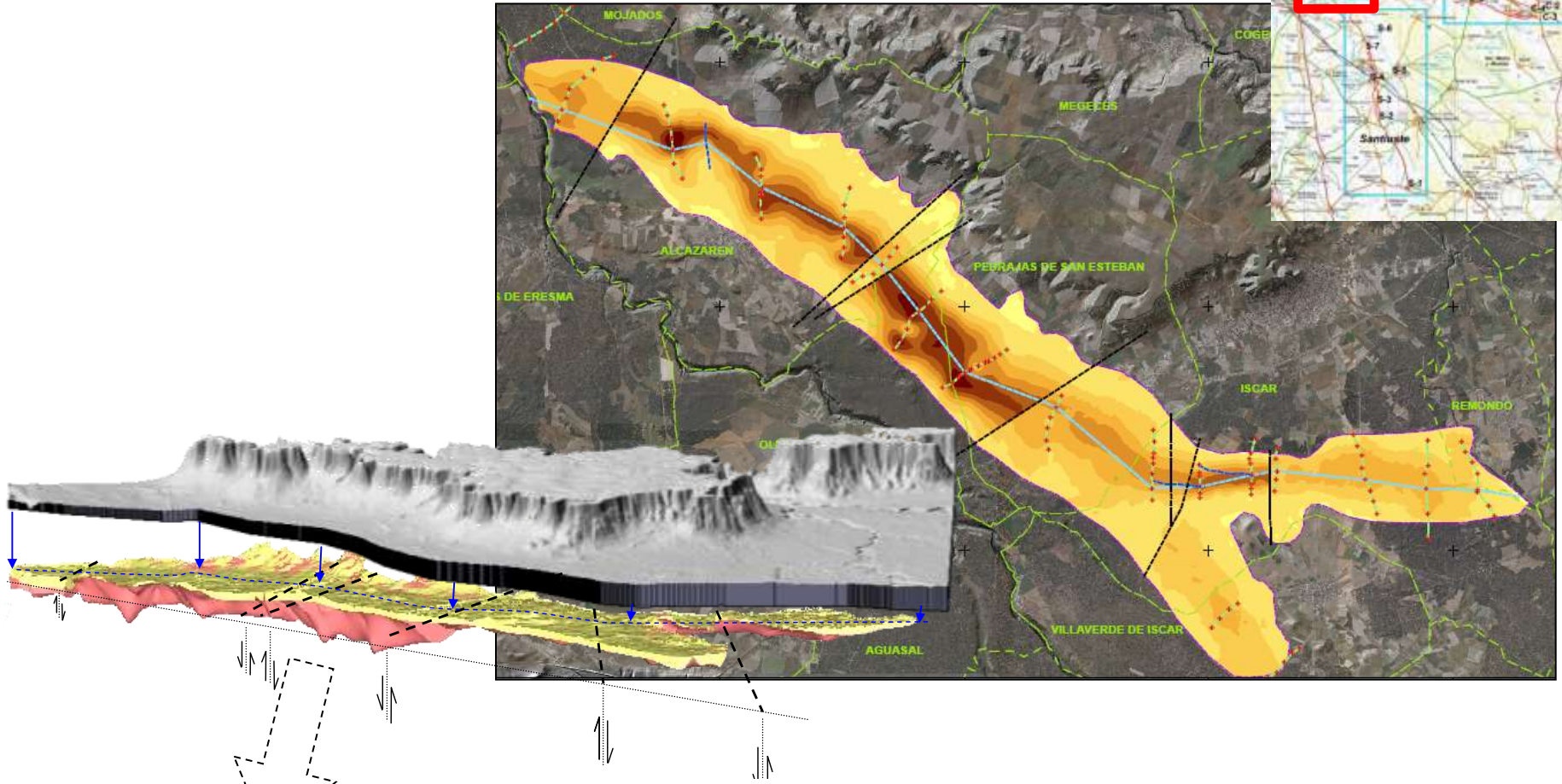
- 1- INFILTRACIÓN MÁXIMA CON 200 L/s
- 2- ESPESOR AGUA EN BALSAS MENOR DE 140 cm



Evitar colmatación  
Evitar efecto Lisse



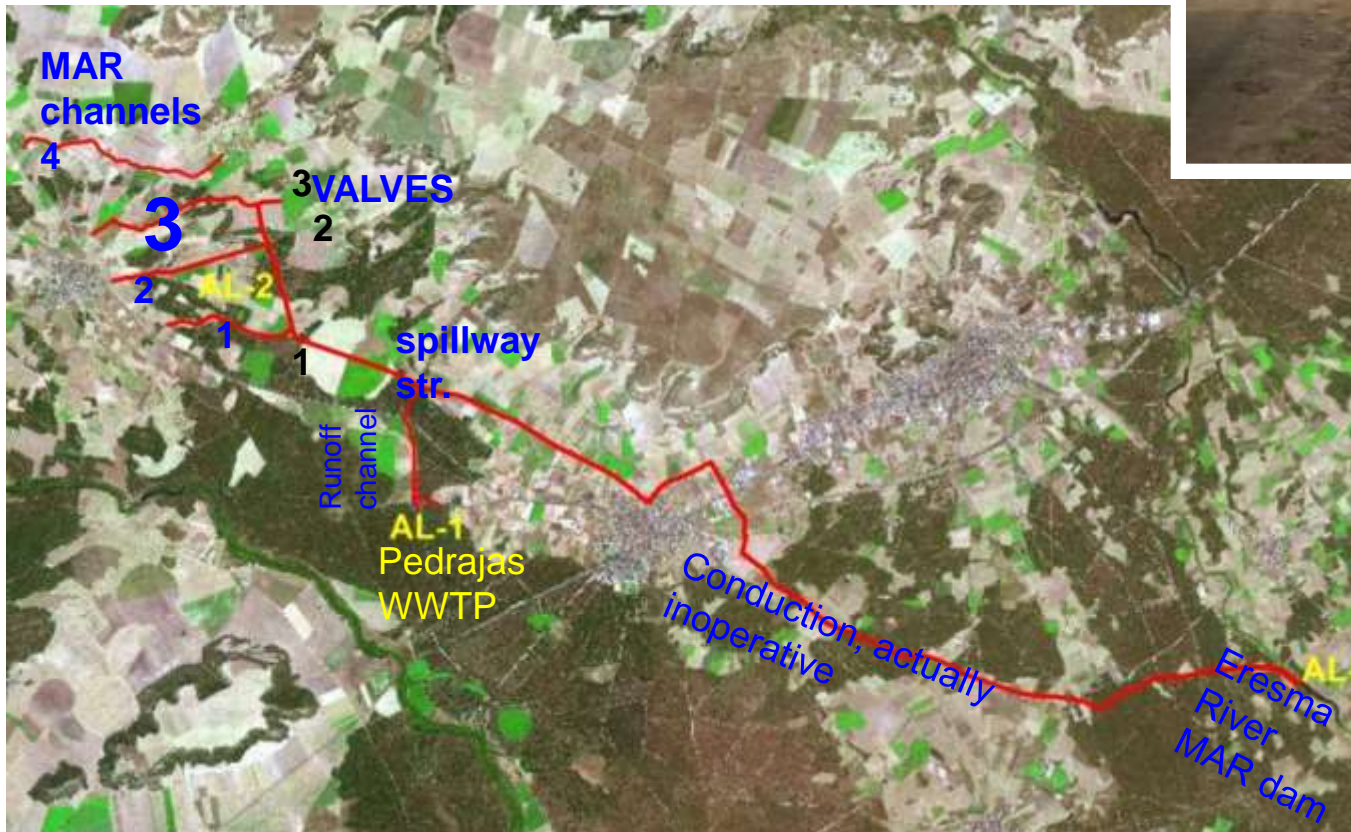
# ALCAZARÉN (SAT-MAR)



# SOLUCIONES TECNOLÓGICAS EN ALCAZARÉN SAT-MAR



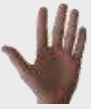
1. CANALES CRUZAN FALLAS
2. SEIS PIEZÓMETROS DE CONTROL
3. EMPLEO DEL PINAR PARA ESPARCIR CAUDALES PUNTA



Alcazarén MAR facilities on orthophoto



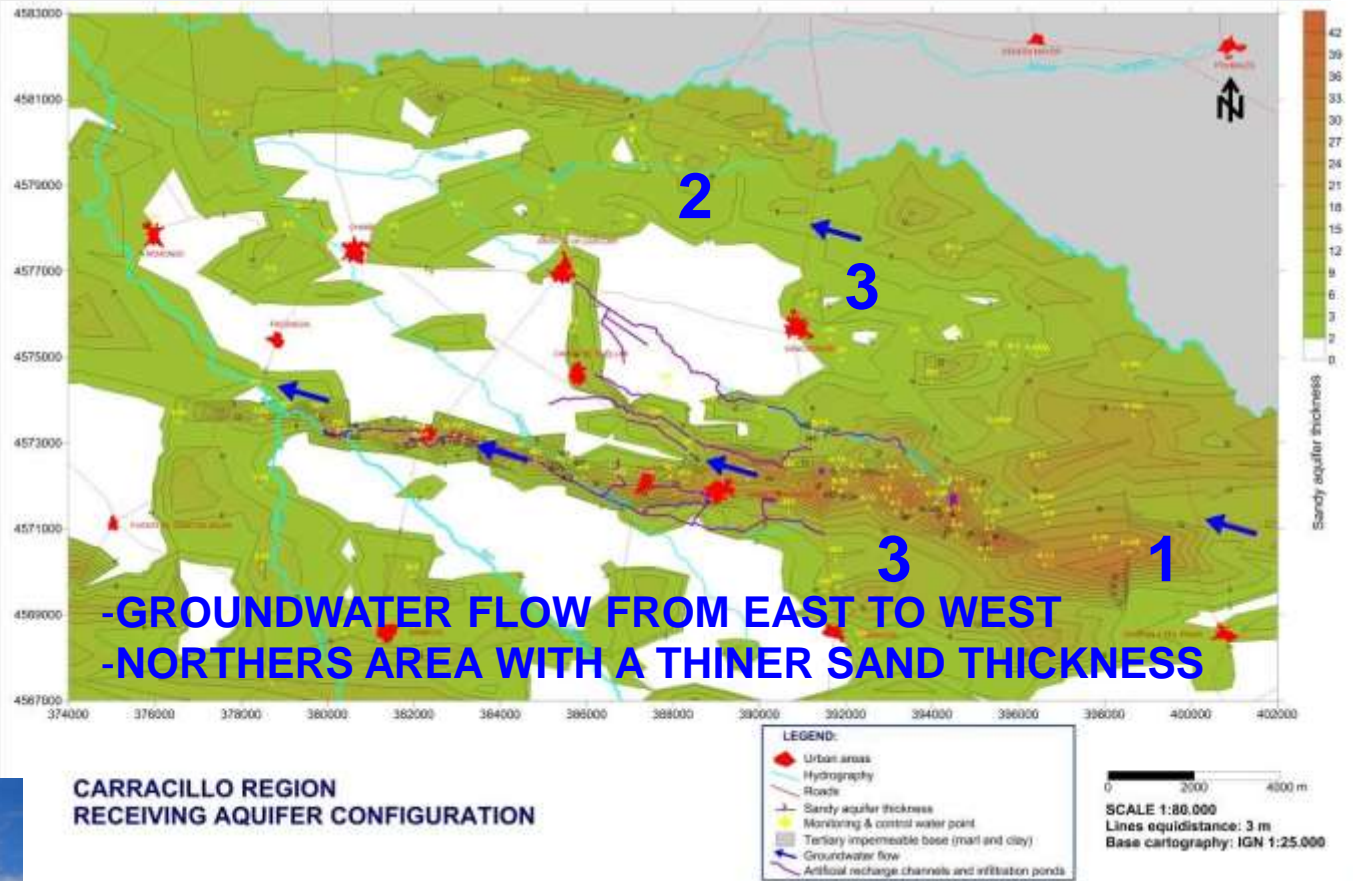
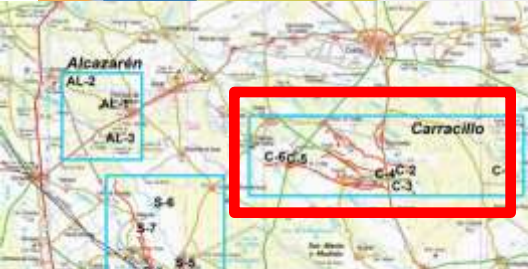
# SOLUCIONES TECNOLÓGICAS. ALCAZARÉN SAT-MAR



1. ALIVIADEROS /PTO. MUESTREO
2. CANALES TERMINAN EN VIEJOS ARENEROS USADOS COMO BALSAS DE INFILTRACIÓN
3. *DILUTION AS A SOLUTION TO POLLUTION*



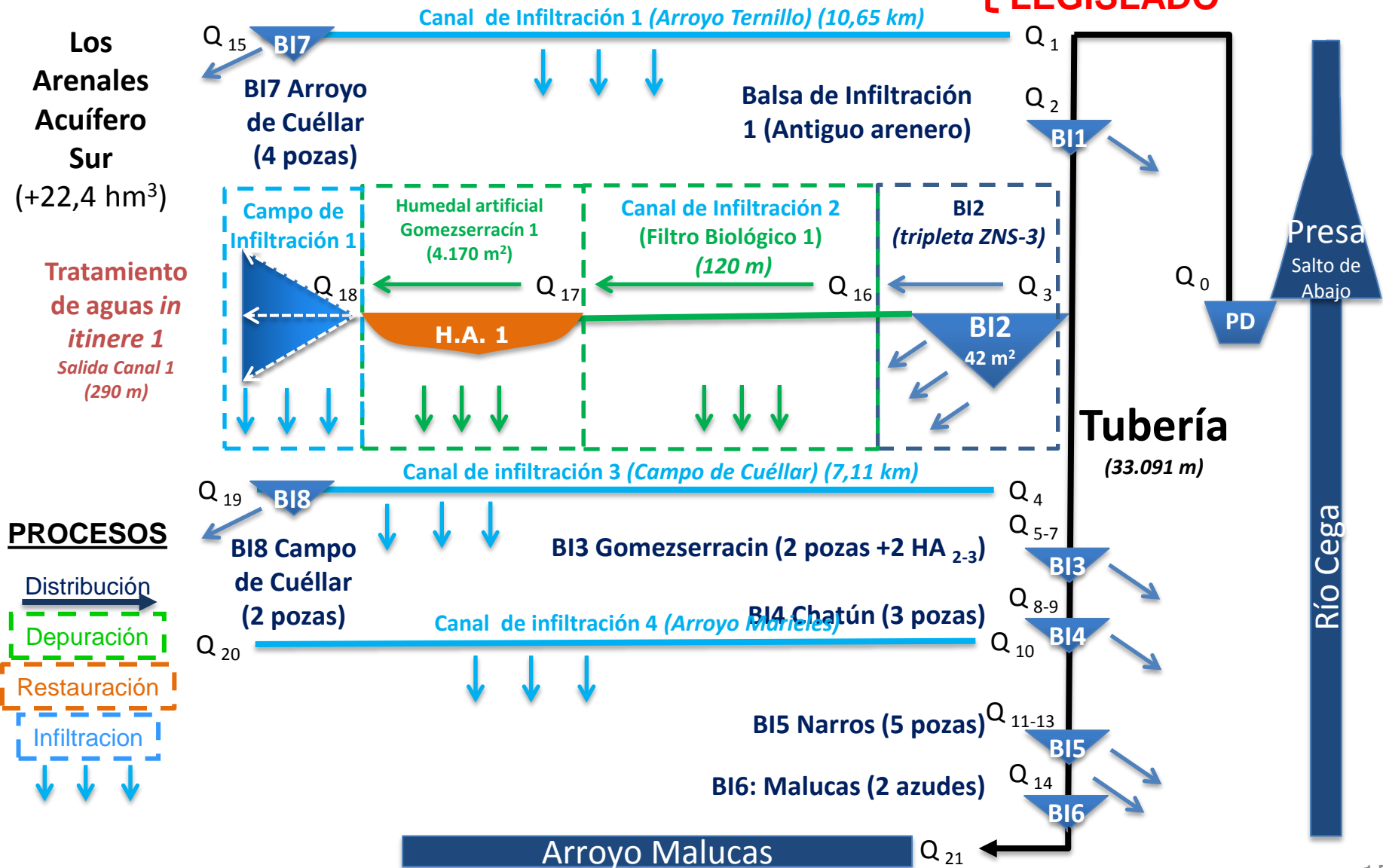
# SOLUCIONES TECNOLÓGICAS. EL CARRACILLO



1. ACUÍFERO COMO TUBERÍA Y “HUCHA” DE AGUA
2. DEPÓSITOS SUPERFICIALES
3. DRENAJES. *FISHBACK PIPELINES*
4. POZOS COMO CELDAS DE GESTIÓN
5. REUSO ELEMENTOS PRE-EXISTENTES

# ESQUEMA DE EL CARRACILLO

**SISTEMA PASIVO  
INTERMITENTE  
REGULADO  
LEGISLADO**



# CONCESIÓN:

## DERIVACIÓN DEL RÍO CEGA PARA LA RECARGA GESTIONADA

- Aprobada el 29/01/1999 la concesión a la Comunidad de Regantes, para la derivación de aguas del río Cega, destinadas a la recarga artificial del acuífero en la zona regable (aprox. 2800 ha)

### CARACTERÍSTICAS ORIGINALES DE LA CONCESIÓN:

- Max. Volumen anual derivable: 22,4 hm<sup>3</sup>
- Max. Caudal instantáneo: 1370 l/s
- Periodo derivación: 1 enero- 30 abril
- Caudal mínimo circulante en el Cega: 6898 l/s.

### MEDIDAS DE CONTROL:

- Sistema de compuertas móviles en el azud de derivación para asegurar el caudal mínimo circulante
- Limitador de caudal máximo derivable a la conducción en la toma
- Instalación de caudalímetro/contador en la conducción





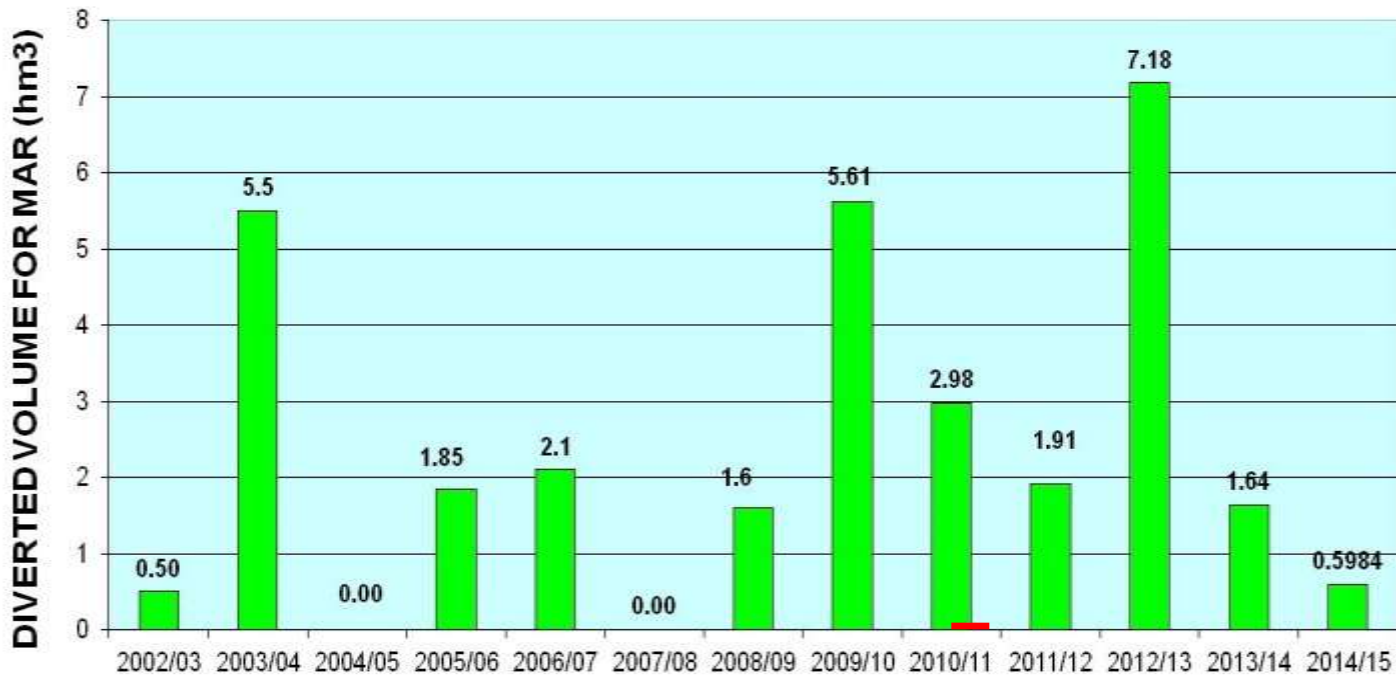
## HISTORICO DE DERIVACIONES

De 0,00 a 7,18 hm<sup>3</sup>

Qe = 2,42 hm<sup>3</sup>/año

23,8% del riego  
procede  
de agua recargada

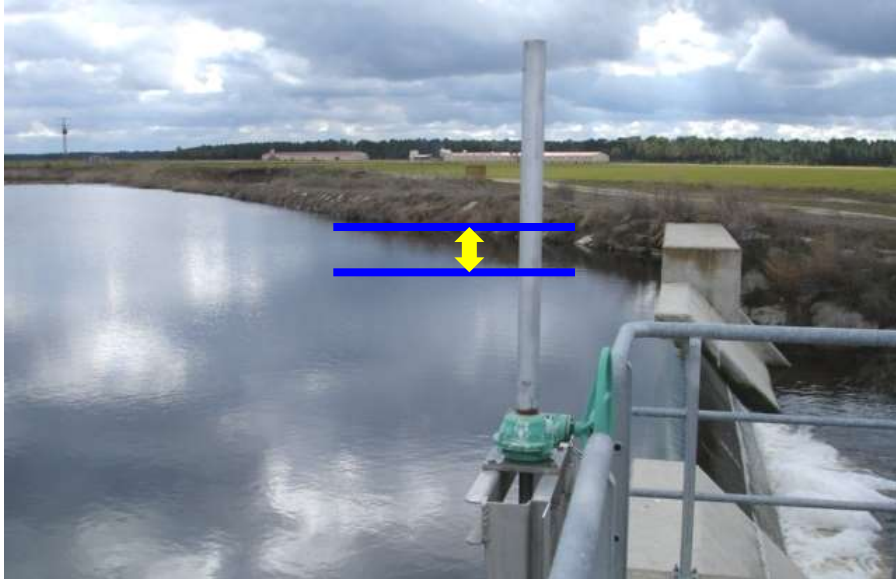
## VOLUME DIVERTED FROM CEGA RIVER FOR MAR (hm<sup>3</sup>)



## CARRACILLO COUNCIL. MAR CYCLE



# SUPER-SOLUCIÓN TECNOLÓGICA



**1- NIVEL DE BASE CONTROLADO MEDIANTE UNA PRESA**

**- ELEVACIÓN DEL NIVEL DEL AGUA EN MÁS DE 100 POZOS CON UN AHORRO ENERGÉTICO VALORADO EN 3.000 € (HASTA UN 46%)**



# SANTIUSTE

## MARSOL. Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought

FP7. Inno-demo call 2013. GA: 619.120



Para que determine el nivel de base del acuífero

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

## Demostrando la técnica de la recarga gestionada de acuíferos como una solución para la escasez de agua y la sequía



Balsa de infiltración en zona agrícola

### WP5 "DEMO Site 3: ARENALES, Santiuste, Castilla y León.

El objetivo principal es demostrar la eficiencia de la técnica de la recarga gestionada en una zona regable desarrollada, con objeto de alcanzar soluciones tecnológicas avanzadas mediante la I+D+i.

#### TAREAS

- 1: Área de ejecución
- 2: Canales, tuberías y conductos
- 3: Estudios de rehabilitación poroso
- 4: Estudios sobre SAT-AMAR
- 5: Humedales artificiales



Socios participantes:



### WP 13. SOLUCIONES TECNOLÓGICAS Y BENCHMARKING

El objetivo principal es demostrar la eficiencia de la técnica de la recarga gestionada (o MAR) en los "demo sites", con objeto de proporcionar nuevas soluciones técnicas mediante la permanente I+D y comunicación.

#### TAREAS:

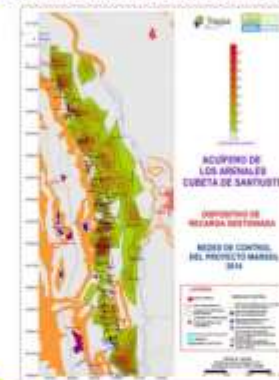
- 1: Soluciones tecnológicas
- 2: Técnicas de recarga y parámetros técnicos
- 3: Directrices de implementación MAR
- 4: Benchmarking (adopción, evolución y agrupamiento)



Socios:



### EL ACUÍFERO. REDES DE CONTROL MARSOL Y DISPOSITIVOS MAR



Nombre	Coordenadas	Descripción	Estado
ACUÍFERO DE LOS ARENALES			
CUBETA DE SANTIUSTE			
DISPOSITIVO DE RECARGA DESTINADA			
REDES DE CONTROL DEL PROYECTO MARSOL			

## SOLUCIONES TECNOLÓGICAS PROPUESTAS:

BINOMIOS PROBLEMA-SOLUCIÓN

## SOL. TECNOLÓGICAS EN DESARROLLO:

### Operativas:

- Se debe pretratar el agua, evitar batirla y mantener los dispositivos
  - Filtro y decantación en cabecera y filtros intermedios
  - Control del pH del agua (lechos de piedra caliza)
- Evitar desbordamientos mediante gestión de válvulas y aliviaderos
- Profundidad de alerta recomendada: 1,5 m
- Profundidades por encima de ±140 cm de compacta el fondo
- Gestión supeditada a meteorología (lluvias y heladas)
- Tasas de infiltración más altas con caudales en torno a 200 l/s
- Evitar el batido del agua para reducir la entrada de aire al acuífero
- Labrado balsas: distancia caballos: 80 cm

### De gestión:

- Uso del acuífero como almacén y como "tubería"
- Zanjas drenantes y conducciones enterradas en "raspa de pescado"
- Perforación de pozos en las zonas de drenaje del acuífero
- Registro de usuarios
- Reducir efecto "desuelgue" al acuífero profundo

Control del nivel del agua en balsa

Estado de la tecnología de recuperación para detectar procesos caldosos

Solución tecnológica de depuración de aguas para evitar el batido del agua

Labrado de zanjas en balsa

Solución tecnológica de drenaje de las zanjas (Filtros y conducción enterrada)

**"TRIPLERA" DE SANTIUSTE: DEPURADORA- BIOFILTRO- HUMEDAL ARTIFICIAL (2 km)**

**NO CIERRES UN POZO: "REUTILÍZALO"**  
(conexión al canal de recarga mediante tubería y relleno de grava)



This initiative takes place in the framework of "FP7-2013-2013 MARSOL (GA 619.120). Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought (MARSOL)" with the support of the European Commission, however it reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Más info en: <http://www.dina-mares>

La destrucción de esta placa está penada por la Ley

# MARSOL. Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought

FP7. Inno-demo call 2013. GA: 619.120

## mostrando la técnica de la recarga gestionada de acuíferos como una solución para la escasez de agua y la sequía



Solución tecnológica: Aparatos de control: humedad artificial



Pozo que determina el nivel de base del acuífero

<http://www.marsol.eu/>

### WP5 "DEMO Site 3: ARENALES, Carracillo, Castilla y León.

El objetivo principal es demostrar la eficiencia de la técnica de la recarga gestionada en una zona regable ampliamente desarrollada, con objeto de alcanzar soluciones tecnológicas avanzadas mediante la I+D+i.

#### TAREAS

- 1: Área de ejecución
- 2: Canales, tuberías y conducciones
- 3: Estudios de climatación pasiva
- 4: Estudios sobre SAT-MAR
- 5: Humedales artificiales



#### Socios participantes:



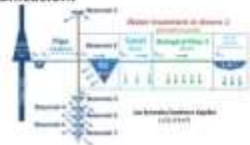
### WP 13. SOLUCIONES TECNOLÓGICAS Y BENCHMARKING

El objetivo principal es demostrar la eficiencia de la técnica de la recarga gestionada (o MAR) en los "demo sites", con objeto de proporcionar nuevas soluciones técnicas mediante la permanente investigación y comunicación.

#### TAREAS:

- 1: Soluciones tecnológicas
- 2: Técnicas de recarga
- 3: Parámetros técnicos
- 4: Directrices de implementación de la técnica MAR
- 5: Benchmarking (adopción, evolución y agrupamiento)

#### Socios:



#### SITUACIÓN

Bajo el sector oriental de la comarca de "El Carracillo" se encuentra situado el acuífero cuaternario superficial, entre los ríos Cega y Pisuerga. Los diferentes dispositivos de recarga gestionada se concentran en los sectores oriental y sur.

#### EL ACUÍFERO

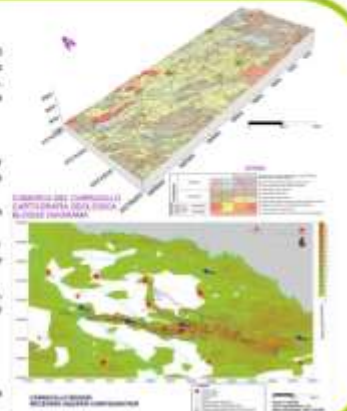
Se trata de un acuífero Cuaternario de espesor inferior a 30 m y de gran permeabilidad (arenas sobre un sustrato impermeable). Se han diferenciado dos zonas, denominadas "zona almacén" y "paleoforma".

- La "zona almacén" se encuentra en el sector oriental del acuífero. Posee una alta capacidad de almacenamiento de agua.
- La "paleoforma" se sitúa en el sector occidental, bajo una zona regada. Es alargada y estrecha, y está sometida a fuertes extracciones en verano.

#### OBJETIVOS PRINCIPALES

- Estudiar el funcionamiento hidrológico general

- Mejorar la eficiencia hídrica y energética de la agricultura mediante soluciones tecnológicas



## SOLUCIONES TECNOLÓGICAS:

### De diseño:

#### FACTORES EN ESTUDIO PARA LA CONSOLIDACIÓN DEL REGADÍO EN LA ZONA NORTE

Almacenamiento más profundo al sur y más somero al norte

#### CONTROL DEL NIVEL DE BASE DEL ACUÍFERO (PRESA): EL NIVEL DE BASE DEL RÍO INFLUYE EN EL NIVEL DE BASE DE LOS POZOS

Si el nivel del agua está cerca de dos metros por encima del "natural"... ¿cuál es el ahorro de energía en el bombeo de más de 100 pozos para riego?

#### PRETRATAMIENTO DEL AGUA DE RECARGA:

- Filtrado y decantación en cabecera y filtros intermedios
- Control del pH del agua (lechos de piedra caliza)

#### EFICIENCIA POZOS ENTERRADOS CONECTADOS:

NO CIERRES UN POZO: "REUTILÍZALO"

- Orografía de la zona y presencia de la zona almacén
- Traslado bajo tubo desde el río Cega hasta el acuífero cuaternario
- Existencia de un punto geográfico alto próximo a los dos sectores
- Línea eléctrica cercana
- Segmentación de las tarifas eléctricas



Lecho de piedra a cabecera



Pozo que controla el nivel de base del acuífero

### Operativas:

- Se debe pretratar el agua, evitar batirla y mantener los dispositivos
- Evitar desbordamientos mediante gestión de válvulas y aliviaderos
- Profundidad de alerta recomendada: 1,5 m
- Profundidades por encima de 1140 cm de agua provoca que su propio peso compacte las arenas del medio receptor
- Gestión supeditada a meteorología (lluvias y heladas)
- Tasas de infiltración más altas con caudales en torno a 200 l/s
- Labrado balsas: distancia caballos: 80 cm



### De gestión:

- Gestión a cargo de los usuarios para aumentar la efectividad

- Uso del acuífero como almacén y como "tubería"
- Aljibes (en zonas con escaso espesor de arenas) y depósitos elevados
- Zanjías drenantes y conducciones enterradas en "raspa de pescado"
- Uso del pozo como almacén (zonas menos permeables)
- Perforación de pozos en las zonas de drenaje del acuífero
- Registro de usuarios
- Reducir efecto "descuelgue" al acuífero profundo



Pozo como reserva de explotación y almacenamiento



Decantadores en boca de Desembocadura



Decantador en cárcavas

### Corolario SATs

#### Agua de recarga (cantidad)

- Cálculo de la capacidad de infiltración
- Cálculo de la capacidad de almacenamiento
- Cálculo de la capacidad de explotación
- Cálculo de la capacidad de recarga
- Cálculo de la capacidad de explotación

#### Agua de recarga (calidad)

- Cálculo de la calidad de infiltración
- Cálculo de la calidad de almacenamiento
- Cálculo de la calidad de explotación
- Cálculo de la calidad de recarga
- Cálculo de la calidad de explotación



#### Medio receptor (suelo y acuífero)

- Caracterización del medio receptor
- Caracterización del acuífero
- Caracterización del suelo
- Caracterización del medio receptor
- Caracterización del acuífero



#### Criterios / códigos de gestión / buenas prácticas

- Criterios de gestión
- Códigos de gestión
- Buenas prácticas
- Criterios de gestión
- Códigos de gestión



This initiative takes place in the framework of FP7 2007-2013 MARSOL (GA 619.120). Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought (MARSOL) with the support of the European Commission. However it reflects the views of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any error which may be made of the information contained therein.



Más Info en: <http://www.dina-mar.es>

La destrucción de esta placa está penada por la Ley

# MARSOL. Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought

FP7. Inno-demo call 2013. GA: 619.120

## Demostrando la técnica de la recarga gestionada de acuíferos como una solución ante la escasez de agua y la sequía



Mapa del acuífero de Pedraja-Alcaraz (L3-D)

### WP5. Lugar demostrativo 3: ARENALES, Área de Alcaraz-Pedraja, Castilla y León

El objetivo principal es demostrar la eficiencia de la técnica de la recarga gestionada en una zona regable ampliamente desarrollada, con el fin de alcanzar soluciones tecnológicas avanzadas mediante la I+D+i.

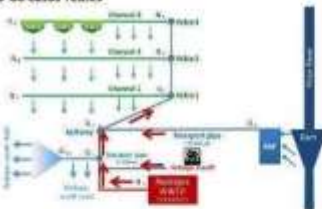


Socios participantes:



### WP 13. SOLUCIONES TECNOLÓGICAS Y BENCHMARKING

El objetivo principal es demostrar la eficiencia de la técnica de la recarga gestionada (o MAR) en los "demo sites", con objeto de proporcionar nuevas soluciones técnicas mediante la permanente investigación y comunicación con los agentes locales y el estudio comparado de casos reales.



Socios:



### SITUACIÓN

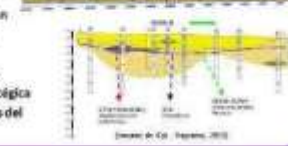
Bajo el sector oriental de la comarca de "El Carraclico" se encuentra situado el Acuífero cuaternario superficial al pie de los "cerros testigo" de Calzas del Páramo que delimita el acuífero de Los Arenales en este sector. La actuación comprende territorio de los T.M: Alcaraz, Pedraja de San Esteban, Iscar, Olmedo y Villaverde de Iscar.

### EL ACUÍFERO

Se trata de un acuífero Plio-cuaternario asociado a otro terciario de espesor inferior a 30 m y de gran permeabilidad (arenas sobre un sustrato impermeable). Se han diferenciado dos zonas, N.O. y S.E. con distinto grado de explotación. La capacidad de almacenamiento de agua es alta y superable mediante técnicas de recarga artificial o gestionada.

### OBJETIVOS PRINCIPALES

- Diseñar soluciones tecnológicas que permitan mejorar la eficiencia hídrica y energética en el sector.
- Fomentar la relación entre la agro-industria y la recarga del acuífero, como reserva estratégica futura capaz de paliar los efectos adversos del cambio climático.



## SOLUCIONES TECNOLÓGICAS:

### De diseño:

#### FACTORES EN ESTUDIO PARA FOMENTAR EL REGADÍO:

- Almacenamiento más profundo al sureste y más abundante en el sector noroeste
- Diversificación de las fuentes de toma
- Canales de recarga a través y recargan las discontinuidades estructurales tales como fallas.

Si el nivel del agua, gracias a la recarga, está cerca de dos metros por encima del "natural"... ¿cuál es el ahorro de energía en el bombeo de más de 100 pozos para riego? Superior al 30%.

- Orografía de la zona y presencia de la zona aluvial
- Travesa bajo tubo desde el río Pisu hasta el acuífero cuaternario
- Uso de elementos preexistentes como balsas de infiltración (arneros)
- Empleo de regadío solar/técnicas alternativas
- Segmentación de las tarifas eléctricas.

#### PRETRATAMIENTO DEL AGUA DE RECARGA:

- Filtrado y decantación en cabecera y filtros intermedios
- Minimizar la carga orgánica mediante filtros reactivos con materiales naturales abundantes en la zona
- Reducir la acumulación de carga orgánica mediante aditivos durante los periodos de limpieza y mantenimiento
- Evitar el batido de las aguas y el aumento de aire en el agua de recarga mediante ramblas en el circuito de recarga.



Lanzas de recuperación lateral dentro cámara de filtro



Aspirador externo conectado cono hacia la infiltración

### De gestión:

#### Gestión a cargo de los usuarios para aumentar la efectividad

- Uso del acuífero como almacén y como "tubería"
- Instalación de válvulas para la gestión manual del caudal circulante en las conducciones
- Uso de pozos como almacén en zonas de menor permeabilidad
- Perforación de pozos en las zonas de drenaje del acuífero
- Registro detallado de usuarios, agrupación o asociación para la defensa de sus intereses y relación con la agroindustria
- Reducir efecto "descuelgue" al acuífero profundo.



Colección de Pisu canal 2



Módulos para probar accesorios y proceso de infiltración



Alrededor envolvente

### Operativas:

- Se debe pretratar el agua de escorrentía y post-tratar el agua de la depuradora mediante filtros (buenos resultados con tests de filtros reactivos), evitar basura y mantener los dispositivos limpios de materia orgánica
- Evitar desbordamientos mediante gestión de válvulas y uso de los aliviaderos existentes
- Gestión supeditada a meteorología, en especial precipitaciones
- Gestionar debidamente las aguas de sus tres fuentes de origen (depuradora, escorrentía, fluvial).



Mapa de las balsas (aguas de riego) zona de Iscar - Tragsa, 2012

Con el apoyo de:



This initiative taken place under the framework of "FP7-GW-2007-MAR2008" (GA 619.120), Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought (MARSOL) with the support of the European Commission, however it reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



<http://www.marsol.eu/>

Más info en: <http://www.dina-mar.es>

La destrucción de esta placa está penada por la Ley

# SOLUCIONES TECNOLÓGICAS

8+3 entregables del proyecto MARSOL.  
Nueve con categoría de libro

2002-2012, UNA DÉCADA DE RECARGA GESTIONADA.  
ACUÍFERO DE LA CUBETA DE SANTUSTE  
(CASTILLA Y LEÓN)



Enrique Fernández Escobedo / Grupo Trigo



7

**R**

## MARSOL

Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought

Los Arenales demonstration site characterisation  
Report on the Los Arenales pilot site improvements

Deliverable No.	02.1
Version	1
Version Date	03.03.2010
Audience	Enrique Fernández Escobedo, Rodrigo Calero Gil, Francisco de Borja Sanabria Herrero (Trigo) / Jon San Sebastián Sainza, Elena del Pozo Campos (Trigo) /
Dissemination Level	PU
Status	Final

The MARSOL project has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme for Research, Technological Development and Demonstration under grant agreement 245442.

**R**

## MARSOL

Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought

Problems and solutions found at "Los Arenales" demonstration site

Deliverable No.	02.2
Version	1
Version Date	2010.03.20
Audience	Enrique Fernández Escobedo, Rodrigo Calero Gil, María Villaverde Lago (Trigo) / Jon San Sebastián Sainza (Trigo) /
Dissemination Level	PU
Status	Final

The MARSOL project has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme for Research, Technological Development and Demonstration under grant agreement 245442.

**R**

## MARSOL

Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought

Appropriate MAR methodology and tested know-how for the general rural development

Deliverable No.	02.3
Version	1
Version Date	2010.07.01
Audience	Enrique Fernández Escobedo, Rodrigo Calero Gil, María Villaverde Lago (Trigo) / Jon San Sebastián Sainza (Trigo) / Elena del Pozo Campos (Trigo) / Jon San Sebastián Sainza (Trigo) /
Dissemination Level	PU
Status	Final

The MARSOL project has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme for Research, Technological Development and Demonstration under grant agreement 245442.

**R**

## MARSOL

Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought

Managed Aquifer Recharge to Combat Groundwater Overexploitation at the Los Arenales Site, Castilla y León, Spain

Deliverable No.	02.4
Version	1
Version Date	03.11.2010
Audience	Enrique Fernández Escobedo, Rodrigo Calero Gil, María Villaverde Lago (Trigo) / Jon San Sebastián Sainza (Trigo) /
Dissemination Level	PU
Status	Final

The MARSOL project has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme for Research, Technological Development and Demonstration under grant agreement 245442.

**TS**

## MARSOL

Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought

MAR Technical Solutions Review and Data Base

Deliverable No.	02.5
Version	1
Version Date	01.06.2010
Audience	Enrique Fernández Escobedo, Rodrigo Calero Gil, Francisco de Borja Sanabria Herrero (Trigo) / Jon San Sebastián Sainza, Elena del Pozo Campos (Trigo) / Trigo Canalillo (Trigo) /
Dissemination Level	PU
Status	Final

The MARSOL project has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme for Research, Technological Development and Demonstration under grant agreement 245442.

**R**

## MARSOL

Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought

MAR Implementation Guidelines and Benchmarking

Deliverable No.	02.6
Version	1
Version Date	01.06.2010
Audience	Enrique Fernández Escobedo, Rodrigo Calero Gil, Francisco de Borja Sanabria Herrero (Trigo) / Jon San Sebastián Sainza, Elena del Pozo Campos (Trigo) / Trigo Canalillo (Trigo) / María Villaverde Lago (Trigo) /
Dissemination Level	PU
Status	Final

The MARSOL project has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme for Research, Technological Development and Demonstration under grant agreement 245442.

**TS**

## MARSOL

Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought

MAR design and construction criteria

Deliverable No.	02.7
Version	1
Version Date	2010.02.21
Audience	Enrique Fernández Escobedo, Rodrigo Calero Gil, María Villaverde Lago (Trigo) / Jon San Sebastián Sainza (Trigo) /
Dissemination Level	PU
Status	Final

The MARSOL project has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme for Research, Technological Development and Demonstration under grant agreement 245442.

**R**

## MARSOL

Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought

Benchmarks evolution, pooling and practical results

Deliverable No.	02.8
Version	1
Version Date	02.11.2010
Audience	Enrique Fernández Escobedo, Rodrigo Calero Gil, María Villaverde Lago (Trigo) / Jon San Sebastián Sainza (Trigo) /
Dissemination Level	PU
Status	Final

The MARSOL project has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme for Research, Technological Development and Demonstration under grant agreement 245442.



# REAL DECRETO 1620/2007

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
<b>5.- USOS AMBIENTALES</b>					
<b>CALIDAD 5.1</b> a) Recarga de acuíferos por percolación localizada a través del terreno.	No se fija límite	1.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite	N <sub>T</sub> 1: 10 mg N/L NO <sub>3</sub> : 25 mg NO <sub>3</sub> /L
<b>CALIDAD 5.2</b> a) Recarga de acuíferos por inyección directa.	1 huevo/10 L	0 UFC/100 mL	10 mg/L	2 UNT	Art. 257 a 259 del RD 849/1986

## ANEXO I.B: FRECUENCIA MÍNIMA DE MUESTREO Y ANÁLISIS DE CADA PARÁMETRO

El control deberá realizarse a la salida de la planta de regeneración, y en todos los puntos de entrega al usuario.

La frecuencia de análisis se modificará en los siguientes supuestos:

- Tras 1 año de control se podrá presentar una solicitud motivada para reducir la frecuencia de análisis hasta un 50%, para aquellos parámetros que no sea probable su presencia en las aguas.
- Si el número de muestras con concentración inferior al VMA del Anexo I.A es inferior al 90% de las muestras durante controles de un trimestre (o fracción, en caso de periodos de explotación inferiores), se duplicará la frecuencia de muestreo para el periodo siguiente.
- Si el resultado de un control supera al menos en uno de los parámetros los rangos de desviación máxima establecidos en el Anexo I.C, la frecuencia de control del parámetro que supere los rangos de desviación se duplicará durante el resto de este periodo y el siguiente.

Las frecuencias mínimas de análisis se especifican en la tabla siguiente:

USO	CALIDAD	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SS	TURBIDEZ	Nt y Pt	OTROS CONTAMINANTES	OTROS CRITERIOS
1.- USO URBANO	1.1 y 1.2	Quincenal	2 veces semana	Semanal	2 veces semana	---	El Organismo de cuenca valorará la frecuencia de análisis sobre la base de la autorización de vertido y del tratamiento de regeneración.	Mensual
	2.1	Quincenal	Semanal	Semanal	Semanal	---		Mensual
2.- USO AGRARIO	2.2	Quincenal	Semanal	Semanal	---	---		Quincenal
	2.3	Quincenal	Semanal	Semanal	---	---		---
3.- USO INDUSTRIAL	3.1	---	Semanal	Semanal	Semanal	---		Mensual
	3.2	Semanal	3 veces semana	Diaria	Diaria	---		<i>Legionella spp.</i> 3 veces semana
4.- USO RECREATIVO	4.1	Quincenal	2 veces semana	Semanal	2 veces semana	---		---
	4.2	---	Semanal	Semanal	---	Mensual		---
5.- USO AMBIENTAL	5.1	---	2 veces semana	Semanal	---	Semanal		---
	5.2	Semanal	3 veces semana	Diaria	Diaria	Semanal		Semanal
	5.3	---	---	Semanal	---	---	---	
							Frecuencia igual al uso más similar	

• **Disociación por usos**  
 • **Frecuencias de muestreo y análisis**  
 • **Seis parámetros pero... “La más restrictiva”**



# ENTREGABLE FINAL DEL PROYECTO MARSOL: 7 PÁGINAS RECOMENDACIONES PARA LA FUTURA DIRECTIVA DE REUTILIZACIÓN Y RECARGA + REVISIÓN DE LA DMA

## *Policy document for decision makers*

- (i) **Sistema de evaluación de riesgos para determinar los impactos potenciales en las aguas subterráneas de un dispositivo MAR**
- (ii) **Mecanismos de control para chequear su seguridad y efectividad**
- (iii) **Recomendaciones para el seguimiento, monitoreo e identificación de impactos reales sobre las masas de agua recargadas**



### MARSOL

Demonstrating Managed Aquifer Recharge  
as a Solution to Water Scarcity and Drought

Policy document for decision makers

Deliverable No.	017.5
Version	3.5
Version Date	31.01.2017
Author(s)	Manuel Sapiro (SEWCU), Francesca Capone (SSSA), Enrique Fernández Escalante (Tragsa), Christoph Schütz (TUDa)
Dissemination Level	PU
Status	Final



The MARSOL project has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme for Research, Technological Development and Demonstration under grant agreement no 619130.



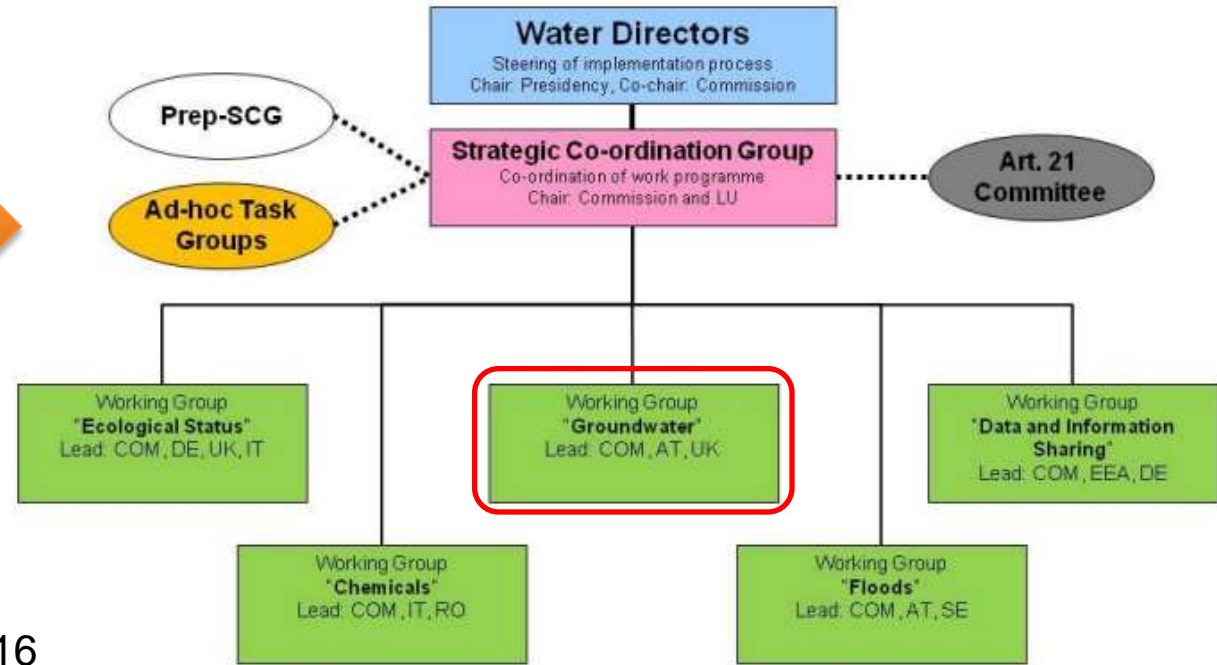
# PROPUESTAS CONCRETAS DE MARSOL PARA LA ELABORACIÓN DE LA NUEVA DIRECTIVA



1. Legislación con **VMAs** a **escala de acuífero** >gestión por acuífero /cuenca hidrográfica, no por países (preámbulo 13 DMA) (Demarcaciones)
2. **Calidad** condicionada por el **uso final**: usos agrícolas menos restrictivos que el agua de boca (considerar tipo de riego) >disociar la futura Directiva o crear distintas según el uso final del agua: agrícola/urbano/industrial
3. **Método de recarga** y profundidad del nivel del agua (uso del poder depurador de la ZNS o no, y eficiencia del mismo) >disociar según el tiempo de tránsito por la ZNS (recarga superficial, inyección profunda o ambos)
4. **Naturaleza del acuífero** (detritico, calcáreo...) >parámetro de gestión
5. **Origen del agua** (más restrictivo para aguas procedentes de **depuradora** que para aguas de origen **fluvial** o de **lluvia**) >disociar
6. **Monitoreo**. En la zona no saturada, a boca de pozo ¿de inyección o de extracción? >Muestreo a boca de pozo de extracción
7. **Frecuencia** del monitoreo ¿en tiempo real?, ¿con qué cadencia? >Quincenal con sistemas de alerta temprana. Tiempo real zonas vulnerables.

# ORGANIZACIÓN DEL CIS (ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN COMÚN)

## CIS Organisation 2016-2018



### Reuniones del GT:

Madrid, 17 de octubre de 2016

Bratislava, 10 de noviembre de 2016



# NUEVOS MATERIALES 2017 EN:

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

## PUBLICACIONES 2017:

- Deliverables 13-1 y 13-3.

-MAR enfoque Latinoamérica (211/977):

[https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros\\_html/manejo-recarga-acuiferos-ehl.pdf](https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/manejo-recarga-acuiferos-ehl.pdf)

-Journal SWARM:

<https://link.springer.com/journal/40899/onlineFirst/page/1>

-Libreto línea de producto del Grupo Tragsa  
“recarga gestionada de acuíferos”

-MARSOL policy brief: [http://www.dina-](http://www.dina-mar.es/file.axd?file=2017%2f8%2fMARSOL+Policy+Brief_final.pdf)

[mar.es/file.axd?file=2017%2f8%2fMARSOL+Policy+Brief\\_final.pdf](http://www.dina-mar.es/file.axd?file=2017%2f8%2fMARSOL+Policy+Brief_final.pdf)

## VÍDEOS 2017:

-Vídeo 1 MARSOL-Tragsa.

-Vídeo 2 MARSOL FINAL STATEMENTS:

Subtitulado en español:

<https://youtu.be/hBmzFy12cm8>

<https://vimeo.com/227872076>

Subtitulado en inglés:

<https://youtu.be/81DSpHcy28c>

-Vídeo 3: MAREnales (2015):

<https://www.youtube.com/watch?v=Dw22rcEQdiw&feature=youtu.be>

<http://thewaterchannel.tv/media-gallery/6139-managed-aquifer-recharge-at-los-arenales-aquifer-castille-and-leon-spain>



<http://www.marsol.eu/35-0-Results.html>

# IAH-MAR Managed Aquifer Recharge Commission



IAH-MAR Managed  
Aquifer Recharge



WELCOME ABOUT THE COMMISSION SYMPOSIA AND WORKSHOPS WORKING GROUPS MAR NETWORKS COLLABORATIONS

RESOURCES

## Welcome



ISMAR9 Mexico City June 2016

Welcome to the website of the International Association of Hydrogeologists Commission on Managing Aquifer Recharge (IAH-MAR). Here you can discover what our working groups are doing and contribute to their current projects, you can connect with people and resources, get information on symposia coming up, and join our email list to stay informed of latest news. We also have sister sites in Spanish and Chinese.

## Managed Aquifer Recharge

Managed aquifer recharge, also called groundwater replenishment, water banking and artificial recharge, is the purposeful recharge of water to aquifers for subsequent recovery or environmental benefit. It embraces methods such as riverbank filtration, stream bed weirs, infiltration ponds and injection wells, and uses natural water sources and appropriately treated urban stormwater, sewage and other waste waters to increase groundwater storage, protect and improve water quality, and secure drought and emergency supplies. Its growing scientific base supports its rapidly increasing use as a vital management tool in the sustainable use of the world's water resources.

**Foro técnico**  
**Co-coordinador español**  
**Estudio de sinergias**

The screenshot shows the homepage of the IAH-MAR website. At the top, there is a navigation menu with links for HOME, SYMPOSIA, WORKSHOPS-PLenaries, WORKING GROUPS, IAH-MAR EMAIL, RECHARGE, PUBLICATIONS, LINKS, and CONTACTS. The main content area features a 'Contacts' section with the heading 'IAH email list' and a link to join the list. Below this, there are sections for 'Contact a Co-Chair' listing Peter Dillon, Weiping Wang, and Enrique Fernandez Escalante with their respective titles and email addresses. On the right side, there is a 'Selected publications' section with a thumbnail for 'Clogging Monograph'. A 'Back to top' link is visible at the bottom right of the page.

### MEDIA RELEASES

Scientists wade into Murray-Darling pipeline debate – Australia Aug 2017

### JOIN OUR MAILING LIST

Register with our large email group to share information, ideas and news concerning recharge enhancement.

Join IAH-MAR email community

<https://recharge.iah.org/>



# ISMAR 10

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
MANAGED AQUIFER RECHARGE



Madrid, May 2019



Invitados:



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD



Instituto Geológico y Minero de España



IWRA

International Water Resources Association

# CONCLUSIONES



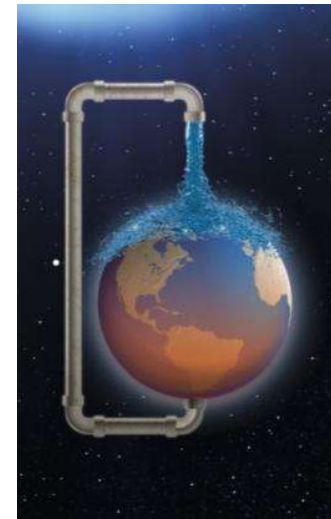
1. Sector con **buenos ejemplos** prácticos
2. Mejoras en la **eficiencia** técnica y energética mediante MAR
3. **Garantía de suministro** con menor dependencia climática
4. **Variedad de escalas**, de individuales a agroindustrias
5. **Ejemplos SAT**
6. **Cooperación** de los usuarios finales, protagonistas de la experiencia
7. **Huella hídrica** elevada
8. **Fuerte impacto** por **colmatación** física y gaseosa
9. Importante **pretratamiento** del agua
10. **Buenas relaciones para buenos resultados.**

**Los “pros” son mayores que los “contras”**





*Les esperamos en Madrid, 2019*



Contacto:

Dr. Enrique Fernández Escalante  
I+D+I TRAGSA  
[efernan6@tragsa.es](mailto:efernan6@tragsa.es)  
+34 913226106



**MUCHAS GRACIAS**



Madrid, 27 de noviembre de 2017  
Cátedra Rafael Dal-Ré ETSIAAB/TRAGSA



# MUCHAS GRACIAS

Contacto:

Dr. Enrique Fernández Escalante  
I+D+I TRAGSA  
[efernan6@tragsa.es](mailto:efernan6@tragsa.es)  
+34 913226106



Madrid, 27 de noviembre de 2017  
Cátedra Rafael Dal-Ré ETSIAAB/TRAGSA