

# Ensayo MARSOL de recarga gestionada utilizando aguas depuradas combinadas con agua de lluvia en Alcazarén-Pedrajas ¿Cómo lo hacemos?

*María Villanueva Lago*  
*Ingeniero Agrónomo*

28/03/2017

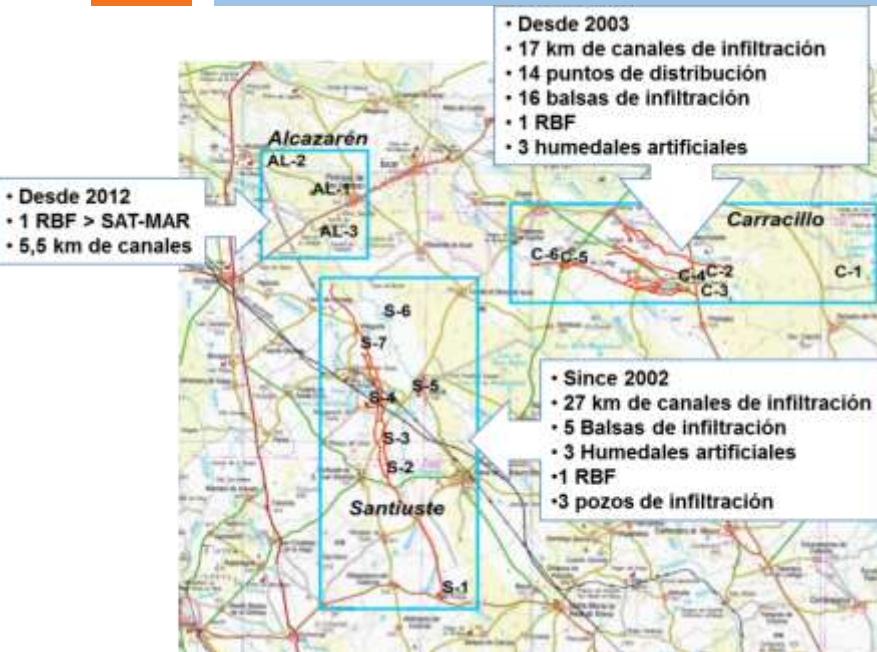


**Tragsatec**

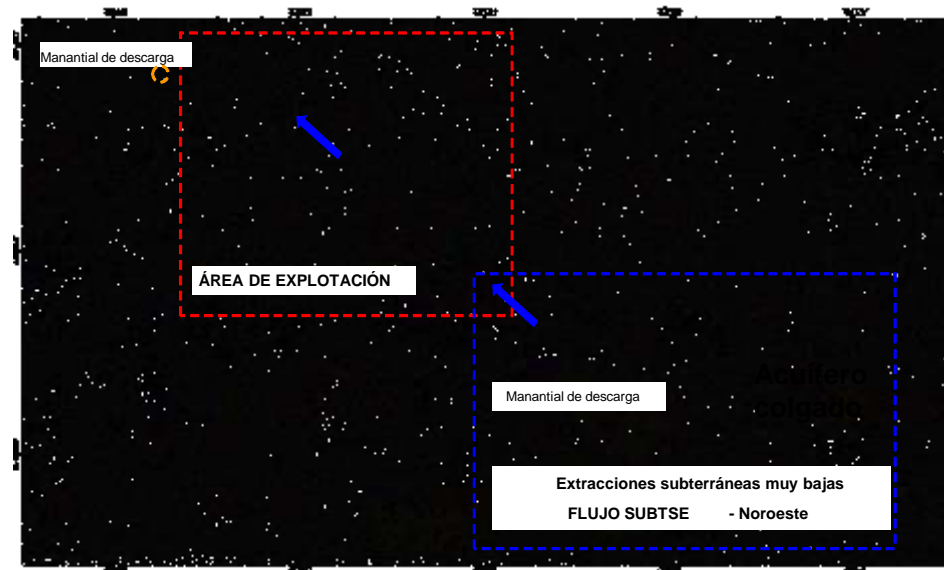
Grupo Tragsa  
Garantía Profesional. Servicio Público



# LOS ARENALES – ÁREA DE ALCAZARÉN



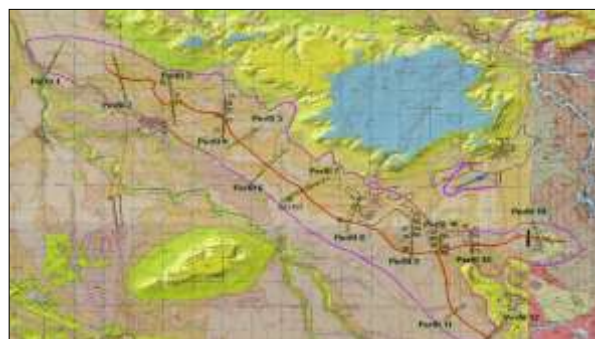
Masa de agua de Los Arenales: 7.754 km<sup>2</sup>, 96 municipios en Valladolid, Segovia y Ávila. 46,000 habitantes.



## ÁREA DE ALCAZARÉN

**PROBLEMA:** Explotación intensiva ha causado la disminución del nivel freático en algunos puntos hasta 15 m en los últimos 30 años

**SOLUCIÓN:** En 2012 se implementó una nueva experiencia MAR para abordar esta situación y asegurar la sostenibilidad del acuífero y el riego

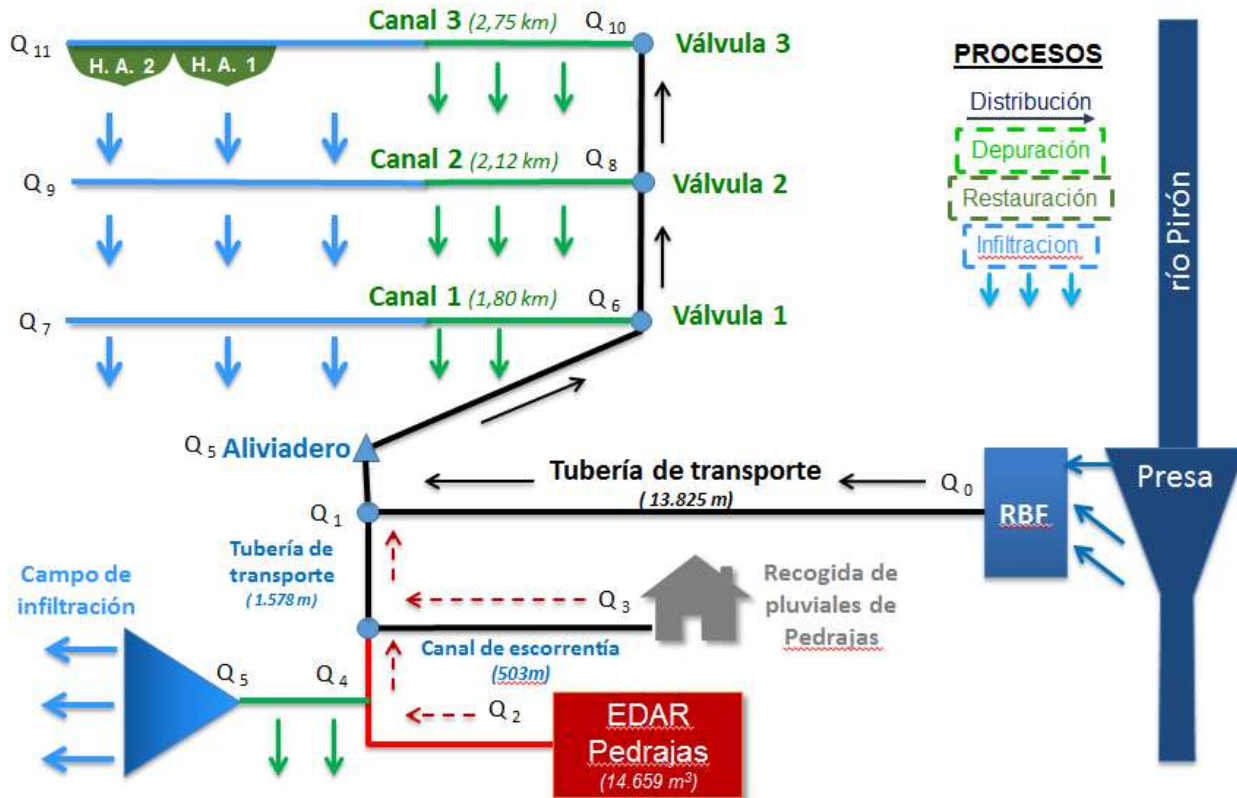


Extensión total del acuífero: 55 km<sup>2</sup>, 23 km de largo y aproximadamente 2,5 km de ancho

# 2

## ESQUEMA DEL ÁREA DE ALCAZARÉN

- ✓ 5 años de operatividad
- ✓ 7 km de canales
- ✓ 2 humedales artificiales
- ✓ 1 campo de infiltración
- ✓ 1 EDAR (SAT - MAR)
- ✓ 1 canal de escorrentía



Válvula 2 – toma de muestras



Canal de escorrentía procedente de Pedrajas



Punto de conexión



Humedal artificial nº2



Canal de Infiltración nº2



Aliviadero

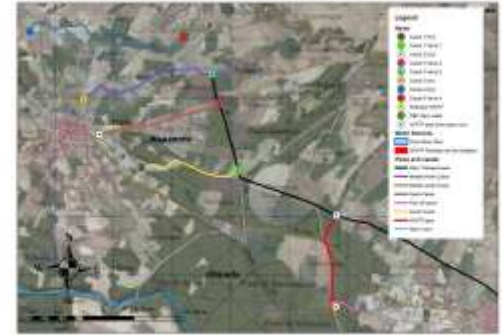


EDAR de Pedrajas

### 3

## DIVERSIFICACIÓN DE LA FUENTE DE AGUA

- ✓ **Novedad** con respecto a experiencias anteriores en Diversificación de fuentes de agua de 3 orígenes diferentes:



AGUA PROCEDENTE  
DEL RÍO PIRÓN



AGUA DE LLUVIA  
PROCEDENTE DE LOS  
TEJADOS DEL MUNICIPIO  
DE PEDRAJAS Y  
RECOLECTADA EN UN  
CANAL DE ESCORRENTÍA



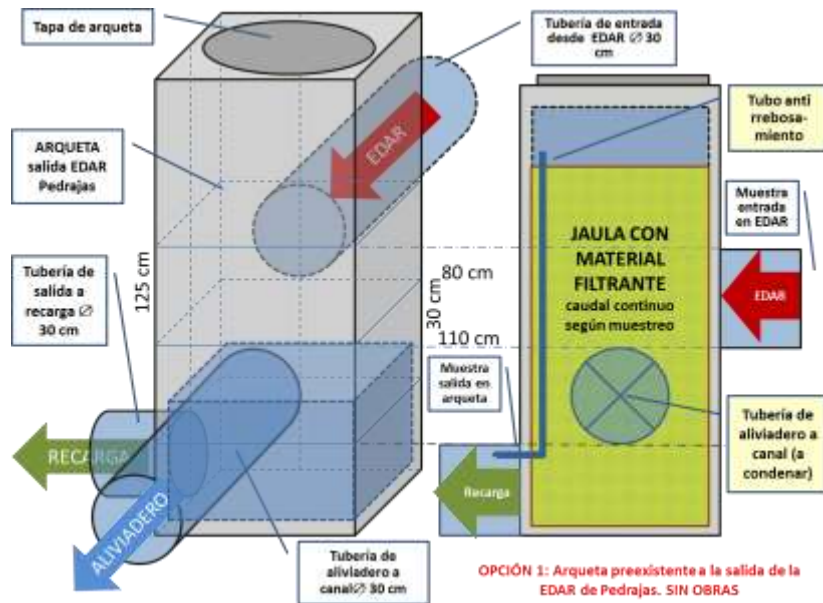
AGUA REGENERADA DE LA  
EDAR DE PEDRAJAS  
(TRATAMIENTO  
SECUNDARIO AVANZADO)



LA DIVERSIFICACIÓN DE LA FUENTE DE AGUA GARANTIZA **LA CONTINUIDAD DEL SISTEMA** MÁS ALLÁ DE LA **DEPENDENCIA DE LOS EXCEDENTES DE INVIERNO Y SU EFECTO EN LAS CONCESIONES** DEL RÍO PARA PODER RECARGAR.

## 4 Ensayos químicos y medidas de purificación en las conducciones (1)

En el marco del **proyecto MARSOL**, se realizaron una serie de ensayos durante marzo-agosto (2016), donde se forzó a pasar por distintos filtros reactivos inorgánicos y orgánicos, el agua regenerada.

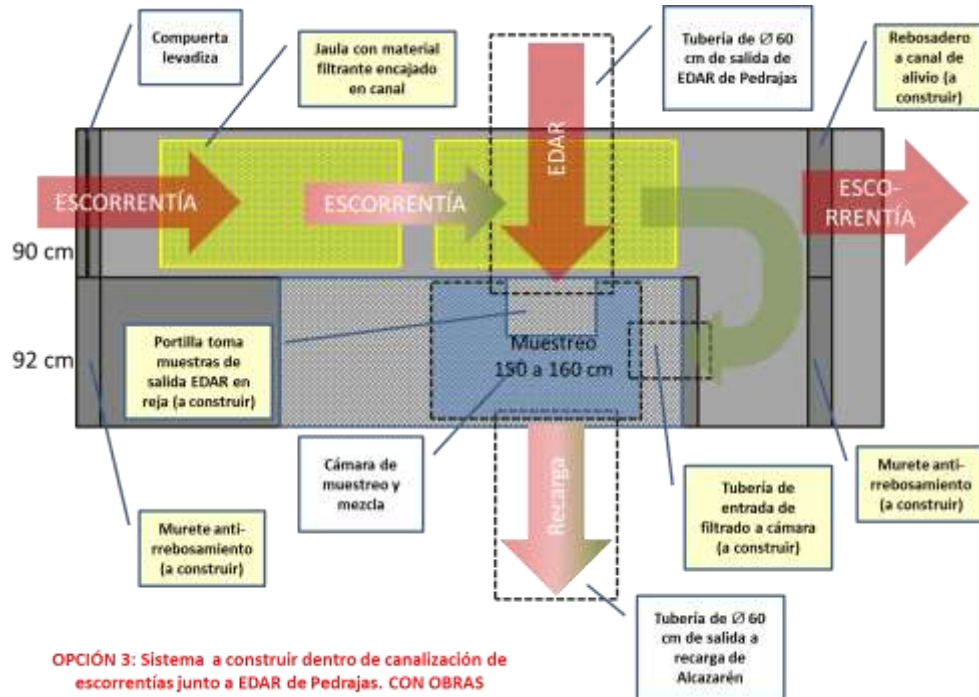


- ✓ **Objetivo:** Mejorar la calidad del agua de recarga y monitorear la evolución de las diferentes mezclas de agua.
- ✓ **Primera etapa:** FEB 2016, se realizaron **modificaciones** en el filtro-caja anterior a la salida de la EDAR.
- ✓ Se insertó un **filtro de grava** en el interior de la caja para mejorar el proceso de filtración.

Debido a la **fricción** y los problemas ocasionados se construyó una **nueva construcción** a 100 m de la tubería de salida (punto de convergencia del canal de escorrentía y la EDAR) (segunda etapa).



## 4 Ensayos químicos y medidas de purificación en las conducciones (2)



### ✓ Segunda etapa: **ESQUEMA FINAL**

#### CALENDARIO DE FILTROS

Nº campaña	fecha	Tipo de filtro
1	15-mar-2016	12-20 Ø grava silíceo
2	20-abr-2016	20-40 Ø grava calcárea
3	09-jun-2016	6-12 Ø grava silíceo+ DBP 50   Cl <sub>2</sub>
4	29-jun-2016	Corteza de pino+ geotextiles
5	14-jul-2016	Corteza de pino+ geotextiles + DBP 50   H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
6	27-jul-2016	Raquis de pino+ geotextiles + DBP 100   Cl <sub>2</sub>

### 17 parámetros analizados en el laboratorio:

- Temperatura in situ
- O<sub>2</sub> (OTD)
- Conductividad
- DBO<sub>5</sub>
- DQO
- STD
- ph
- SS
- Turbidez (NTU)
- COT
- Fases N (total, Kjeldahl, nitratos, nitritos, amonio)
- Nematodos
- *E. coli*.

## 4 Ensayos químicos y medidas de purificación en las conducciones (3)

### ❑ 15 de mayo (**Campaña 1**)

El 10 de marzo se colocó el primer filtro en la ubicación final, compuesto por **grava silíceo** de **12-20 mm Ø**. Las muestras para el análisis químico se recogieron el 15 de marzo.



### ✓ 20 de abril (**Campaña 2**)

El 7 de abril el filtro fue reemplazado por **grava calcárea** de **20-40 mm Ø**, y se realizó una nueva campaña de muestreo el 20 de abril.

### ✓ 9 de junio (**Campaña 3**)

El 27 de mayo, después de un episodio de intensas lluvias, se colocó un nuevo filtro compuesto por **grava silíceo** de **6-12 mm Ø**, mezclada con arena dentro de sacos de geotextil. El **primer tratamiento de desinfección (DBP)** se realizó con **50 l de hipoclorito** durante 36 h el 8 de junio.



## 4 Ensayos químicos y medidas de purificación en las conducciones (4)

### ☐ 29 de junio (Campaña 4)

El filtro de arena fue sustituido por un **compuesto orgánico reactivo** (**150 kg de corteza de pino**, material barato y abundante en el área) en el interior de sacos de material geotextil y comprimidos por sacos de grava.



### ☐ 14 de julio (Campaña 5)

El 13 de julio, manteniendo el filtro orgánico, se produjo el **segundo tratamiento DBP**, utilizando **60 l de peróxido de hidrógeno al 60%** (71,46 kg) durante 36 h.



### ☐ 27 de julio (Campaña 6)

El 22 de julio el filtro reactivo fue reemplazado por **raquis de pino**, en el interior de sacos de geotextil a presión. Se produjo un tercer DBP, desinfectando el agua con **100 l de hipoclorito** durante 36 h.



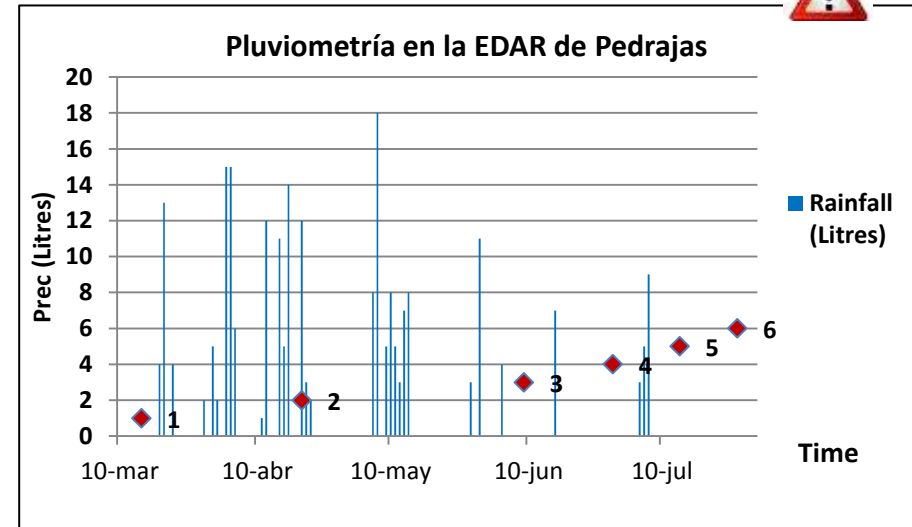


## 5

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN (1)

**CUIDADO CON LA LLUVIA Y LA TOMA DE MUESTRAS!**

Debido al **escaso tiempo de reacción** (factor limitante del estudio) del agua con los filtros de grava calcárea o silíceo, no se han observado importantes diferencias en la composición química del agua, pero sí patrones e indicios que nos permiten afirmar el efecto positivo de los filtros.



No se observó ninguna dosis de **cloruro residual** en la toma de las muestras. Este hecho es atribuible a la presencia de gran cantidad de materia orgánica en algunos tramos dentro de la tubería.

El **uso de geotextiles** ha tenido una influencia poco apreciable en la calidad del agua regenerada, ya que su principal función ha sido la retención, aunque ha retenido cierta cantidad de sólidos en suspensión (SS) .

## 5

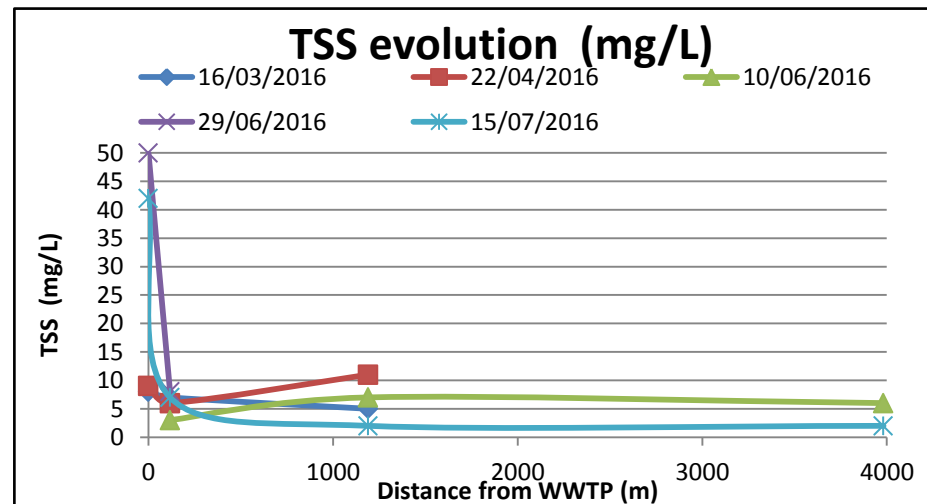
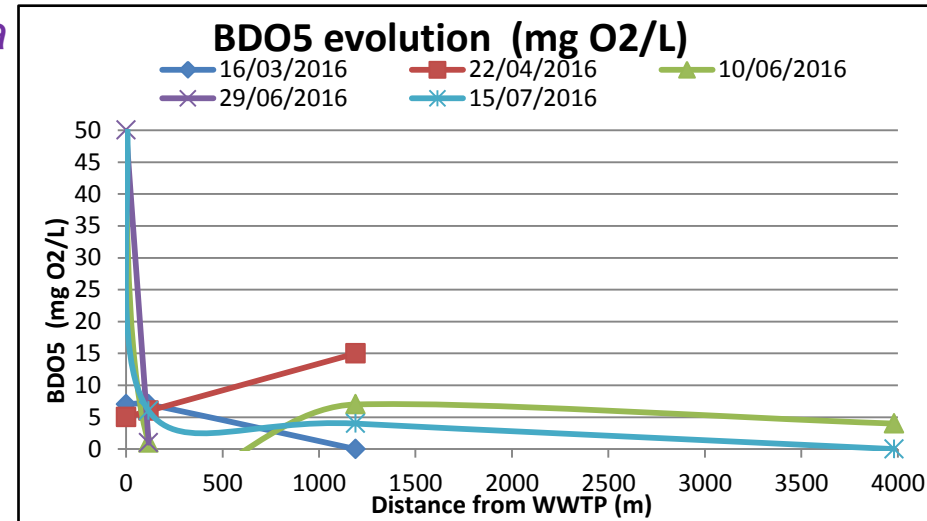
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN (2)

*Evolución de la calidad del agua regenerada*

**DBO<sub>5</sub>**: El efecto de los filtros es **claramente positivo**. Hay un descenso general a lo largo de la tubería (a excepción del filtro de grava calcárea donde aumenta considerablemente). Se puede observar la influencia de los materiales reactivos y los tratamientos DBP.

**DQO**: tiene un comportamiento paralelo.

**TSS y TSD**: para el total de sólidos suspendidos y la evolución de los sólidos disueltos se observa la disminución a lo largo de la tubería, excepto en la segunda campaña, utilizando la grava calcárea como filtro, donde aumenta.

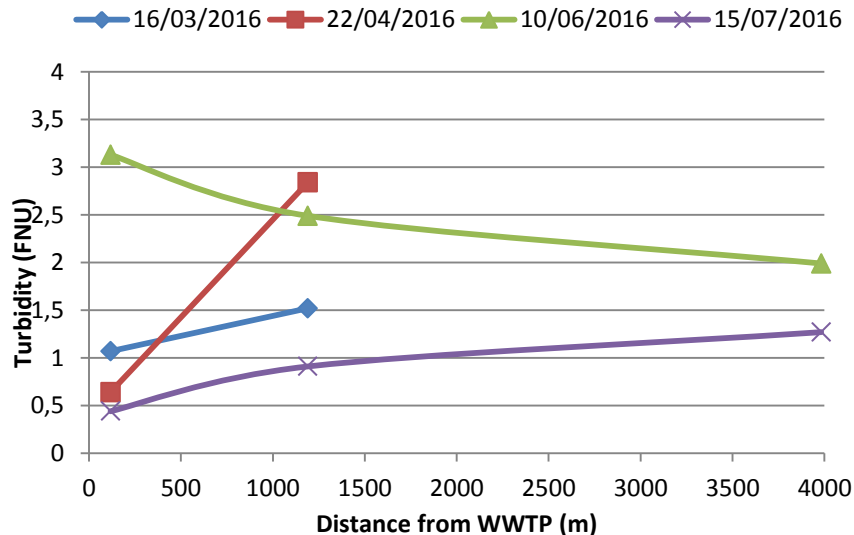


## 5

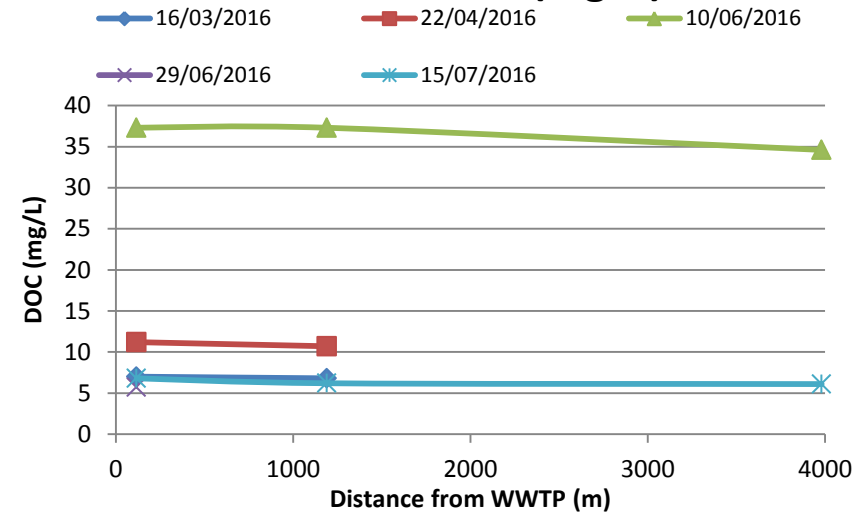
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN (3)

**COD:** Este parámetro presenta una **tendencia general a disminuir**. El mayor descenso se observa en el filtro de menor diámetro y por tanto de mayor selectividad. La adición de cloruro también influye de manera positiva en su descenso.

### Turbidity evolution (FNU)



### DOC evolution (mg/L)



**Turbidez (NTU):** En contra de lo que se pueda pensar, la evolución de la turbidez experimenta un **ascenso**, excepto en la 3ª campaña, donde el uso del filtro constituido por arena y gravilla provoca el efecto esperado. Incluso la adición de peróxido de hidrógeno no consigue disminuir la turbidez ( puede deberse a un alto componente inorgánico).

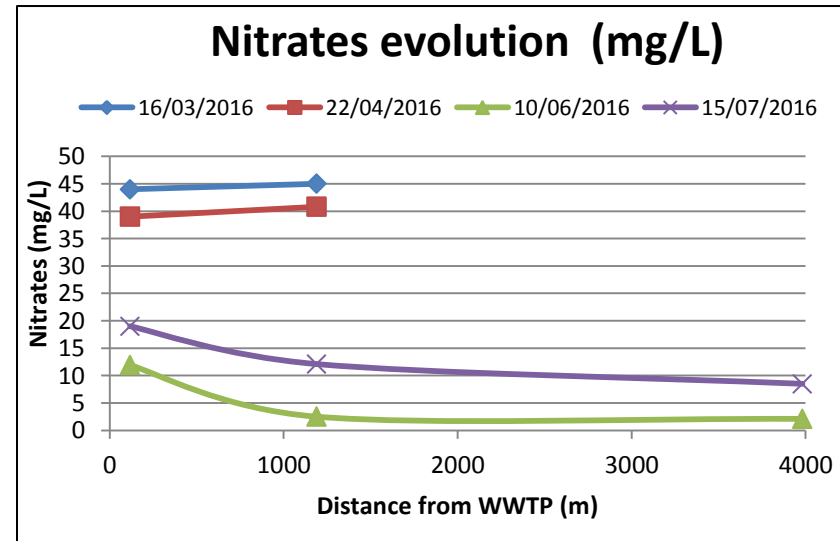
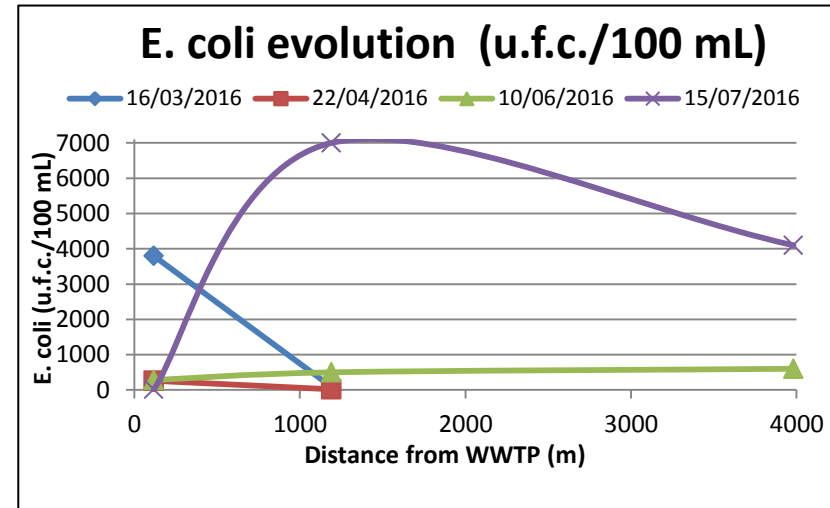
## 5

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN (4)

***E. coli***: Se observa un claro descenso durante la primavera. Una vez que comienza el verano, este tipo de bacterias resurgen con cierta intensidad a lo largo del circuito. Fueron eliminados *in itinere* por la acción desinfectante del cloruro.



**Nitrógeno**: La evolución de la mayoría de las fases del nitrógeno no parecen seguir ningún patrón, a excepción de los nitratos, que tienden a la baja, especialmente en los ensayos donde se aplicaron desinfectantes y se emplearon filtros reactivos.



## 6

## CONCLUSIONES

- Todos los filtros tuvieron cierto efecto sobre la calidad del agua, resultando más positivo aquellos medios filtrantes con menor tamaño de poro.
- El tratamiento con desinfectantes tiene un efecto potente, reduciendo la acumulación progresiva de COT y su impacto perjudicial en el acuífero, ya que éste es un parámetro clave en el proceso de recarga (obstrucción de poros).
- La incorporación de una capa reactiva antes de la recarga con aguas regeneradas tiene un efecto positivo en la reducción de los posibles contaminantes, mejorando la degradación biológica.
- Después de varias semanas de funcionamiento el material de la capa reactiva seguía activo. Por lo que son tecnologías útiles para su aplicación a largo plazo.
- El tratamiento *in itinere* mejora la calidad del agua al mismo tiempo que puede recargar el acuífero. Un ejemplo de ello son los esquemas-tripletas o los filtros de grava en el interior de la tubería de transporte.
- Estos procesos físicos y bioquímicos asociados a los esquemas-MAR representan una forma natural, pasiva y económica de reducir la presencia de ciertos contaminantes.



- El proyecto MARSOL conecta soluciones técnicas y prácticas obtenidas como fruto de su desarrollo con actividades de difusión para los miembros de las CCRR.
- La diversificación del agua en origen es útil para mejorar la calidad del agua si se mezcla con criterio y se controla su calidad. Es una oportunidad clave para disminuir la dependencia de las concesiones/ condiciones climáticas.
- La incorporación de fuentes de agua no convencionales junto con una gestión integrada es primordial para garantizar la sostenibilidad del recurso y los regadíos que dependen de él y son el motor económico de la agricultura de la zona.



**MARSOL. Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought**  
 (2017) Versión 06/2018 290x 54x 495.130

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

**SOLUCIONES TECNOLÓGICAS:**

**De diseño:**  
**FACTORES EN ESPALDADO PARA EL DISEÑO:**  
 - Características del terreno y del agua.  
 - Tipo de cultivo.  
 - Disponibilidad de agua.  
 - Disponibilidad de terreno.  
 - Disponibilidad de mano de obra.  
 - Disponibilidad de agua.  
 - Disponibilidad de terreno.  
 - Disponibilidad de mano de obra.

**PREPARACIÓN DE AGUA DE REGARRO:**  
 - Filtrado.  
 - Desinfección.  
 - Eliminación de nutrientes.  
 - Eliminación de pesticidas.  
 - Eliminación de metales pesados.  
 - Eliminación de materia orgánica.  
 - Eliminación de sales.  
 - Eliminación de nitratos.  
 - Eliminación de fosfatos.  
 - Eliminación de amoníaco.  
 - Eliminación de cloro.  
 - Eliminación de sulfato.  
 - Eliminación de calcio.  
 - Eliminación de magnesio.  
 - Eliminación de sodio.  
 - Eliminación de potasio.  
 - Eliminación de hierro.  
 - Eliminación de zinc.  
 - Eliminación de cobre.  
 - Eliminación de manganeso.  
 - Eliminación de aluminio.  
 - Eliminación de silicio.  
 - Eliminación de boro.  
 - Eliminación de yodo.  
 - Eliminación de flúor.  
 - Eliminación de níquel.  
 - Eliminación de cromo.  
 - Eliminación de cobalto.  
 - Eliminación de níquel.  
 - Eliminación de cromo.  
 - Eliminación de cobalto.

**Operativos:**  
 - Disponibilidad de agua.  
 - Disponibilidad de terreno.  
 - Disponibilidad de mano de obra.  
 - Disponibilidad de agua.  
 - Disponibilidad de terreno.  
 - Disponibilidad de mano de obra.

**De gestión:**  
 - Disponibilidad de agua.  
 - Disponibilidad de terreno.  
 - Disponibilidad de mano de obra.  
 - Disponibilidad de agua.  
 - Disponibilidad de terreno.  
 - Disponibilidad de mano de obra.

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

Tragsa

MUCHAS  
GRACIAS

### Contacto

María Villanueva Lago  
Subdirección de Políticas Agrarias  
E-mail: [mvillan2@tragsa.es](mailto:mvillan2@tragsa.es)

