

Congreso Nacional del Medio Ambiente
Madrid del 26 al 29 de noviembre de 2018

REUTILIZACIÓN DE AGUAS REGENERADAS MEDIANTE RECARGA ARTIFICIAL EN LA AGROINDUSTRIA. EJEMPLO DE ALCAZARÉN-PEDRAJAS

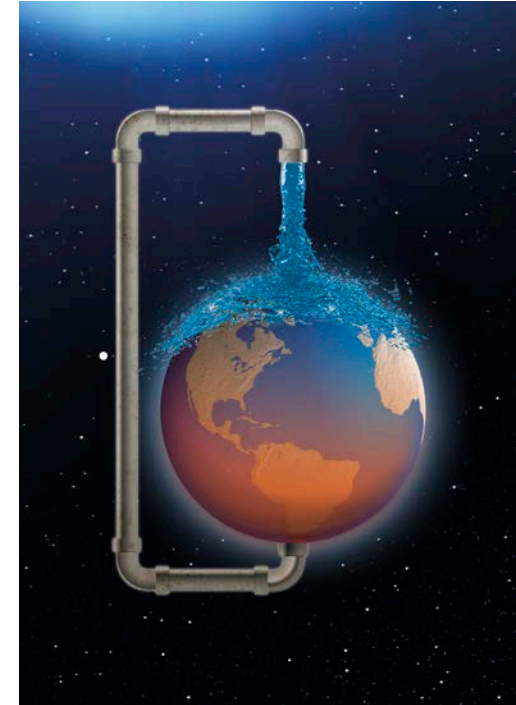
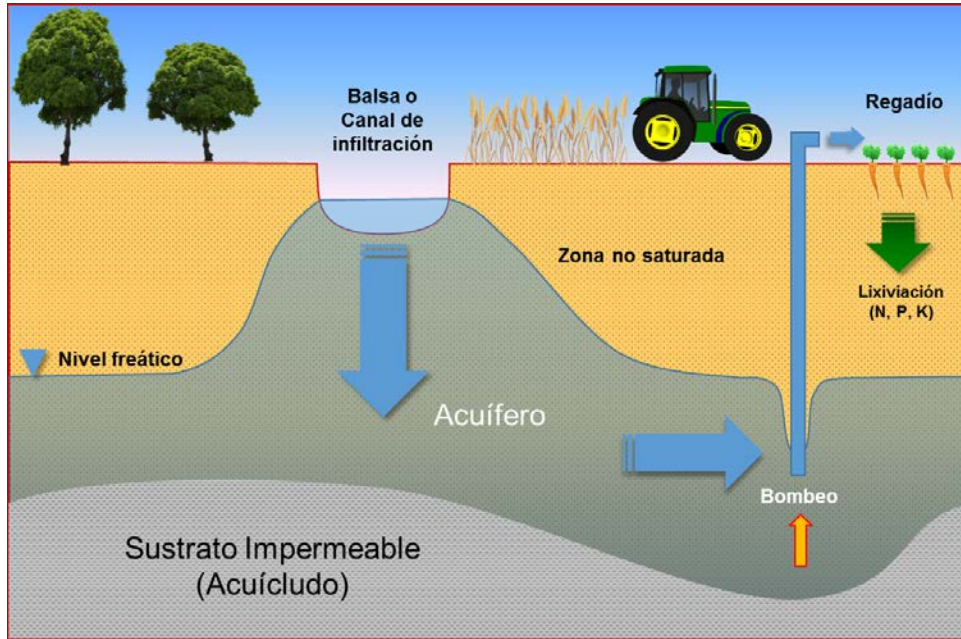
Enrique Fernández Escalante (PTEA-Tragsa)
Jon San Sebastián Sauto (Tragsatec)
María Villanueva Lago (Tragsatec)

Bloque temático ST 12. AGUA Y ECONOMÍA CIRCULAR
#conama2018





MAR Y CAMBIO CLIMÁTICO

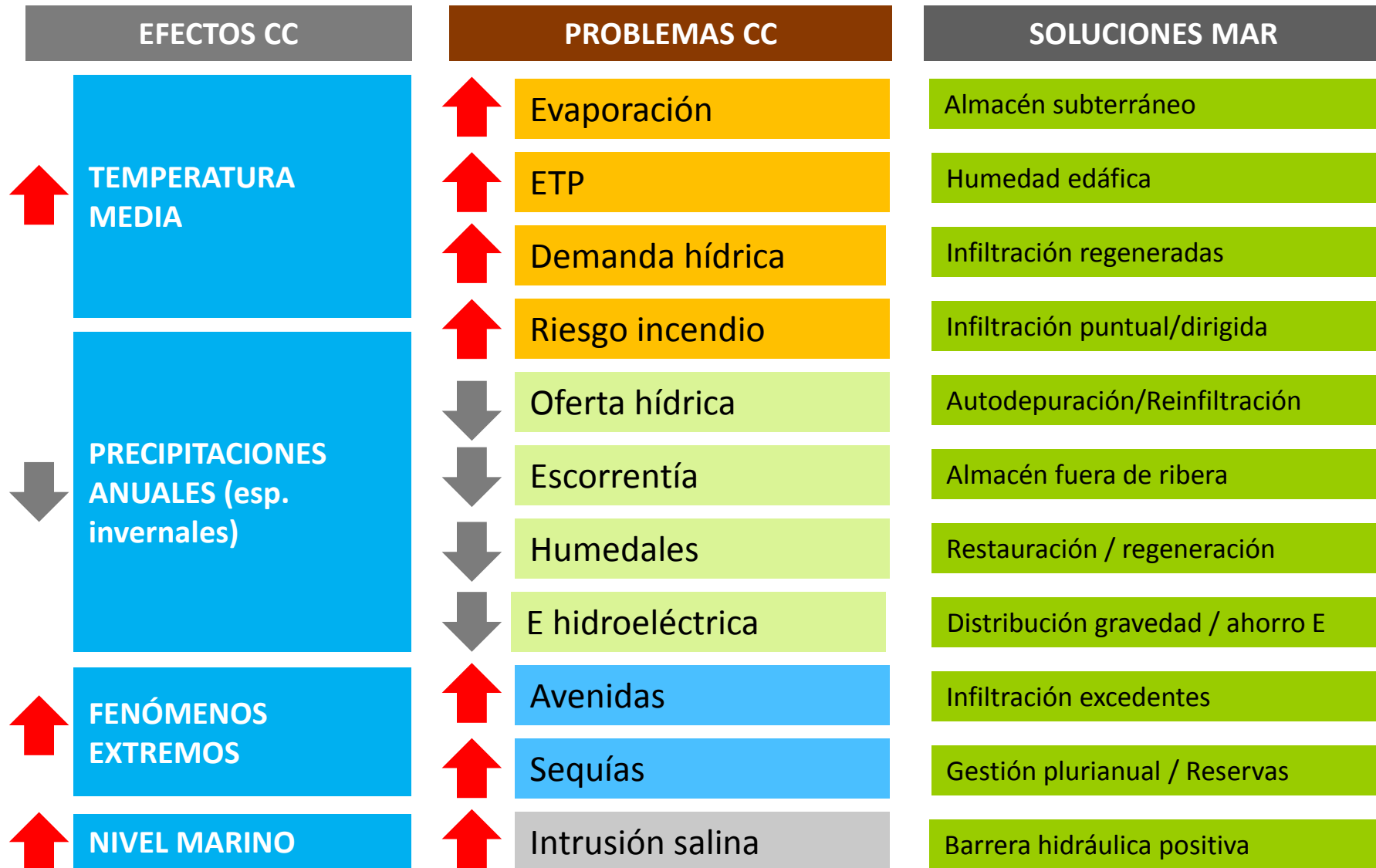


MAR Y ECONOMÍA CIRCULAR








MAR COMO TÉCNICA DE PRIMERA LÍNEA ANTE LOS EFECTOS ADVERSOS DEL C. CLIMÁTICO





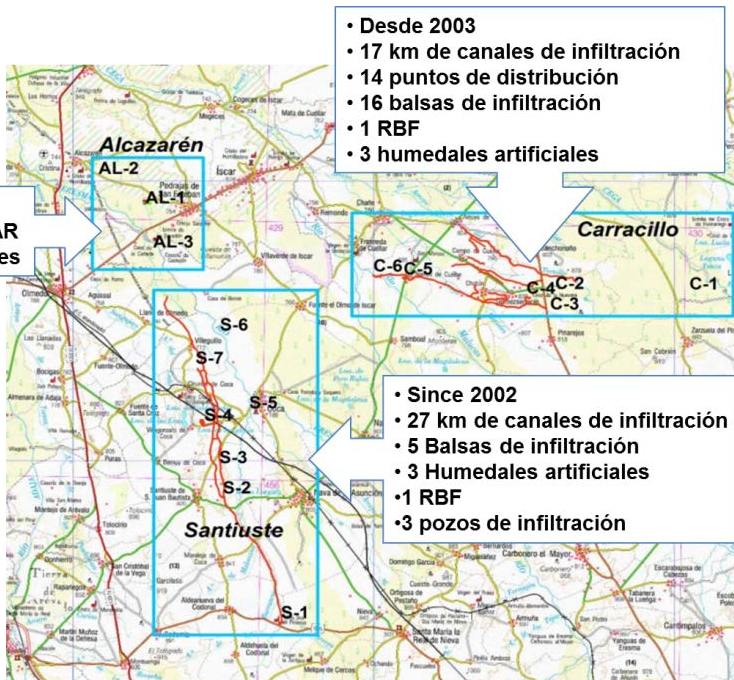
MAR Vs CMBIO CLIMÁTICO: EJEMPLOS E INDICADORES

PROBLEMAS CC	SOLUCIONES MAR	EJEMPLOS	INDICADORES
 Evaporación ↑ ETP ↑ Demanda hídrica ↑	Almacén subterráneo	<i>Abu Dabi (EAU)</i>	26 hm ³ a 34.6 °C de t ^a max.
	Reducción temperatura	<i>P. de Mallorca (I. Baleares)</i>	De 24 a 56°C (42,86%)
	Humedad edáfica	<i>Kitui (Kenia)</i>	500 sand dams (1 Dm ³)
Infiltración regeneradas Infiltración puntual Infiltración dirigida		<i>Alcazarén-Pedrajas (CyL)</i>	+0,6 hm³/año
		<i>Canal Isabel II (Madrid)</i>	+5 hm ³ /año
		<i>Canal del Guadiana (CLM)</i>	+48 hm ³ /año
 Oferta hídrica ↓ Escorrentía ↓ Humedales ↓ E hidroeléctrica ↓	Autodepuración/Reinfiltración	<i>Phoenix (EEUU)</i>	+18% en 283 ha (150 spp)
	Almacén fuera de ribera	<i>Ica (Perú)</i>	0,6-16 hm ³ (-15% salida mar)
	Restauración	<i>Kumamoto (Japón)</i>	12 hm ³
	Distribución por gravedad	<i>El Carracillo (CyL)</i>	40,7 km en canales y tuberías
 Avenidas ↑ Sequías ↑ Intrusión salina ↑	Ahorro energético/emisiones	<i>El Carracillo (CyL)</i>	-36% coste (-10.780 kg CO ₂)
	Infiltración excedentes	<i>Arnachos (Valencia)</i>	0,05 hm ³ en 14 horas
	Gestión forestal de cuencas	<i>Neila (CyL)</i>	15-40% escorrentía derivada e inf.
	Gestión plurianual	<i>Santiuste (CyL)</i>	3 años reserva sin lluvia
	Barrera pozos costeros	<i>Llobregat (Cataluña)</i>	30 años para recuperar Estado 0



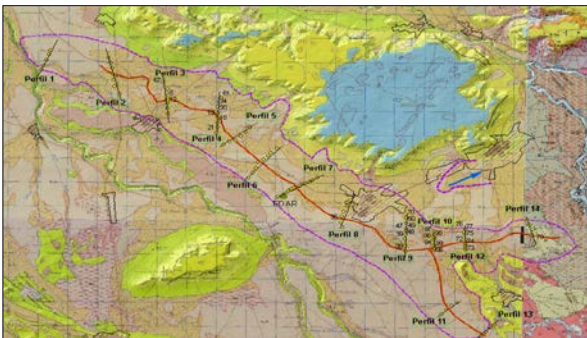
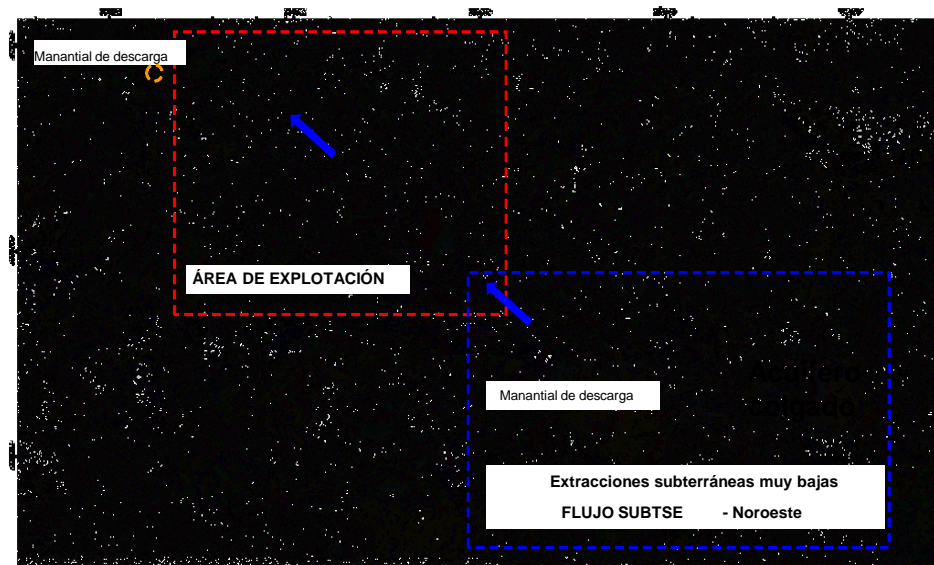


LOS ARENALES. ALCAZARÉN-PEDRAJAS SAT-MAR



Masa de agua Los Arenales: 7.754 km², 96 municipios en Valladolid, Segovia y Ávila. 46,000 habitantes.

• Desde 2012
• 1 RBF > SAT-MAR
• 5,5 km de canales



Extensión del acuífero: 23 x 2,5 km²

PROBLEMA: Explotación intensiva.

Disminución del nivel freático hasta 15 m en 30 años

SOLUCIÓN: 2012: nueva experiencia MAR para asegurar la sostenibilidad del acuífero, RIEGO Y AGROINDUSTRIA

CONAMA 2018



- ✓ 6 años de operatividad
- ✓ 7 km de canales
- ✓ 2 estanques regenerados
- ✓ 1 balsa de infiltración
- ✓ 1 EDAR (SAT - MAR)
- ✓ 1 RBF



Humedal artificial n°2



Válvula 2 - toma de muestras



Aliviadero



Punto de conexión



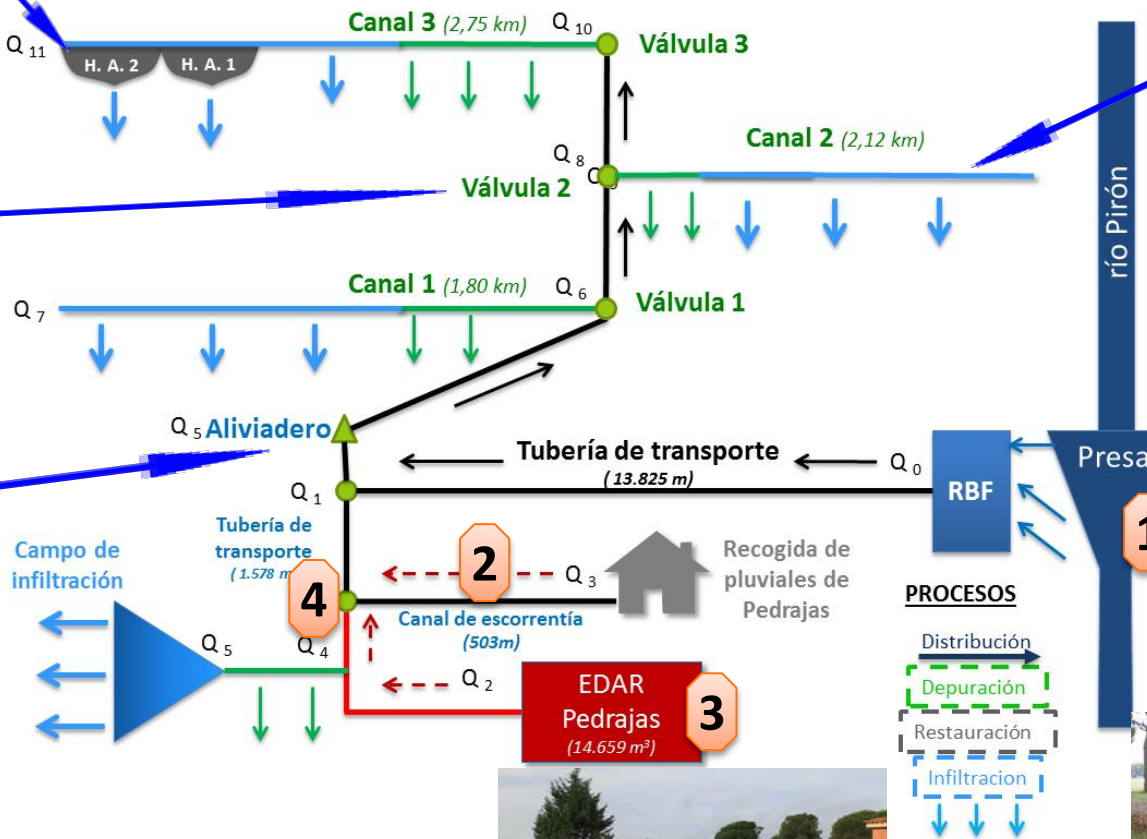
Canal de Infiltración n°2



Presas río Pirón



Canal de escorrentía procedente de Pedrajas



4

4

2

3

3

1

1

2

ESQUEMA DEL ÁREA DE ALCAZARÉN

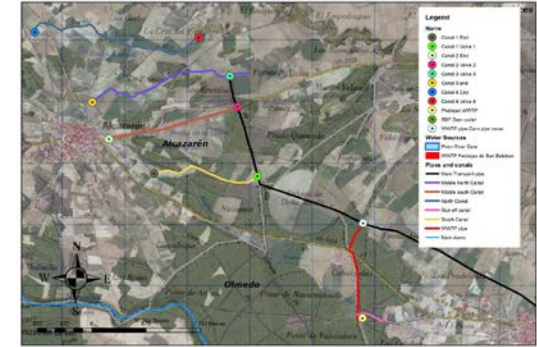


EDAR de Pedrajas



DIVERSIFICACIÓN DE LA FUENTE DE AGUA

- ✓ **Novedad** con respecto a experiencias anteriores:
Toma de 3 fuentes diferentes



AGUA PROCEDENTE DEL
RÍO PIRÓN



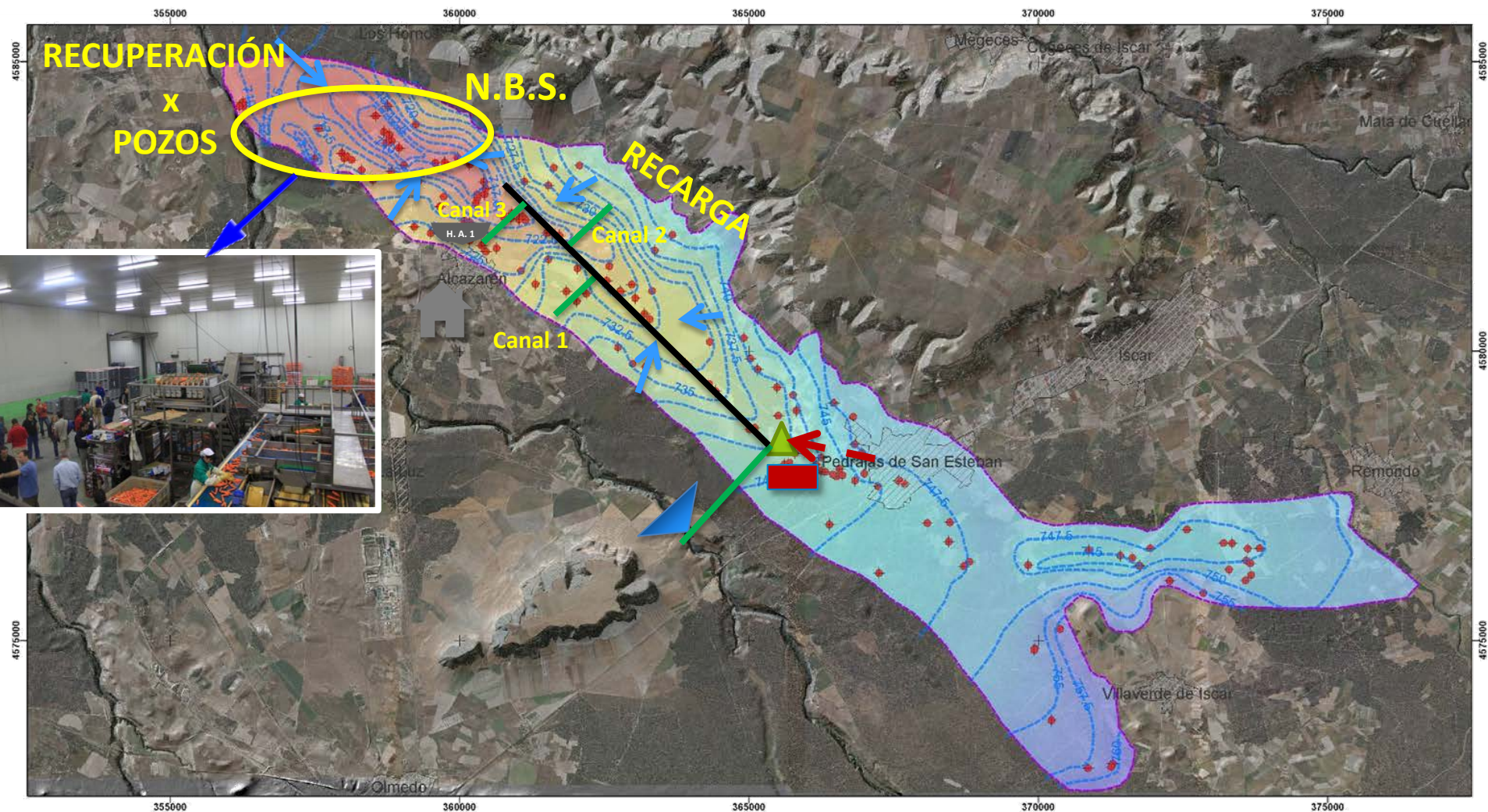
AGUA DE LLUVIA PROCEDENTE
DE LOS TEJADOS DEL
MUNICIPIO DE PEDRAJAS >
CANAL DE ESCORRENTÍA



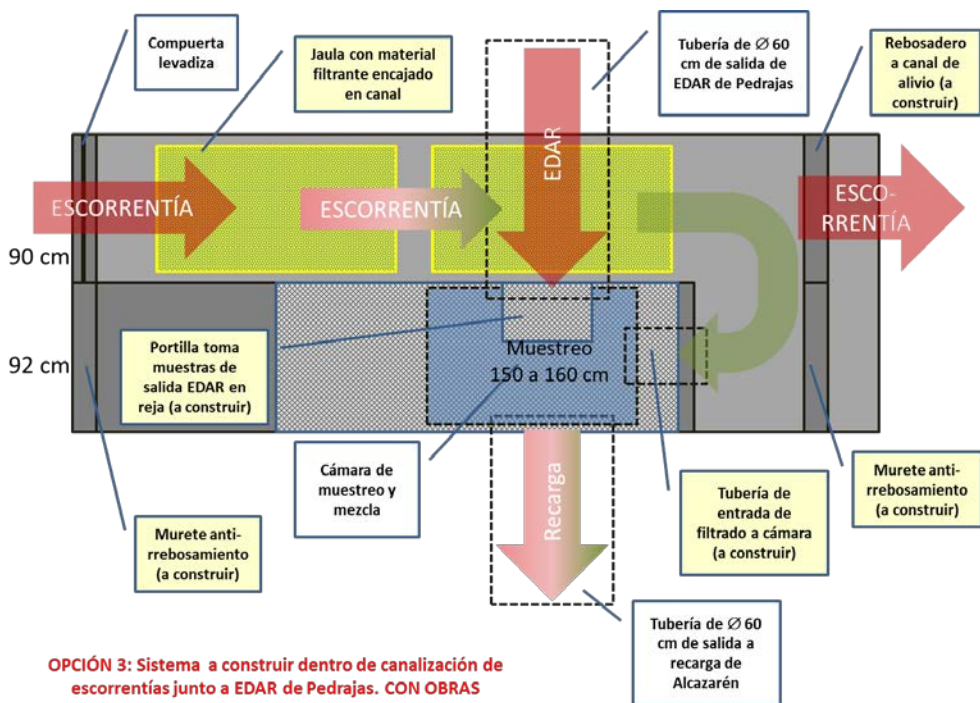
AGUA REGENERADA DE LA EDAR
DE PEDRAJAS (TRATAMIENTO
SECUNDARIO AVANZADO)



- Continuidad del sistema más allá de la dependencia de los excedentes de invierno y concesiones para poder recargar
- Mezclas de aguas: *“Dilution as a solution to pollution”*



ALCAZARÉN-PEDRAJAS. ESQUEMA HIDROGEOLÓGICO



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 ₂
4	29-jun-2016	Corteza de pino+ geotextiles
5	14-jul-2016	Corteza de pino+ geotextiles + DBP 50 H ₂ O ₂
6	27-jul-2016	Corteza de pino+ geotextiles + DBP 100 Cl ₂

17 parámetros analizados en el laboratorio:

- Temperatura in situ
- O₂ (OTD)
- Conductividad
- DBO₅
- DQO
- STD
- ph
- SS
- Turbidez (NTU)
- COD
- Fases N (total, Kjeldahl, nitratos, nitritos, amonio)
- Nematodos
- *E. coli*.
- ...

Filtros interactivos:



ENSAYOS QUÍMICOS Y MEDIDAS DE PURIFICACIÓN EN LAS CONDUCCIONES

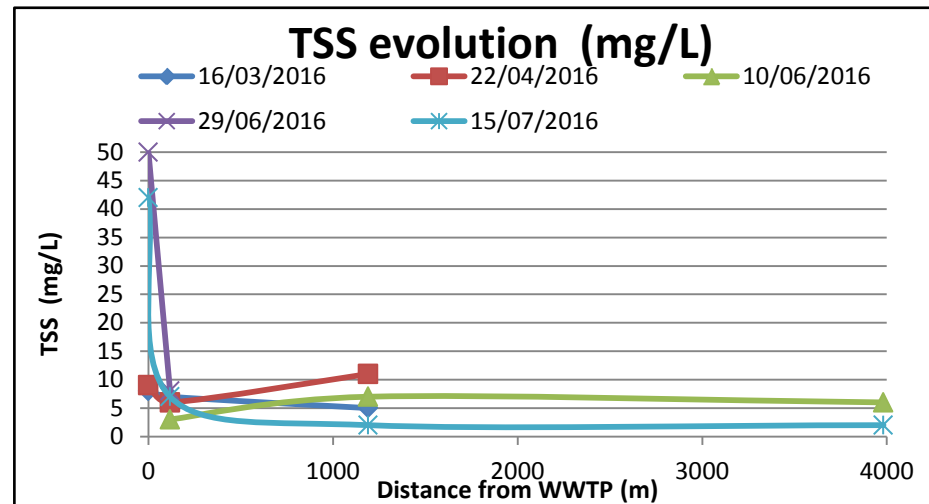
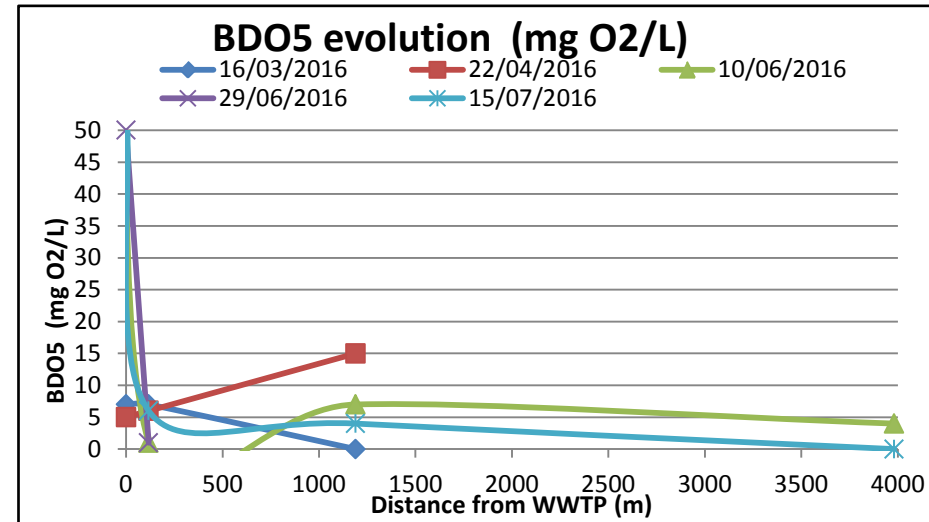


EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA REGENERADA

DBO₅: 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). Las diferentes campañas DBP resultan efectivas con una disminución progresiva de este parámetro.

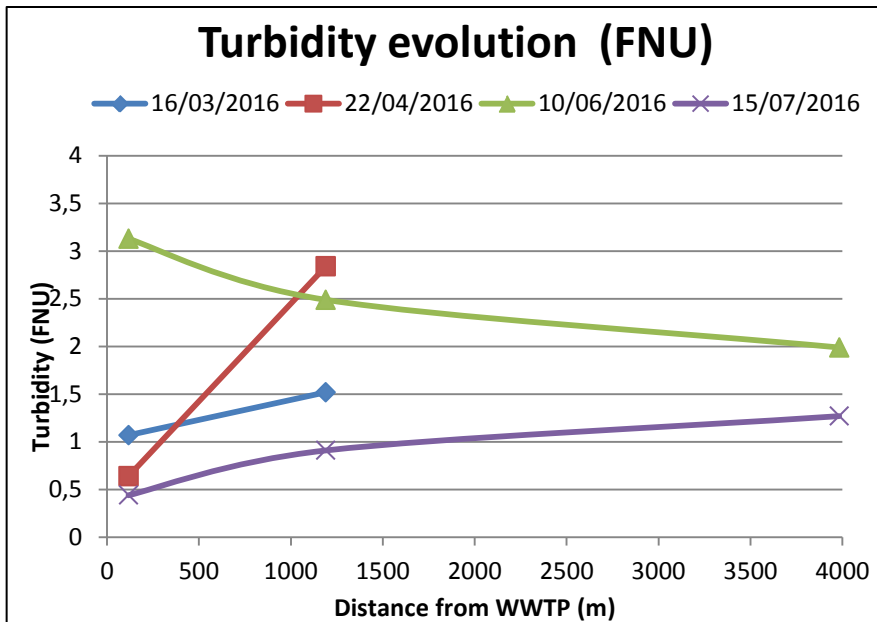
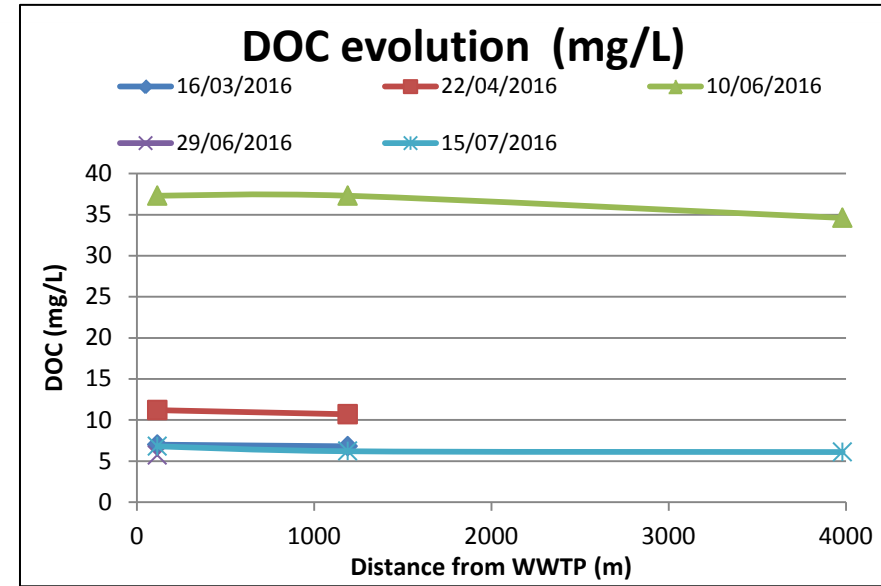
DQO: tiene un comportamiento paralelo.

TSS y TSD: para el total de sólidos suspendidos y la evolución de los sólidos disueltos se observa una **tendencia general a disminuir**, excepto en la segunda campaña, utilizando la grava calcárea como filtro, donde aumenta.





COD: Este es el único parámetro con 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. Y éste es más pronunciado con la adición de H₂O₂.



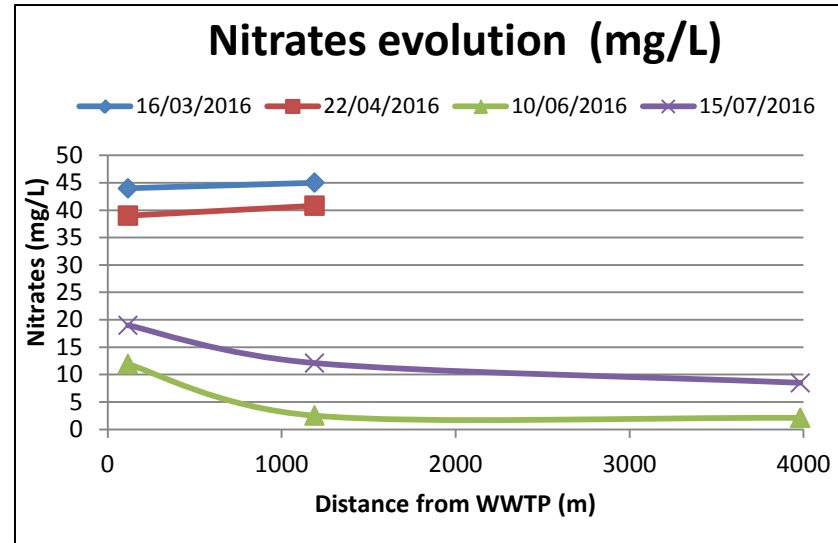
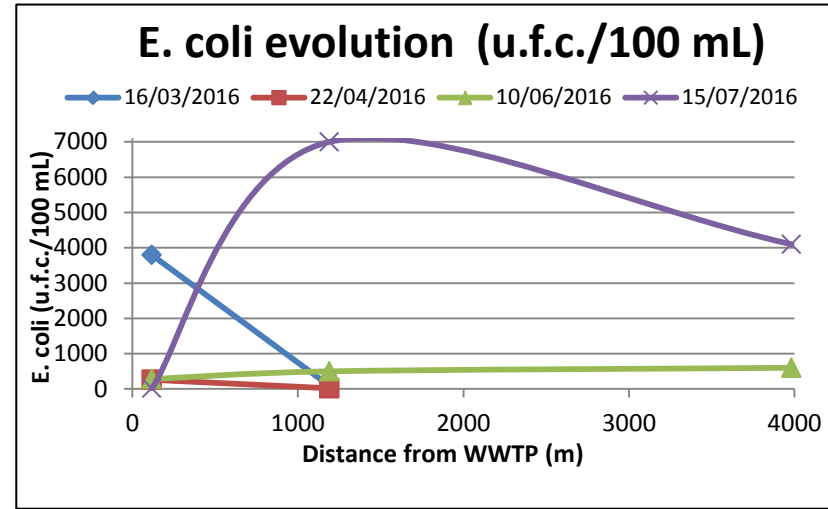
Turbidez (NTU): En contra de lo que se pueda pensar, la evolución de la turbidez experimenta un **ascenso**, excepto en la 3ª campaña, donde el uso del filtro constituido por arena y gravilla provoca el efecto esperado. Incluso la adición de peróxido de hidrógeno no consigue disminuir la turbidez (puede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



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.





- **MARSOL conecta soluciones técnicas y prácticas de recarga artificial con el combate al cambio climático y la economía circular**
- Se han realizado mezclas desde distintas fuentes de toma, ensayos de **post-tratamiento y *Nature Based Solutions*** utilizando el **acuífero como elemento “post-depurador”**
- **Filtro interactivo** antes de la recarga con aguas regeneradas tiene un efecto positivo en la **reducción de contaminantes**.
- **Tecnologías válidas para su aplicación a largo plazo.**
- Tratamiento con **desinfectantes reduce la acumulación de COT (parámetro clave en el proceso de recarga)**
- Estas actuaciones físicas y bioquímicas en los esquemas MAR representan una **forma natural, pasiva y económica de reducir la presencia de ciertos contaminantes** y de **reutilizar las aguas con seguridad (economía circular)**.

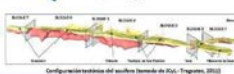




MARSOL. Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought

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



WPS. Lugar demostrativo 3: ARENALES, Área de Alcalázar-Pedrajás, 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:



SITUACIÓN

Bajo el sector oriental de la comarca de "El Caramillo" se encuentra situado el Acuífero cuaternario superficial al pie de los "cerros tallados" de Caldas del Páramo que delimita al acuífero de Los Arenales en este sector. La actuación comprende territorio de los T.M. Alcalázar, Pedrajás de San Esteban, Icaza, Cosledo y Villavieja de Icaza.

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 susceptible mediante técnicas de recarga artificial o gestionada

OBJETIVOS PRINCIPALES

- Crear un sistema tecnológico que permita mejorar la eficiencia hídrica y energética en el sector.
- Fomentar la relación entre la agroindustria y la recarga del acuífero, como reserva estratégica futura capaz de paliar los efectos adversos del cambio climático.

Operativos:

Se debe pretillar el agua de succuento y post-tratar el agua de la depuradora mediante filtros (buenos resultados con trenes de filtros reactivos), evitar badía y mantener los dispositivos limpios de materia orgánica

- Evitar desbordamientos mediante gestión de válvulas y uso de los aliviadores existentes
- Gestión adaptada a meteorología, en especial precipitaciones
- Gestionar debidamente las aguas de sus tres fuentes de origen (depuradora, ecorecría, lluvia).

<http://www.marsol.eu/>
 Más info en: <http://www.dina-maras>
 La destrucción de esta placa está penada por la Ley

SOLUCIONES TECNOLÓGICAS:

De diseño:

- #### FACTORES EN ESTUDIO PARA FOMENTAR EL REGADÍO:
- Almacenamiento más profundo y más abundante en el sector noroeste
 - Diversificación de las fuentes de toma
 - Canales de recarga extravía y recargas en discontinalidades estructurales tal como fallas.
 - Si el nivel del agua, gracias a la recarga, está cerca de dos metros por encima del "natural", cuáles es el ahorro de energía en el bombeo de más de 300 pozos para riego? Superior al 30%.

- Orografía de la zona y presencia de la zona almacén
 - Tramaseo bajo todo desde el río Páramo hacia el acuífero cuaternario
 - Uso de elementos piezoeléctricos como bombas de infiltración (permeabilizantes)
 - Empleio de repágulo solar/hibrido alternativo
 - Segmentación de las superficies agrícolas
- #### PRETRATAMIENTO DEL AGUA DE RECARGA:
- Filtrado y desacidificación en carbón y filtros inertes
 - Minimizar la carga orgánica mediante filtros reactivos con materiales naturales abundantes en la zona
 - Medida la acumulación de carga orgánica mediante aditivos durante los periodos de limpieza y mantenimiento
 - Clorar el líquido de las aguas y el aumento de aire en el agua de recarga mediante remansos en el circuito de recarga.

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 chircitante 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 agricultura
 - Reducir efecto "deseccador" al acuífero profundo.



Con el apoyo de:



LA RECARGA GESTIONADA DE LOS ACUÍFEROS (M.A.R.) COMO UNA TÉCNICA POLIVALENTE Y EFECTIVA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Enrique Fernández Escalante (CARGA-PTEA)
 Jon San Sebastián Saurto (Tragatese)
 María Villaveana Lago (Tragatese)

INTRODUCCIÓN

La recarga gestionada de los acuíferos, también llamada artificial o simplemente, MAR por sus siglas en inglés, constituye uno de los grupos de medidas de gestión hídrica para el combate frontal a los efectos adversos del cambio climático. Esta afirmación no es gratuita, y en este artículo se justifica que la técnica MAR, combinada con otras medidas relativas a la gestión integral de los recursos hídricos o IWRM, tiene un alto potencial y varias estrategias de adaptación y mitigación.

Algunos de los sistemas de mayor éxito, tales como los mecanismos de "detención-infiltración", permiten detener y retener el agua de las inundaciones y recargar intencionadamente los acuíferos, almacenando una fracción de tal volumen. Estos sistemas han estado presentes en España desde tiempos ancestrales y permiten reducir el caudal punta de una inundación, aumentando el tiempo de concentración y disminuyendo su efecto catastrófico. Las principales manifestaciones del cambio climático contempladas en este artículo y en las cuales puede incidir la técnica MAR son el aumento de la temperatura, la variación en la concentración de las precipitaciones anuales, la mayor ocurrencia de fenómenos extremos y el aumento del nivel marino. Los principales problemas e impactos fruto del cambio climático estudiados son el aumento de la evaporación e evapotranspiración en las nuevas condiciones ambientales, una mayor demanda hídrica, mayor riesgo de incendio, reducción de la oferta hídrica y garantía de suministro en determinados lugares, extremo a la escorrentía, afecciones a los humedales y menor producción de energía hidroeléctrica, con un efecto directo en el precio de la electricidad.

OBJETIVOS

El objetivo principal es justificar adecuadamente que la recarga gestionada de los acuíferos, también conocida como recarga artificial o MAR por sus siglas en inglés (Managed Aquifer Recharge) es una técnica polivalente y efectiva de adaptación al cambio climático. Se estudiarán casos de éxito con resultados cuantitativos de todo el planeta, cuyo análisis e indicadores permitirán apoyar o contraindicar su aplicación.

LÍNEAS DE ACCIÓN

Las opciones relativas a cómo actuar la recarga artificial como medida de adaptación reduciendo los impactos identificados, sin pretensiones de ser exhaustivamente exhaustivos, se basan en: uno de los acuíferos como un almacén subterráneo; aumento de la humedad del suelo y ascenso del nivel freático, especialmente en acuíferos intensamente explotados; posibilidad de infiltrar aguas regeneradas para su posterior reutilización empleando el acuífero como sistema de depuración adicional (economía circular); almacenamiento de agua en márgenes de las riberas e incremento de la infiltración bajo zonas urbanizadas; distribución del agua subterránea a lo largo del acuífero por gravedad, sin necesidad de conducciones; infiltración de excedentes hídricos mediante mecanismos de detención y retención-infiltración y SUDS; creación de barreras hidro-lógicas positivas en zonas costeras contra la intrusión marina; y, en definitiva, la gestión plurianual del agua y de las reservas subterráneas mejorada con respecto a esquemas de gestión hídrica caentes de cédulas de almacenamiento subterráneo y de retorno de agua a los acuíferos.

1. TEMPERATURA

ALMACÉN SUBTERRÁNEO

EVOLUCIÓN DEL NIVEL FREÁTICO REGIONAL

INSTRUMENTACIÓN DE AGUAS RESERVENADAS PARA LA RECARGA DEL ACUÍFERO REUTILIZACIÓN ECONOMÍA CIRCULAR

INSTRUMENTACIÓN DE AGUAS RESERVENADAS PARA LA RECARGA DEL ACUÍFERO REUTILIZACIÓN ECONOMÍA CIRCULAR

PRECIPITACIÓN 2

2. ANIDAMIENTO

REDUCCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL SUBSUOLO & AUMENTO HUMEDAD

INSTRUMENTACIÓN DE AGUAS RESERVENADAS PARA LA RECARGA DEL ACUÍFERO REUTILIZACIÓN ECONOMÍA CIRCULAR

RECARGA DE AGUA FUERA DE LA RIBERA

3. FENÓMENOS EXTREMOS

RESTAURACIÓN/RESENEANCE DE ECOSISTEMAS

INSTRUMENTACIÓN DE AGUAS RESERVENADAS PARA LA RECARGA DEL ACUÍFERO REUTILIZACIÓN ECONOMÍA CIRCULAR

RECARGA DE AGUA FUERA DE LA RIBERA

4. NIVEL MARINO 4

BARRERAS HIDRÁULICAS POSITIVA (SISTEMA ACTIVO)

INSTRUMENTACIÓN DE AGUAS RESERVENADAS PARA LA RECARGA DEL ACUÍFERO REUTILIZACIÓN ECONOMÍA CIRCULAR

RECARGA DE AGUA FUERA DE LA RIBERA

RECARGA DE AGUA FUERA DE LA RIBERA

CONCLUSIONES

Este artículo pretende dar solución a la pregunta: ¿por qué la recarga gestionada de los acuíferos es una técnica polivalente y efectiva de adaptación al cambio climático? Esta cuestión ha sido aceptada a veces como un dogma de fe, faltando una base técnica sólida para justificar que la técnica MAR es de primera línea para el combate frontal de los efectos adversos del cambio climático. Muchos de casos demostrativos de éxito distribuidos por todo el planeta, los resultados cuantitativos medidos y los indicadores de consecución del objetivo confirman esta afirmación.





ISMAR 10

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MANAGED AQUIFER RECHARGE

Madrid, May 2019





¡Gracias!

#conama2018