



*Cátedra Rafael Dal-Ré
(ETSIAAB-TRAGSA)
28/11/2017*

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

GUÍA DE CAMPO



MAR en Santiuste



MAR en Carracillo

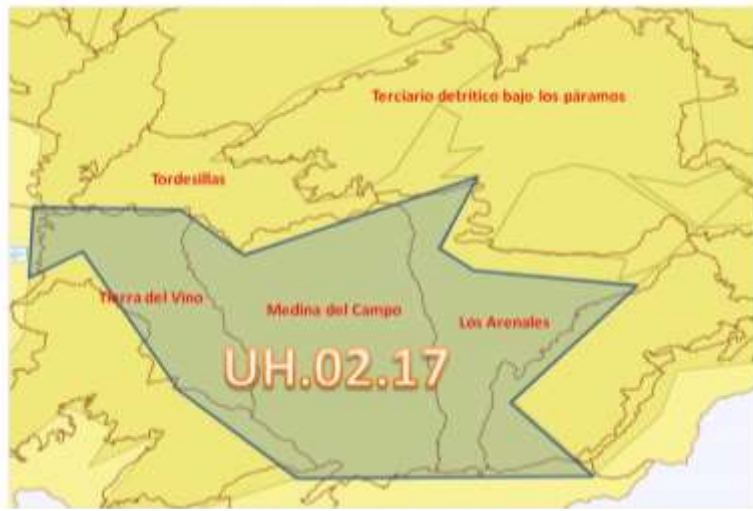


MAR en Alcazarén

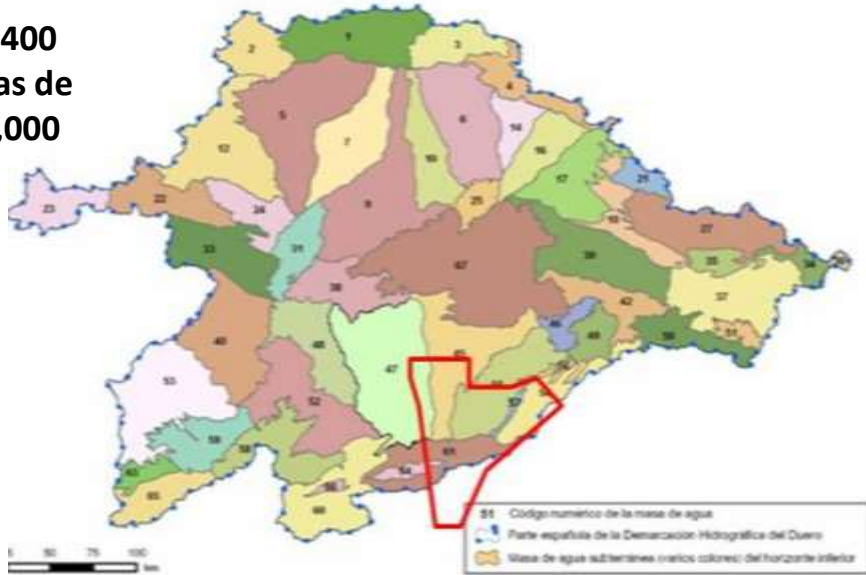


Los Arenales

7,754 km², 1,843 aldeas
 210 hm³/año en concesiones de
 aguas subterráneas
 2/3 de la superficie de regadío de
 Castilla-León



Masa de agua Los Arenales: 2,400
 km², 96 aldeas en las provincias de
 Valladolid, Segovia y Ávila. 46,000
 habitantes



José Valín y Arias Cañete, abren la compuerta de la presa construida para la recarga del acuífero de la cubeta de Santiago

Cañete abre en Segovia el Plan Regional de Regadíos

El ministro de Agricultura criticó la propuesta europea de reformar la PAC

El ministro de Agricultura, Miguel Arias Cañete, inauguró ayer las obras de recarga del acuífero de la cubeta de Santiago de San Juan Baus-

tista, que suponen la primera actuación del Plan Regional de Regadíos, y del que destacó su importancia social, económica y medioambiental.

Posteriormente, impartió una conferencia en Segovia, donde criticó la propuesta europea de reforma de la PAC.

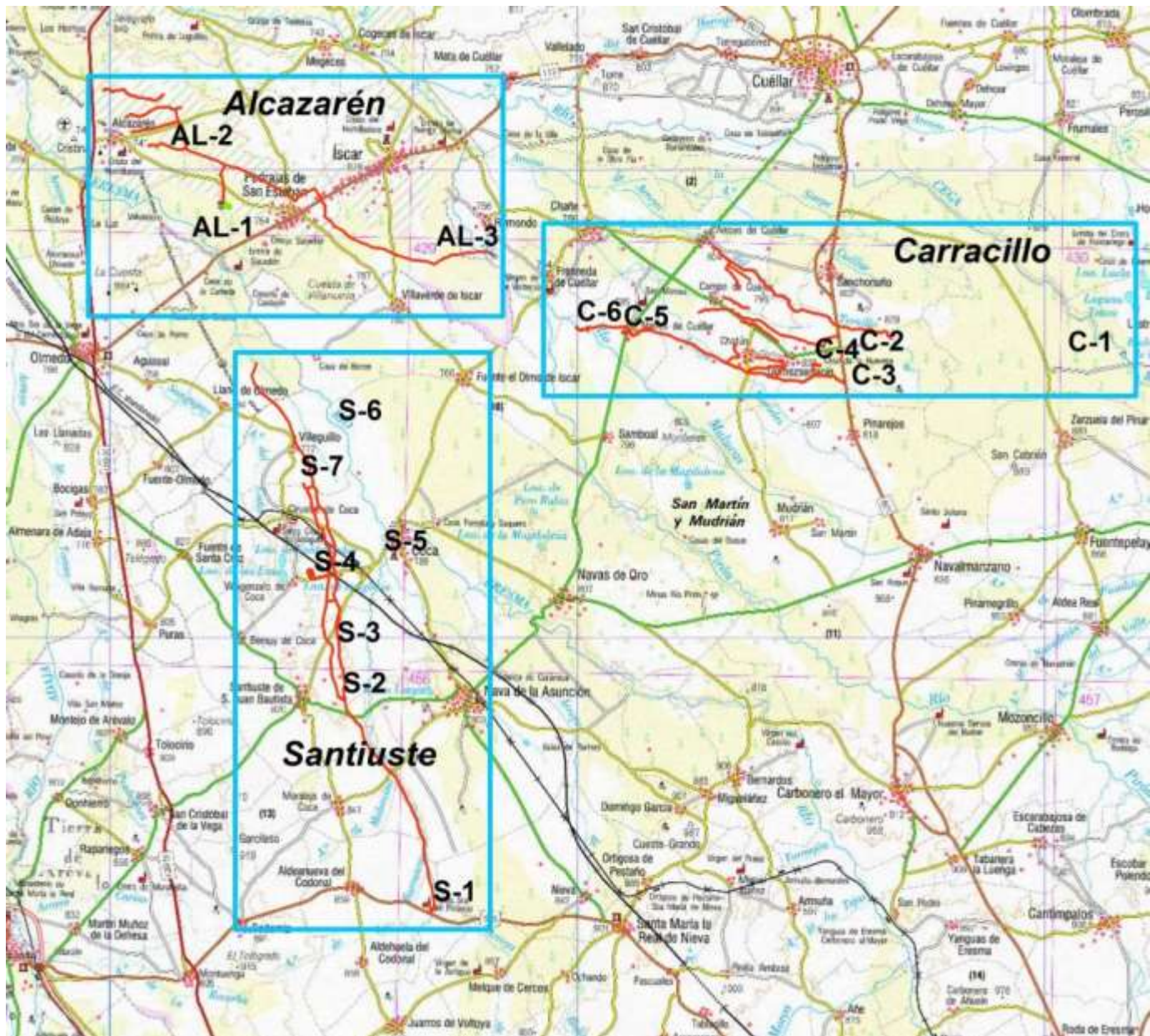
PÁG. 7

El Adelantado de Segovia, 2003-03-12



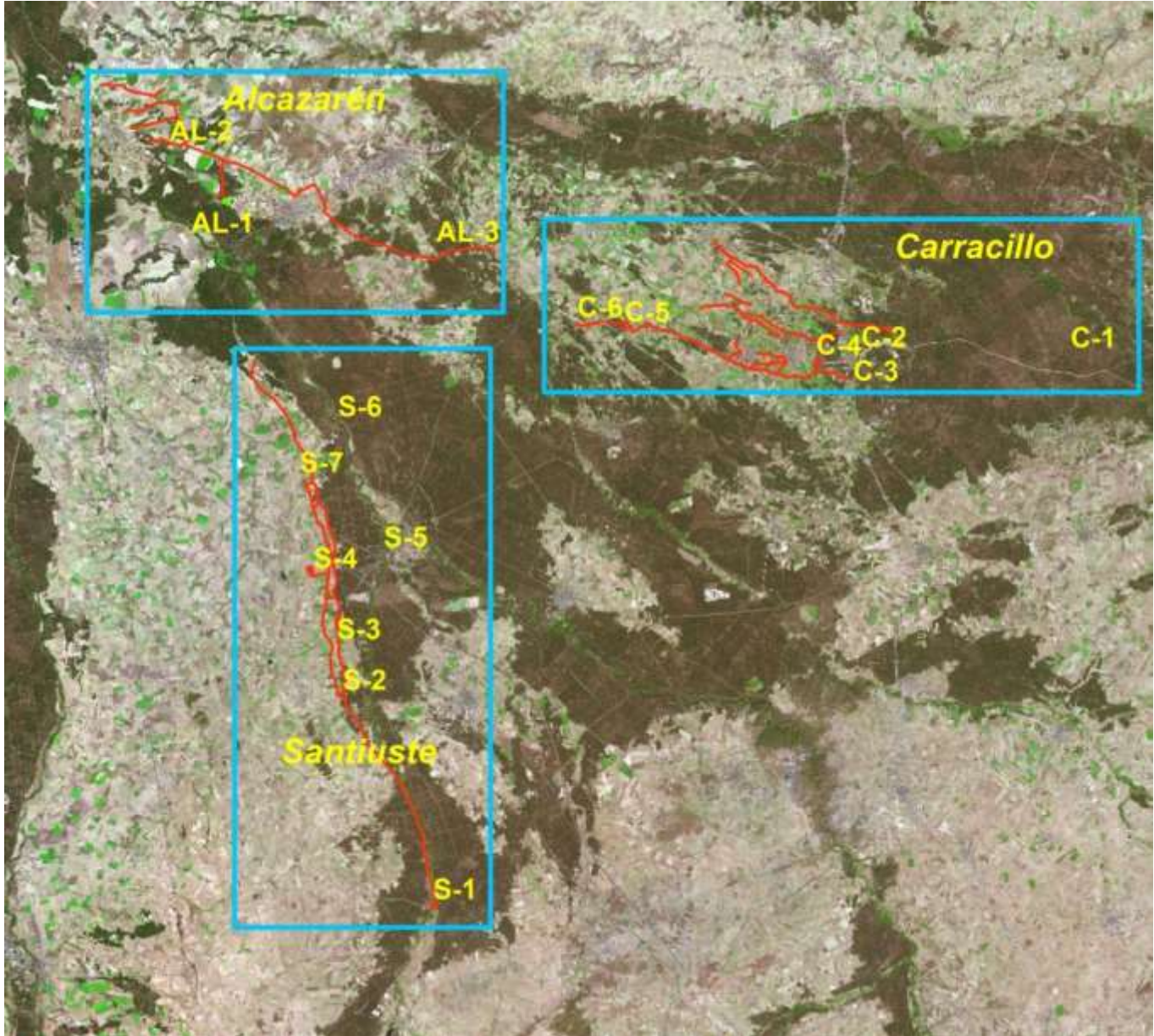
Los Arenales

Mapa político y sectores donde se llevan a cabo acciones de recarga gestionada



Puntos de interés con infraestructuras de recarga gestionada

Los Arenales



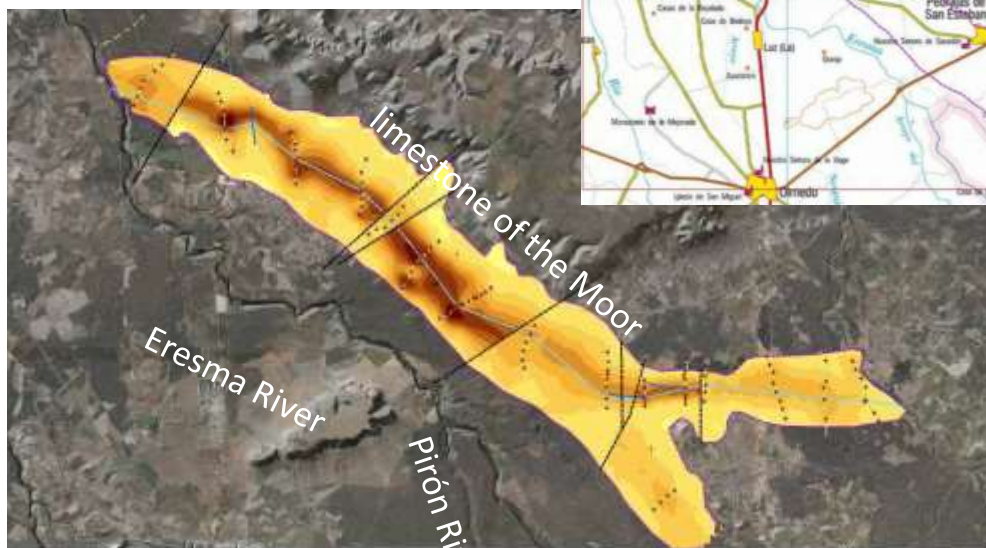
Ortofoto con los dispositivos de recarga gestionada en la masa de Agua: Los Arenales

Alcazarén (SAT-MAR)

Soluciones tecnológicas aplicadas en el sector de Alcazarén

El dispositivo más moderno combina agua de depuradora con escorrentía y tomas del río Eresma.

Complemento al regadío de 450 ha



Trazado del río Eresma y sector de Alcazarén

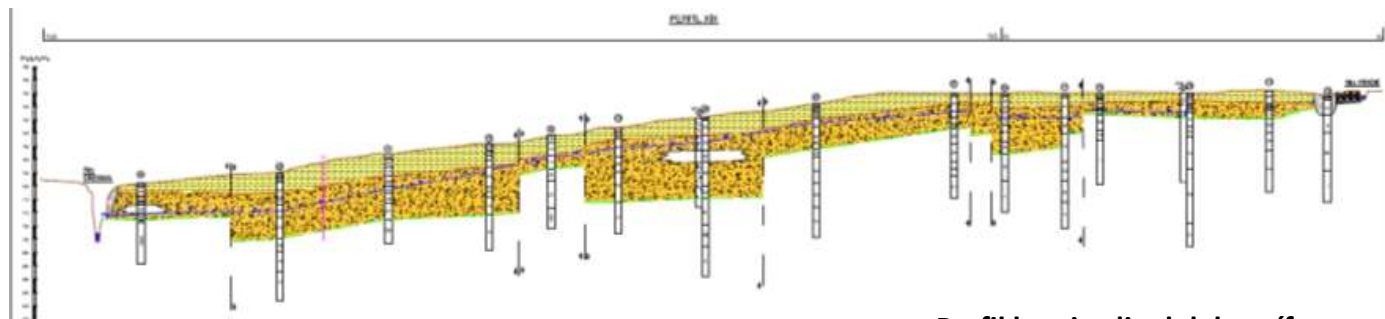
EL ACUÍFERO

Este sector conecta a los ríos Pirón y Eresma, y su zona regable engloba parte de los municipios de Iscar, Villaverde de Iscar, Pedrajas de San Esteban y Alcazarén. Su área total es de 55 km² (23 km longitud por 2.5 km de anchura), aproximadamente.

El acuífero está compuesto por materiales pliocuaternarios sobre arenas terciarias, fosilizando un paleovalle. La base está integrada por arenas fluviales, cubiertas por arenas dunares y frecuentes interdigitaciones.

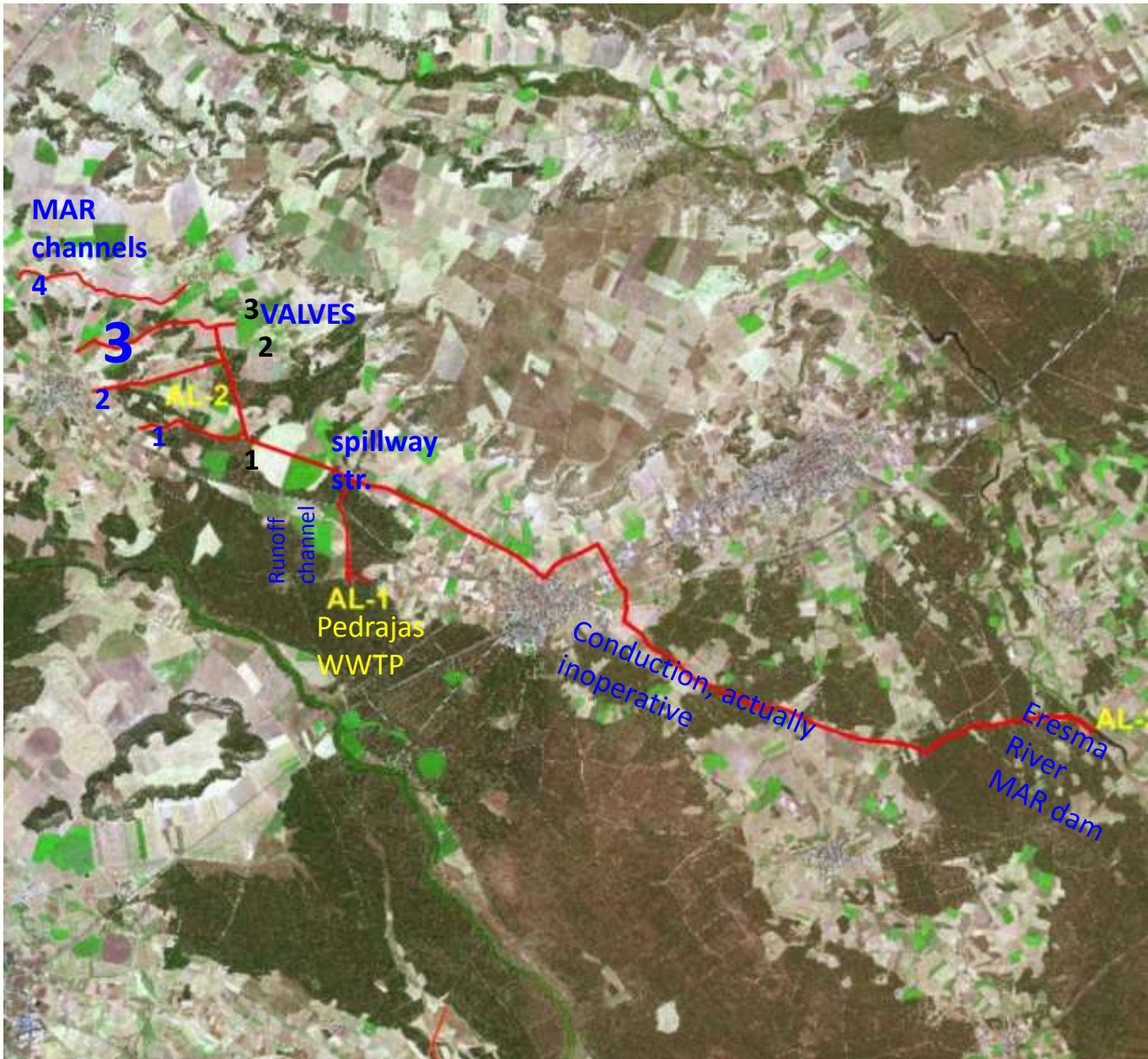
Se han aplicado varias soluciones tecnológicas en el sector: El agua es conducida gravedad desde la depuradora de Pedrajas de San Esteban y desde el río Pirón, además de haber un canal que trae el agua de la escorrentía de la localidad al punto de conexión.

Actualmente no está permitido derivar aguas del río Pirón. El volumen de recarga anual ronda los 400,000 m³.



Perfil longitudinal del acuífero 5

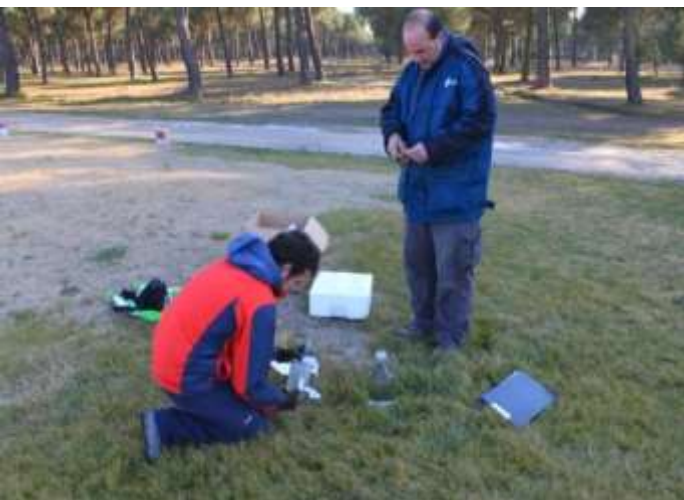
Alcazarén (SAT-MAR)



Alcazarén. Dispositivos MAR sobre la ortofoto

STOP A-01. PEDRAJAS DE S. ESTEBAN WWTP

La depuradora ha sido rediseñada para derivar parte de sus efluentes depurados al canal de recarga



STOP A-01-02.

ESTRUCTURA DE CONEXIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA DE TRES PROCEDENCIAS DIFERENTES



conexión del agua de la depuradora
y de la escorrentía



Aliviadero para sobrepresiones
eventuales



Piezómetro de control

STOP A-02. CANALES DE INFILTRACIÓN EN LA ZONA REGABLE, BALSAS Y ZANJAS

Se trata de canales de pequeña escala que cuentan con una válvula en cabecera y son gestionados por los propios agricultores, quienes son informados de la información de las aguas subterráneas por la propia JCyL, para llevar a cabo una recarga eficiente.

Sin la intervención de los agricultores, esta recarga no sería posible ,según se ha planteado.





Localización de la zona de estudio. Fuente: MARSOL (2013)

WPS, Lugar demostrativo 3: ARENALES, Área de Aícazarén-Pedrojales, 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+D.



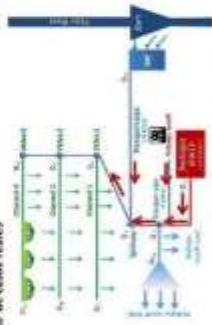
Socios participantes:



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

WP 13. SOLUCIONES TECNOLÓGICAS Y BENCHMARKING

El objetivo principal es demostrar la eficiencia de la técnica de la recarga gestionada (o MAR) en los "demon areas", 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:



SOLUCIONES TECNOLÓGICAS:

De diseño:

FACTORES EN ESTUDIO PARA FOMENTAR EL REGADÍO:

- Almacenamiento más profundo en la zona y más abundante en el sector noroeste.
- Diversificación de las fuentes de toma.
- Canales de recarga atravesados 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%.

De gestión:

Gestión a cargo de los usuarios para aumentar la efectividad

- Uso del acuífero como almácigo y como "buffer".
- Instalación de válvulas para la gestión manual del caudal durante en las conducciones.
- Uso de pozos como almacén en zonas de menor permeabilidad.
- Perforación de pozos en las zonas de descarga del acuífero.
- Registro detallado de usarios, agrupación o asociación para la defensa de sus intereses y relación con la agrupación.
- Retour-electro "Secuestrar" al acuífero próximo.

Con el apoyo de:



El contenido de esta publicación es responsabilidad de los autores y no necesariamente refleja el punto de vista de la Comisión Europea.

SITUACIÓN

Bajo el sector oriental de la comarca de "El Camillo" se encuentra situado el Acuífero cuaternario superior al pie de los "terrazos sustrato" de Calles del Páramo que delimitan al acuífero de Los Arroyales en este sector. La actuación comprende territorio de los T.M: Aícazarén, Pedrojales de San Esteban, Íscar, Olmedo y Villaverde de Íscar.

EL ACUÍFERO

Se trata de un acuífero Plio-cuaternario asociado a otro terciario de espesor inferior a 30 m y de gran permeabilidad (arena sobre un sustrato impermeable). Se ha diferenciado dos zonas, I.C.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

- Ofrecer 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.

Operativas:

- Se debe pretender el agua de escorrentía y post-tratar el agua de la depuradora mediante filtros (buenos resultados con tests de filtros reactivos), evitar barión y mejorar los dispositivos limpios de materia orgánica.
- Filtrar desbordamientos mediante gestión de válvulas y uso de los aliviaderos existentes.
- Gestión superada a meteorológico, en especial precipitaciones.
- Gestionar debidamente las aguas de sus tres fuentes de origen (depuradora, escorrentía, lluvia).

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

Más info en: <http://www.dina-marsol.es>

La destrucción de esta placa está penada por la Ley



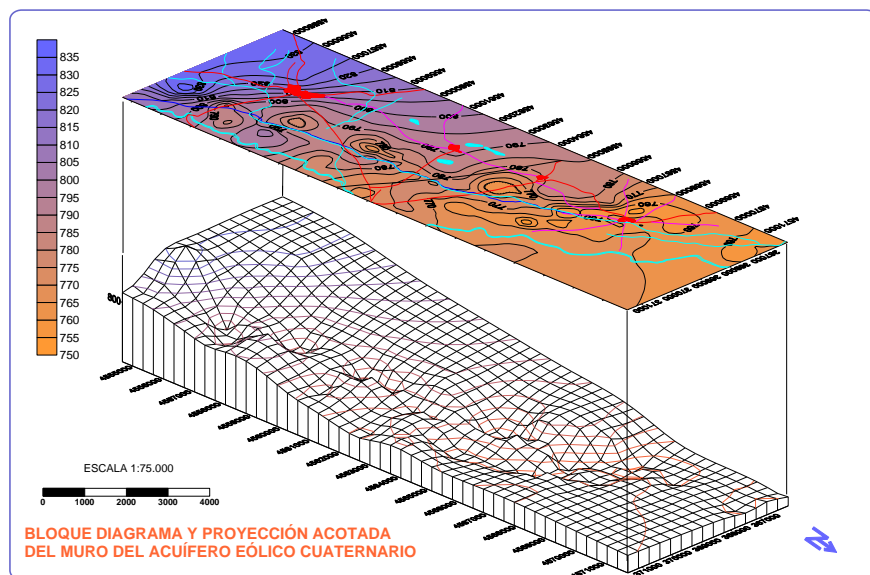
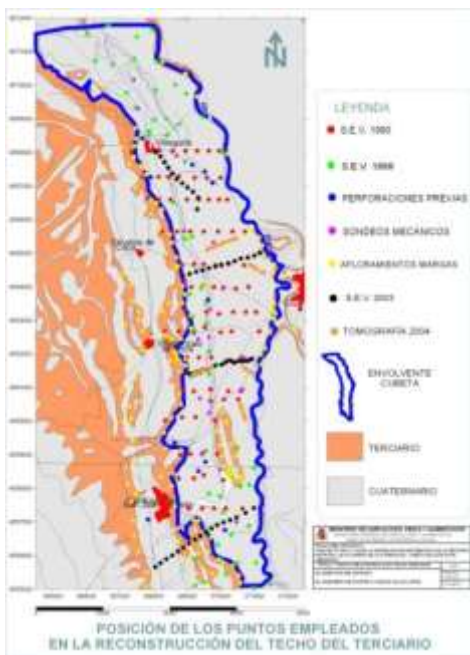
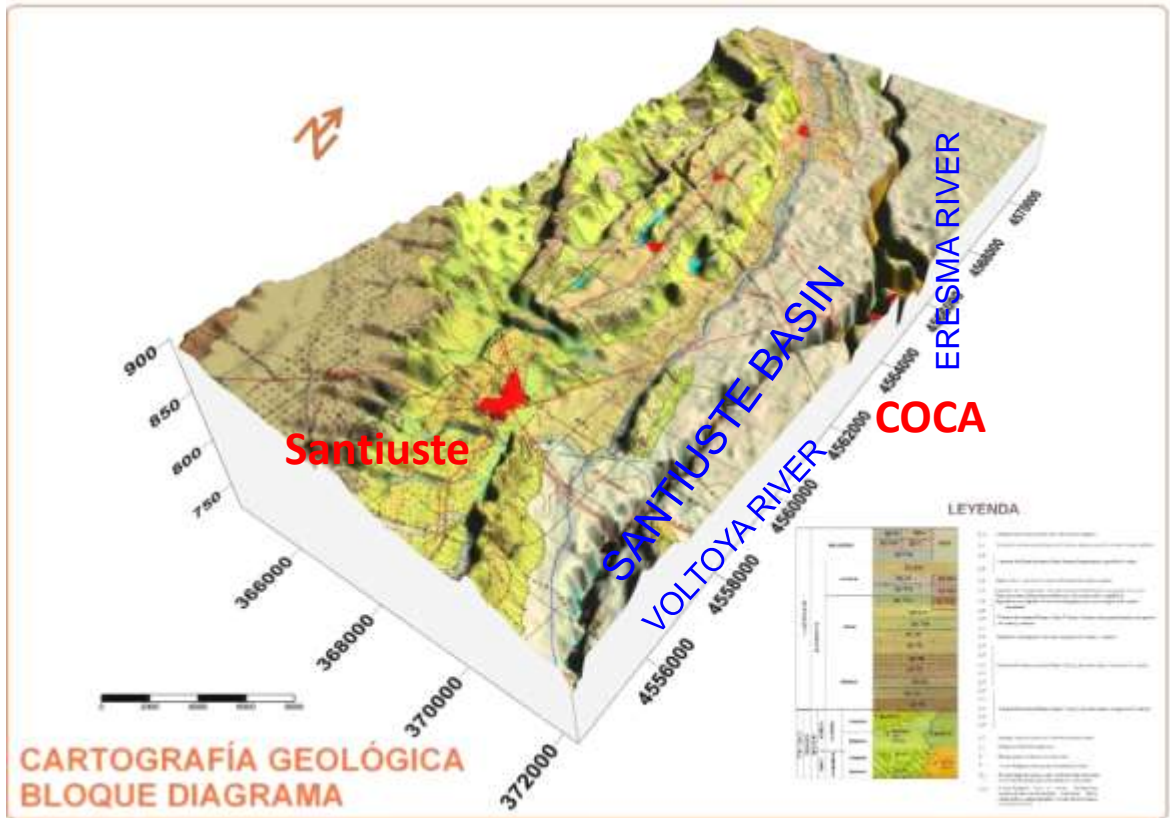
This content has been funded by the European Union under the Marie Skłodowska Curie Grant Agreement No. 619120. The content does not necessarily reflect the views of the European Commission.



Cubeta de Santiuste

El pionero de los tres sistemas del acuífero de Los Arenales, apoya el regadío de 850 ha, cifra en aumento cada año.

Se trata de un sector desconectado dentro del acuífero de unos 50 km², que garantiza un **living lab** para el estudio de procesos y del incremento de la eficiencia de los dispositivos. Actualmente es un buen ejemplo de desarrollo sostenible.



1- Bloque diagrama con la representación de la geología.

2- Posición de los puntos de prospección geofísica.

3- Stack del sistema sobre el basamento impermeable del acuífero.

Véase que el sistema presenta hasta ocho pequeñas cubetas “en cascada”, cada una vierte sobre la siguiente, todas ellas delimitadas por el sustrato impermeable inferior.

STOP S-1. EMBALSE PARA DERIVAR AGUA DESDE EL RÍO VOLTOYA

En el ÚNICO PUNTO del río Voltoya que permitía derivar aguas por gravedad hasta la cubeta se ha construido una presa. Tiene una estructura adaptada, decantadores y filtros y de ella parte el agua a través de 9600 m de tubería enterrada, hasta la cabecera del dispositivo.



Todo el sistema es pasivo (no requiere energía para bombeo, e intermitente (usado en época invernal con lluvia suficiente).

La derivación del agua se lleva a cabo por procedimiento manual. La gestión de la válvula está controlada por la Comunidad de regantes, siguiendo consejos técnicos y limitaciones legales.

Hay 13 chimeneas de ventilación a lo largo del circuito.



EMBALSE

- MATERIAL: Steel core concrete between dam structure and foundations
 - Class: Straight plan dam
 - Spillway profile: Creager
 - Crest length: 106.64 m.
 - Height: 3.00 m.
 - Foundations depth: 1.50 m.
 - Upstream embankment length: 1.50 m.
 - Downstream embankment length: 7.00 m.
 - Riprap length: 3.00 m.

CATCHMENT WORKS

- Number of Catchments: 1
- Catchment height: 815.75 m.
- Diversion flow rate: **1,000 l/s.**
- Catchment tank measurements: 2.00 x 1.25 m.
- Chest measurements: 2.50 x 10.00 m.
- Outlet pipe height in chest: 814.75 m.
- Chest walls height: 818.00 m.

WATER TRANSPORTATION

- PIPE.
 - . Material: PRFV SN5000
 - . Diameter: 900 mm
 - . Pressure: 5 Atm
 - . Wall thickness: 46 mm
 - . Length of stretch: 6 m
 - . Type of extreme: RK
- PIPE LENGTH:
 - . Fibre cement pipe: 9,863.63 m
 - . Steel Pipe (Siphon): 9,823.63 m
 - . 40.00 m
- INTAKE LEVEL:
 - . Intake: 815.37 m
 - . Outlet: 797.56 m
- PIEZOMETER LEVEL:
 - . Intake: 816.67 m
 - . Outlet: 802.647 m
 - Pressure drop (K = 0'1 mm.): 0.114 %
- PIPE ELEMENTS:
 - . Ventilation chimneys (Ø 300 mm.) : 13 Units
 - . Ventilation chimneys (Ø 1,000 mm.) : 3 Units
 - . Spillways (Ø 250 mm) : 10 Units
 - . Crossing over roads: 2 Units
 - Earthworks volume: 118,479.66 m³

STOP S-2. CABECERA DEL DISPOSITIVO Y BALSA DE DECANTACIÓN/INFILTRACIÓN

La cabecera consta de una balsa del tamaño de un campo de fútbol tras el dispositivo contador. Hay además enterrados una serie de filtros de grava reemplazable.

En la zona hay además un antiguo pozo reutilizado para la recarga a través de un sistema "invisible" que ha llevado al slogan: **"no cierres un pozo, reutilízalo"**.



Viejo pozo seco reutilizado (recarga invisible)

Caseta para caudalímetro y telemetría. Posters de metal para difusión.

MEDIDAS Y SECCIONES DE LOS ELEMENTOS DE LA PRIMERA FASE

Minimum required infiltration area	21,600 m ²
Maximum flow rate	1,00 m ³ /s
Total length	10,671.50 m
TYPE: Puddle clay canal dug in the ground with little water flow control devices.	
- Canal Length:	10.671,50 m.
- SECTION TYPE:	TRAPEZOIDAL
. Base width:	1.00 m
. Height:	1.50 m
. Slopes:	1:1
- Minimum required infiltration area	21,600 m ²
- Accomplished Infiltration area:	33,294 m ²
- CONSTRUCTION WORKS:	Prefab reinforced concrete frames.
. Water retention devices:	53 Uds. (4.80 x 2.00 x 1.90 m)
. Crossing over roads or farm access:	30 Units (4.80 x 4.00 x 1.90 m.)
. Mixed works:	2 Units
- Earthworks volume:	44,333 m ³
- Embankment volume	26,826 m ³
A) COMPONENTS BUILT "IN SITU"	

Hydraulic calculations for water transportation were based on next parameters:

- Design Flow:	1000 l/s
- Fibre cement pipe:	1000 B
- Internal diameter	1,00 m
- Relative roughness (Nikuradse)	K=0.1 mm
- Water temperature:	10 ° C
- Kinematic viscosity	$\nu=1.31 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

CALCULATIONS

Calculations made following the design methodology and previous parameters were developed so obtained next results were obtained:

- Pressure drop:	11.125 m
- Slope	14.110 m
- Intake level	816.670 m
- Outlet level	802.560 m
- Margin for manoeuvre	2,985 m
- Water table slope	1.14 m/km

COSTES ECONÓMICOS PRIMERA FASE (MAR WORKS)

Desglose por elementos principales:

1. INTAKE WORKS	409.657 €
2. WATER TRANSPORTATION	2.641.615 €
3. RECHARGE CANAL 1	289,940 €
4. RECHARGE CANAL 2 (NEW))	606.867 €, O&M, studies and projects included

STOP S-2. ESTACIÓN MARSOL ZNS-1

Diseñada para estudiar la evolución del bulbo de humidificación en torno al dispositivo de recarga gestionada, y para el monitoreo de los parámetros de la zona no saturada, así como poder cerrar balances con precisión. Cuenta con humidímetros, termómetros y tensiómetros conectados a un data-logger y a un sistema de telemetría.



El objetivo de las estaciones es, además, el estudio de la evolución del aire que penetra en el acuífero junto con el agua y se va liberando a lo largo del tiempo.

El seguimiento de los parámetros permite ,mejorar las técnicas SAT que se ensayan en esta zona, con especial atención a reducir el efecto *Lisse*.

Al haber varios piezómetros alrededor, se ha podido además determinar con exactitud los parámetros hidráulicos y cerrar el balance hídrico, al existir una estación meteorológica a menos de cuatro kms.



STOP S-3. TRIPLETA MARSOL SANTIUSTE : DEPURADORA POR LAGUNAJE, BIOFILTRO Y HUMEDALES ARTIFICIALES

La depuradora por lagunaje de Santiuste vierte en el canal de recarga, con un porcentaje de mezcla inferior al 5% de agua fluvial.

La vegetación natural del canal funciona como biofiltro para extraer aire, nutrientes y mejorar la calidad de las aguas. Hay además un aliviadero para situaciones de avenida o precipitaciones extremas.

El proceso depurativo es completado mediante dos humedales artificiales en zona con el sustrato impermeable apenas a 5 m de profundidad.

En estos se retiene el agua unos días, hasta que se devuelve al canal con calidad mejorada. Estos humedales han desarrollado además una flora y fauna específicas.



STOP S-4 LAGUNA DE LA IGLESIA (SALT LAKE). EJEMPLO DE HUMEDAL CON REGENERACIÓN HÍDRICA MEDIANTE RECARGA GESTIONADA

Este humedal tipo “bodón” fue regenerado mediante la derivación de un pequeño caudal de agua desde el dispositivo de recarga artificial. La salinidad se incrementa mediante el contacto con el sustrato salino por simple interacción rápida, lo que permite la permanencia de colonias de bacterias halófilas endémicas., sirve de refugio para la avifauna y además se generan biominerales y depósitos salinos de interés científico.



LAS ERAS

Salt-lake cercano en la localidad de Villagonzalo, que conserva colonias de bacterias halófilas.



STOP S-5. ESTACIÓN DE AFORO EN EL RÍO VOLTOYA JUNTO A COCA

La recarga está permitida siempre que el río Voltoya lleve un caudal ecológico, que se ha cifrado en 1000 l/s por la CHD.

Por debajo de este caudal en el río en el punto de esta estación de aforo, la derivación está prohibida.



