

Gestión hídrica avanzada y economía circular. Un ejemplo de compatibilización entre la gestión integrada del agua y el desarrollo rural en el acuífero de Los Arenales, España.

Enrique Fernández Escalante (Plataforma Tecnológica Española del Agua, Tragsa)
María Villanueva Lago (Tragsa)
Jon San Sebastian Sauto (Tragsatec)

RESUMEN

La actividad pretende resumir una experiencia real basada en la aplicación de técnicas de manejo del agua “alternativas” y su repercusión socio-económica en zonas rurales deprimidas en las que se han implementado nuevas alternativas de gestión hídrica.

La comunicación expone un claro ejemplo de unificación de distintas técnicas de gestión integrada del agua tales como la reutilización post-tratamiento, medidas de ahorro y de mejora de la eficiencia hídrica y energética, utilización de aguas de escorrentía (*water harvesting*), captación desde cauces fluviales y recarga artificial (o gestionada). Posteriormente se explica cómo estas acciones se están traduciendo en desarrollo rural en una zona con una actividad agroindustrial creciente e importante del acuífero de Los Arenales, provincias de Segovia y Valladolid.

Las premisas en las que se apoya la gestión integrada es la diversificación en la toma de agua de diversos orígenes para el abastecimiento y regadío, la multifuncionalidad (variados usuarios y agentes interesados en la planificación que se han involucrado personalmente en la gestión) y la reutilización de infraestructuras previas, tales como la adaptación de antiguos areneros para convertirlos en balsas de recarga de agua, de arroyos secos para canales de infiltración, etc.

En cuanto a la faceta económica, el retorno de las inversiones y su encuadre en la economía circular, la comunicación muestra las nuevas actuaciones en materia de gestión hídrica y su correlación positiva traducida en el aumento de la producción agrícola, de la población en determinados núcleos rurales, creación de empleo (con importantes tasas del femenino), ahorro en la explotación de energía eléctrica de hasta un 46 %, mejora del efluente de las depuradoras mediante post-tratamiento y su dilución con aguas de mejor calidad, regeneración de elementos clave (humedales), etc.

El ejemplo representa un modelo a seguir y un buen caso de éxito sobre cómo la agricultura y la adecuada gestión del agua son elementos clave del desarrollo rural.

La actividad encuentra a su vez serios contratiempos legales que es preciso solventar sobre la marcha, además de los técnicos.

Así mismo se han llevado a cabo actividades relacionadas con la concienciación de la población mediante técnicas de difusión y transferencia tecnológica, acciones que están dando fruto, habiendo planificadas otras nuevas en el corto plazo.

PALABRAS CLAVE: Acuífero, recarga artificial, gestión integrada, desarrollo rural, economía circular, reutilización, reúso, Los Arenales, MARSOL.

INTRODUCCIÓN

La recarga artificial de acuíferos 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 en un estadio experimental. Por ello, en muchos países se sigue considerando como una técnica alternativa. Pero ante un futuro donde cada vez son mayores los desafíos que se plantean, destacando entre ellos, la rápida urbanización (y con ello el aumento de la demanda hídrica), el cambio de patrones de precipitación y variabilidad del clima, debidos al calentamiento global, y una gestión ineficiente del agua (enfoques locales, gestión separada de aguas superficiales y subterráneas, etc.), es necesario introducir un enfoque integral en la gestión de los recursos hídricos, donde la reutilización de las aguas y técnicas como la recarga artificial de acuíferos, se sitúen como herramientas eficaces para hacer frente a uno de los grandes desafíos, la escasez de agua y sean así mismo el pilar de una economía circular, necesaria para la sostenibilidad y garantía del suministro de tan preciado recurso a largo plazo.

LA GESTIÓN ALTERNATIVA DEL AGUA: RECARGA GESTIADA DE ACUÍFEROS (MAR)

La recarga artificial de acuíferos o, en una notación más internacional “Managed Aquifer Recharge” o simplemente “MAR”, constituye una técnica de gestión hídrica cuyo objetivo es canalizar los excedentes de aguas superficiales e introducirlos en el acuífero con el objetivo de recuperar los niveles freáticos en un acuífero sobreexplotado, o para incidir en la calidad de las aguas nativas debido a un problema de contaminación. Una vez almacenada el agua en los acuíferos durante un tiempo variable, adquiere una calidad aceptable para poder ser extraída y utilizada para distintos usos (abastecimiento, riego, etc.)

Esta técnica presenta un grado de aplicación muy diferente dependiendo del lugar del mundo donde se aplique, presentando una extensa tipología de dispositivos. La clasificación de los dispositivos de recarga artificial es un tema en constante evolución y desarrollo. Actualmente, existen hasta 25 dispositivos clasificados en seis grandes grupos; dispositivos de dispersión, de modificación del canal, sistemas profundos: pozos, sistemas de filtración, dispositivos de captación de lluvia y sistemas urbanos de drenaje sostenibles (SUDS). Dentro de éstos, existe un gran número de posibles variaciones que persiguen dos objetivos claros; lograr el máximo rendimiento y la máxima efectividad, adaptándose a las condiciones climáticas y características específicas del medio receptor (suelo y acuífero).

Cabe mencionar que las ventajas que presenta la técnica de recarga artificial frente a los dispositivos convencionales, como presas y embalses, son muchas. El propio acuífero actúa como un filtro y mejora la calidad de las aguas, la evaporación se reduce considerablemente, permite suavizar las fluctuaciones de la demanda (utilizando el

acuífero como un embalse regulador), lucha contra la intrusión marina en acuíferos costeros, mantenimiento hídrico de enclaves ecológicos o medioambientales, reducir la subsidencia o hundimientos debidos a un bombeo excesivo, reducción de costes de transporte, almacenamiento y bombeo, etc. Sin embargo el empleo de esta técnica, implica un alto grado de conocimiento del acuífero y de las condiciones geológicas del entorno, para lo cual es preciso realizar estudios y proyectos previos para minimizar los riesgos e impactos ocasionales que dicha obra pudiera ocasionar, así como para optimizar el máximo rendimiento posible de dicho dispositivo.

A pesar de las numerosas experiencias llevadas a cabo, el grado de conocimiento sobre la técnica MAR es aún escaso, por lo que presenta un enorme potencial. Es necesario llevar a cabo una labor de difusión de experiencias exitosas, así como la continuidad de aquellas experimentales con el fin de poder recabar un estado del arte extenso y detallado, que permita aumentar el éxito de futuras actuaciones, reduciendo los problemas y aumentando la eficacia de los dispositivos.

EL ACUÍFERO DE LOS ARENALES: LA CUBETA DE SANTIUSTE, LA COMARCA DEL CARRACILLO Y EL ÁREA DE ALCAZARÉN

El acuífero de "Los Arenales" es un extenso almacén arenoso de agua subterránea situado en la Comunidad Autónoma de Castilla y León, el cual ocupa alrededor de 7.754 km². La expansión del regadío desde mediados del siglo pasado condujo a una considerable disminución del nivel freático, que hizo saltar todas las alertas cuando en 1992, el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) a través de su red de control constató un descenso de 30 metros en el nivel subterráneo, en Madrigal de las Altas Torres. Por ello, el Ministerio de Agricultura impulsó desde 1999, la instalación de sistemas de Recarga Gestionada del Acuífero en tres zonas piloto: Santiuste, Carracillo y Alcazarén. Para ello, se llevaron a cabo los primeros estudios de viabilidad para los dos primeros sectores a través de la colaboración del Ministerio de Agricultura y la Junta de Castilla y León. En el año 1998, siendo Ministra de Agricultura Loyola de Palacio se aprueba el *Decreto-Ley 9/1998 de 28 de Agosto* con el objetivo, entre otros proyectos a nivel nacional, de ejecutar la obra de derivación desde los Ríos Voltoya y Cega con destino a la recarga de los correspondientes acuíferos de ambas zonas, Santiuste y Carracillo.

En 1999, la Confederación Hidrográfica del Duero (CHD) resolvió otorgar la concesión de aprovechamiento de aguas superficiales a la Comunidad de Regantes de la Cubeta de San Juan Bautista de 1.000 litros por segundo del río Voltoya con toma en el término municipal de Aldeanueva del Codonal (Segovia) y con destino a la recarga del acuífero de la cubeta de Santiuste. De la misma manera, se otorga la concesión a la Comunidad de Regantes del Carracillo, de derivar del Río Cega, 1370 litros por segundo para la recarga de dicho acuífero. En el año 2000 se aprobaron ambos proyectos, los cuales fueron confiados a la empresa pública TRAGSA, que se encargó de la ejecución de las obras y su posterior supervisión y seguimiento.

El primer ciclo de recarga se inició en 2002 en la Cubeta de Santiuste. En este tiempo transcurrido, el sistema de recarga ha ido evolucionando desde una solución tecnológica

con un enfoque exclusivo para regadío, hasta un sistema que incorpora nuevas funciones tanto técnicas como ambientales, socioeconómicas y educativas.

CUBETA DE SANTIUSTE (SEGOVIA)

La Cubeta de Santiuste se extiende por 85 km², limitado por los ríos Voltoya y Eresma por el Este y por afloramientos de margas y yesos casi impermeables por el Oeste. Los dispositivos de Recarga Gestionada de Acuíferos aprovechan el antiguo curso del arroyo de la Ermita.

El acuífero transcurre de Sur a Norte hacia los dos ríos citados formándose 8 pequeñas cubetas interconectadas bajo el terreno sobre una base impermeable y separaciones formadas por afloramientos del mismo tipo. Estas “paleocubetas”, a su vez, están cubiertas con depósitos de arena de diferente profundidad pero gran capacidad de almacenamiento de agua (Figura 1).

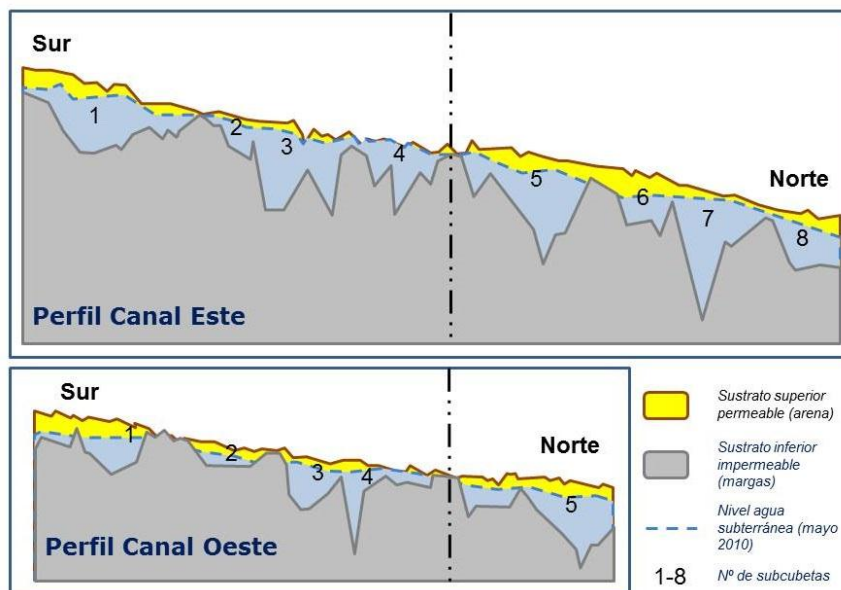


Figura 2. Las sub-cubetas de Santiuste, en perfil, con el nivel de llenado de agua subterránea para la situación de mayo de 2010.

El sistema de recarga consiste en una compleja red formada por distintos dispositivos MAR que llevan a cabo diferentes funciones como la infiltración, la distribución o la purificación del agua de recarga. La figura 2 muestra el esquema de la recarga en la Cubeta de Santiuste.

El sistema de recarga consiste en una tubería que transporta el agua derivada mediante un azud del río Voltoya aprovechando la gravedad hasta la balsa de infiltración, situada a casi 10 km y con una superficie de 1,4 ha, donde comienza a introducirse en el terreno a través de un dispositivo de tipo hongo con dissipador de energía para evitar una excesiva aireación del agua de recarga. A partir de aquí, el caudal se divide en dos canales que parten en paralelo discurriendo hacia el norte sobre las ocho cubetas mencionadas

anteriormente. El caz viejo circula por el Este durante 10,7 km y el caz nuevo, operativo desde 2005-06, ocupa 9,78 km por el Oeste. Ambos cuentan con 5 interconexiones a diferentes alturas. Además, el canal Este se amplió a partir de 2007-08 en otros 5,6 nuevos kilómetros más.

Desde el caz Oeste parte una tubería hacia la Laguna de la Iglesia, donde se descarga el agua desde un dispositivo en forma de hongo cuyo objetivo es la restauración ambiental de la misma. Por su parte, en el caz Este descarga una depuradora por lagunaje con una capacidad limitada de depuración situada a 3,5 km de la conexión con la balsa. El vertido supone medio hectómetro cúbico al año. Tras el vertido de la depuradora, encontramos un biofiltro de 2,7 km de longitud situado en el caz, que confluye en Los humedales artificiales de Sanchón denominados Sanchón 1, 2a y 2b, son tres balsas excavadas con fines ambientales aprovechando el nivel del agua.

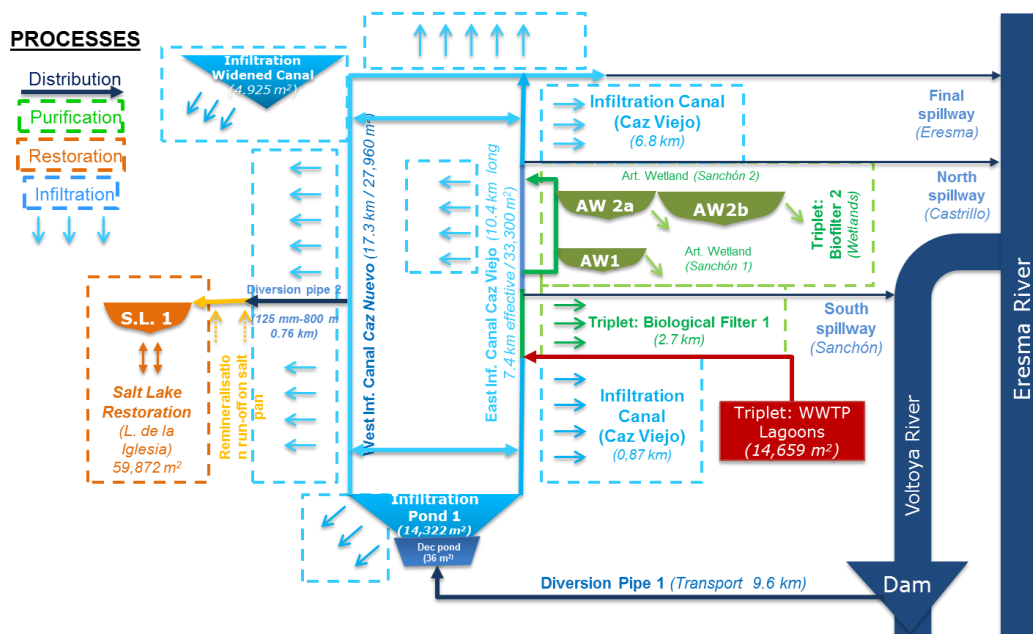


Figura 2. Esquema del sistema de recarga artificial de Santiuste. Dispositivos y funciones.

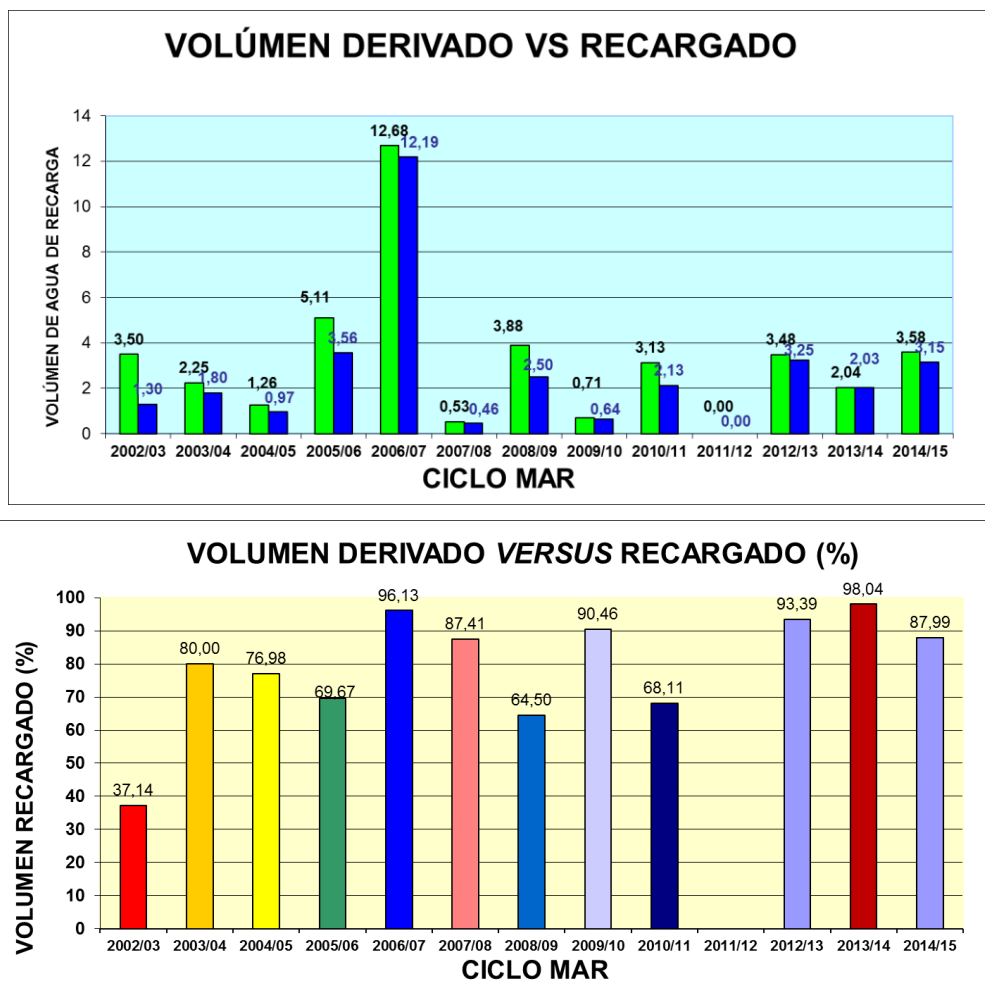


Figuras 3. a) Aspecto de la cabecera y balsa inicial, b) confluencia de la depuradora con el canal Este y c) humedal artificial Sanchón 1.

A continuación se presenta la multifuncionalidad de los dispositivos de recarga de la Cubeta de Santiuste:

- Uso original: recarga y posterior distribución para regadío. El sistema pionero del acuífero de Santiuste abastece actualmente a unas 800 hectáreas de regadío, una superficie creciente por el efecto de mantenimiento de la garantía de dotación gracias a la recarga. En 2005 había solo unas 350 ha en riego. Los volúmenes anuales recargados entre 2002 y 2015 variaron entre 0,46 y 12,19 hm³. En 2012 la situación de sequía hizo imposible la recarga activa. La tasa de recarga en todo el sistema oscila entre un 37,1 y 98,04%.
- Prevención de inundaciones, desvío alternativo para avenidas: Los dos aliviaderos sirven para evitar inundaciones en el entorno regable cuando los canales están repletos y suceden precipitaciones extremas al mismo tiempo. Sin embargo, el dispositivo podría aprovecharse también para la laminación de avenidas extraordinarias en casos de emergencia en el Voltoya
- Depuración de las aguas uso del canal como filtro biológico: La Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de Santiuste vierte el agua tratada en cuatro balsas de lagunaje en el “caz” Este, que conserva su vegetación natural en este tramo, la cual actúa como un biofiltro, hasta alcanzar el aliviadero del Sanchón. El primer tramo es filtrante y ocupa más de un kilómetro de longitud, mientras que el no filtrante se extiende durante 1,5 km hasta la desembocadura del Humedal 2b de retorno al Caz Viejo. La luz solar y el crecimiento vegetal juegan un papel crucial en los procesos depurativos del agua resultante entre la del Río y el vertido de la depuradora.
- Depuración, filtración, y restauración ambiental en los humedales artificiales: La presencia de materiales impermeables a nivel casi superficial permitió la construcción de humedales artificiales en 2005-2006, tras el tramo de canal biofiltrante, cuya evolución biológica ayuda a finalizar el proceso de depuración del agua de la EDAR y su infiltración paulatina. La cobertura vegetal y la lámina de agua permiten que se forme un importante refugio para fauna temporal cuando otras charcas de la zona se encuentran secas. Los fenómenos de sedimentación y crecimiento bacteriológico o vegetal en la columna pueden justificar los fenómenos detectados de una mayor disminución del contenido en hierro, fosfatos y amonio en el agua respecto al canal.
- Restauración ambiental de una laguna alcalina: La laguna de la Iglesia es un humedal alcalino (con sales básicas de pH muy alto) rehabilitado por medio de una solución específicamente diseñada para aprovechar la recarga. La recuperación de la mineralización fundamental para mantener las características de este tipo de cuerpos de agua tan singulares, se logra mediante la interacción entre el flujo del agua de recarga sobre los sedimentos biológicos y salinos depositados en la cuenca de la laguna a medida que ésta se va secando en verano. Esto permite el mantenimiento de una colonia de bacterias endémicas, vegetación protegida de alto valor ecológico, un importante refugio de aves acuáticas y la preservación de minerales y biominerales considerados “raros”.

La recarga del acuífero de Santiuste se considera un sistema pionero que tras 14 años de vida, se conforma como una experiencia de éxito consolidada. La concesión de derivar un volumen máximo anual de 8,5 hm³ del Río Voltoya durante los meses de diciembre a mayo, ha tenido como resultado durante los últimos 13 años, un total de 42,12 hm³ (teniendo en cuenta que durante la campaña 2011/2012 no hubo autorización para derivar agua debido a un año extremadamente seco). Así mismo, la tasa de recarga en todo el sistema ha oscilado durante estos años entre un 37,1 y 98,04%.



Figuras 4 a) y b). Gráficos de recarga en la Cubeta de Santiuste a) Volumen derivado y recargado en hm³ y b). En % de 2002 a 2015.

COMARCA DEL CARRACILLO (SEGOVIA)

La recarga artificial en la comarca del Carracillo se inició poco tiempo después que en la Cubeta de Santiuste. Esta comarca se sitúa en el Norte de la provincia de Segovia, en una zona de campiña sin apenas desniveles de aproximadamente 150 km², totalmente

rodeada de pinares y ubicada en el interfluvio que forman los ríos Cega y Pirón. La presencia en el subsuelo de un importante nivel freático ha dado lugar a unas excelentes posibilidades de riego lo que ha hecho que esta comarca se configure como uno de los principales centros de producción de hortalizas de España. El excesivo desarrollo del regadío, a través de extracciones del acuífero y su consecuente sobreexplotación, hizo que en 1994, los agricultores de los nueve municipios de la comarca decidiesen integrarse en la Comunidad de Regantes del Carracillo y emprender un camino que pusiese fin a la sequía y garantizar de esta manera sus riegos.

Como se ha comentado anteriormente, dicho proyecto fue aprobado en 1999, la CHD estableció la concesión para derivar agua del Río Cega con destino a la recarga durante los meses de enero a abril, un caudal de derivación máximo de 1.370 l/s que respetase un caudal ecológico y para otros usos de 6.898 l/s, en total, y la prohibición de no superar los 22,4 hm³/año.

En la zona existen dos tipos de acuíferos. Uno superficial cuaternario compuesto por dunas de arena fina, depósitos aluviales y arcillas, su espesor medio es de unos 20 metros, con un valor máximo registrado de 45 m (Galán *et al.*, 2001a). Y un segundo acuífero de tipo profundo y formado por materiales terciarios detríticos. En cuanto al comportamiento hidrogeológico, el flujo de agua subterránea sigue una dirección Este-Oeste, desde la zona almacén hacia el Río Pirón. Se aprecia una importante zonificación; la zona Oeste o paleoforma y la zona Este o zona almacén, esto ha generado una explotación asimétrica y por tanto, distintos esquemas de recarga.

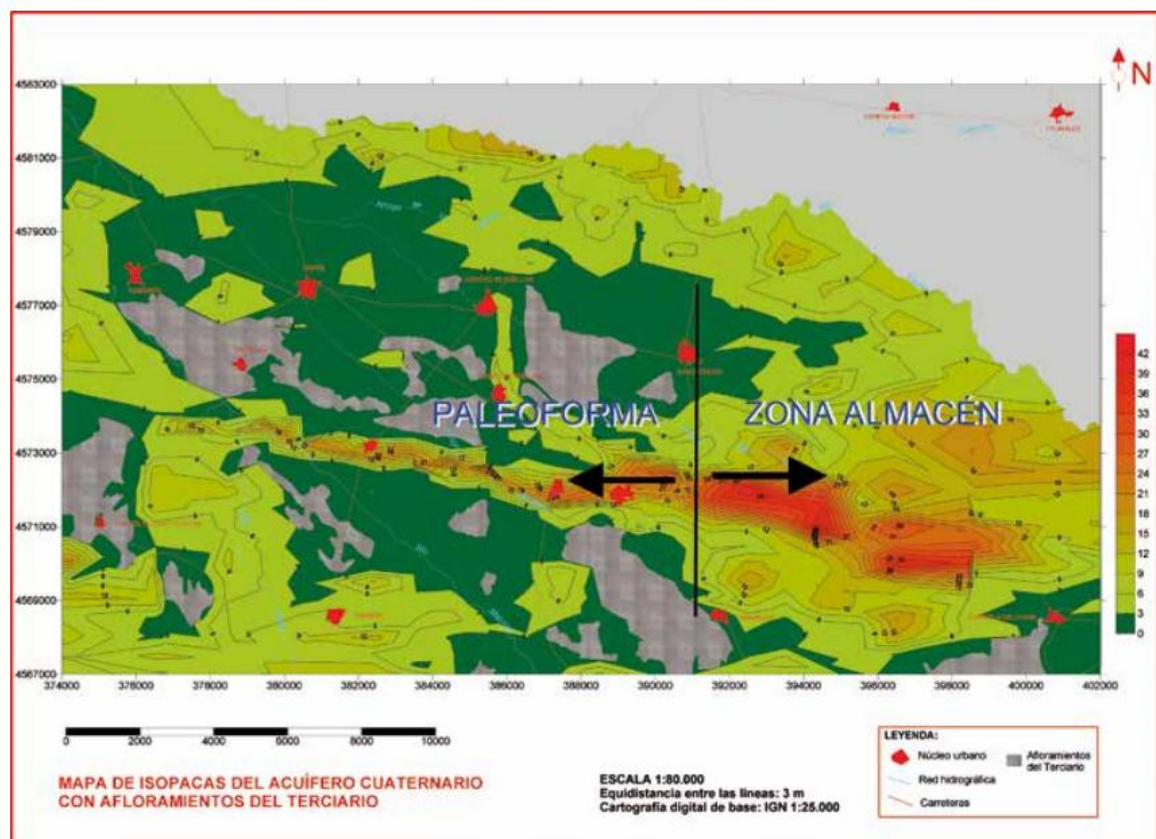


Figura 5. Mapa de isopacas del acuífero cuaternario con afloramientos del terciario.

El proyecto de recarga de la comarca del Carracillo se divide en dos etapas claramente diferenciadas. La primera comienza en el año 2000 con los trabajos para el trasvase desde el Río Cega hasta dicha comarca, a través de la regeneración de un antiguo azud llamado “Salto de Abajo” en el municipio de Lastras de Cuéllar (Segovia). El agua derivada se conduce por una tubería de aproximadamente 20 km, sin gasto energético gracias a la gravedad, hasta la localidad de Gomezserracín (Segovia) con salida en cuatro puntos.



Figuras 6. a). Presa Salto de Abajo en el Río Cega. b). Tubería de conducción hasta el municipio de Gomezserracín y c). Antiguo arenero reformado como balsa de infiltración en Gomezserracín.

Posteriormente, las actuaciones correspondientes a la segunda etapa (2005) tuvieron como objetivo el reparto equitativo de caudales entre las localidades del sector occidental. Esta fase consiste en 14 km de canalizaciones a través de los términos de Gomezserracín, Chatún, Campo de Cuéllar, Narros de Cuéllar y Fresneda de Cuéllar, en los que se construyeron diversas balsas de retención en puntos susceptibles de elevada filtración de agua.



Figuras 7. a). Balsa de infiltración en el municipio de Gomezserracín, y b). Balsa de infiltración en el municipio de Narros de Cuéllar.

De nuevo, el sistema de recarga en el Carracillo consiste en una red compleja, integrada por distintos dispositivos:

- 40,7 km de canales de infiltración.
- Conjunto de balsas de infiltración siguiendo una disposición de *espinas de pescado*.
- Esquema “Tripleta”: pequeña balsa de infiltración + biofiltro + Humedal artificial + Campo de inundación.

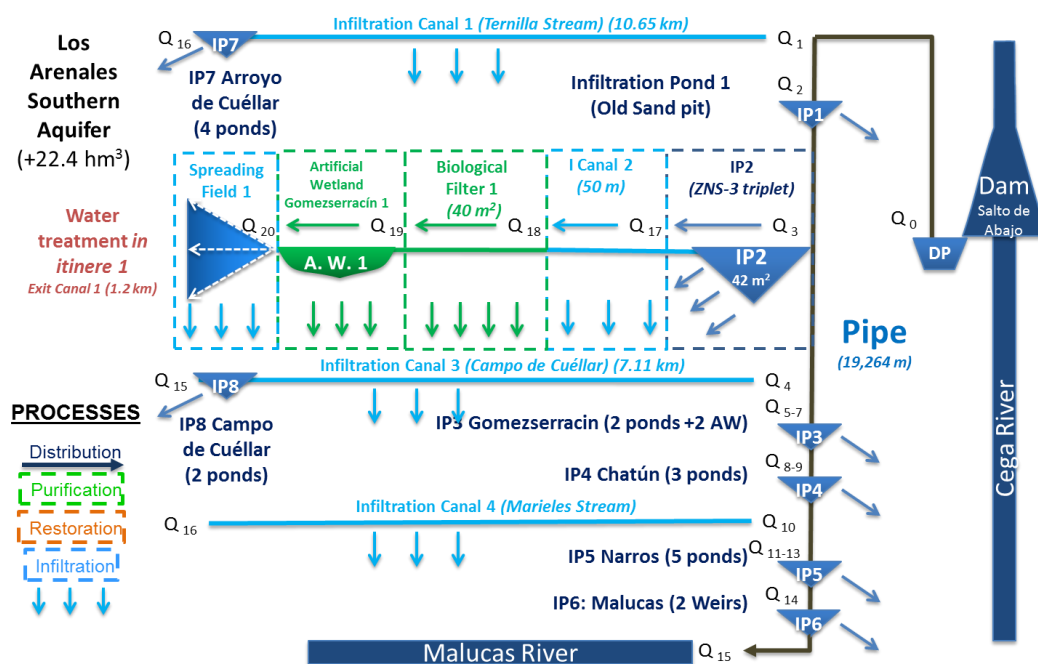


Figura 8. Esquema del sistema de recarga artificial de Carracillo. Dispositivos y funciones.

Los esquemas tripleta son combinaciones de elementos que tienen como objetivo purificar el agua durante el proceso de recarga. Estos esquemas han de estar diseñados para cada situación específica de acuerdo con las características del terreno y del acuífero donde van a instalarse y especialmente, la calidad de la fuente de recarga. Los resultados obtenidos en este proceso han demostrado un aumento en la calidad del agua, ya que se ha disminuido la concentración de nitratos en casi un 30%, la turbidez en un 34% o el ion cobre en más de un 60%.

Además, la presencia de vegetación en los canales de infiltración, ayuda a la disminución del oxígeno disuelto a través del paso del agua a lo largo del canal, lo que ayuda a reducir el riesgo de colmatación de estos dispositivos. Esto supone una gran mejora en la eficiencia de los canales, ya que la colmatación es el principal problema con un gran efecto negativo en la tasa de recarga. Así mismo, la presencia de humedales artificiales al final de estas tripletas completa el proceso de purificación del agua, y al mismo tiempo que aporta un valor medioambiental a la actuación. Estos esquemas suponen una excelente oportunidad para una mayor presencia de experiencias MAR en los sistemas de GIRH.



Figuras 9. a). Esquema del sistema “tripleta” del Carracillo, b). Balsa de infiltración, c). Canal biofiltro, d). Humedal artificial y e). Campo de inundación.

En el año 2007, la Comunidad de Regantes del Carracillo solicitó modificar las características de la concesión, pretendiendo ampliar el período de derivación del agua en un mes más (diciembre), así como reducir el caudal aguas abajo del lugar de la toma, proponiendo 1.960 l/s en lugar de los 6.898 l/s vigentes. Dos años más tarde (2009), la solicitud de modificación fue aprobada por la CHD. Debido a las afecciones causadas a la Red Natura 2000 y el litigio con la central hidroeléctrica Cega Energías SL (Fuentepelayo) debido a conflictos sobre la concesión aguas abajo, en 2013, esta modificación fue finalmente anulada por la Audiencia Nacional, reestableciéndose las condiciones de inicio, haciéndose efectiva en el año 2015.

Los volúmenes derivados desde el río Cega se pueden observar en la siguiente gráfica:

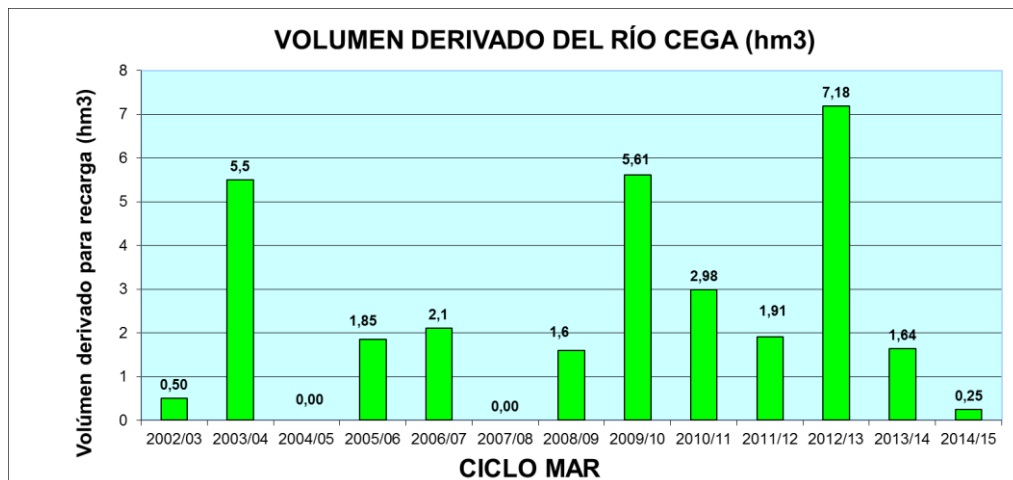


Figura 10. Gráfica de volúmenes derivados del Río Cega 2002-2015.

ÁREA DE ALCAZARÉN (VALLADOLID)

El área de Alcazarén se sitúa en el extremo Sureste de la provincia de Valladolid, ubicada en la comarca conocida como “Tierra de Pinares”. En el año 2009, la Conserjería de Agricultura y Ganadería de la Junta de Castilla y León autoriza y declara la utilidad pública, el interés general y la urgente ejecución de las mejoras territoriales y obras de la zona de Alcazarén, con el objetivo de permitir un adecuado desarrollo y promoción de la agricultura en su conjunto dentro de las localidades de Remondo (Segovia) y Olmedo, Íscar, Pedrajas de San Esteban y Alcazarén (Valladolid). Y en este sentido, se tiene previsto llevar a cabo infraestructuras dirigidas a la recarga del acuífero cuaternario de Alcazarén.

Según la información obtenida a partir de los agricultores, el nivel de agua se encontraba a 2 o 3 metros de la superficie hace unos 30 años, por lo que el descenso histórico producido en toda la zona de estudio varía entre unos 5 y 15 metros. El proyecto de obra de recarga del acuífero de Alcazarén se planteó dividido en 2 fases. La primera, comprendía las obras de derivación desde la depuradora de Pedrajas de San Esteban hasta Alcazarén. La segunda, comprendía el tramo desde la derivación de 1 hm³ de agua procedente del Río Pirón hasta la citada depuradora.

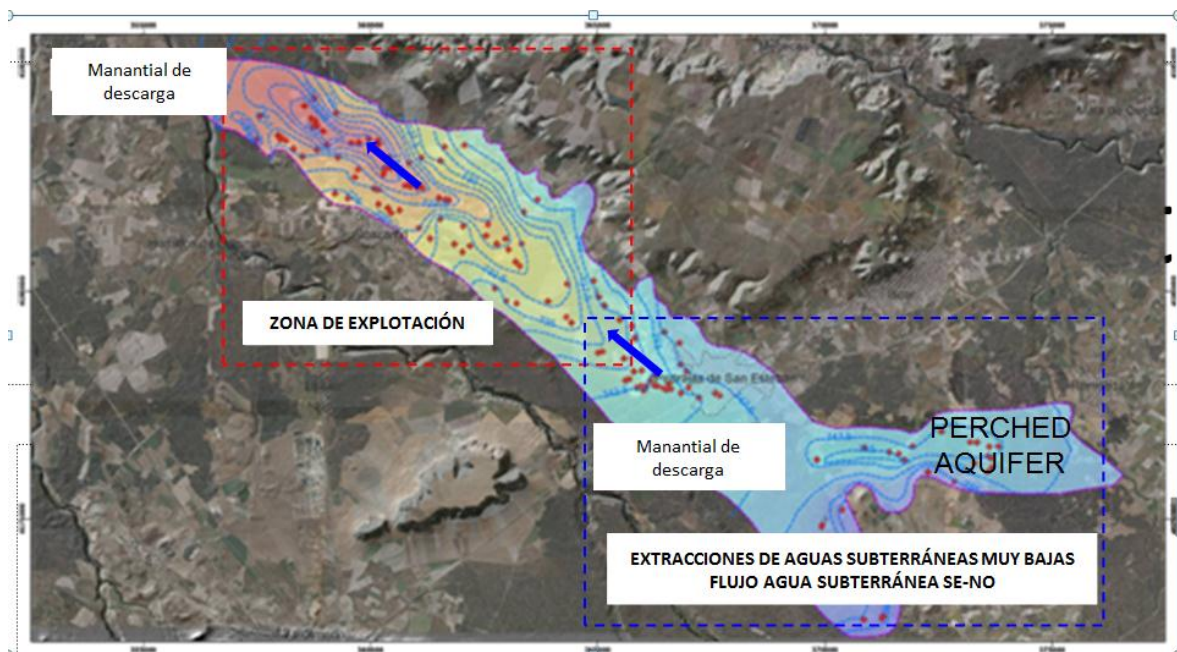


Figura 11. Comportamiento hidrogeológico esquemático del acuífero de Alcazarén (JCyL, 2011).

En total, la extensión del acuífero pliocuaternario es de unos 55 km², con una longitud de unos 23 km y una anchura media de aproximadamente 2,5 km. El acuífero es libre y está formado por materiales detríticos de origen fluvial y eólico de un paleorrelieve formado predominantemente por materiales arcillosos. Se han podido distinguir 7 bloques estructurales separados por fallas subverticales.

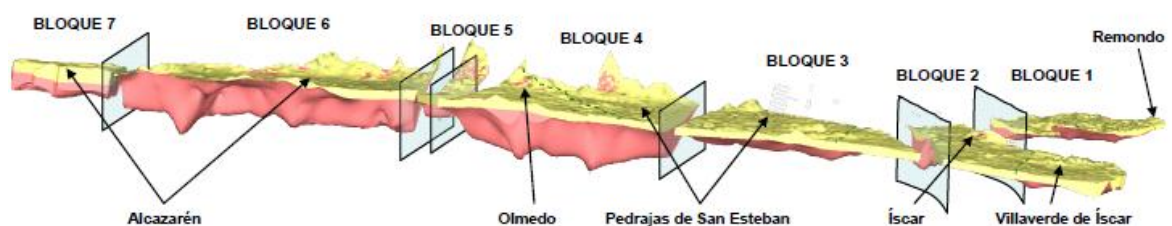


Figura 12. Esquema del modelo conceptual y tectónico del acuífero de Alcazarén (JCyL, 2011).

El esquema de recarga de la zona de Alcazarén presenta novedades respecto a las zonas anteriores. La diversificación de la fuente de agua de recarga y las actividades SAT-MAR (aprovechamiento de aguas provenientes de depuradora para recarga) se configuran como una línea de acción clave en la gestión hídrica integrada ya que dichas aguas, combinadas con las de otros orígenes y disponibilidad eventual, garantizan, en general, una mejora cualitativa de las aguas y un suministro permanente para recargar, garantizando la continuidad del sistema y eliminando la dependencia de las concesiones,

que en años de sequía extrema no permiten derivar agua procedente del río, disminuyendo drásticamente la eficiencia de la actuación MAR.

En la figura se muestra el esquema de la zona de Alcazarén. Los principales dispositivos MAR son:

- 7 km de canales de infiltración.
- 2 humedales artificiales (antiguos areneros a restaurar medioambientalmente) utilizados como balsas de infiltración.
- 1 RBF
- 1 WWTP: Actividades SAT-MAR.
- 1 canal que recoge el agua de escorrentía de los tejados de la localidad de Pedrajas de San Esteban.

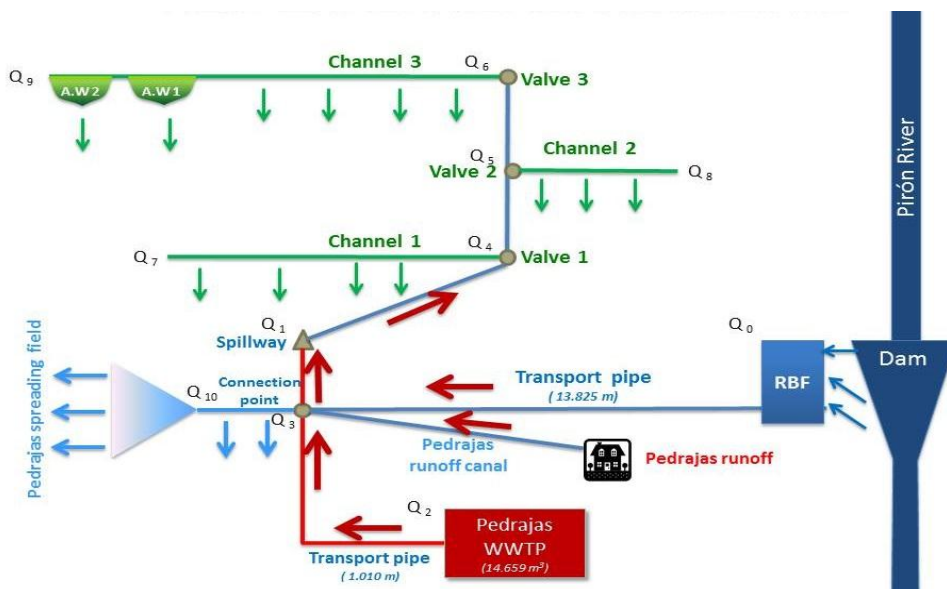


Figura 13. Esquema del sistema de recarga del Área de Alcazarén.





Figuras 14. Puntos singulares del sistema del área de Alcazarén. a). EDAR de Pedrajas; b). Punto de conexión donde convergen las aguas procedentes de la EDAR, el Río Pirón y el canal de escorrentía; c). Canal de escorrentía de la localidad de Pedrajas; d). Aliviadero; e). Válvula 2 caja de monitoreo y f). Arenero reutilizado como balsa de infiltración (fig. 13, A.W. 2).

En el año 2012 comenzó a funcionar el sistema de recarga, estimándose una recarga anual de $0,6 \text{ hm}^3$ durante los últimos 3 años.

En el caso de Alcazarén, el agua de recarga proviene de un proceso secundario avanzado o terciario de la depuradora de Pedrajas de San Esteban. Es conveniente llevar a cabo sistemas de post-tratamiento del agua tratada (lechos filtrantes, geotextiles, filtros reactivos y pruebas con desinfectantes o *DBP*) para que su calidad sea más apropiada para poder llevar a cabo la recarga gestionada de acuíferos sin ocasionar perjuicios tanto al medio ambiente como a la salud de los consumidores, si esas aguas son utilizadas posteriormente para el riego de cultivos agrícolas. También es importante probar técnicas de tratamiento alternativas poco probadas hasta la fecha, como la ozonización u hiperoxidación.

En el marco del proyecto europeo MARSOL, se han llevado a cabo una serie de experimentos que siguen esta línea de acción, y tienen como objetivo evaluar la evolución de la calidad del agua después de la interacción de distintos filtros colocados en el punto de conexión de las aguas procedentes de la depuradora, el canal de escorrentía y el río Pirón. Se realizaron distintas campañas variando los filtros, desde grava, arena, hasta filtros orgánicos como corteza de pino. También, se evaluó la respuesta del agua ante la adición de cloro y peróxido de hidrógeno, lo que se conoce experimentos *DBP (Disinfection By Products)*. Por último, se evaluó la eficacia de geotextiles así como el efecto de la exposición solar.

Los resultados obtenidos demostraron cierta eficacia en la calidad del agua, obteniéndose los mejores resultados para los filtros de menor diámetro (arena). El tratamiento con los desinfectantes químicos tuvo un efecto claro en la reducción de la acumulación de carbón orgánico total, éste es uno de los principales problemas. La incorporación previa de una capa orgánica reactiva a la recarga con aguas regeneradas tiene un efecto positivo en la reducción de contaminantes de las aguas subterráneas, al mismo tiempo que mejora su degradación biológica y por lo tanto, la mejora de la calidad del agua en general para los usos previstos finales. El proyecto demostró que los procesos físicos y bioquímicos asociados con experiencias de recarga representan una forma natural, pasiva y asequible de reducir la presencia de ciertos contaminantes, con beneficios económicos y ambientales. No se observaron efectos negativos en la tasa de

infiltración debido a los procesos de post-tratamiento, de acuerdo con las escasas variaciones en el nivel freático piezómetros.

LA TÉCNICA DE RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS COMO MOTOR DEL DESARROLLO RURAL. EL EJEMPLO DE LOS ARENALES

El paso de las tierras de cultivo de secano a regadío, desarrollado por iniciativa privada en los años setenta del pasado siglo, a partir de la explotación de pozos del acuífero, determinó el auge económico de la región, incentivado por el hecho de que la proximidad del nivel freático con la superficie permitía un regadío intensivo a bajo coste. Pero las continuas extracciones de agua subterránea del acuífero ocasionaron descensos acusados en el nivel piezométrico que derivó en un desequilibrio estructural entre las extracciones y la capacidad de recuperación del acuífero. Dada la importancia socioeconómica del uso de los recursos subterráneos, y ante el escenario descrito, la Dirección General de Desarrollo Rural del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente (MARM), en coordinación con la Consejería de Agricultura de la Junta de Castilla y León, promovió tanto las actuaciones encaminadas tanto a estudiar y definir el acuífero en las zonas de la Cubeta de Santiuste y el Carracillo, así como a aprovechar los recursos hídricos disponibles en la región.

Por su parte, los municipios incluidos en el área de Alcazarén, fueron catalogados como zonas agrícolas desfavorecidas según la *Directiva 86/466/CEE, de 14 de julio*. Esta calificación implica un alto riesgo de despoblamiento, con el consecuente peligro de abandono en el uso de la tierra y otras actividades económicas vinculadas a ésta y desarrolladas en el medio rural por lo que se hace necesaria la realización urgente de mejoras territoriales y obras que contribuyan a eliminar las limitaciones de estructura o infraestructura existentes, que permitan un adecuado desarrollo y la promoción de la agricultura en su conjunto dentro de esas localidades. Y en este sentido, se promovió la construcción de infraestructuras dirigidas a la recarga del acuífero cuaternario de Alcazarén.

CUBETA DE SANTIUSTE

La Comunidad de regantes de la Cubeta de Santiuste está formada por 440 agricultores, quienes actualmente riegan aproximadamente unas 800 hectáreas de un perímetro de 3.061 ha. En la figura 15 se muestran las áreas regables de la zona.

Los cuatro municipios que forman parte de la zona muestran una gran disparidad entre ellos, mientras Coca es un gran centro rural, Llano de Olmedo es un pueblo de tamaño reducido y apenas habitantes. Sin embargo, la alta relevancia de la agricultura en la vida rural se aprecia en todos ellos. Según datos del INE (2011) hasta 190 empleados trabajan en la agricultura, con un promedio de 22% en los cuatro municipios, hay 14 agroindustrias registradas en la zona, con un promedio de 13% del número total de empresas.

La agricultura en esta zona se caracteriza por ser principalmente cerealista (en especial, cebada y trigo) y de secano en su mayoría. También destaca el cultivo de la patata

(media sesión y tardía) y cultivos hortícolas que en su mayoría están en regadío como la remolacha azucarera, la zanahoria o el puerro.

Desde que la actividad de recarga se inició, hace aproximadamente 14 años, el número de hectáreas regadas se ha incrementado en unas 275. De acuerdo con las últimas cifras de la Junta de Castilla y León disponibles, la evolución de las hectáreas de regadío en los últimos años indica que este tipo de agricultura evoluciona favorablemente y adquiere cada vez una mayor importancia en la zona. Solamente el municipio de Llano de Olmedo muestra una progresión lineal plana.

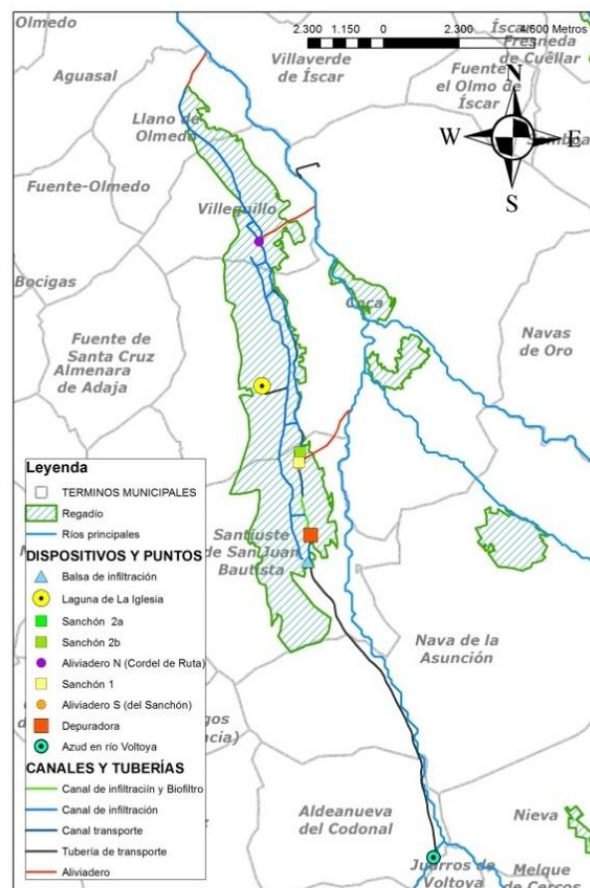


Figura 45. Áreas regables del sistema de recarga de Santiuste y sus dispositivos puntuales y lineales (San Sebastián et al, 2015).

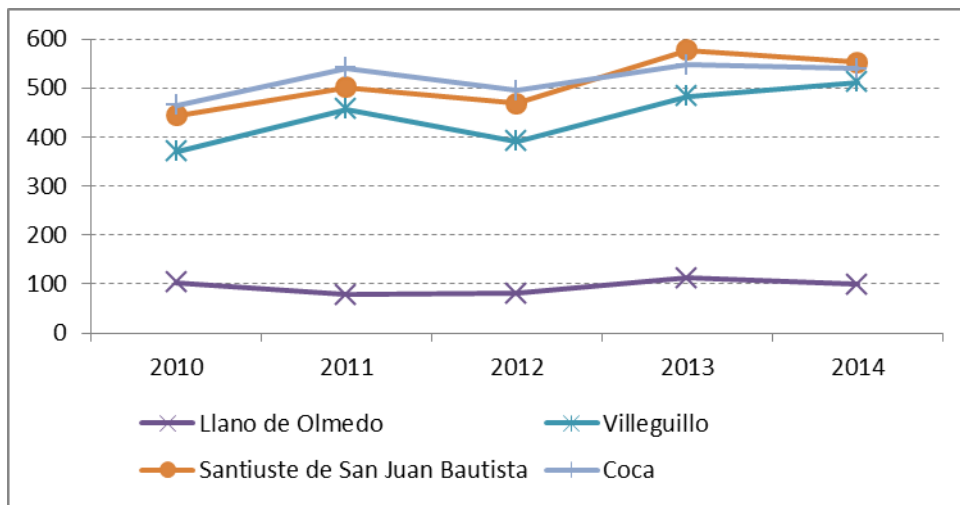


Figura 15. Evolución del área de regadío en la Cubeta de Santiuste durante 2010-2014 (Junta de Castilla y León, 2015).

COMARCA DEL CARRACILLO

La actividad económica principal de la comarca del Carracillo está ligada a la agricultura. En comparación con las otras zonas de recarga, el Carracillo muestra unas cifras considerablemente mayores, conocida como la huerta de la región en Castilla y León, tiene una superficie regable que abarca cerca de las 7.500 ha, de las que se riegan unas 3.300 ha por campaña. Esta comarca destaca dentro de la agricultura española por ser un referente en la producción hortícola y así lo constatan las casi 30 industrias presentes en la zona.

Tabla 1. Parcelas regadas con agua procedente en cierta medida de la recarga artificial del acuífero (se estima un 23,8% del regadío total procede de la recarga gestionada (MARSOL, 2016b))

Municipios	Superficie (hectáreas)	Número de parcelas
Arroyo de Cuéllar	718,35	484
Campo de Cuéllar	1.032,31	862
Chañe	1.724,36	1.175
Chatún	557,9	518
Fresneda de Cuéllar	430,06	222
Gomezserracín	1.055,45	1.120
Narros de Cuéllar	754,61	569
Remondo	450,8	242
Sanchonúo	702,66	840
Pinarejos	61,05	74
Samboal	98,66	119
Total	7.586,21	6.225

La Comunidad de Regantes del Carracillo está formada por 713 agricultores de los 11 municipios que conforman la comarca. Los cultivos más importantes son la zanahoria, patata, fresa, col, puerro, lechuga, maíz dulce y endibia. En esta comarca se produce el

90% de la remolacha dulce de mesa y un elevado porcentaje de la zanahoria y el maíz dulce que se comercializa en toda España. La mayor superficie arable está dedicada a cereales (3.300 ha), pero menos del 20% de éstas se riegan. Los suelos de textura arenosa y las condiciones climáticas favorecen el cultivo de verduras y hortalizas en esta zona, estos cultivos comprenden cerca de 1.500 hectáreas, donde destacan la zanahoria (25%), el puerro (23%), la planta de fresa (15%) y la patata (9%).

El potencial agrícola de la comarca ve su resultado en las 29 industrias instaladas en ella de las 41 existentes en la provincia de Segovia. Estas agroindustrias se dedican principalmente al acondicionamiento y envasado de hortalizas, y cada vez destacan más, las de elaboración de productos de 4ª o 5ª gama. El total de facturación del sector hortícola en la comarca se cifra en unos 45 millones de euros. Así mismo, este sector incide de forma positiva en la creación de empleo en el medio rural y en la fijación de población en aquellos municipios donde se cultivan estas producciones, ya que los cultivos de regadío tienen mayores requerimientos de mano de obra. Se calcula que la industria hortofrutícola genera cada campaña, 700 empleos directos y 3.000 indirectos. Se puede observar este efecto positivo en algunos municipios de la comarca, como es el caso de Chañe, en la figura se puede observar la tendencia creciente de población desde que comenzó la recarga del acuífero y la expansión de la industria hortícola. La Junta de Castilla y León calcula que la población media de la región se ha incrementado en un 6% desde el año 2000.

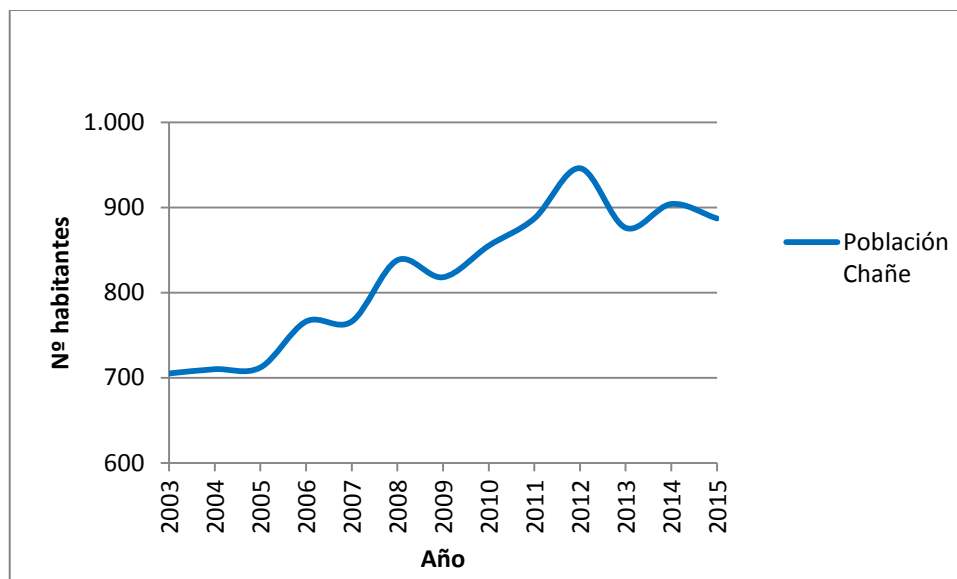


Figura 16. Evolución de la población del municipio de Chañe 2003-2015 (INE, 2016).

Según un estudio de la Conserjería de Agricultura y Ganadería sobre la repercusión de las producciones hortícolas y la industria agroalimentaria en el Carracillo, si en el medio rural de Castilla y León se encuentran 7,40 habitantes de entre 20 y 64 años por kilómetro cuadrado, en la zona de El Carracillo este ratio supera los 17 habitantes de esa edad por kilómetro cuadrado. Lo mismo sucede con la densidad de trabajadores referida a la superficie que es tres veces superior en El Carracillo que en el resto del entorno rural de la Comunidad. El sector hortofrutícola también ha repercutido en la implantación de

empresas agroalimentarias asociadas a estas producciones. Según ese mismo estudio de la Consejería, en la zona del Carracillo existen 1,28 empresas por km² mientras que en el medio rural de la Comunidad este ratio es 0,46 empresas por km², es decir casi tres veces mayor en esa zona de Segovia.

Se ha calculado que la experiencia de recarga en el acuífero del Carracillo aporta un 23,8% del agua que se utiliza posteriormente por los agricultores para regar sus cultivos... Otro elemento a tener en cuenta para valorar la importancia del regadío, es su papel en la mejora de la productividad agraria, ya que éste propicia la diversificación de la producción agrícola, así como el aumento de la productividad de los cultivos. Según la Junta de Castilla y León (2014) los rendimientos en la provincia de Segovia se ven duplicados (en el caso de la patata) o incluso triplicados (caso del melón dulce) dependiendo de si se cultivan en secano o en regadío. Este aumento de la productividad hace que los agricultores puedan optar a tener unos mayores ingresos, aunque el precio de los productos agrícolas en origen está expuesto a grandes variaciones que dependen de una multitud de factores.

Se calcula que aproximadamente el 40% de los gastos de una explotación de regadío provienen de la energía necesaria para elevar el agua del pozo. Este coste energético depende de varios factores, entre los que se incluye, la eficiencia del sistema, la profundidad del nivel freático, presión del agua, caudal máximo, etc. La recarga artificial de acuíferos tiene como objetivo aumentar el nivel freático de los acuíferos, pero ¿Qué efectos puede tener la técnica MAR en la eficiencia del regadío? Si se analiza el caso del Carracillo, el número de pozos de extracción presentes en la zona alcanza los 314 y la media de volumen extraído se calcula en 9.957m³ por pozo y año. Si antes de iniciar la recarga el nivel freático alcanzaba los 6,30m y tras los ciclos de recarga, éste se sitúa en 4m, ¿Qué representa en términos energéticos esta variación del nivel freático de 2,30m. Antes de la recarga, el consumo energético en kWh se estima en 76.430, después 48.430. Del mismo modo, los costes energéticos (€/año) descienden desde 8.180 (antes de la recarga) a 5.180 (después). Esto supone una reducción de 28.000kWh y 3.000 euros al año, que en resumen implica un ahorro del 36% de los costes para los agricultores.

ÁREA DE ALCAZARÉN

Las actividades económicas más importantes en el área de Alcazarén son la agricultura, la extracción de yeso, la industria y la elaboración del piñón, el cual supone la actividad económica más importante seguida por la agricultura y las industrias relacionadas con la madera.

Actualmente, de los municipios situados en el área de Alcazarén, el único que utiliza el agua de recarga procedente de la depuradora de Pedrajas, es el municipio de Alcazarén. Según datos del INE (2011), se puede observar un gran peso específico de la actividad agrícola, ya que el 21% del empleo corresponde a dicho sector, así como un 25% de las empresas son agroindustrias.

En Alcazarén, se encuentran cultivos típicos de esta región, como cereales (cebada), y patata tardía. A pesar de que no hay una Comunidad de Regantes constituida legalmente, son 30 los regantes presentes en el área, éstos riegan aproximadamente un

total de 400 hectáreas por campaña. Los cultivos hortícolas como la zanahoria y el puerro (100 y 60 ha) conllevan una intensa actividad de las industrias de lavado y envasado, que reportan grandes beneficios a la zona. El regadío se concentra durante los meses de octubre a marzo, explotan mayoritariamente el acuífero superficial, con un total de 360 puntos de tipo pozo o sondeo cuya profundidad es igual o inferior a 40 m (JCyL-Tragsatec, 2011). Durante los últimos cinco años, la superficie de regadío ha aumentado en este municipio, a excepción del año 2012, caracterizado por un invierno especialmente seco, que implicó una caída temporal en la extensión total de hectáreas regables.

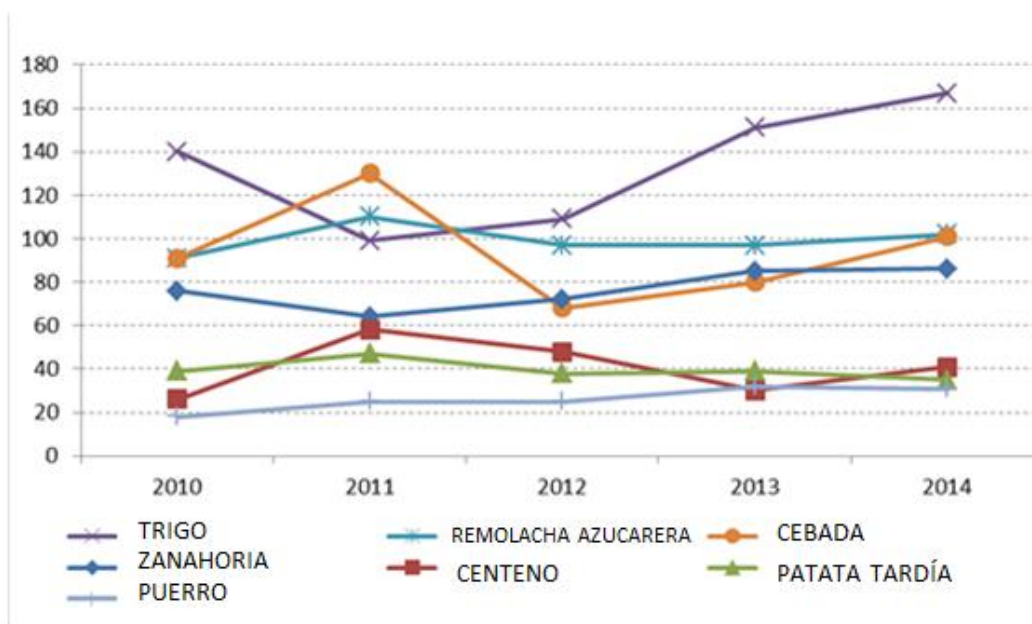


Figura 77. Evolución del área de regadío en función del cultivo en Alcazarén durante 2010-2014 (Junta de Castilla y León, 2015).

CONCLUSIONES Y OPORTUNIDADES FUTURAS

La necesidad de un “cambio de paradigma” en el sector del agua, que evolucione desde patrones tradicionales del consumo de agua a un enfoque de una economía circular en que las aguas residuales no sean vistas como vertidos, sino como un recurso importante en un contexto de escasez de agua cada vez mayor en España, hace que técnicas como la recarga gestionada de acuíferos adquieran importancia.

El análisis económico y la dimensión medioambiental de la técnica de recarga gestionada de acuíferos refrendan su efectividad, su conveniencia y su buena adecuación a la realidad hídrica.

El acuífero de Los Arenales supone un ejemplo de multifuncionalidad de los sistemas de recarga, además de presentar multitud de dispositivos y soluciones técnicas aplicadas que pueden ser exportadas a otros sistemas por su efectividad, están dando buenos resultados económicos para la agroindustria presente en la zona. Las diferentes

experiencias llevadas a cabo: Santiuste, Carracillo y Alcazarén, representan la unificación de distintas técnicas de gestión.

El aprovechamiento de aguas regeneradas para la recarga o SAT-MAR procedentes de depuradora supone una oportunidad excelente, ya que estas aguas, combinadas con las de otros orígenes y disponibilidad eventual, garantizan, en general, una mejora cualitativa de las aguas y un suministro permanente para recargar.

La técnica MAR aumenta la disponibilidad del agua, especialmente durante la época estival, lo que redundará en la actividad agraria de la zona al facilitar el riego. Además representa un ahorro en los costes de bombeo por la subida del nivel del agua en los pozos de extracción y el menor consumo energético requerido para su alumbramiento.

Así mismo, esta técnica conlleva beneficios medioambientales, como el fomento de la biodiversidad, e.g. con hasta 25 especies de aves censadas en la Laguna de la Iglesia de Villagonzalo de Coca y en menor medida en los humedales artificiales y canales.

Sobre todas las demás funciones, la recarga gestionada cuenta con el importante incentivo del apoyo y cooperación de la sociedad rural, que se beneficia de un sistema “vivo”, como lo demuestra la colaboración y participación de ayuntamientos y regantes en las labores de recarga, gestión, mantenimiento, obras de ampliación y mejora del sistema, tareas relacionadas con el seguimiento e I+D+i y sesiones de difusión del conocimiento entre los usuarios y habitantes de la comarca, quienes aportan una retroalimentación o *feedback* muy importante a los técnicos relacionados con la gestión del agua.

Respecto a este último punto, el ejemplo constituye un caso de éxito sobre cómo la buena relación entre los técnicos y los usuarios finales influye en el desarrollo rural y un ejemplo a replicar.

AGRADECIMIENTOS

El presente artículo ha sido desarrollado en el marco del proyecto de I+D+i MARSOL, financiado por Grupo Tragsa y la CE con GA 119120, convocatoria FP7Water Inno-demo. Un agradecimiento especial para las comunidades de regantes de Santiuste..., El Carracillo y Alcazarén (esta última en fase de consolidación).

REFERENCIAS

- BOE (1996). Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. <http://www.boe.es/boe/dias/1996/03/29/pdfs/A12038-12041.pdf>.
- BOE (2007). Real Decreto 1620/2007 de 7 de diciembre que establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas en España. <https://www.boe.es/boe/dias/2007/12/08/pdfs/A50639-50661.pdf>.
- CSIRO (2002). “Draft code of practise for aquifer storage and recovery of surface water in South Australia.” CSIRO Land and Water. Australian groundwater technologies. Environment Protection Authority. Sept., 2002.

- Dillon, P.J. & Pavellic, P. (1996). Guidelines on the quality stormwater and treated wastewater for injection into aquifers for storage and reuse. Centre for Groundwater Studies (CGS). Research Report nº 109. Australia, Julio, 1996.
- DINA-MAR (2010). Gestión de la recarga artificial de acuíferos en el marco del desarrollo sostenible. November 2010. ISBN 978-84-614-5123-4, 496 pg.
- ENSAT (2012). Enhancement of Soil Aquifer Treatment to Improve the Quality of Recharge Water in the Llobregat River Delta Aquifer. Technical final report (December 2012). LIFE08 ENV/E/000117 – ENSAT.
- FAO (1975). FAO Soils Bulletin 25 Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome 1975. M-52, ISBN 92-5-100613-X.
- Fernández Escalante, E. y García Merino, A. (2009). Estudio sobre la evolución de la zona no saturada en las inmediaciones de dispositivos de tipo superficial de gestión de la recarga de acuíferos. Las estaciones DINA-MAR ZNS. Estudios de la zona no saturada del suelo. Vol IX, ZNS´09. Barcelona, p. 271-280. ISBN: 978-84-96736-83-2.
- Fernández Escalante, E. (2005). Recarga artificial de acuíferos en cuencas fluviales. Aspectos cualitativos y medioambientales. Criterios técnicos derivados de la experiencia en la Cubeta de Santiuste, Segovia. Tesis. Universidad Complutense de Madrid. ISBN 13: 978-84-669-2800-7.
- Fernández Escalante, E. (2013). Practical Criteria in the Design and Maintenance of MAR Facilities in Order to Minimize Clogging Impacts Obtained from Two Different Operative Sites in Spain. In: Martin R (ed.) Clogging issues associated with managed aquifer recharge methods. IAH Commission on Managing Aquifer Recharge. 119-154. www.iah.org/recharge/clogging.htm.
- Fernández Escalante, E.; San Sebastián Sauto, J.; García García, F. and Schütz, C. (2016a). Types of clogging, distribution and interaction with groundwater quality in an aquifer under long M.A.R. practices. Los Arenales (Spain). ISMAR 9 Mexico. En ismar9.org.
- Gile, L.H., Gibbens, R.P. and Lenz, J.M. (1998). Soil-induced variability in root systems of creosotebush (*Larrea tridentata*) and tarbush (*Flourensia cernua*). *J. Arid Environ.* 39: 57–78.
- Grima Olmedo, J. (2016). “Propuesta metodológica para el análisis y protección de la calidad del agua subterránea de acuerdo con los requerimientos de la Directiva Marco y la Directiva derivada de Aguas Subterráneas”. Tesis. ETSIM, UPM, Madrid.
- JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN-TRAGSATEC (2011). Estudio hidrogeológico para la recarga artificial del acuífero pliocuaternario en los términos municipales de Alcazarén, Pedrajas de San Esteban, Íscar, Olmedo y Villaverde De Íscar. Librería de la JCyL.
- Macías, C.; Martínez, R & Martínez, J. (2014). Determinación de volúmenes de agua a gestionar en las infraestructuras de la fase II del proyecto de recarga artificial del acuífero cuaternario de la comarca de El Carracillo, Segovia (sector occidental). *Boletín Geológico y Minero*, Vol. 125, nº 2, Apr-Jun. 2014. Pg. 173-186.
- MAPA (2005). Asistencia técnica para el seguimiento y modelización de la recarga artificial en la cubeta de Santiuste de San Juan Bautista (Segovia). Dirección General de Desarrollo Rural- TRAGSATEC. Madrid, 2005.
- MARM (2011). Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones. 460 pg. ISBN 9788449110719.

- MARSOL: Fernández Escalante, E.; Calero Gil, R.; González Herrarte, B.; San Sebastián Sauto, J. and Del Pozo Campos, E. (2015a). "Los Arenales demonstration site characterization. Report on the Los Arenales pilot site improvements". MARSOL deliverable 5-1, 2015-03-31 (acceso restringido). MARSOL-EC.
- MARSOL: Fernández Escalante, E.; Calero Gil, R.; González Herrarte, F.B.; San Sebastián Sauto, J.; del Pozo Campos, E. & Carvalho, T. (2015a). "MAR Technical Solutions Review and Bata Base". Deliverable 13-1; 01.06.2015, en www.marsol.eu.
- MARSOL: Fernández Escalante, E.; Calero Gil, R.; Villanueva Lago, M. and San Sebastián Sauto, J. (2015b). "Problems and solutions found at "Los Arenales" demonstration site". MARSOL deliverable 5-2, 2015.11.30 (acceso restringido).
- Martínez Beltrán, J. (1986). Drenaje agrícola, Vol 1. Manual técnico nº 5. Serie de ing, rural y desarrollo agrario, IRYDA-MAPA.
- MIMAM (2002). Estudio del sistema de utilización conjunta de los recursos hídricos superficiales y subterráneos de las cuencas del Cega-Pirón y del Adaja-Eresma. MIMAM-PROINTEC. Madrid.
- NRMMC–EPHC–NHMRC (Natural Resource Management Ministerial Council, Environment Protection and Heritage Council, National Health and Medical Research Council) (2008). Australian Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental Risks: Phase 2. Augmentation of Drinking Water Supplies. National Water Quality Management Strategy. NRMMC–EPHC–NHMRC, Canberra, Australia.
- Page, D., Ayuso-Gabella, M. N., Kopač, I., Bixio, D., Dillon, P. and Salgot de Marçay, M. (2012). Risk assessment and risk management in Managed Aquifer Recharge. Chapter 19. In: Water Reclamation Technologies for Safe Managed Aquifer Recharge. Kazner, C., Wintgens, T. and Dillon, P. editors. IWA Publishing.
- Petterson, S.A. & Ashbolt, N.J. (2003). WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture: Microbial Risk Assessment Section. Unpublished document prepared for the World Health Organization, Geneva. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd53/mrareview.pdf> (accessed May 20, 2012).
- San Sebastián Sauto, J.; Fernández Escalante, E. and Puelles Casenave, A.G. (2016). Three-in-one uses of a Managed Aquifer Recharge system: The triplets in Los Arenales (Spain). ISMAR 9 proceedings, Mexico. En ismar9.org.
- San Sebastián, J., Fdez Escalante, E. y González Herrarte F. B. 2015. La demanda gestionada en Santiuste: 13 años de usos y servicios múltiples para la comunidad rural. Tierras Riego 2015, nº 234: 78-85.

Webs consultadas. Septiembre de 2016

- www.dina-mar.es
- MARenales movie: DINA-MAR: http://www.dina-mar.es/videos/MARenales-Film_v7.6.mp4. Youtube: <https://youtu.be/Dw22rcEQdiw>
- MAR4FARM training workshop: <http://www.dina-mar.es/post/2014/11/17/MAR4FARM-PRESENTACIONES-PRESENTATIONS-AVAILABLE-FREELY-ON-THE-INTERNET.aspx>
- MARenales training workshop: <http://www.dina-mar.es/post/2015/03/16/PONENCIAS-e2809cMARenales-e2809d-CELEBRADO-EL-e2809cTRAINING-WORKSHOP-e2809d->

DEL-PROYECTO-MARSOL-EN-EL-ACUIFERO-DE-LOS-ARENALES-MARenaes-
PRESENTATIONS.aspx

- www.marsol.eu