

Buenas prácticas en el manejo y gestión del agua pluvial. Casos de estudio en la comarca del Bajo Segura

Good practices in the handling and management of rainwater. Case studies in the Bajo Segura region

ESTHER SÁNCHEZ ALMODÓVAR¹  0000-0003-4201-0779

JORGE OLCINA CANTOS²  0000-0002-4846-8126

JAVIER MARTÍ TALAVERA¹  0000-0002-1624-2843

¹Instituto Interuniversitario de Geografía, Universidad de Alicante

²Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad de Alicante

Resumen

La escorrentía urbana y sus consecuencias se han convertido en uno de los grandes problemas de las ciudades del sureste peninsular. Su gestión ha sufrido en los últimos años un cambio de paradigma, apostando cada vez más por los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) y las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN). Algunos de los últimos ejemplos desarrollados han sido ejecutados en varios municipios de la comarca alicantina del Bajo Segura, como Rojales, Daya Nueva y San Fulgencio, que han utilizado diversas metodologías integradas en espacios o zonas verdes. Con esta investigación se pretende dar a conocer estas infraestructuras y su funcionamiento, a partir de las entrevistas y salidas de campo realizadas con el personal encargado de la ejecución de estos proyectos. Su entrada en funcionamiento supone una apuesta por una gestión hídrica más eficiente y respetuosa con el medio ambiente basada en la reutilización del agua.

Palabras clave: ordenación territorial; riesgos naturales; sostenibilidad urbana; reutilización del agua; gestión hídrica.

Fechas • Dates

Recibido: 2021.04.28
Aceptado: 2021.07.30
Publicado: 2022.03.14

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Esther Sánchez Almodóvar
esther.sanchez@ua.es

Abstract

Urban runoff and its consequences have become one of the major problems in the cities of the southeast of the peninsula. Its management has undergone a paradigm shift in recent years, with an increasing focus on Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) and Nature-Based Solutions (NBS). Some of the latest examples developed have been implemented in several municipalities in the Bajo Segura region of Alicante, such as Rojales, Daya Nueva and San Fulgencio, which have used various methodologies integrated into green spaces or areas. The aim of this research is to provide information on these infrastructures and how they work, based on interviews and field trips carried out with the personnel responsible for the execution of these projects. Their entry into operation represents a commitment to more efficient and environmentally friendly water management based on the reuse of water.

Keywords: land-use planning; natural hazards; urban sustainability; water reuse; water management.

1. Introducción

El aprovechamiento del agua pluvial se ha convertido en una acción básica para la adaptación al cambio climático, especialmente en territorios con escasez de recursos naturales de agua. La necesidad de planificación del agua y del territorio bajo los supuestos de la economía circular, en el marco del cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (en adelante ODS), convierte a la gestión del agua pluvial en una acción de importante desarrollo durante las próximas décadas. En España, los Sistemas Urbanos de Desarrollo Sostenible (en adelante SUDS) han experimentado un impulso significativo en los últimos años debido a diferentes factores: a) el desarrollo de eventos extremos de precipitación importantes (2015, 2017, 2019, 2020) en el litoral mediterráneo, con una elevada intensidad horaria de las lluvias, evidenciando los efectos ya presentes en este espacio geográfico del calentamiento global (Olcina Cantos y Biener Camacho, 2020); b) la escasa adaptación de los entornos urbanos a este tipo de precipitaciones cada vez más frecuente, con sistemas de alcantarillado sin capacidad para evacuar lluvias intensas y sin implantación de colectores específicos para agua pluvial; c) la puesta en marcha de iniciativas europeas, con importantes ayudas económicas, para la adaptación al cambio climático de los territorios; d) la publicación de un manual oficial para la construcción de este tipo de infraestructuras con adaptación a las normativas europeas y españolas existentes, especialmente por lo que respecta al posible uso posterior de las aguas almacenadas (Ministerio de Agricultura, 2014) y e) la elaboración de estrategias para el desarrollo de infraestructura verde en Europa y España. Todo ello ha favorecido el desarrollo de actuaciones de drenaje sostenible que han dado lugar a la existencia de 470 depósitos de tormenta en toda España (Pérez Zabaleta *et al.*, 2019) de los cuales una cuarta parte se localizan en el territorio del sureste ibérico (provincias de Alicante, Murcia y Almería), con tipología y dimensiones variadas (Arahetes y Olcina Cantos, 2019).

Una de las principales consecuencias derivada del proceso de expansión y densificación de los espacios urbanos, es la problemática gestión de las escorrentías generadas en áreas urbanas cuando acontece un episodio de precipitación con elevada intensidad horaria. Esta dificultad se incrementa cuando la escorrentía urbana es causante de la contaminación de los cuerpos de agua receptores (Woods-Ballard *et al.*, 2015). El informe ESPON refiere que las inundaciones se han convertido en un problema cada vez mayor para los entornos edificados e incide sobre las consecuencias que provoca el aumento del sellado del suelo, que conduce a un incremento del riesgo de inundación, al quedar considerablemente mermada la retención natural en el suelo por in-

filtración (ESPON, 2006, p. 33). Los efectos derivados del crecimiento urbanístico y la afección, cada vez mayor, del cambio climático en áreas urbanas, ocasiona un gran impacto en el drenaje de las aguas pluviales, provocando la insuficiencia de la red de saneamiento para drenar grandes volúmenes de escorrentía urbana (Jato-Espino, Sillanpää, Andrés-Doménech, y Rodríguez-Hernández, 2018). La gestión de los sistemas de drenaje convencional es un desafío constante que tienen planteado las ciudades del siglo XXI. La afección que presentan las redes de saneamiento, en su mayoría redes unitarias, se debe a que el diseño de las mismas no contaba con las ampliaciones de las áreas urbanas, la pérdida de la cobertura vegetal y los efectos del cambio climático (Perales-Momparler *et al.*, 2017).

Es en la década de los noventa del siglo pasado cuando surge un nuevo enfoque de pensamiento, de la mano de la Fundación Nueva Cultura del Agua (FNCA), que centra su interés en las fuentes de recursos no convencionales como la depuración, desalación y aprovechamiento de pluviales (FNCA, s. f.), regulados por la Directiva Europea 91/271 y el marco normativo nacional en materia de calidad ambiental y drenaje urbano, el Real Decreto 1290/2012. En el marco de las directivas europeas, la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, recoge entre sus objetivos que la protección de las aguas, “contribuya a paliar los efectos de las inundaciones” (Parlamento Europeo. El Consejo de la Unión Europea, 2000, p. 5). La gestión tradicional del agua pluvial ha consistido en captar la escorrentía por las redes de alcantarillado convencionales, hacia las estaciones depuradoras de aguas residuales o a entornos acuáticos (Castro-Fresno, Andrés-Valeri, Sañudo-Fontaneda, y Rodríguez-Hernández, 2013), pero desde hace unos años este enfoque está cambiando, apostando por una gestión más sostenible del agua pluvial con la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (en adelante SBN) y SUDS, que, mediante procesos naturales, imitan el ciclo natural del agua y contribuyen a reducir los niveles de escorrentía superficial, mejorando así la calidad de las aguas (Perales-Momparler *et al.*, 2017). Para ello, se desarrolló de forma específica la Directiva 2007/60/CEE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación. Dicha directiva se traspuso al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación (España. Ministerio de la Presidencia, 2010). Con el Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, se produce un cambio de paradigma en el patrón del drenaje urbano en España, migrando desde el enfoque convencional hacia las soluciones basadas en la naturaleza (España. Ministerio de Agricultura y Pesca, 2016).

El problema de la gestión de la escorrentía urbana recobra mayor interés si cabe ante el contexto actual de cambio climático en la cuenca del mediterráneo occidental, donde el efecto del calentamiento global incide de manera directa en el aumento de los extremos atmosféricos, como se deriva de diversos estudios que indican el aumento de la torrencialidad de las precipitaciones y el incremento de la intensidad horaria de las mismas (IPCC, 2014, 2018, 2019; Olcina Cantos, 2017; Olcina Cantos y Biener Camacho, 2020; Olcina Cantos y Vera-Rebollo, 2016). Este cambio de modalidad de la precipitación es una de las causas por la cual se produce el anegamiento de los medios urbanos y el colapso de las redes de saneamiento y evacuación de pluviales (Olcina Cantos *et al.*, 2018). Con base en lo indicado, y dentro de una escala regional, el Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA 2015), hace referencia en su art. 23.1, a la importancia de incluir la Infraestructura Verde como medida para reducir y mitigar el impacto del riesgo de inundación. Y en su art. 23.9 fomenta el uso de los SUDS y alude a que todos los municipios de la Comunidad Valenciana deben promover su uso (Generalitat Valenciana. Conselleria d’Habitatge, 2015).

El estudio de los SUDS ha experimentado un interés creciente en los últimos años en España, en el marco del contexto actual de cambio climático y desarrollo de extremos de precipitación cada vez más frecuentes. Bajo la premisa común del análisis de soluciones hidroeficientes y sostenibles para la reducción del riesgo de extremos hídricos en la escala local, los trabajos han analizado estos sistemas: a) según sus tipologías: colectores y depósitos pluviales, parques inundables (Fernández Rodríguez, Trapote Jaume, y Fernández Mejuto, 2020; Fresno, Bayón, Hernández, y Muñoz, 2005; Morote Seguido y Hernández Hernández, 2016, 2017; S. Perales Momparler, 2008); b) según la finalidad de su implantación en áreas urbanas: reutilización de aguas, reducción de escorrentías urbanas (Andrés-Doménech, Hernández-Crespo, Martín, y Andrés-Valeri, 2018; Castro-Fresno *et al.*, 2013; Perales-Momparler *et al.*, 2014; S. Perales Momparler y Andrés-Doménech, 2008; Trapote Jaume, 2020) y c) según la “filosofía” de su concepción estructural: obras de infraestructura duras, obras blandas, obras mixtas (Perales, Andrés, y Escalante, 2008; Soto-Fernández y Perales-Momparler, 2017) en su origen, era limpia. Este hecho conlleva la necesidad de afrontar la gestión de las aguas pluviales desde una perspectiva que combine aspectos hidrológicos, medioambientales y sociales, dando así cabida a los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS).

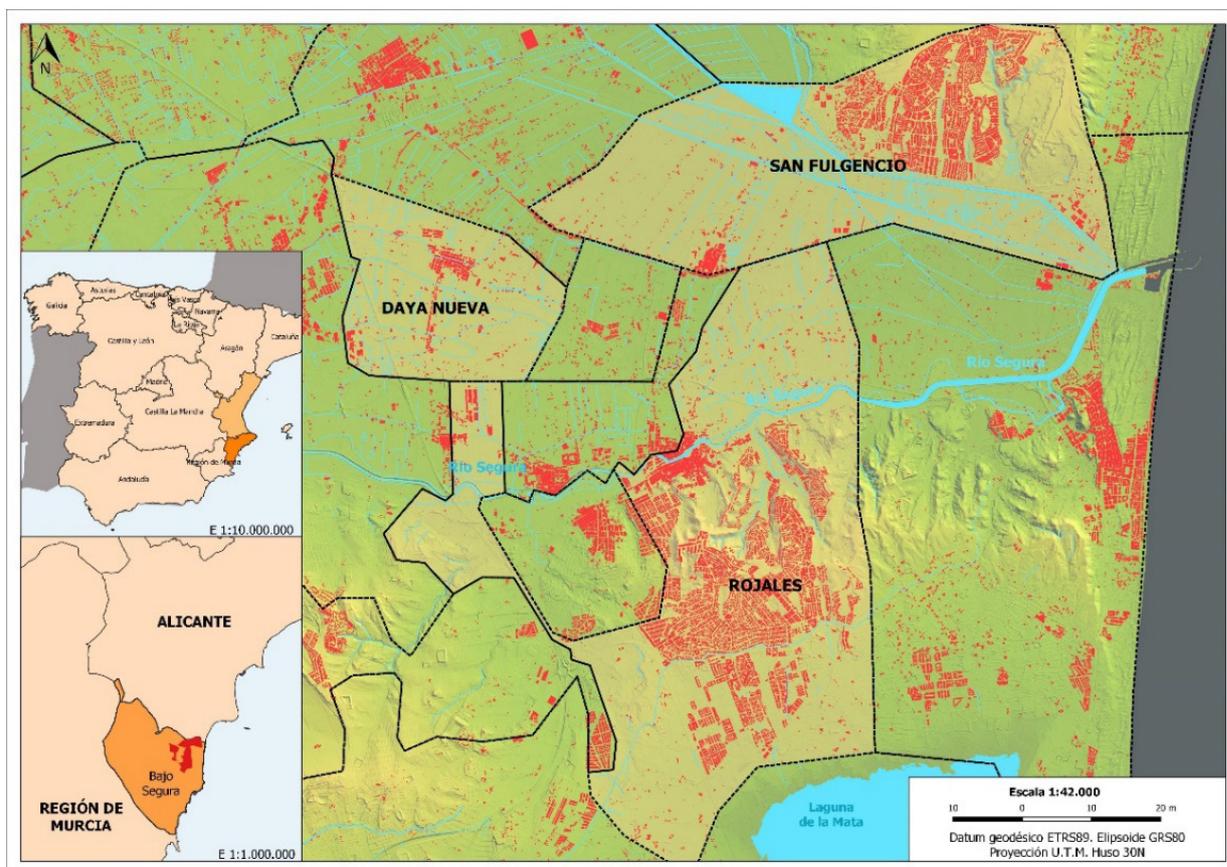
1.1. Área de estudio

Los municipios de Daya Nueva, Rojales y San Fulgencio se localizan en la comarca del Bajo Segura o Vega Baja, situada en el extremo meridional de la provincia de Alicante (Figura 1), ocupando una superficie total de 54.4 Km², de los cuales 7.09 Km² pertenecen a Daya Nueva, 27.6 Km² a Rojales y 19.75 Km² a San Fulgencio. Estos municipios ubicados en la llanura aluvial del río Segura conformaban, en origen, el antiguo *Sinus Illicitanus*, un *área subsidente y húmeda* colmatada de forma paulatina por los aportes sedimentarios de los ríos Vinalopó, Segura y barrancos de los relieves periféricos (Box Amorós, 1985, pp. 678-682). Sería a partir de las obras de colonización llevadas a cabo por el Cardenal Belluga, cuando se procedió a la evacuación y drenaje de las aguas, con el fin de desecar el humedal para posteriormente ser utilizado para el aprovechamiento agrícola (Gil Olcina y Canales Martínez, 1989; Giménez-Font, 2008).

Estos municipios experimentaron una gran transformación social, territorial y económica a partir de los años cincuenta y sesenta de la centuria pasada. El desarrollo socioeconómico estuvo acompañado del auge de la actividad turística y del sector inmobiliario que potenció el fenómeno denominado, desde los años setenta, como “turismo residencial” (Morote y Hernández, 2016). Este proceso ha ocasionado un cambio en el modelo urbano, que ha provocado intensas transformaciones territoriales en los municipios de la comarca del Bajo Segura considerados en este análisis, tales como Rojales, San Fulgencio y Daya Nueva. En este caso hay que destacar la presencia en el ámbito de estudio de las lagunas de La Mata y Torrevieja que, en numerosas ocasiones, se han visto afectadas por las escorrentías urbanas procedentes de las urbanizaciones ubicadas al sur del término municipal de Rojales. El núcleo original de este municipio se ubica sobre los depósitos fluviales del río Segura, mientras que Daya Nueva y San Fulgencio se localizan a apenas unos dos kilómetros al norte de la margen derecha de este curso fluvial. Desde la óptica demográfica Rojales y San Fulgencio comparten un escenario común, caracterizado por un incremento muy significativo de su población entre los años 2000 y 2010. El primero, amplió sus efectivos de población de 7,321 (2000) a 20,953 habitantes (2010). San Fulgencio, por su parte tuvo un incremento más pronunciado, pasando de 3,706 (2000) a 12,144 habitantes (2010). Fuera de esta dinámica se encuentra Daya Nueva que, a pesar de su crecimiento demográfico no ha desarrollado una política urbanística como los casos anteriores, de ahí que, en la actualidad, su

número de habitantes actual sea 1,737. Este crecimiento demográfico se ve reflejado en el parque de viviendas de los municipios que sufrieron el *boom* urbanístico que, con menor énfasis, aún se mantiene, sobre todo en Rojasles. Según la antigüedad de los inmuebles proporcionada por el Ministerio de Hacienda, se aprecia cómo el 50.5% de los inmuebles de Rojasles se construyeron entre los años 2000 y 2010. La expansión urbana de este municipio se ha producido hacia el sur, entre la elevación montañosa de la Atalaya y la Laguna Salada de La Mata, donde se han construido numerosas urbanizaciones. En el caso de San Fulgencio, prácticamente el 47% de los inmuebles se construyeron en dicha década pero, a diferencia del anterior municipio, esta actividad urbanizadora no se dio en las cercanías del núcleo original, desarrollando en mayor o menor medida una continuidad edificatoria, sino que se produjo a 2 kilómetros al noreste del casco urbano, en plena Sierra del Molar. Daya Nueva por su parte también tuvo su particular expansión urbanística durante la década de los años 2000-2010, construyéndose cerca del 40% de los inmuebles, pero sin el vigor del resto de ejemplos. En esta localidad la construcción de viviendas se desarrolló hacia el oeste, pero siguiendo en gran medida una continuidad edificatoria. Destaca, como en los dos primeros ejemplos, los procesos de expansión urbana en áreas con elevadas pendientes, y en el caso de San Fulgencio, destaca que no se ha ocupado el espacio de huerta (Figura 1). El aumento de la urbanización ha producido un considerable aumento de la superficie impermeable debido a la edificación y el sellado del suelo, además de una gran transformación territorial por el desmonte y ocupación de los relieves próximos, provocando graves problemas en la gestión de la escorrentía.

Figura 1. Localización de los municipios objetivo de estudio



Fuente: PNOA/ICV. Elaboración propia.

1.2. Justificación y objetivos

La presente investigación se centra en analizar las actuaciones de distinta naturaleza realizadas en localidades del Bajo Segura, que tienen como objetivo mejorar la gestión de la escorrentía pluvial y mitigar el riesgo de inundación. Además, se pone en relieve la utilización de recursos hídricos no convencionales (agua depurada y pluviales) ante el cambio de paradigma en la planificación y gestión integrada de los recursos hídricos. Entre las medidas estructurales y no estructurales analizadas en los diferentes casos de estudio, destacan las SBN y los SUDS, como medidas blandas que intentan mitigar los problemas producidos por la urbanización, tales como, la interceptación, evapotranspiración, infiltración y laminación de la escorrentía urbana (Andrés-Doménech, 2017). Estos sistemas han mostrado ser eficaces en diferentes localizaciones en la fachada mediterránea, siendo verdaderas apuestas por la sostenibilidad y la planificación territorial.

Estas actuaciones están tomando mayor valor, si cabe, tras el episodio de lluvias torrenciales acontecido el pasado septiembre de 2019, donde se vio afectada toda la comarca del Bajo Segura. Por tanto, las administraciones locales están apostando por este tipo de medidas, para que de forma conjunta con medidas convencionales se mitiguen los efectos de las lluvias torrenciales. En esta tónica, se plantea el Plan Vega Renhace (2020), con la implementación de medidas rígidas y blandas, que estén del lado de la sostenibilidad y ayuden a mitigar el problema de la inundación en los medios urbanos, generando territorios más resilientes. Estas iniciativas están tomando protagonismo desde las administraciones locales y las entidades responsables de la gestión de los recursos hídricos, como es, en este caso, *Hidraqua Gestión Integral De Aguas De Levante S.A* (García de Consuegra Priego, 2020).

A tenor de lo señalado en los párrafos anteriores, los objetivos de esta investigación son: a) analizar las actuaciones llevadas a cabo en los últimos años en municipios de la comarca del Bajo Segura para mejorar la gestión de la escorrentía; b) poner de relieve la implantación de SBN y SUDS como medidas potenciales para mitigar la afección de la escorrentía y controlar la cantidad y calidad de la misma; c) valorar la eficiencia de las actuaciones desarrolladas; y d) potenciar las SBN y los SUDS como medidas eficientes para gestionar la escorrentía de forma sostenible y la acción por el clima, cumpliendo con los ODS.

2. Metodología

La metodología empleada para el desarrollo de esta investigación, se ha iniciado con la búsqueda bibliográfica relacionada con la temática para establecer las bases teóricas de la investigación. Para analizar los diferentes casos de estudio, se han realizado varias salidas de campo a los municipios seleccionados para el estudio de las medidas allí adoptadas. Se llevaron a cabo diferentes entrevistas en septiembre y noviembre de 2020 con los técnicos de ayuntamientos y de la empresa concesionaria de los servicios de abastecimiento y alcantarillado, *Hidraqua Gestión Integral De Aguas De Levante S.A.* De esta manera, se ha podido recopilar información cualitativa sobre las medidas implementadas para la gestión de la escorrentía hasta la actualidad, sus ventajas e inconvenientes, además de proyectos o ideas de futuro en torno a la gestión de este recurso en dichos municipios. Las entrevistas se completaron con la visita al Parque Forestal de “El Recorral”, las EDAR “Lo Pepín” y “Doña Pepa” en Rojales. En el municipio de Daya Nueva, se visitó el “Parque Europa” y en San Fulgencio, el estanque inundable anexo a la zona deportiva municipal.

Tabla 1. Actuaciones analizadas en los casos de estudio

Actuación	Localización	Fecha finalización	Entidad de gestión
Parque El Recorral	Rojales	Mayo 2019	<i>Hidraqua Gestión Integral De Aguas De Levante S.A</i>
Remodelación EDAR Lo Pepín	Rojales	Noviembre 2019	
Tanque anti-DSU Doña Pepa	Rojales	Enero 2021	
Parque Europa (zanja filtrante)	Daya Nueva	Noviembre 2020	
Estanque inundable	San Fulgencio	Diciembre 2019	

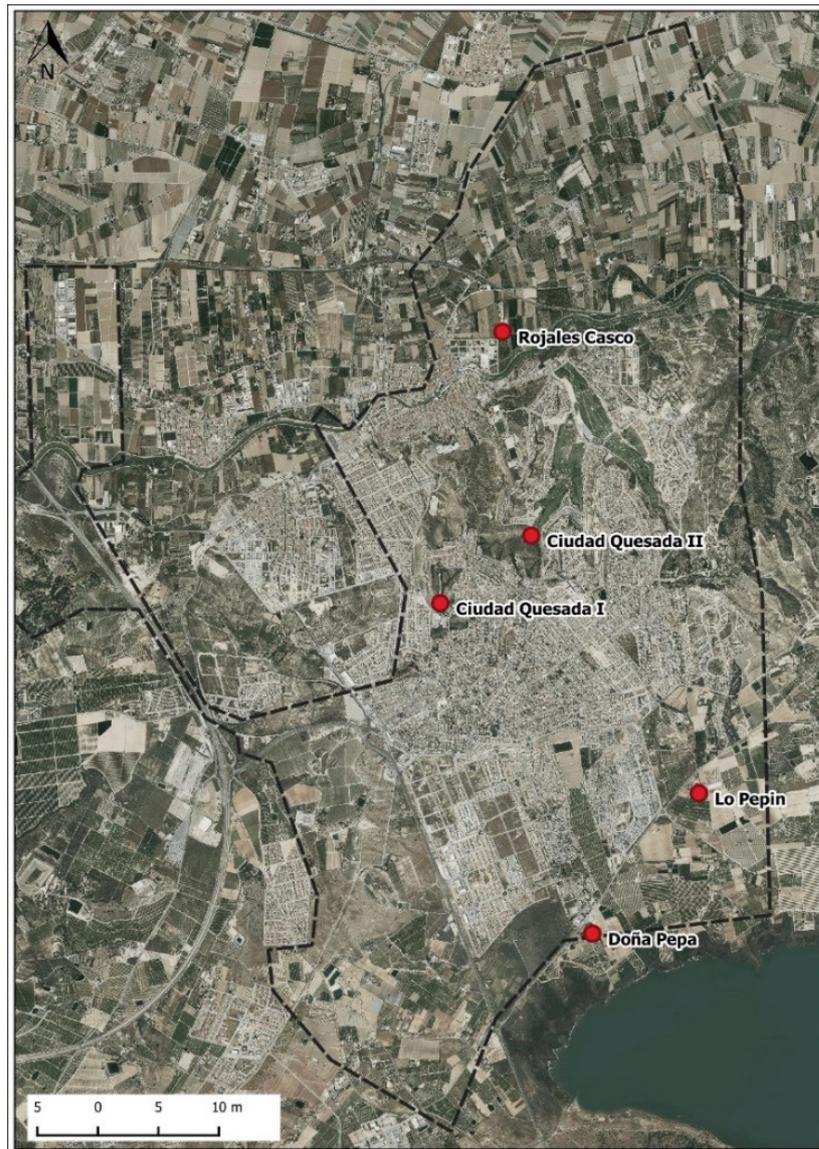
Fuente: Hidraqua Gestión Integral de Aguas de Levante S.A. Elaboración propia.

3. Resultados

3.1. Rojales

El primer análisis corresponde al municipio de Rojales en el que las actuaciones conjuntas del ayuntamiento y la empresa Hidraqua, se han realizado con objetivos diferentes. En primer lugar, dar solución a los vertidos no autorizados que se producen desde las EDAR en la mitad sur del municipio, principalmente, la EDAR Lo Pepín y la de Doña Pepa, para así evitar las sanciones impuestas por la Confederación Hidrográfica del Segura (en adelante CHS). En segundo lugar, captar los primeros caudales de aguas residuales y pluviales con alta carga contaminante, mediante depósitos anti-DSU (depósito anti-descargas del sistema unitario al medio receptor) a la entrada de las EDAR antes indicadas. Por último, destinar el agua regenerada y almacenada en la EDAR Lo Pepín para el riego de zonas verdes como el Parque de “El Recorral”, donde se autoriza el punto de vertido de agua regenerada a un cauce público por parte de la CHS. En el municipio de Rojales, el sistema de depuración de agua residual está compuesto por 5 depuradoras (Figura 2): EDAR Rojales Casco, ubicada en la vertiente norte, explotada en la actualidad por la empresa Global Omnium Medio Ambiente, mientras que en la vertiente sur se localizan 4 depuradoras, EDAR Ciudad Quesada I y II, EDAR Lo Pepín y EDAR Doña Pepa, explotadas por la empresa Hidraqua. Hay que comentar que la actual EDAR Lo Pepín, es una integración de las antiguas Lo Pepín I (siempre activa) y Lo Pepín II (fuera de servicio desde su instalación en 2008 hasta 2016 con su remodelación y puesta en marcha), localizadas en su ubicación actual. La problemática gestión del agua residual depurada ha sido una constante a lo largo de los últimos años, debido a la falta de autorización de vertido de las cuatro depuradoras existentes en la vertiente sur del término municipal. Esta situación ha derivado en múltiples expedientes sancionadores por parte de la CHS y multas económicas para la administración local.

Figura 2. Localización de las EDAR en el término municipal de Rojasles



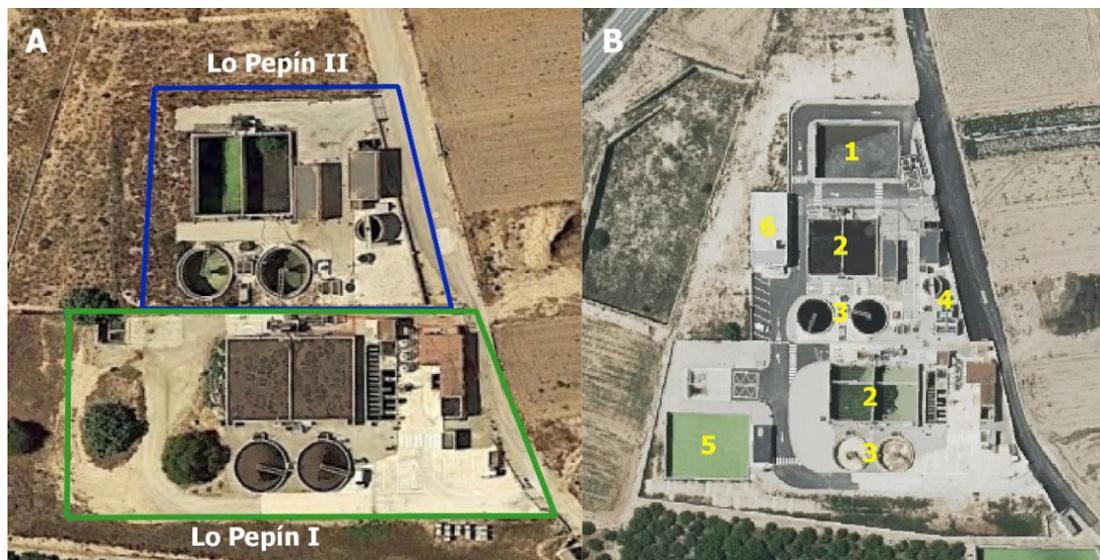
Fuente: EPSAR, ICV. Elaboración propia.

El principal problema se producía en las EDAR Lo Pepín y Doña Pepa, ya que sus instalaciones se ubican en la parte más meridional del término, a 24 y 11 metros de altitud respectivamente, por tanto, cuando acontecen episodios de precipitación de fuerte intensidad horaria, los caudales circulantes por los colectores de la red de saneamiento unitaria discurren por gravedad hacia ambas depuradoras. A ello hay que añadir que la vertiente sur del término presenta una pendiente con disposición norte-sur que favorece la generación de grandes cantidades de escorrentía superficial que circula hacia la zona de menor altitud, siendo avenida en multitud de ocasiones hacia el Parque Natural de las Lagunas de La Mata y Torrevieja. En episodios de lluvias torrenciales, el aporte extraordinario de caudales de aguas residuales y pluviales superaba el caudal de diseño de ambas instalaciones, lo que ocasionaba el alivio de aguas sin depurar a la red de acequias de la zona, llegando el vertido a las Lagunas de La Mata y Torrevieja, declarada «zona sensible» por la Secretaría de Estado de Aguas y Costas el 25 de mayo de 1998 (Ministerio de Medio Ambiente, 1998). Ante dicha problemática, el Ayuntamiento de Rojasles en colaboración con Hidraqua, contemplan una serie de medidas que se exponen a continuación.

a. Adecuación y remodelación de la EDAR Lo Pepín

En esta depuradora se acometen varias actuaciones que van a mejorar la gestión de las aguas residuales y pluviales, además de potenciar el uso de agua regenerada. En primer lugar, se adecua y pone en marcha la EDAR Lo Pepín II, de la cual se revisan, reparan y reponen todos los componentes mecánicos de los equipos que estaban deteriorados, debido a su inactividad desde su instalación en 2008. Se acomete la integración de las parcelas que albergan ambas depuradoras (Figura 3. A), conformando una única parcela con viales donde se establecen los elementos de seguridad y se construye el edificio de control y servicios, albergando, almacén, taller, vestuario, oficinas, laboratorio, etc., además de llevar a cabo el control de los procesos con el telemando y telecontrol de las instalaciones (Figura 3. B).

Figura 3. (A) EDAR Lo Pepín I y II antes de la adecuación e integración de las parcelas. (B) EDAR Lo Pepín tras la integración y adecuación de las parcelas



Leyenda: Elementos que conforman el proceso de depuración. (1) Depósito anti-DSU, (2) Reactores biológicos, (3) Decantadores, (4) Tratamiento terciario, (5) Depósito de agua regenerada, (6) Edificio de control.

Fuente: (A) Google Earth (7/06/2018); (B) ICV (2020). Elaboración propia.

La puesta en funcionamiento de la EDAR Lo Pepín II, permite el reparto de caudales entre las dos líneas que conforman la actual EDAR Lo Pepín, favoreciendo el correcto tratamiento biológico, mediante fangos activados, con eliminación del nitrógeno, para mejorar la calidad del efluente, al tiempo que se amplía el tratamiento terciario para cumplir los estándares de calidad 2.1 fijados en el Real Decreto 1620/2007 por el que se regula la reutilización de las aguas depuradas (España. Ministerio de la Presidencia, 2007).

b. Ejecución de un depósito anti-DSU y depósito de agua tratada en la EDAR Lo Pepín

Entre las medidas con mayor eficiencia en las estaciones de depuración, ante eventos de lluvias intensas, para la gestión del agua residual y pluvial, son los depósitos anti-DSU encargados de almacenar los primeros caudales unitarios que llegan a la depuradora con altos niveles de contaminación. En este caso, se construye un depósito enterrado anti-DSU con un volumen útil de almacenamiento de 1,200 m³. El objetivo principal de esta infraestructura es evitar que se produzca el alivio de los caudales unitarios sin depurar al Parque Natural de las Lagunas de La Mata y

Torre vieja. De igual manera, se pretende soslayar los vertidos artificiales de agua residual bruta a la red de riego y/o al ecosistema natural, en caso de avería. En cuanto al depósito de agua tratada, con un volumen útil de 1,400 m³, también es un elemento de gran importancia, ya que permite una mejora en el manejo del agua regenerada, siendo almacenada hasta su posterior reutilización en el riego de parques y jardines o en el campo de golf La Marquesa. Este depósito ha sido dotado de un sistema de bombeo, con una longitud de 2,600 m aproximadamente, con punto de vertido en el parque forestal “El Recorral”, provisto de cinco lagunas artificiales, donde se ha generado un nuevo ecosistema gracias a la disponibilidad de este recurso hídrico no convencional.

c. Parque Forestal “El Recorral”

La idea de crear un sistema lagunar en el parque “El Recorral”, un entorno forestal, surge, por un lado, con el propósito de reutilizar toda el agua regenerada y, de otro lado, obtener por parte de la CHS la autorización de un punto de vertido del agua residual depurada en este espacio. La situación de depuración de agua residual y pluvial antes de poner en marcha la creación del sistema lagunar en el parque forestal (Tabla 2), ocasionaba vertidos incontrolados no autorizados por la CHS.

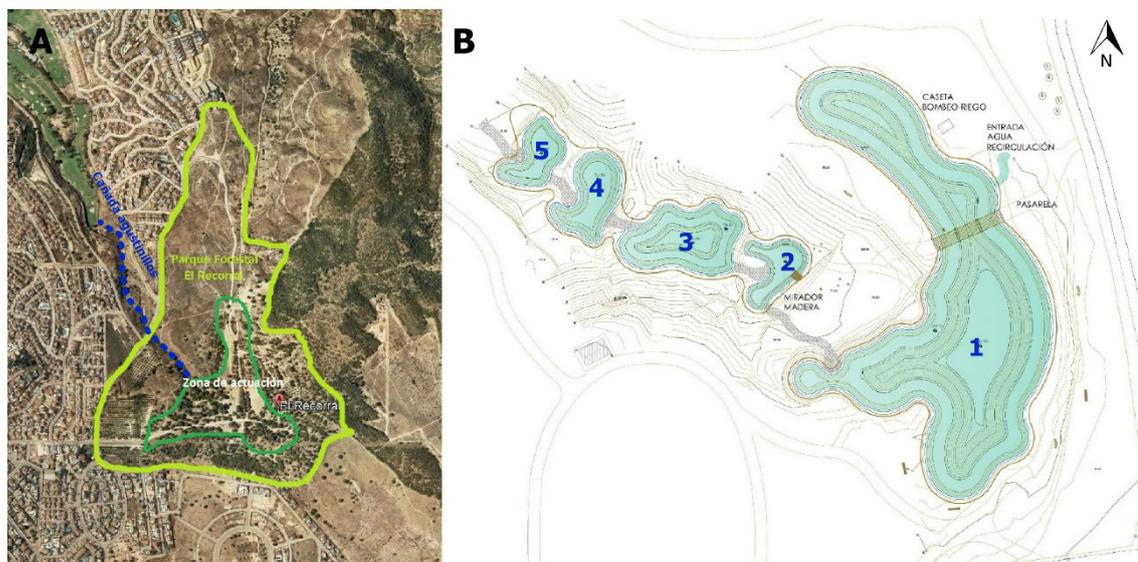
Tabla 2. Reutilización de agua regenerada anterior a la implantación de las medidas

AGUA REGENERADA EN LA CUENCA SUR DEL T.M DE ROJALES	
AGUA REGENERADA EDAR (m ³ /día)	
Lo Pepín	921
Doña Pepa	223
Ciudad Quesada II	85
Total (m ³ /día)	1,229
Total (m ³ /año)	448,585
CONCESIONES (m ³ /año)	
Campo de golf La Marquesa	275,000
Regantes	17,710
Comunidad de Regantes	23,395
Total	320,395
Excedente agua regenerada sin reutilización	128,480

Fuente: Hidraqua Gestión Integral de Aguas de Levante S.A., 2016. Elaboración propia.

Para cumplir con el objetivo propuesto de reutilización total del agua regenerada proveniente de la EDAR Lo Pepín, se construyen cinco lagunas artificiales. El emplazamiento de las mismas se encuentra al este de la urbanización Ciudad Quesada, donde se localiza el parque forestal “El Recorral” (Figura 4), que se corresponde con una de las mayores zonas de esparcimiento y recreo del municipio de Rojales.

Figura 4. (A) Perímetro del Parque Forestal y zona de actuación donde se ubican las lagunas. (B) Sistema lagunar del Parque El Recorral



Fuente: Hidraqua Gestión Integral de Aguas de Levante S.A., 2016. Elaboración propia.

Esta actuación se plantea teniendo en consideración la orografía del terreno, ya que el objetivo es que las lagunas se integren en el entorno y sean la zona de recepción de las aguas de escorrentía que se generan en la cuenca vertiente del parque. También se modifican las pendientes del terreno en algunas zonas para favorecer la retención de las aguas pluviales y su filtración. Para ello, la primera laguna, la de mayor capacidad ($4,652 \text{ m}^3$) se ubica en la zona más llana y, aprovechando la vaguada colindante a esta primera, se disponen las cuatro lagunas posteriores con los siguientes volúmenes: 82, 313, 149 y 108 m^3 , respectivamente, descendiendo de forma escalonada hacia el cauce natural de la cañada de los Agustinos, donde se autoriza el punto de vertido (Figura 4). El diseño de las lagunas favorece el desarrollo sostenible, ya que no producen cambios en el entorno y la disposición de los lagos se integra con la vegetación existente. Las lagunas se alimentan con agua regenerada procedente de la EDAR Lo Pepín, así como del agua de escorrentía en tiempo de lluvia, dado que su ubicación se ha realizado siguiendo el recorrido de la misma. La función principal de este sistema lagunar es recibir el efluente de agua tratada y adecuar un punto de vertido en este entorno. Además del uso recreativo y ornamental del agua en el mismo, existen otras necesidades, como es el riego las zonas verdes del propio parque y la red contraincendios con un volumen de $107,245 \text{ m}^3$ y $30,600 \text{ m}^3$ respectivamente. También se contempla el aprovechamiento del agua depurada por parte del ayuntamiento, para cubrir la demanda de agua para usos urbanos de baldeo de calles con $18,750 \text{ m}^3$. Por lo tanto, la concesión de agua para cubrir las demandas por parte del Ayuntamiento de Rojales es de $163,000 \text{ m}^3$. El Recorral, es un claro ejemplo de solución basada en la naturaleza, ya que surge con el objetivo de dar respuesta al problema de la gestión de la escorrentía pluvial y dotar de utilidad a los caudales depurados. De esta forma, se produce la reutilización de los recursos hídricos no convencionales, que aumenta el valor medioambiental y paisajístico del entorno y da solución a años de vertidos descontrolados en los humedales costeros de La Mata y Torrevieja.

d. Transformación EDAR Doña Pepa a depósito anti-DSU

La remodelación de la EDAR Lo Pepín y el aumento de su capacidad de tratamiento, tuvo como resultado que la EDAR Doña Pepa perdiera funcionalidad por su reducida capacidad y carencia

de punto de vertido autorizado (Figura 6). Con el objetivo de aumentar la operatividad de las instalaciones existentes, se centraliza el tratamiento de los caudales de agua residual en la EDAR Lo Pepín y se plantea la transformación de la EDAR Doña Pepa en un tanque anti-DSU con una capacidad útil de 1,200 m³. El tanque anti-DSU de Doña Pepa, tiene como función principal recoger los caudales procedentes de las urbanizaciones de Pueblo Bravo y Doña Pepa a través de un aliviadero (por gravedad) existente en la EBAR Lo Pepín. Estos caudales son almacenados en el tanque anti-DSU, tanto en periodos lluviosos como en caso de avería de la EBAR Lo Pepín. Tras el episodio de lluvias, los caudales almacenados se bombean a la EDAR Lo Pepín para su tratamiento. En situación de lluvias de fuerte intensidad, una vez llenado el tanque de Doña Pepa, se activa el alivio de los caudales con alto nivel de dilución para no dañar el medio receptor. Los depósitos anti-DSU (Lo Pepín y Doña Pepa) permitirán la recogida de las puntas de caudal en épocas lluviosas para su posterior tratamiento en la EDAR Lo Pepín.

Figura 6. (A) EDAR Doña Pepa antes de su transformación. (B) EDAR Doña Pepa después de la remodelación a depósito anti-DSU



Fuente: (A) Google Earth (7/06/2018); (B) Hidraqua Gestión Integral de Aguas de Levante S.A., 2021 Elaboración propia.

3.3. *Daya Nueva*

El segundo caso de estudio corresponde al municipio de Daya Nueva, donde la empresa Hidraqua en colaboración con el ayuntamiento, adecuan de manera sostenible la urbanización de una parcela para uso municipal. Se plantea para ello, la creación del Parque Europa (Figura 7), con el objetivo de dotar de una zona verde a la parcela municipal donde se había previsto la construcción de un centro médico.

Figura 7. Ubicación del Parque Europa antes de la actuación y diseño del Parque Europa en Daya Nueva



Fuente: ICV y Hidraqua Gestión Integral de Aguas de Levante S.A., 2019. Elaboración propia.

El núcleo urbano de Daya Nueva, y en concreto el emplazamiento de la actuación, presenta un terreno de escasa o nula pendiente, que dificulta el avenamiento de la escorrentía que antaño era gestionada, en gran parte, por el sistema de acequias y azarbes que dominaba, y en parte domina, en la comarca del Bajo Segura. En este caso hay que resaltar la presencia, al sur del Parque Europa por la carretera CV-901, de la Acequia Mayor de Almoradí que interviene en la gestión del agua pluvial de la zona, y por tanto en la actuación.

En el Parque Europa se proyecta la construcción de un depósito permeable para infiltración de agua de lluvia, una zanja vegetal de infiltración y zonas ajardinadas provistas de vegetación (Figura 8). En primer lugar, antes de poner en marcha la ejecución de las obras, se rellenó la parcela con arenas y gravas sobrantes de obras adyacentes para incrementar la cota alimétrica de la parcela y disponer de mayor volumen para acumular agua, ya que la altitud de la parcela se encontraba entre 0,8 – 1 m por debajo del nivel de la carretera. Seguidamente, se puso en marcha la construcción del depósito permeable para la infiltración de agua de lluvia (o pozo filtrante), para el cual, ingenieros de Hidraqua realizaron un ensayo para obtener el valor del coeficiente de permeabilidad para diseñar la estructura. Este ensayo se realizó *in situ* en el emplazamiento del depósito, según el método que recoge la publicación británica *BRE Digest 365*, 'Soakaway Design'. El ensayo

consiste en llenar con agua la excavación prevista para construir la estructura filtrante y realizar mediciones de la evolución, en tiempo real, del nivel de la lámina de agua hasta su total filtración. La función principal del pozo filtrante es captar el agua pluvial derivada por el imbornal desde la calzada y favorecer la infiltración al terreno de los caudales filtrados. En el supuesto de que la zona de filtración se colapse, el agua sería derivada desde el imbornal a la Acequia Mayor de Almoradí (Figura 8). Esta actuación no contempla la reutilización del agua filtrada, ya que su objetivo principal es favorecer la infiltración al terreno, y dicha acción supondría la realización de colectores y bombeos que aumentarían el coste económico del proyecto. Además, el vacío legal existente sobre la reutilización de aguas pluviales filtradas entorpece cualquier propuesta de reutilización posterior sin previa depuración. En segundo lugar, la zanja de vegetación ubicada en la zona delantera del edificio recibe el drenaje de pluviales de dicha infraestructura que está provisto de un tubo dren, un tubo microperforado recubierto con un geotextil y grava para evitar la filtración de finos.

Figura 8. Zanja vegetal de infiltración y depósito de filtración para agua de lluvia



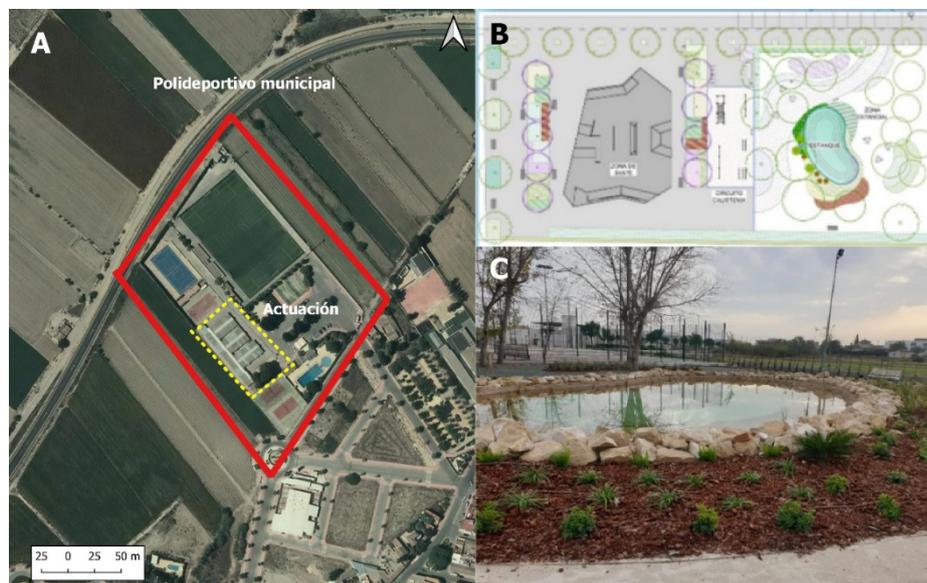
Fuente: Fotografías de los autores (3/11/2020).

3.4. San Fulgencio

El tercer caso de estudio es el que corresponde al estanque inundable anexo al Polideportivo Municipal de San Fulgencio (Figura 9). El objetivo principal de esta actuación es, por un lado, dotar

a este espacio de una zona verde, y de otro lado potenciar el uso del agua regenerada procedente de la EDAR de San Fulgencio – Dayas.

Figura 9. (A) Ubicación Polideportivo municipal de San Fulgencio; (B) Diseño de las instalaciones hidráulicas anexas al polideportivo municipal; (C) Estanque inundable.



Fuente: PNOA, ICV y García de Consuegra Priego, 2020, p. 582. Elaboración propia.

De esta forma, se continuaría con el Plan Municipal de Utilización de Agua procedente de la depuradora, que iniciaron de forma conjunta el ayuntamiento de San Fulgencio e Hidraqua en el año 2017, ya que, hasta ese momento, el agua regenerada en la planta depuradora, unos 800,000 m³, era vertida al mar. Es a partir de este momento cuando se empieza a apostar por el uso del agua residual depurada para el riego en el municipio de San Fulgencio (Diario Información, 2017). No obstante, con la construcción del estanque, se incrementa la superficie de zonas verdes, en las cuales se fomenta el uso de agua regenerada tanto para su función ornamental, como para el riego de la vegetación, evitando así el vertido de este recurso hídrico no convencional al mar. Es necesario considerar que la existencia de esta actuación permite que este entorno se adapte y gestione de forma adecuada las aguas de escorrentía en dicho espacio. El estanque está dotado con un sistema de telemando que regula el nivel del agua y, en tiempo de lluvias, el nivel de la lámina de agua se reduce para poder captar la escorrentía. Además, en las inmediaciones del lago hay dispuestas unas zanjas de vegetación de biorretención, provistas de un material filtrante, y una capa de geotextil para filtrar los materiales más pesados diluidos en el agua. Estas zanjas están pensadas para que el agua de escorrentía generada en la superficie se dirija hacia ellas y favorecer la retención de la misma en el lugar de origen. Tanto los imbornales como las zanjas filtrantes tienen como objetivo captar la escorrentía superficial generada, filtrarla y transportarla mediante tubos dren hacia la arqueta rebosadero que vierte las aguas a la red de azarbes.

4. Discusión

El aumento de la recurrencia de episodios de precipitación caracterizados por una alta intensidad y el incremento de las superficies impermeables a causa de la urbanización desmedida, ha propiciado un incremento de áreas afectadas por inundaciones en los medios urbanos. Ante este

hecho, se está produciendo un cambio de paradigma a la hora de abordar y solucionar esta problemática, apostando por las SBN y los SUDS. Sin embargo, el agua pluvial debe de ser considerada como un recurso potencial que, a través de estos sistemas alternativos, permita la creación y el mantenimiento de zonas verdes, reduciendo el uso de recursos convencionales para este fin. Es por ello que, cada vez más, las aguas pluviales y regeneradas, están teniendo una mayor importancia en las ciudades a la hora de ser integradas dentro del ciclo hídrico urbano, ya que se trata también de una posible solución para mejorar la calidad de las aguas, antes de ser depuradas y regeneradas, a través de tratamientos físicos y biológicos.

Con este análisis se ponen de relieve las medidas implementadas en los municipios de Rojales, San Fulgencio y Daya Nueva, pioneros en la ejecución de este tipo de actuaciones en el Bajo Segura. Estos sistemas, aunque planteados dentro de un marco sostenible y de gestión integral del agua, presentan, no obstante, pequeñas deficiencias que tienen que ver con el carácter estructural de las medidas. El caso de Rojales destaca por su envergadura y la gran capacidad de adaptación de un territorio muy modificado. La infraestructura desarrollada en el parque forestal El Recorral, finalizada en mayo de 2019, ha transformado este espacio en una zona lúdica que, además de poseer un carácter ornamental y recreativo, se distingue por su particular función en la gestión del ciclo hidrológico, potenciando su finalidad en la mitigación del riesgo de inundación y fomentando el aprovechamiento de los recursos hídricos no convencionales. Dicha reutilización hídrica ha sido posible tras la remodelación de la EDAR Lo Pepín y el tanque anti-DSU de Doña Pepa, concluidas en noviembre de 2019 y enero de 2021, respectivamente. La actuación efectuada en noviembre de 2020 en el Parque Europa de Daya Nueva presenta un buen planteamiento en cuanto a la gestión de la escorrentía se refiere, que, con sistemas de drenaje sostenible mediante zanjas filtrantes pretenden controlar la escorrentía en origen, su calidad y favorecer la infiltración en el terreno. El estanque inundable de San Fulgencio ultimado en diciembre de 2019, potencia la gestión de la escorrentía de la zona, aunque la topografía del entrono dificulta el desempeño de dicha función, debido a la escasa pendiente del terreno. Estas iniciativas, proyectadas a escala local, son el resultado del trabajo conjunto que han desempeñado las administraciones locales con la entidad Hidraqua. Los ayuntamientos son los que deben aprobar estos proyectos y otorgar los permisos correspondientes para su ejecución. Por tanto, existe una colaboración estrecha entre los consistorios municipales, en los cuales se han llevado a cabo estas actuaciones, y la empresa concesionaria de agua que ha desarrollado las infraestructuras que las componen. En cuanto a la efectividad de las mismas, el balance resulta positivo, ya que las actuaciones proyectadas para mitigar los efectos de la escorrentía en localizaciones concretas a escala local, funcionan como estaba previsto. Si bien es cierto que dichas obras se finalizaron, en su mayor parte, con posterioridad al evento de precipitación de 2019, en el cual el entorno del Parque El Recorral se vio afectado.

Siguiendo esta dinámica, existen otras tipologías o metodologías de gestión de la escorrentía en medios urbanos en distintas localidades a lo largo de la fachada mediterránea. Las actuaciones más conocidas en la provincia de Alicante son el Parque Inundable de La Marjal y el Tanque Anticontaminación Ingeniero José Manuel Obrero Díez, estudiados y analizados por Hernández Hernández *et al.* (2016), Morote Seguido y Hernández Hernández (2016 y 2017) y Olcina Cantos *et al.* (2018) autores que destacan la importancia de este tipo de actuaciones, que, por un lado, permiten incrementar la oferta de agua para determinados usos, disminuyendo el uso de agua potable, y por otro lado, mejoran la gestión del riesgo de inundación y reducen la carga contaminante de la escorrentía pluvial.

Siguiendo la misma línea, Casal-Campos *et al.* (2012), Perales Momparler (2015) y Perales-Momparler *et al.* (2014, 2015, 2017), centran su investigación en la provincia de Valencia, donde analizan las actuaciones en materia de drenaje sostenible en las localidades de Xàtiva y Benaguasil, avalando la implantación de SUDS como medidas flexibles para la gestión de las escorrentías en medios urbanos y la mitigación y adaptación al cambio climático. Para la gestión eficiente de la escorrentía en medios urbanos, es de vital importancia tener en cuenta el factor de la contaminación en las superficies impermeables, en esta vertiente Andrés-Doménech *et al.* (2018) caracterizan la escorrentía, para la zona urbana del campus de la Universidad Politécnica de Valencia, considerando su cantidad y calidad, al mismo tiempo que evalúan la influencia de la variable meteorológica en el lavado de los contaminantes por la escorrentía urbana.

Las aguas pluviales se han convertido en una fuente potencial de recursos hídricos, ya que su aprovechamiento supone un beneficio en el ciclo hidro-social de los entornos urbanos. Según el estudio realizado por Domènech y Vallès (2014) un ejemplo de que el agua pluvial es una fuente alternativa, se encuentra en la región metropolitana de Barcelona, donde desde 2002 se han aprobado ordenanzas para el ahorro de agua mediante la instalación en las nuevas edificaciones de sistemas de recolección de agua de lluvia o de reutilización de aguas grises (Domènech y Vallès, 2014). Un caso paradigmático de esta región, es el estudiado por Domènech y Saurí (2011) en el municipio de San Cugat del Vallès, donde se ha incorporado este tipo de recursos hídricos al ciclo hidro-social del agua como implementación de su Plan Municipal de Adaptación al Cambio Climático. En este sentido, el aprovechamiento potencial del agua de lluvia en la región mediterránea está adquiriendo una importancia creciente, así en los estudios realizados por Villar-Navascués *et al.* (2018, 2020) para la provincia de Alicante, se propone la captación de agua de lluvia para consumo doméstico como alternativa a los recursos convencionales y como una medida de adaptación al cambio climático.

La puesta en marcha del Plan Vega Renhace (Generalitat Valenciana, 2020) para la mejora de la resiliencia en la comarca de la Vega Baja del Segura afectada por eventos atmosféricos extremos (inundaciones y sequías, principalmente) puede suponer un impulso importante para el desarrollo de actuaciones municipales de aprovechamiento de agua pluvial. Se trata de un plan estratégico que integra 28 actuaciones prioritarias a desarrollar en los próximos años para la recuperación socio-económica de este territorio y la adaptación a los extremos atmosféricos. Entre estas medidas se incluyen: a) la renovación de todas las EDAR de la comarca (sistemas terciarios y desalación), para alcanzar un nivel de reutilización de aguas residuales del 100% (actuación nº 10) en uno de los territorios más afectados por la escasez natural de recursos hídricos, en la región climática seca del sureste ibérico; y b) la implantación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en los municipios de la comarca, bajo la fórmula de cooperación público-privada, con las empresas concesionarias del agua potable. Los SUDS son un equipamiento infraestructural idóneo para la reducción del riesgo de inundaciones en zonas urbanas que complementa la eficacia de las obras hidráulicas tradicionales. Frente a éstas, los SUDS permiten el aprovechamiento de las aguas pluviales almacenadas en depósitos o embalses ajardinados para diferentes usos. Además, por su concepción, como equipamientos adaptados a la naturaleza, tienen un diseño de menor impacto que los encauzamientos fluviales tradicionales.

En cuanto a la gestión del riesgo de inundación, las propuestas deben contemplarse como medidas complementarias a las medidas estructurales rígidas. En el municipio de Oliva, en su Plan de Acción Local contra el Riesgo de Inundación (PAMRI) contemplan medidas no estructurales para la reducción del riesgo de inundación, como el drenaje urbano sostenible (Porta-Sancho,

Castillo-Rodríguez, Escuder-Bueno, y Perales-Momparler, 2016). En este sentido va encaminado el Plan Vega Baja RenHace, con la implementación de medidas rígidas y blandas, que estén del lado de la sostenibilidad, para 18 municipios de los 27 que componen la comarca del Bajo Segura.

5. Conclusiones

Esta investigación expone un análisis general de las medidas implementadas en algunos municipios del Bajo Segura, donde se ha apostado por el aprovechamiento del agua pluvial y residual regenerada. Con este análisis quedan justificadas dichas medidas, que han resultado ser una buena gestión en materia hídrica, ya que el uso de los caudales pluviales y residuales han fomentado la creación de nuevas zonas verdes, incrementándose así las superficies permeables y, por otro lado, estas nuevas zonas permitirán la reducción del riesgo de inundación, al disminuir volúmenes acumulados tras precipitaciones intensas.

En este sentido, las tres actuaciones descritas han resultado beneficiosas. En el caso de Rojas, se ha podido incrementar la oferta de agua residual depurada para usos urbanos con 163,000 m³, ahora el caudal depurado es totalmente reutilizado y se han eliminado los vertidos a las lagunas saladas de La Mata y Torrevieja. En Daya Nueva, se apuesta por el drenaje sostenible, gestionando la escorrentía en origen y favoreciendo la infiltración al terreno, mientras que, en San Fulgencio, el lago inundable, además de recibir agua depurada, gestiona las escorrentías que se producen en la zona, vertiendo el agua filtrada a la red de azarbes.

A este respecto, hay que destacar el interés que muestra la empresa *Hidraqua Gestión Integral de Aguas de Levante S.A.*, concesionaria de servicios medioambientales y del ciclo integral del agua, dentro del grupo Suez, que con estas actuaciones da cuenta de que persigue objetivos de desarrollo sostenible, para crear ciudades más resilientes que puedan adaptarse al cambio climático. Por ello, bajo el principio de responsabilidad social dentro del marco de la gestión integral del agua, apuesta por alternativas hidroeficientes que favorecen la reutilización del agua, a la vez que mejora la gestión de la escorrentía urbana en espacios problemáticos. Como resultado, la creación de zonas verdes generadoras de biodiversidad y capaces de amortiguar los efectos de las escorrentías, reduciendo su cantidad y mejorando su calidad, en las cuales se aprovecha el agua residual depurada para uso ornamental y de riego en detrimento del agua potable.

El interés por la gestión de las aguas pluviales ha aumentado en las últimas décadas al ser consideradas como un recurso importante dentro del ciclo integral del agua. A tenor de ello, las SBN y los SUDS se están consolidando como una herramienta para afrontar la gestión de las aguas pluviales, actuando, principalmente, en la reducción de la escorrentía circulante y en la mejora de la calidad de las aguas. Aunque estas actuaciones presentan múltiples beneficios, los costes de las infraestructuras son uno de los factores que dificulta la ejecución de las mismas en el ámbito local. Por tanto, es necesario incorporar estos sistemas a la planificación territorial y proporcionar ayudas y subvenciones para materializar su implementación a las infraestructuras ya existentes (Arahuetes y Olcina Cantos, 2019). Por otro lado, es necesario realizar Planes Municipales de Adaptación al Cambio Climático, que aboguen por el cumplimiento del Objetivo 6 Agua limpia y saneamiento y Objetivo 13 Acción por el clima, propuestos en la Agenda 2030 para la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

La implementación de medidas sostenibles para la gestión del agua de escorrentía, está adquiriendo gran importancia en el ciclo integral del agua, ya que suponen una adaptación frente a los

efectos de las inundaciones y la sequía, contribuyendo a la creación de ciudades más resilientes. Por ello, y ante la existencia limitada de evidencia científica sobre la función de estos sistemas en el sureste español, la divulgación de estas experiencias es fundamental para el conocimiento y educación ambiental de la sociedad, ya que dichas soluciones precisan de la responsabilidad social para su mantenimiento y efectividad, para hacer frente a los retos sociales del siglo XXI (European Commission, 2015).

En relación con las medidas antes descritas, en un futuro, se debería evaluar el grado de efectividad de las mismas y continuar describiendo otras infraestructuras ya ejecutadas o proyectadas en el futuro, dentro del marco del Plan Vega Baja RenHace, en la comarca del Bajo Segura.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los técnicos de la empresa Hidraqua Gestión Integral de Aguas de Levante SA. su colaboración y la información proporcionada. También queremos agradecer a los técnicos del Ayuntamiento de Rojales su atención y la información facilitada. Agradecemos a los revisores sus consideraciones y apartaciones para dotar de mayor calidad a esta investigación.

Contribución de autorías

Esther Sánchez Almodóvar es la responsable de la recopilación de información, análisis de los estudios de caso, redacción y revisión. Jorge Olcina Cantos y Javier Martí Talavera contribuyeron en el análisis de resultados, la redacción y revisión de manuscritos.

Financiación

Esta investigación es resultado de la obtención de una beca de formación de profesorado universitario (FPU) de la que la primera autora es beneficiaria, (FPUA2019-54) por parte del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad de Alicante, y se inserta en el proyecto de investigación “Cambio climático y agua: los recursos no convencionales como estrategia adaptativa para incrementar la resiliencia de los usos agrícolas y urbano-turísticos en el litoral de Alicante” (AICO/2020/253) financiado por la Generalitat Valenciana.

Conflicto de intereses

Los/as autores/as de este trabajo declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.

Bibliografía

- Andrés-Doménech, I. (2017). Una apuesta decidida por el drenaje urbano sostenible. *El economista*, (46), 20-21.
- Andrés-Doménech, I., Hernández-Crespo, C., Martín, M., & Andrés-Valeri, V. C. (2018). Characterization of wash-off from urban impervious surfaces and SuDS design criteria for source control under semi-arid conditions. *Science of the Total Environment*, 612, 1320-1328. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.011>
- Arahuetes, A. & Olcina Cantos, J. (2019). The potential of sustainable urban drainage systems (SuDS) as an adaptive strategy to climate change in the Spanish Mediterranean. *International Journal of Environmental Studies*, 76(5), 764-779. <https://doi.org/10.1080/00207233.2019.1634927>
- Box Amorós, M. (1985). *Las zonas húmedas de la provincia de Alicante y los procesos de intervención antrópica* (Tesis Doctoral, Universidad de Alicante, Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física). Universidad de Alicante, Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10045/3323>
- Casal-Campos, A., Jefferies, C., & Perales Momparler, S. (2012). Selecting SUDS in the Valencia Region of Spain. *Water Practice and Technology*, 7(1). <https://doi.org/10.2166/wpt.2012.001>

- Castro-Fresno, D., Andrés-Valeri, V. C., Sañudo-Fontaneda, L. A., & Rodríguez-Hernandez, J. (2013). Sustainable drainage practices in Spain, specially focused on pervious pavements. *Water (Switzerland)*, 5(1), 67-93. <https://doi.org/10.3390/w5010067>
- Diario Información. (2017). San Fulgencio regará con agua regenerada. *Diario Información*. Recuperado de <https://www.informacion.es/vega-baja/2017/09/26/san-fulgencio-regara-agua-regenerada-5879270.html>
- Domènech, L. & Saurí, D. (2011). A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs. *Journal of Cleaner Production*, 19(6-7), 598-608. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.11.010>
- Domènech, L. & Vallès, M. (2014). Local regulations on alternative water sources: greywater and rainwater use in the Metropolitan Region of Barcelona. *Investigaciones Geográficas*, (61), 87-96. <https://doi.org/10.14198/ingeo2014.61.06>
- España. Ministerio de Agricultura y Pesca, A. y M. A. (2016). Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, el Reglamento de Planificación Hidrológica, aprobado por el Real Decreto 907/2007, de 6 de. *Boletín Oficial del Estado*, (314, 29 de diciembre), 91133-91175.
- España. Ministerio de la Presidencia. (2007). Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. *Boletín Oficial del Estado*, (294, 8 de diciembre), 50639-50661.
- España. Ministerio de la Presidencia. (2010). Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación. *Boletín Oficial del Estado*, (171, 15 de julio), 61954-61967. Recuperado de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2010/07/09/903>
- ESPON. (2006). *The Spatial Effects and Management of Natural and Technological Hazards in Europe* (P. Schmidt-Thomé, Ed.). [https://doi.org/10.1016/S0264-410X\(12\)01439-9](https://doi.org/10.1016/S0264-410X(12)01439-9)
- European Commission. (2015). *Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions and re-naturing cities. Final Report of the Horizon 2020 expert group on nature-based solutions and re-naturing cities (fill version)*. Brussels. <https://doi.org/10.2777/765301>
- Fernández Rodríguez, H., Trapote Jaume, A., & Fernández Mejuto, M. (2020). Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible. Tipos y objetivos. En M. I. López Ortiz & J. Mergarejo Moreno (Eds.), *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes* (pp. 773-786). Orihuela: Universidad de Alicante. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10045/109017>
- FNCA. (s. f.). Fundación Nueva Cultura del Agua. Recuperado 2 de julio de 2021, de <https://fnca.eu/en/>
- Fresno, D. C., Bayón, J. R., Hernández, J. R., & Muñoz, F. B. (2005). Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible. (SUDS). *Interciencia*, 30(5), 1-25. Recuperado de <http://www.caminospaisvasco.com/Profesion/Publicaciones-de-nuestros-colegiados/suds>
- García de Consuegra Priego, M. E. (2020). Experiencias y propuestas para aumentar la resiliencia urbana frente a inundaciones. En M. I. López Ortiz & J. Mergarejo Moreno (Eds.), *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes* (pp. 569-589). Orihuela: Universidad de Alicante. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10045/109017>
- Generalitat Valenciana. Conselleria d'Habitatge, O. P. y V. del T. (2015). *Plan de Acció Territorial sobre Prevenció del Riesgo de inundación en la Comunitat Valenciana (PATRICOVA)* [Normativa]. Valencia. Recuperado de <http://politicaterritorial.gva.es/documents/20551069/162377494/02+Normativa/5d2bca03-0f7f-4774-b602-4447cfb8d-ce7>
- Generalitat Valenciana. (2020). *Plan Vega Renhace. Una estrategia integral para la resiliencia de la comarca de la Vega Baja del Segura*. Valencia. Recuperado de <http://www.presidencia.gva.es/es/web/vega-renhace>
- Gil Olcina, A. & Canales Martínez, G. (1989). Creación, disolución y parcelación del señorío alfonsino de Daya Vieja. *Investigaciones Geográficas*, (7), 31-50. <https://doi.org/10.14198/INGEO1989.07.04>
- Giménez-Font, P. (2008). *Las transformaciones del paisaje valenciano en el siglo XVIII. Una perspectiva geográfica* (Institució Alfons el Magnànim. Diputació de València, Ed.). Valencia.
- Hidraqua Gestión Integral de Aguas de Levante S.A. (2016). *Proyecto básico para la reutilización y autorización de vertido del agua depurada en la cuenca sur del T.M. de Rojales* (p. 111). p. 111. Rojales: Hidraqua; Ayuntamiento de Rojales.

- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* (E. principal de Redacción, R. K. Pachauri, & L. A. Meyer, Eds.). Ginebra, Suiza.
- IPCC. (2018). *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change*, (and T. W. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, Ed.).
- IPCC. (2019). *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*.
- Jato-Espino, D., Sillanpää, N., Andrés-Doménech, I., & Rodríguez-Hernandez, J. (2018). Flood risk assessment in urban catchments using multiple regression analysis. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 144(2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000874](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000874)
- Ministerio de Agricultura, A. y M. A. (2014). *Manual Nacional de Recomendaciones para el Diseño de Tanques de Tormenta*. Madrid: MAGRAMA. Recuperado de https://www.asoaeas.com/sites/default/files/Documentos/Manual_Tanques_Tormenta_MAGRAMA.pdf
- Ministerio de Medio Ambiente. (1998). RESOLUCIÓN de 25 de mayo de 1998, de la Secretaria de Estado de Aguas y Costas, por la que se declaran las «zona sensible» en las cuencas hidrográficas intercomunitarias. *Boletín Oficial del Estado*, (155, 30 de junio), 34635-34636.
- Morote, Á. F. & Hernández, M. (2016). Población extranjera y turismo residencial en el litoral de Alicante (1960-2011): Repercusiones territoriales. *Eure*, 42(126), 55-76. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612016000200003>
- Morote Seguido, Á. F. & Hernández Hernández, M. (2016). El uso de aguas pluviales y de tormenta en la ciudad de Alicante. De riesgo a recurso hídrico alternativo. En R. García Marín, F. Alonso Sarría, F. Belmonte Serrato, & D. Moreno Muñoz (Eds.), *XV Coloquio Ibérico de Geografía. Retos y tendencias de la Geografía Ibérica. Murcia, España, 7-9 noviembre 2016* (pp. 1008-1015). Murcia: Universidad de Murcia -Asociación de Geógrafos Españoles-APG.
- Morote Seguido, Á. F. & Hernández Hernández, M. (2017). El uso de aguas pluviales en la ciudad de Alicante. De viejas ideas a nuevos enfoques. *Papeles de Geografía*, (Número monográfico del XV Coloquio Ibérico de Geografía), 7-25. <https://doi.org/https://doi.org/10.6018/geografia/2017/279451>
- Olcina Cantos, J. (2017). Incremento de episodios de inundación por lluvias de intensidad horaria en el sector central del litoral mediterráneo español: análisis de tendencias en Alicante. *Sémata: Ciencias Sociais e Humanidades*, 29, 143-163. <https://doi.org/10.15304/s.29.4213>
- Olcina Cantos, J. & Biener Camacho, S. (2020). Evidencias del proceso de calentamiento térmico planetario en el litoral mediterráneo español. En *Aportación Española al 34º Congreso de la UGI. España, puente entre continentes* (pp. 155-166). Estambul. <https://doi.org/10.7419/162.10.2020>
- Olcina Cantos, J., Campos Rosique, A., Casals del Busto, I., Ayanz López-Cuervo, J., Rodríguez Mateos, M., & Martínez Puentes, M. (2018). Resiliencia en el ciclo urbano del agua. Extremos pluviométricos y adaptación al cambio climático en el ámbito mediterráneo. *Universidad de Alicante*, (8). Recuperado de <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/76370>
- Olcina Cantos, J. & Vera-Rebollo, J. F. (2016). Adaptación del sector turístico al cambio climático en España. La importancia de las acciones a escala local y en empresas turísticas. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 36(2), 321-352. <https://doi.org/10.5209/AGUC.53588>
- Parlamento Europeo. El Consejo de la Unión Europea. (2000). Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. *Diario Oficial de la Unión Europea. Serie L*, 43(327, 23 de octubre), 72. Recuperado de <http://data.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj>
- Perales-Momparler, S., Andrés-Doménech, I., Hernández-Crespo, C., Vallés-Morán, F., Martín, M., Escuder-Bueno, I., & Andreu, J. (2017). The role of monitoring sustainable drainage systems for promoting transition towards regenerative urban built environments: a case study in the Valencian region, Spain. *Journal of Cleaner Production*, (163), S113-S124. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.153>
- Perales-Momparler, S., Hernández-Crespo, C., Vallés-Morán, F., Martín, M., Andrés-Doménech, I., Andreu Álvarez, J., & Jefferies, C. (2014). SuDS efficiency during the start-up period under mediterranean climatic conditions. *Clean - Soil, Air, Water*, 42(2), 178-186. <https://doi.org/10.1002/clen.201300164>

- Perales Momparler, C. S. (2015). *A regenerative urban stormwater management methodology. The Role of SUDS construction and monitoring in the transition of a mediterranean city*. Universitat Politècnica de València.
- Perales Momparler, S. (2008). Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS). *Expo Zaragoza 2008. Agua y Servicios de Abastecimiento y Saneamiento*, 11. Recuperado de <http://www.zaragoza.mobi/contenidos/medioambiente/cajaAzul/33S8-P3-SaraPeralesACC.pdf>
- Perales Momparler, S. & Andrés-Doménech, I. (2008). Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia. *Retema: Revista técnica de medio ambiente*, 21(124), 92-104.
- Perales, S., Andrés, I., & Escalante, E. (2008). Los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en la hidrogeología urbana. *IX Simposio de Hidrogeología. AEH-IGME*, (1), 1-12. Elche. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/265057760%0A>Los
- Pérez Zabaleta, A., Gracia de Rentería, P., Ballesterol Olza, M., Pérez Foguet, A., Ezbakhe, F., & Guerra-Librero Castilla, A. (2019). *Análisis de las Necesidades de inversión en renovación de las infraestructuras del ciclo urbano del agua* (U. N. de E. a Distancia, Ed.). Madrid: Fundación Aequae. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29292.51844>
- Porta-Sancho, J. R., Castillo-Rodríguez, J. T., Escuder-Bueno, I., & Perales-Momparler, S. (2016). The need for municipal action planning against flood risk: the risk-informed journey of the municipality of Oliva (Spain). *VITRUVIO - International Journal of Architectural Technology and Sustainability*, 1(2), 67. <https://doi.org/10.4995/vitruvio-ijats.2016.6849>
- Soto-Fernández, R. & Perales-Momparler, S. (2017). El camino del agua en el paisaje urbano, barrio de Bon Pastor, Barcelona. *V Water Engineering Conference, 24-26 de Octubre. A Coruña*, 9.
- Trapote Jaume, A. (2020). Influencia de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en el diseño de colectores y en el riesgo de inundación. En M. I. López Ortiz & J. Mergarejo Moreno (Eds.), *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes* (pp. 787-797). Orihuela: Universidad de Alicante. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10045/109017>
- Villar-Navascués, R., Pérez-Morales, A., & Gil-Guirado, S. (2018). Evaluación del potencial de captación de aguas pluviales en tejados en Alicante. En M. J. López García, P. Carmona, J. Saom, & J. M. Albertos (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: perspectivas multidisciplinares en la sociedad del conocimiento* (pp. 433-443). Universidad de València.
- Villar Navascués, R., Pérez Morales, A., & Gil Guirado, S. (2020). Assessment of rainwater harvesting potential from roof catchments through clustering analysis. *Water*, 12(9), 14. <https://doi.org/10.3390/W12092623>
- Woods-Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., & Kellagher, R. (2015). *The SuDS Manual*. London: CIRIA.