

El camino del agua en el paisaje urbano, barrio de Bon Pastor, Barcelona.

Soto-Fernández, R.^a y Perales-Momparler, S.^b

^aAyuntamiento de Barcelona. C/ Bolivia 105, 2ª planta. 08018 Barcelona. Email: rsotof@bcn.cat

^bGreen Blue Management; Avda. del Puerto 180 pta. 1-B. 46023 Valencia. Email: sara.perales@greenbluemanagement.com

Línea temática M | Tema monográfico.

RESUMEN

El presente artículo analiza diversas formas de gestionar de manera eficiente y sostenible las aguas de escorrentía urbana complementarias a los sistemas unitarios existentes en la ciudad de Barcelona. Estas formas, materializadas en las obras de urbanización del barrio de Bon Pastor, dan fe y ponen a prueba otros modos de entender el metabolismo urbano en lo que atañe al ciclo del agua. El objetivo es no alterar de forma sustancial este ciclo hidrológico natural previo a la construcción de la urbe, a través de métodos sencillos como lo es el de maximizar o incrementar la superficie vegetada y permeable dentro de los nuevos terrenos a urbanizar y o remodelar. Esta forma de repensar y reconstruir el ciclo hidrológico a través de la naturalización del paisaje urbano contribuye, junto con otros muchos beneficios de innegable valor, a crear espacios saludables para sus habitantes y aumentar la calidad del entorno en su sentido más amplio.

Palabras clave | Barcelona; drenaje urbano; salud, felicidad; infraestructura verde.

INTRODUCCIÓN

“Así como hay caminos para los hombres y las bestias, también hay caminos para el agua. Unos para dirigirla donde se quiere; otros, para que no vaya donde no se desea que vaya.” Autor desconocido.

Si nos parásemos a pensar por un instante en esta idea de los recorridos del agua en la actualidad de nuestras ciudades, se hace difícil entender por qué el agua de lluvia, relativamente limpia en origen, se mezcla con las aguas fecales, aumentando considerablemente el volumen de aguas contaminadas que se vierten a los medios naturales sin depurar, o en el mejor de los casos, llegando a la depuradora, donde ese inmenso volumen de agua es despojado de la contaminación que no contenía en su origen, con los consecuentes costes económicos y energéticos. Hay otros temas también difíciles de entender como el tema de las basuras, la contaminación atmosférica, la movilidad, la falta de permacultura en la ciudad a través de los huertos urbanos, etc.

Nos encontramos por tanto ante una situación urbana en la que aparentemente las cosas funcionan, pero nada más lejos de la realidad, el engaño está en que nos hemos acostumbrado a la comodidad de lo inmundo como algo aceptable. En esta ignorancia y costumbres vive o vivimos la mayoría de ciudadanos. El problema no reside en que no hayamos conseguido definir según la voluntad los recorridos del agua, sino que la comodidad de lo inmediato y la falta de visión nos han impedido entender que la ciudad, a pesar de ser un artificio, puede respetar el ciclo natural del agua así como otros ciclos naturales.

Para el 2050 se estima que vivirán 2.500 millones de personas más en ciudades (ONU-HABITAT, 2016), lo que implicará, si se siguen empleando los patrones convencionales en la ocupación y sellado del suelo, la directa degradación del suelo, la disminución de la evapotranspiración, el aumento de zonas impermeables y una menor calidad de vida (Comisión Europea, 2012). Pero el aumento de la impermeabilización del suelo por la expansión urbana no siempre ha estado ligado a un aumento de la población: en Barcelona, el espacio urbano en su primer cinturón metropolitano se ha duplicado entre 1975 y 2000 (lo que supone que en este cuarto de siglo la ocupación del suelo ha sido tan grande como en toda la historia previa de la ciudad), mientras que la población permanecía prácticamente estabilizada (Rueda, 2012).

Las ciudades deberán estar preparadas para prestar servicios hídricos sostenibles (MinETAD, 2015) y mejorar el bienestar de los ciudadanos, transformándose en ciudades verdes, resilientes y circulares, en definitiva, ciudades inteligentes del agua.

Se hace por tanto necesario una manera de pensar diferente, articuladora e integradora para planificar nuestras ciudades, que incorpore desde la misma concepción del plan o proyecto, y en la medida de lo posible, la retención, acumulación e infiltración del agua de lluvia (Rubio, 2008). Más aún con el escenario de disminución de la precipitación y el aumento de los fenómenos extremos de precipitaciones, propiciadas por el cambio climático, que pondrán a prueba a las ciudades (Irastorza, 2016).

Se debe pasar de la economía lineal (producir, usar, tirar), a la economía circular, que tiene una vertiente más ecológica, pues busca cómo asemejarse a los procesos de la naturaleza para obtener beneficios sin dañar el medio. Para ello, las estrategias a implementar por las ciudades inteligentes del agua incluyen la restauración de la capacidad drenante natural en las ciudades, introduciendo soluciones basadas en la naturaleza y el cierre del ciclo del agua, mediante la sensibilización, eficiencia y monitorización de las medidas, así como la reutilización/aprovechamiento del agua (Hattum et al., 2016).

La transición hacia una ciudad renaturalizada, más saludable y resiliente, alineada con la visión de la nueva agenda urbana de Naciones Unidas (2017) no es sencilla, pero es posible cuando se cuenta con el conjunto de actores implicados. En el caso del municipio valenciano de Benaguasil, su firme apuesta por una gestión más sostenible del agua de lluvia le valió el Premio Ciudad Sostenible, en la categoría del ciclo del agua, a nivel nacional (Ballester-Olmos et al., 2015; Perales-Momparler et al., 2015, Peris-García y Perales-Momparler, 2016).

El enfoque para afrontar la gestión inteligente del agua pluvial, que integra un amplio abanico de soluciones (que pueden utilizarse bien como alternativa a los sistemas de drenaje convencionales o en combinación con ellos) y aúna aspectos hidrológicos, medioambientales y sociales, se conoce como Sistemas de Drenaje Sostenible (SuDS), recibiendo otras acepciones en la literatura, como Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible (TDUS), Best Management Practices (BMPs), Low Impact Developments (LIDs), Green Infrastructure (GI) o Water Sensitive Urban Design (WSUD).

Los principales beneficios de este enfoque son la mejora de la calidad del agua, la reducción del riesgo de inundación y el aprovechamiento del agua de lluvia urbana (incluyendo la recarga de acuíferos). Adicionalmente la infraestructura verde proporciona co-beneficios como el aumento de la biodiversidad, un valor estético, la mejora de la calidad del aire, ahorros energéticos de transporte y tratamiento, captación de CO₂, adaptación al cambio climático (aumento de la resiliencia), reducción del efecto isla de calor y de la contaminación acústica (Rueda, 2012; UNEP, 2014). En el territorio español, la monitorización de las actuaciones de regeneración urbana llevadas a cabo en Benaguasil (Valencia) con soluciones basadas en la naturaleza, ha permitido comprobar los beneficios de los SUDS para la gestión del agua de lluvia en el área Mediterránea, tanto en cantidad como en calidad (Perales-Momparler et al., 2014 y 2016).

Este artículo presenta un ejemplo de cómo la gestión de las escorrentías se ha convertido en un punto fundamental del proceso de planificación urbana, aspecto fundamental para avanzar en sostenibilidad, resiliencia y generación de mejores condiciones de vida para los ciudadanos (Perales-Momparler S. y Andrés-Doménech I., 2016). Uno de los principales objetivos de la intervención en este barrio de Bon Pastor en Barcelona (y que es extrapolable al resto de la ciudad y a otras ciudades), es construir un paisaje que aporte felicidad (paz, tranquilidad, etc.) a los habitantes, buscando la máxima habitabilidad en el espacio urbano de forma económica y sostenible, evitando lo que es superfluo al mismo tiempo que se naturaliza el entorno. Otro de los objetivos es aprovechar la oportunidad para poner a prueba elementos “novedosos” para las urbanizaciones habituales que aporten mejoras en calidad de vida y mejoras en la sostenibilidad de la construcción, con la finalidad de que puedan llegar a estandarizarse pasando a ser elementos más cotidianos.

LA INTEGRACIÓN DE LA GESTIÓN DEL AGUA EN LA CONCEPCIÓN DEL BARRIO

Se trata de una remodelación de barrio con una transformación urbanística importante, originalmente constituido por antiguas casas baratas unifamiliares, que son derribadas dejando espacio para la construcción de bloques de protección oficial y espacio público a urbanizar. El hecho de pasar de una ocupación extensiva de suelo por parte de las viviendas unifamiliares a bloque de vivienda en altura, libera una gran cantidad de metros cuadrados de suelo que se destinarán a zonas verdes.

Como punto de partida se entiende que las aguas pluviales no han de mezclarse con las aguas residuales (mientras sea factible), por lo que se crea un escenario diferente y voluntario en el que la reserva de terrenos permeables dentro de las zonas a urbanizar se vuelve indispensable para garantizar un correcto drenaje urbano sostenible y que aporta resiliencia, de modo que la escorrentía generada pueda retomar su camino a través de sistemas pensados para que el ciclo natural del agua no se rompa.

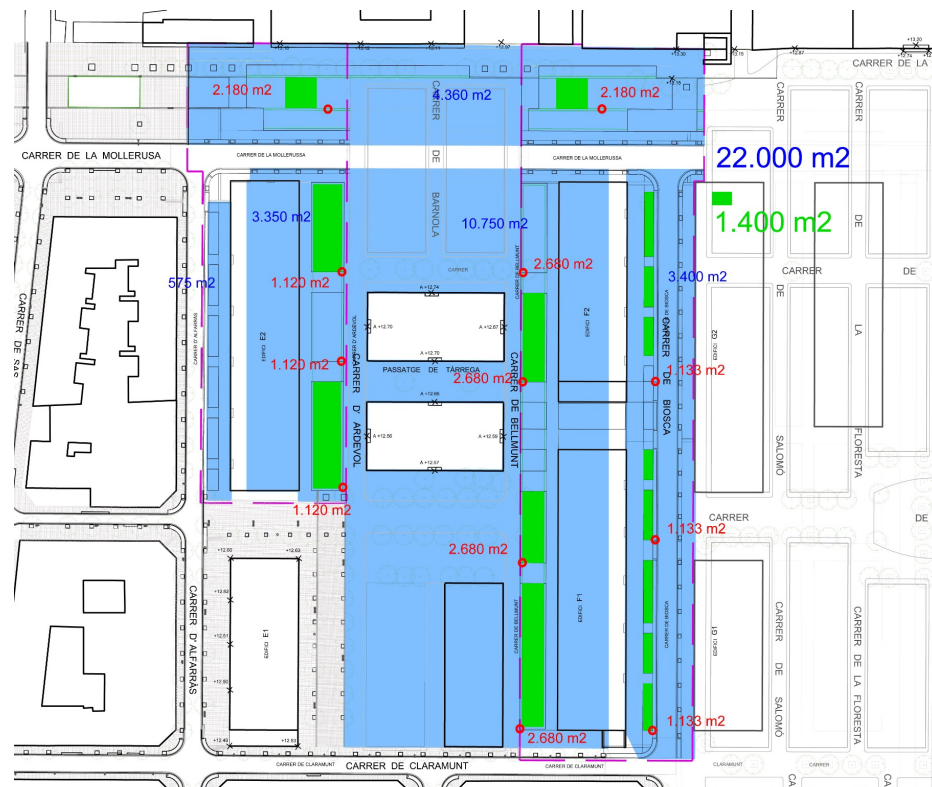


Figura 1. Planta con la intervención que describe las diferentes áreas, superficie de escorrentía (azul) dirigida a las zonas vegetadas (verde).

La Figura 1 presenta el ámbito de actuación, en el que se muestra la relación existente entre las cuencas drenantes (en azul) y las zonas verdes donde se gestiona la escorrentía que en ellas se genera (en verde). Las superficies grafiadas en color azul (22.000 m^2), en su mayoría impermeables, en las que se incluyen las cubiertas de los nuevos bloques de vivienda, vierten su escorrentía a las superficies grafiadas en verde (1.400 m^2), correspondientes a zonas inundables vegetadas o parterres inundables.

La proximidad del barrio al delta del río Besós, en el que el subsuelo es arenoso, permite de una forma fácil y muy económica la posibilidad de infiltrar prácticamente toda la escorrentía pluvial sin que se produzca rebose a los sistemas unitarios en la gran mayoría de los episodios de lluvia. Estos parterres cuentan con unos aliviaderos (grafiados en rojo) que entraran en acción sólo si se supera la capacidad de acumulación de agua en episodios de fuerte precipitación, según se explica en el apartado siguiente.

Dependiendo del tipo de espacio urbano, se han utilizado los tipos de SUDS que se han creído más convenientes, y que se muestra en las siguientes imágenes.



Figura 2. Calles interiores de súper-manzana con parterres inundables ajardinados.

Los espacios calificados por el planeamiento como viales interiores de súper-manzana y zonas verdes, se han conformado como parterres inundables de 45 cm de desnivel con respecto a la rasante de la calle, en los que se incluyen unos pozos de infiltración de grava de aproximadamente 3 m de profundidad hasta llegar al estrato drenante; la superficie de acabado está formada por 20 cm de arena sobre un geosintético que la separa de la capa de gravas inferior (Figura 2).

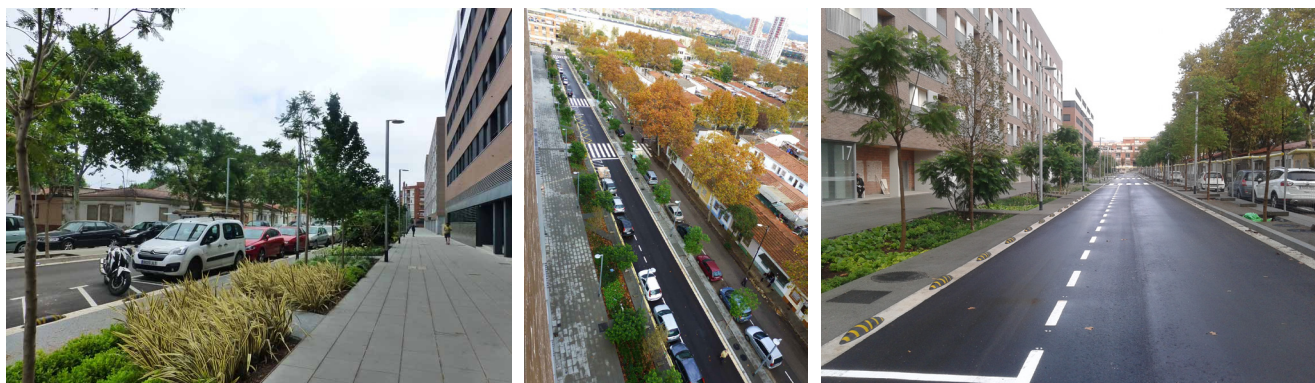


Figura 3. Calles con tráfico local con franjas de biorretención en calzada.

En la Figura 3 se muestran imágenes de una calle convencional con calzada y acera, en la que se ha dispuesto una franja de biorretención en la lima-olla de la calle a la que va a desaguar toda la escorrentía superficial, y que gracias a la forma cóncava (representada en el detalle de la Figura 4) permite la retención del agua en los momentos pico y la detención de contaminantes como hidrocarburos procedentes de calzada, que gracias a los procesos biológicos se degradarán.

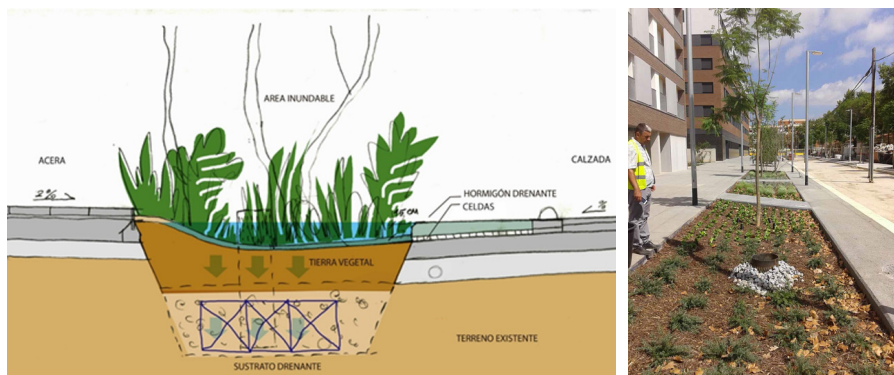


Figura 4. Detalle de franja de biorretención que recoge agua de calzada y acera.

Otras técnica introducida es la de colocar pavimentos permeables en las alineaciones de arbolado de calle (Figura 5), formado por una capa de 20 cm de hormigón permeable in-situ sobre una malla de polietileno que impide que el hormigón

V Jornadas de Ingeniería del Agua. 24-26 de Octubre. A Coruña

rellene los huecos de las celdas de polipropileno sobre la que se asienta esta maya. Las celdas crean un espacio vacío de 5 cm de espesor y permiten el almacenamiento del agua antes de pasar al suelo estructural formado por balasto granítico y tierra vegetal, mejorando el sustrato en el que se desarrollará el arbolado y por tanto la calidad de vida de este, al tiempo que aprovechamos las aguas que corren por las aceras para el riego, almacenamiento y filtración en este sustrato.



Figura 5. Pavimento permeable sobre celdas de polietileno y éstas sobre suelo estructural en las alineaciones de arbolado.

Hay que decir que se ha procurado utilizar un máximo de elementos constructivos y materiales estándar, siendo la combinación entre ellos, su disposición y el dimensionado lo que hace que el conjunto sea inusual. La Figura 6 presenta algunos de los aliviaderos empleados.



Figura 6. Detalle de sumidero en calzada conectado a los parterres inundables ajardinados.

Por último en el esquema del cartel de la figura 7, se dibuja otro elemento fundamental en la construcción de la ciudad sostenible que es la cubierta vegetada-aljibe, que en el caso de este barrio está en proceso de negociación entre promotores, comunidades de vecinos y el propio ayuntamiento, habiendo publicado las asociaciones del barrio un artículo muy favorable hacia la transformación de las cubiertas inertes en cubiertas vergel o productivas, dando a entender el grado de concienciación y compromiso de la gente en pro de la sostenibilidad (el artículo se publicó en una revista vecinal).

Este enfoque del empleo de infraestructura verde como una forma inteligente e integrada de gestionar nuestro capital natural y, entre otros, mitigar el incremento del riesgo de inundación, está ya en la actualidad refrendado tanto a nivel europeo como nacional (Comisión Europea, 2014; Boletín Oficial del Estado, 2016).

De esta forma conseguimos múltiples objetivos, como el incremento de la disponibilidad de los recursos hídricos dentro de la propia urbe a partir de la recarga de los acuíferos, contribuyendo también a disminuir la cuña salina en los límites costeros como es el caso de Barcelona. Este aumento de recursos hídricos permite aumentar las zonas verdes y ajardinadas que al mismo tiempo favorecerán la gestión de las escorrentías en un ciclo cerrado y sostenible.

La intervención en Bon Pastor, que es un barrio de nueva creación en el que el planeamiento hace casi tabula rasa de lo existente, se basa en experiencias previas de SUDS llevadas a cabo en la misma ciudad, como la de Can Cortada (Perales-Momparler y Soto-Fernández, 2013).

RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO-HIDRÁULICA

Desde el punto de vista del funcionamiento hidrológico-hidráulico, en un primer paso se comprueba si los jardines y las franjas de biorretención inundables son capaces de capturar, retener y evacuar (por procesos de evaporación, evapotranspiración e infiltración al terreno) en menos de 48 horas, el volumen de agua asociado con la tormenta de percentil 80, que en el caso de Barcelona es de 15 mm.

A continuación se calculan los caudales pico generados por la lluvia de diseño empleando un método simplificado (Método Racional) para comprobar si los aliviaderos ejecutados y los conductos hacia la red unitaria cuentan con la capacidad hidráulica suficiente para transportar y evacuar el caudal instantáneo producido por la lluvia, de intensidad máxima de 212,45 mm/h, sin tener en cuenta la laminación que se produce en los jardines inundables.

Posteriormente se realiza una modelización hidrológico-hidráulica de los SUDS ejecutados para determinar su comportamiento, contemplando dos situaciones:

- Análisis para la lluvia de diseño (hietograma) de periodo de retorno $T = 10$ años, de 60 minutos de duración, intensidad pico de 212,45 mm/h y volumen de precipitación total de 59 mm.
- Análisis en continuo durante un año tipo entero: el año 1997, con datos de precipitación cincominutales del pluviómetro de Sarrià-Sant Gervasi (Pluvio 19). El volumen de precipitación total registrado es de 478 mm.

Para ello se emplea el software especializado Micro Drainage® de XPSoftware. El software incluye las ecuaciones de continuidad, energía y cantidad de movimiento completas para llevar a cabo el análisis, permitiendo contemplar la retención temporal en origen del agua de lluvia, su evacuación laminada hacia el punto de vertido (en este caso los aliviaderos conectados a la red unitaria) y/o su infiltración al terreno.

La modelización hidrológico-hidráulica realizada sobre el sistema de drenaje construido, muestra que para el año tipo 1997, menos de un 0,1% de la escorrentía generada en las zonas gestionadas mediante SUDS llega al sistema unitario, reduciendo por tanto en un 99,9% la cantidad de escorrentía que debe ser transportada y tratada en la depuradora, o en su caso vertida al mar en episodios de descarga del sistema unitario (Figura 7).

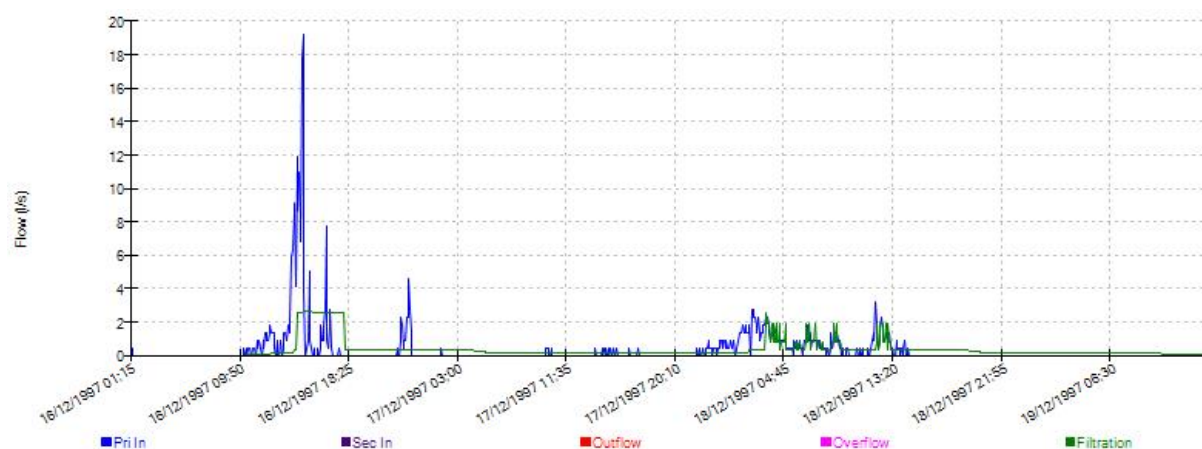


Figura 7 | Hidrogramas de entrada (línea azul), de salida por infiltración al subsuelo (línea verde) y de salida por rebose a la red unitaria (línea magenta) en el parterre P9-PZ1 del barrio de Bon Pastor (Barcelona). (Modelización con Micro Drainage®, precipitación del 16-12-2017).

Asimismo, para la tormenta de diseño de periodo de retorno $T=10$ años, se calcula que se produce una reducción de los caudales pico del 85%, así como un retardo de la punta de los hidrogramas de entrada a la red unitaria (Figura 8).

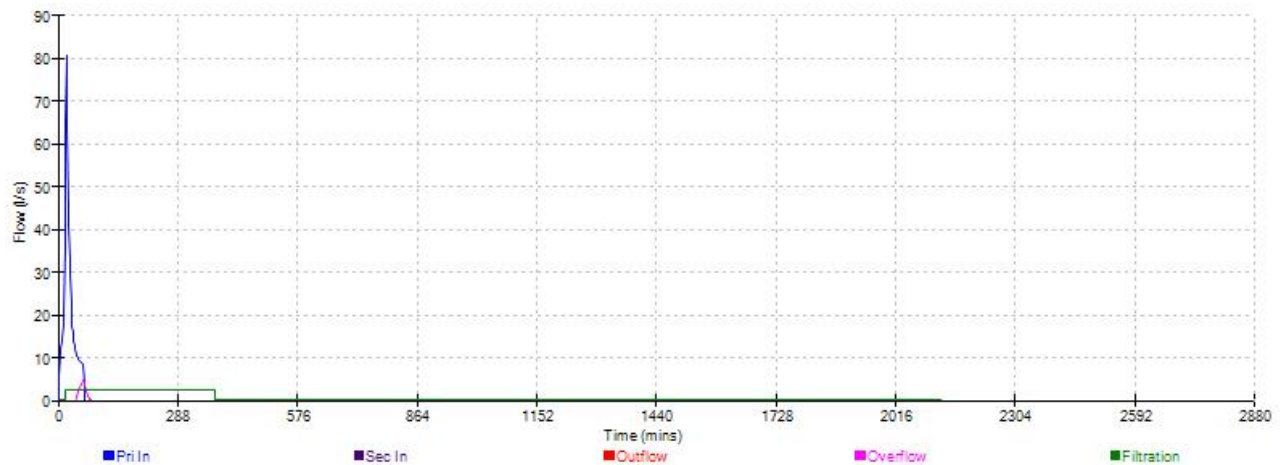


Figura 8 | Hidrogramas de entrada (línea azul), de salida por infiltración al subsuelo (línea verde) y de salida por rebose a la red unitaria (línea magenta) en el parterre P9-PZ1 del barrio de Bon Pastor (Barcelona). (Modelización con Micro Drainage® para T = 10 años).

Además de los mencionados, cabe destacar otros beneficios sociales y ambientales, como la multi-funcionalidad de los espacios públicos, la disminución del efecto “isla de calor”, la contribución a la recarga del acuífero subyacente, etc. La Figura 9 es una muestra de uno de los beneficios sociales aportados: espacio divertido, información y educación.



Figura 7 | Carteles informativos sobre la gestión del agua de lluvia en el barrio (izq.) y niños que encuentran los SUDS “divertidos” (dcha.).

CONCLUSIONES

Este es un ejemplo que demuestra que hay otros caminos para el agua de la escorrentía. Al mismo tiempo que es una solución local y singularizada por el entorno, tiene un carácter global y se puede extrapolar a cualquier zona urbanizada, siendo apta para cualquier tipo de climatología con las adaptaciones y dimensionados pertinentes.

Es necesario aprender de nuevo la gran importancia y valor indiscutible del agua en las ciudades, y pasar a considerarlo no como un agente atmosférico enemigo sino como un elemento que contribuye a mejorar la calidad urbana y por tanto de vida; y para ello es importante la divulgación de experiencias como esta.

REFERENCIAS

Ballester-Olmos, J.F., Peris-García, P.P., Perales-Momparler, S., Andrés-Doménech, I., Escuder-Bueno, I. 2015. *El agua en Benaguasil. Un viaje en el tiempo*. Ajuntament de Benaguasil, España.

- Boletín Oficial del Estado. 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 julio, y otros reglamentos en materia de gestión de riesgos de inundación, caudales ecológicos, reservas hidrológicas y vertidos de aguas residuales*. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, España.
- Comisión Europea. 2012. *Directrices sobre mejores prácticas para limitar, mitigar o compensar el sellado del suelo*. Documento de trabajo de los servicios de la comisión. SWD (2012) 101 final/2. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. doi:10.2779/76266.
- Comisión Europea. 2014. *Construir una infraestructura verde para Europa*. Oficina de Publicaciones Oficiales de la Unión Europea.
- Hattum, T., Blauw, M., Jensen, M. B., & de Bruin, K. 2016. Towards Water Smart Cities: climate adaptation is a huge opportunity to improve the quality of life in cities. Report No. 2787, Wageningen University & Research, Wageningen, Países Bajos.
- Irastorza, L. 2016 Ciudades inteligentes: requerimientos, desafíos y algunas claves para su diseño y transformación. *Revista de Derecho Urbanístico y medio ambiente*, 312, 69 – 110.
- MinETAD. 2015. *El Plan Nacional de Ciudades Inteligentes*. Versión 2. Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital para España, Madrid, España.
- Naciones Unidas. 2017. *Nueva Agenda Urbana*. Secretariado de Habitat III.
- ONU-HABITAT. 2016. *Urbanización y desarrollo: Futuros emergentes. Reporte Ciudades del mundo 2016*. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos.
- Perales-Momparler, S., Soto Fernández, R. 2013. La integración de la gestión de las escorrentías en el paisaje de Barcelona: actuaciones de regeneración urbana. En: *III Jornadas de Ingeniería del Agua. La protección contra los riesgos hídricos* (Vallés-Morán, F.J., Andrés-Doménech, I., Escuder-Bueno, I., López-Jiménez, P.A., Marco Segura, J.B., eds.). Vol. 2, 147-154.
- Perales-Momparler S., Andrés-Doménech I. 2016. Retos para la integración de los sistemas de drenaje sostenible en los procesos de planificación vigentes. Proceedings del IX Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua, Valencia, España.
- Perales-Momparler S., Andrés-Doménech I., Hernández-Crespo C., Vallés-Morán F., Martín M., Escuder-Bueno I., Andreu J. 2016. 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*, available online 1 June 2016, doi:10.1016/j.jclepro.2016.05.153.
- Perales-Momparler S., Andrés-Doménech I., Andreu J., Escuder-Bueno I. 2015. A regenerative urban stormwater management methodology: the journey of a Mediterranean city. *Journal of Cleaner Production*, 109 (16) 174-189.
- 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, doi:10.1002/clen.201300164.
- Peris-García, P.P., Perales-Momparler, S. 2016. La apuesta por la infraestructura verde urbana para la gestión de pluviales tiene premio. *Proceedings del Congreso Nacional de Medio Ambiente, CONAMA 2016: La respuesta es verde*, 28 nov-2 dic, Madrid, España.
- Rueda, S. 2012. *Libro Verde de Sostenibilidad Urbana y Local en la Era de la Información*. Convenio de colaboración entre el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, Madrid, España.

UNEP. 2014. *Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches for water-related infrastructure projects*. United Nations Environment Programme.