

CONAMA 2024

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible para la regeneración y renaturalización de ciudades



CONAMA 2024

SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE PARA LA REGENERACIÓN Y
RENATURALIZACIÓN DE CIUDADES

Autor Principal: Eduardo García Haba (Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente - Universitat Politècnica de València)

Otros autores: Carmen Hernández Crespo (Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente - Universitat Politècnica de València); Ignacio Andrés Doménech (Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente - Universitat Politècnica de València); Adrián Martínez-Biosca (Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente - Universitat Politècnica de València); Miguel Martín Moneris (Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente - Universitat Politècnica de València)

1. INTRODUCCIÓN

La impermeabilización de las ciudades hace que, durante episodios de lluvias intensas, se generen grandes cantidades de escorrentía superficial. En la mayoría de los casos, estas aguas se recogen junto con las aguas residuales, y son transportadas a través de una red unitaria de colectores hacia las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDARs). Este proceso presenta varios problemas y riesgos significativos. En primer lugar, el transporte y tratamiento de estas aguas en las EDARs demanda un alto consumo energético. En segundo lugar, existe un riesgo considerable de que se produzcan Descargas de Sistemas Unitarios (DSU) cuando la red de saneamiento o las EDARs alcanzan su capacidad máxima. Estas descargas representan la liberación descontrolada de una mezcla de aguas residuales y escorrentía urbana hacia el medio ambiente. Tanto las escorrentías urbanas como su mezcla con agua residual, contienen altas concentraciones de diversos contaminantes, como materia orgánica, nutrientes, metales pesados, microplásticos, hidrocarburos y patógenos, lo que genera un impacto ambiental altamente negativo (García-Haba et al. 2023 y Hernández-Crespo et al. 2019).

Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) son soluciones diseñadas para gestionar las aguas pluviales y las escorrentías urbanas en origen. Gracias a esta gestión temprana, se logra una reducción considerable tanto en el volumen como en la carga contaminante del agua que es transportada hacia las EDARs a través del sistema de saneamiento. Esto, a su vez, disminuye el consumo energético y el riesgo de DSU (Woods-Ballard et al. 2015).

En el Instituto Universitario de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia, se han llevado a cabo investigaciones enfocadas en el ámbito de los SUDS, enmarcadas en el Plan Estatal de Investigación, así como proyectos europeos, enmarcados en los programas *LIFE* e *Interreg*. Los objetivos de estos proyectos e investigaciones se han centrado en evaluar la eficiencia hidráulica de los SUDS, así como su capacidad para depurar contaminantes.

2. RESUMEN

Los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS)

Esta tecnología permite recuperar los procesos hidrológicos del ciclo del agua natural, como la infiltración y la evaporación, los cuales han sido considerablemente mermados en los modelos urbanos actuales, contribuyendo a la renaturalización de las ciudades. El diseño de los SUDS incluye mecanismos de depuración naturales, tales como la filtración, sedimentación y biodegradación, lo que les permite mejorar la calidad del agua de manera eficiente. Además, la mayoría de los SUDS permiten la incorporación de vegetación, aportando múltiples beneficios como la mejora del paisaje y la biodiversidad, la fijación de carbono y mitigación del efecto isla de calor. Entre las múltiples técnicas que componen el amplio abanico de SUDS se encuentran los jardines de lluvia, cubiertas y cunetas vegetadas, áreas de biorretención, humedales artificiales, estanques o pavimentos permeables entre otros (Andrés-Doménech et al. 2019 y Woods-Ballard et al. 2015).

Capacidad hidráulica y depurativa de los SUDS

El proyecto AQUAVAL (LIFE08 ENV/E/000099) se centró en promover soluciones que combinaran la reducción de la contaminación del agua de lluvia y la mitigación del riesgo de inundaciones. Los SUDS implementados en el marco de este proyecto incluían técnicas como pavimentos permeables, áreas de infiltración y cunetas vegetadas. En estas dos últimas estructuras, se determinó que la carga contaminante movilizada en la superficie urbana (en este caso representada por la variable DQO¹), se retuvo entre el 89 y el 100%. Asimismo, quedó contrastada su alta eficiencia volumétrica para la gestión de la cantidad de agua de lluvia, obteniendo eficiencias entre el 65 y el 100%. En el caso del pavimento permeable, la retención de carga contaminante se estimó entre el 92 y el 97%, y la eficiencia volumétrica entre un 92-100% [10].

Las altas eficiencias obtenidas fueron contrastadas por los resultados obtenidos en el proyecto GrowGreen (H2020 Grant Agreement no. 730283), en el que se ejecutaron pavimentos permeables y franjas filtrantes. La reducción de contaminantes en el pavimento permeable se estimó entre un 44-100% en sólidos suspendidos totales (SST), 82-100% en DQO, 72-100% en fósforo total (PT) y 89-100% en nitrógeno total (NT). Respecto a la franja filtrante, los resultados obtenidos fueron 48-100% en SST, 72-100% en DQO, 60-100% en PT y 25-100% en NT [9]. Asimismo, quedó constatada la capacidad de laminación de caudales de entrada en la red de drenaje convencional (Figura 1).

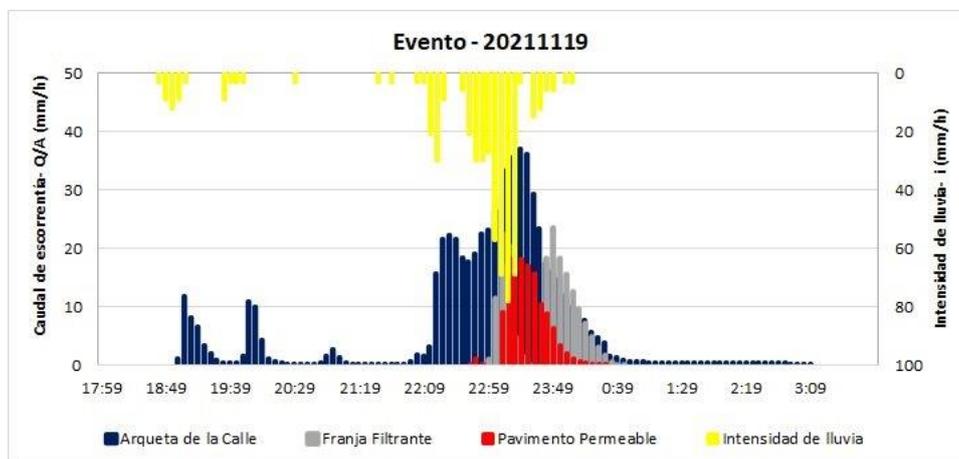


Figura 1. Comparación entre caudal de escorrentía en arqueta convencional y el efecto de laminación de caudales efluentes procedentes de una franja filtrante y un pavimento permeable, inyectados en la red de drenaje convencional, como respuesta a un evento de precipitación.

Trabajos más recientes, en colaboración con la Universidade da Coruña (UDC) y la Universidad de Cantabria (UC), y enmarcados en los proyectos ENGODRAIN (Ref. RTI2018-094217-B-C31) y

¹ Demanda química de oxígeno

SUDSLong-VLC (Ref. PID2021-122946OB-C32), trataron de evaluar el potencial de los SUDS para el control de microplásticos presentes en la escorrentía urbana. Los resultados demostraron una gran eficiencia de los SUDS para la captura de microplásticos presentes en aguas de escorrentía urbana (Figura 2). En particular, las técnicas basadas en los procesos de sedimentación (humedales o estanques) y de filtración (estructuras de biorretención, o pavimentos permeables), atrapan eficientemente (>80%) un número significativo de microplásticos (García-Haba et al. 2023). El análisis en profundidad del comportamiento de un pavimento permeable a la hora de atrapar microplásticos, determinó la gran importancia de la capa superficial de la estructura, así como de los geotextiles dispuestos en su interior, para atrapar partículas de tipo fibra y fragmento (García-Haba et al. 2024).

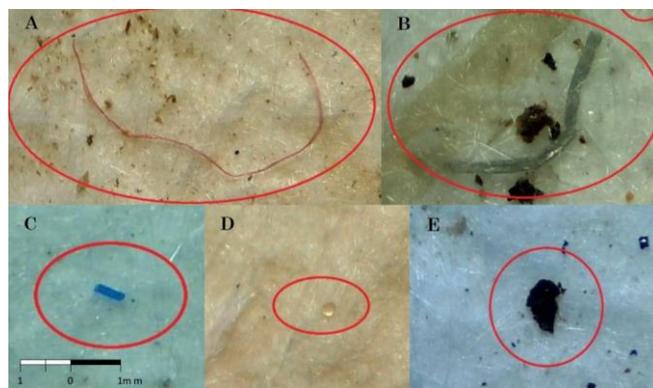


Figura 2. Ejemplos de partículas de microplásticos encontrados en muestras de agua de escorrentía urbana.

Mejora de la biodiversidad

Del estudio de la biodiversidad proporcionada por cubiertas vegetadas (Figura 3) y jardines de lluvia, se concluyó que estas estructuras mejoran este aspecto de forma significativa. Los índices de biodiversidad obtenidos fueron significativamente superiores a los obtenidos en cubiertas convencionales. Como peculiaridad, se encontraron 5 taxones exclusivos de la Comunidad Valenciana, todos ellos de carácter beneficioso desde los puntos de vista del proceso de la polinización y del control de plagas (Benedito-Durà et al. 2023).



Figura 3. Detalle de la vegetación establecida en la cubierta vegetada (Benedito-Durà et al. 2023).

Innovaciones y mejoras tecnológicas

Hasta el momento, las principales innovaciones han buscado mejorar la capacidad de los pavimentos permeables para depurar y almacenar escorrentías pluviales. En particular, la inclusión de barreras reactivas, como fango deshidratado de potabilizadora, dentro de la estructura granular del material de relleno de las juntas en pavimentos permeables de adoquines, ha mostrado ser eficaz para disminuir la concentración de fósforo en el efluente de estas estructuras (Figura 4), evitando la contaminación de masas de agua receptoras (García-Haba et al. 2021a).

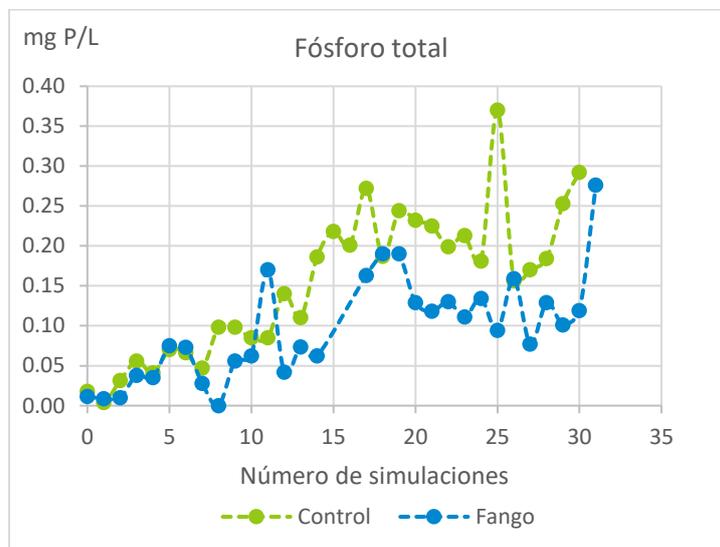


Figura 4. Evolución de la concentración de fósforo total en el efluente de un pavimento permeable, a medida que va aumentando la masa de sedimento en superficie.

Complementariamente, también se empleó este material en pavimentos permeables con el fin de capturar microplásticos. Los hallazgos preliminares arrojaron resultados prometedores a la hora de capturar microplásticos procedentes del desgaste de neumáticos (García-Haba et al. 2024).

El uso de pavimentos permeables como sistemas de almacenamiento o aljibes se presenta como una alternativa sostenible para el riego de zonas verdes urbanas. En la investigación de García-Haba et al. (2021c), se observó que el pavimento permeable fue capaz de cubrir por completo la demanda de agua en el 90% de los riegos simulados, y en períodos de escasez logró abastecer el 53% de dicha demanda. Asimismo, los procesos físico-químicos ocurridos durante las etapas de llenado, almacenamiento y extracción de agua mejoraron su calidad, con reducciones significativas en los parámetros de DQO (86%), SST (98%), NT (45%), PT (86%) y *Escherichia coli* (99%) (García-Haba et al. 2021b,c).

Conclusión

Definitivamente, los estudios revelan que los SUDS son altamente efectivos para interceptar, retener temporalmente e infiltrar grandes volúmenes de escorrentía urbana, además de

mostrar una notable capacidad para la depuración de contaminantes. En consecuencia, los SUDS representan una herramienta de gran valor para la rehabilitación ambiental de las ciudades.

3. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha desarrollado en el marco del proyecto SUDSLong-VLC (PID2021-122946OB-C32), financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER Una manera de hacer Europa). Además, deseo expresar mi agradecimiento por la ayuda recibida para contratos predoctorales para la formación de doctores de la convocatoria de 2019 (Ref. PRE2019-089409) financiada por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por “FSE invierte en tu futuro”.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Andrés-Doménech, I., Anta, J., Perales-Momparler, S., & Rodríguez-Hernandez, J. (2021). Sustainable Urban Drainage Systems in Spain: A Diagnosis. *Sustainability*, *13*, 2791. doi:10.3390/su13052791
- [2] Benedito-Durà, V., Meseguer, E., Hernández-Crespo, C. Martín Monerri, M., Andrés-Doménech, I., Rodrigo Santamalia M.E. (2023). Contribution of green roofs to urban arthropod biodiversity in a Mediterranean climate: A case study in València, Spain, *Building and Environment*, Volume 228, 2023, 109865, ISSN 0360-1323, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109865.61-465>. ISBN: 978-989-331964.
- [3] García-Haba, E., Benito-Kaesbach, A., Hernández-Crespo, C., Sanz-Lazaro, C., Martín, M. and Andrés-Doménech, I. (2024). Removal and fate of microplastics in permeable pavements: An experimental layer-by-layer analysis. *Science of The Total Environment*. Volume 929, 172627, ISSN 0048-9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172627>
- [4] García-Haba, E., Hernández-Crespo, C., Martín, M., & Andrés-Doménech, I. (2023). The role of different sustainable urban drainage systems in removing microplastics from urban runoff: A review. *Journal of Cleaner Production*, *411*, 137197. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2023.137197>
- [5] García-Haba, E., Hernández-Crespo, C., Martín, M., & Andrés-Doménech, I. (2021a). Addition of drinking water treatment sludge into permeable pavements for phosphorus control in infiltrated runoff water. *Proceedings of the 2nd IAHR Young Professionals Congress* (pp. 37–38). Online, IAHR YPN.
- [6] García-Haba, E., Hernández-Crespo, C., Martín, M., Albentosa, E., & Andrés-Doménech, I. (2021b). Can permeable pavements act as water storage systems? evaluation of water treatment capacity and reuse. 4th International Congress SMALLWAT 2021v Wastewater treatment in small communities. Abstract book.
- [7] García-Haba, E., Hernández-Crespo, C., Martín, M., Albentosa, E., & Andrés-Doménech, I.

- (2021c). Permeable pavements as stormwater storage systems for water reuse in a Mediterranean city and evaluation of their treatment capacity. Proceedings of the 15th International Conference on Urban Drainage. Melbourne, Australia, 25-28 de octubre, 2021.
- [8] Hernández-Crespo, C., Fernández-Gonzalvo, M., Martín, M., and Andrés-Doménech, I. (2019). Nitrogen in Infiltrated Water from Pervious Pavements Under Different Rainfall Regimes and Pollution Build-up Levels. In Green Energy and Technology. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99867-1_5
- [9] Martínez-Biosca, A., Andrés-Doménech, I., Martín, M. (2024). SUDS filtrantes en Benicalap (València): monitorización y lecciones aprendidas. En: VII Jornadas de Ingeniería del Agua. La resiliencia de las Infraestructuras Hidráulicas ante el cambio climático. Cartagena 18-19 de octubre de 2023. Libro de actas. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena, 2024. Pp. 687-722. ISBN: 978-84-7853-80-8
- [10] Perales-Momparler, S., Hernández-Crespo, C., Vallés-Morán, F., Martín, M., Andrés-Doménech, I., Andreu Álvarez, J. and Jefferies, C. (2014), SuDS Efficiency during the Start-Up Period under Mediterranean Climatic Conditions. Clean Soil Air Water, 42: 178-186. <https://doi.org/10.1002/clen.201300164>
- [11] Woods-Ballard, B., Wilson, Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., and Kellagher, R. (2015). The SuDS Manual. www.ciria.org. ISBN: 978-0-86017-760-9