

SUDS - Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible: Tecnología, implantación, avances y experiencias

28 de marzo de 2023

Eduardo García Haba

Carmen Hernández Crespo

CONTENIDO

BLOQUE 1

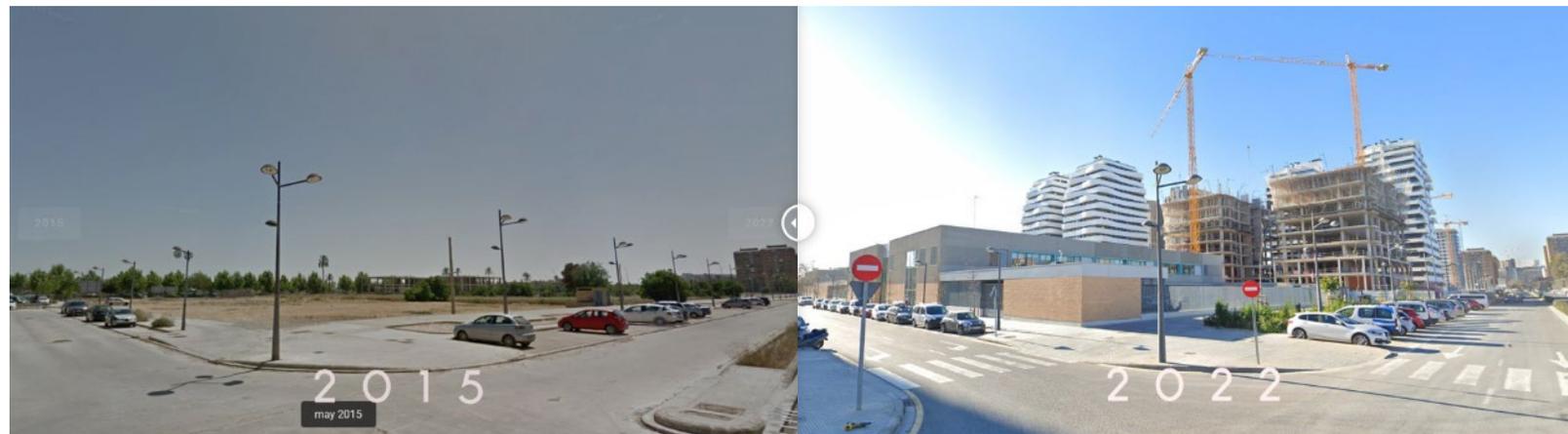
Introducción a los SUDS
Normativa y guías de diseño
Situación en España

BLOQUE 2

Avances tecnológicos
Capacidad hidráulica y depurativa de los SUDS
Mejora de la biodiversidad

BLOQUE 1. INTRODUCCIÓN A LOS SUDS

Problemática existente – el desarrollo urbanístico



Fuente: Adaptado de "VALENCIA, DE LA CIUDAD A LA HUERTA"

Fuente: www.zavan.es

BLOQUE 1. INTRODUCCIÓN A LOS SUDS

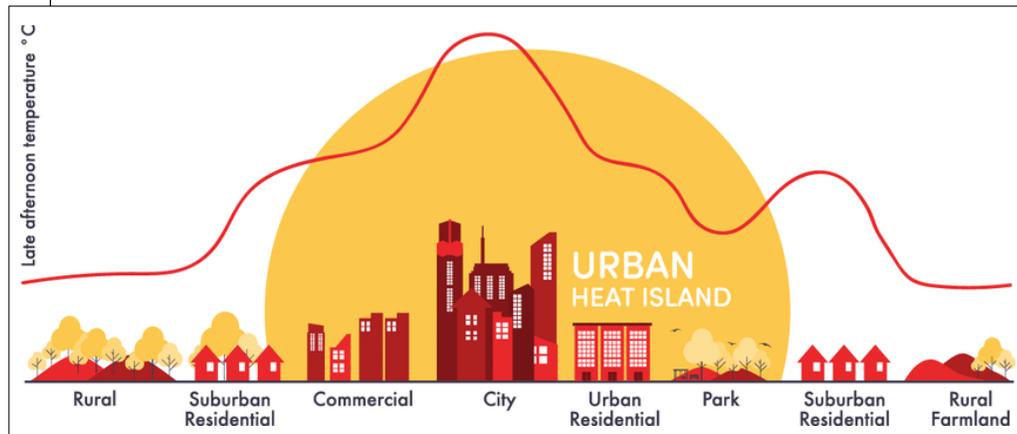
Problemática existente – el cambio climático

Aumento de la frecuencia y severidad de eventos
torrenciales

Fuente: IIAMA



Efecto "isla de calor"



Fuente: World Meteorological
Organization

Estrés hídrico: aprovechamiento de
agua de lluvia (recarga de acuíferos)



BLOQUE 2. INTRODUCCIÓN A LOS SUDS

Problemática existente – modelo de drenaje urbano convencional – **sistemas de saneamiento unitarios**

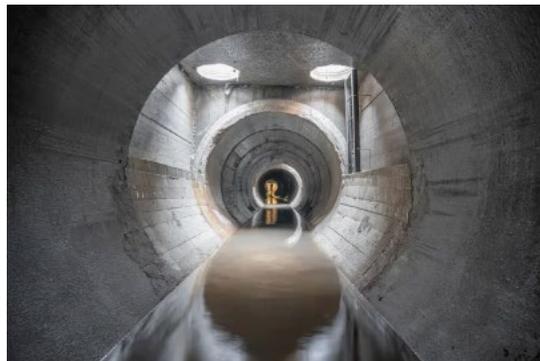


Fuente: iAgua – Blog de Ana Abellán



Fuente: ondacero.es

Descargas de sistemas unitarios (DSU)



Fuente: iAgua – Blog de Juan José Salas

BLOQUE 2. INTRODUCCIÓN A LOS SUDS

Problemática existente – modelo de drenaje urbano convencional – **sistemas de saneamiento separativos**

Calidad de las escorrentías urbanas

Sólidos en suspensión: 3-1622 mg/l

Materia orgánica: DQO (13-822 mg/l), DBO₅ (0-220 mg/l)

Nutrientes: NT (0.15-23.8 mg/l), PT (0.09-1.42 mg/l)

Hidrocarburos totales: 0.21-2.23 mg/l

Metales: Al>Fe>Zn>Ba>Mn>B>Cu>Pb>Cr... Hg>Be>Cd

Microplásticos: 2 – 111 ítems/l

Partículas de desgaste de neumáticos: 4 – 11 ítems/l

Bacterias fecales: <1 – $9.2 \cdot 10^5$ NMP/100 ml

Otros: plaguicidas, otros COPs...

Variables:

Tiempo seco antecedente, intensidad y volumen de la lluvia, usos del suelo (tráfico, residencial/industrial...).

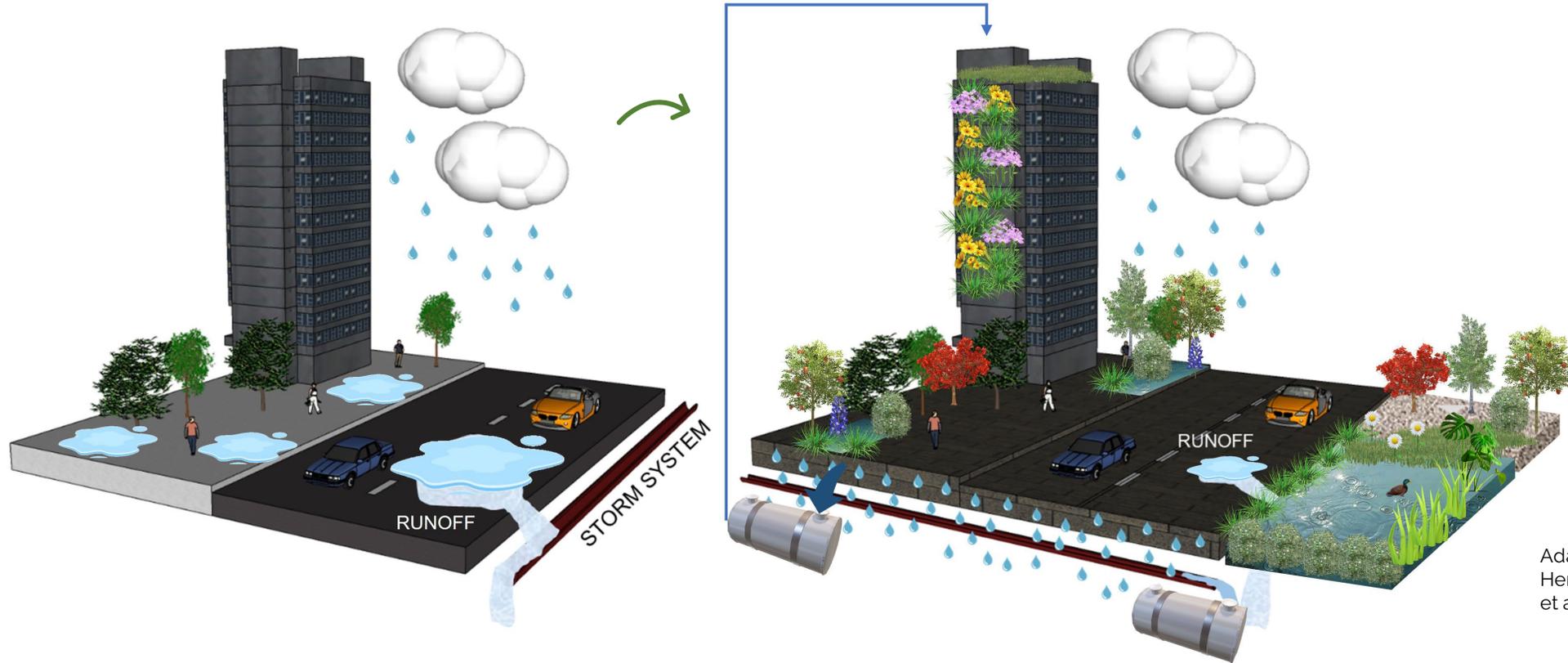


Foto: escorrentía urbana Campus UPV (fuente propia).

Fuente datos: Andrés-Doménech et al. (2018) y proyectos Growgreen (H2020), ENGODRAIN y SUDSlong (AEI).

BLOQUE 1. INTRODUCCIÓN A LOS SUDS

Filosofía



Adaptado de
Hernández-Crespo
et al. (2019)

Imitar el drenaje natural previo al desarrollo urbano, y gestionar el agua de lluvia en origen para el control del riesgo de inundación, de la calidad del agua, mejorando la biodiversidad del entorno y bienestar de la sociedad. **El agua como un recurso, NO un problema.**

BLOQUE 1. INTRODUCCIÓN A LOS SUDS

Los SUDS como Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)

“Acciones dirigidas a proteger, gestionar y restaurar de manera sostenible ecosistemas naturales o modificados, que hacen frente a retos de la sociedad de forma efectiva y adaptable, proporcionando simultáneamente bienestar humano y beneficios de la biodiversidad” (UICN, 2016).



: Principales desafíos sociales abordados por la SbN. (© UICN)



BLOQUE 1. INTRODUCCIÓN A LOS SUDS

Parterres inundables (jardines de lluvia, áreas de biorretención)

Cubiertas vegetadas

Cunetas vegetadas

Balsas de detención y/o infiltración

Alcorques estructurales

Pavimentos permeables

Drenes filtrantes

Zanjas y pozos de infiltración

Depósitos reticulares de infiltración

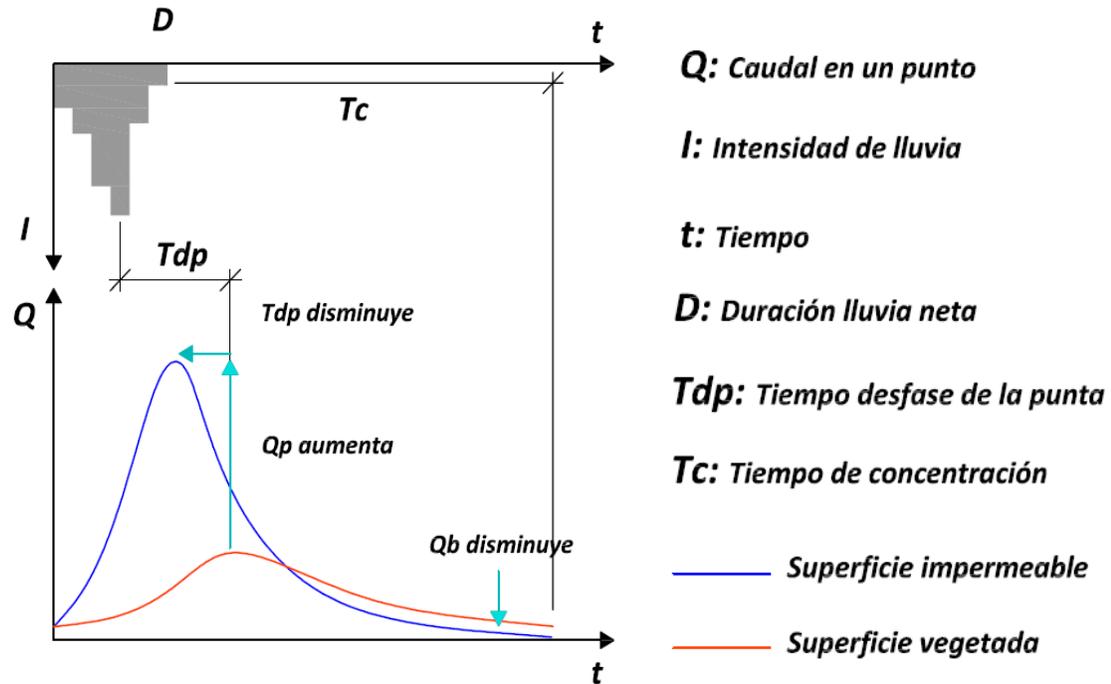
Humedales artificiales y estanques



BLOQUE 1. INTRODUCCIÓN A LOS SUDS

Funcionamiento hidráulico:

Recuperación de procesos del ciclo hidrológico: infiltración, detención, retención, evaporación y evapotranspiración.



Fuente: Adaptado de Perales Momparler y Andrés-Doménech, 2008



Cuneta vegetada con balsa final de detención e infiltración, en Xàtiva (Valencia).

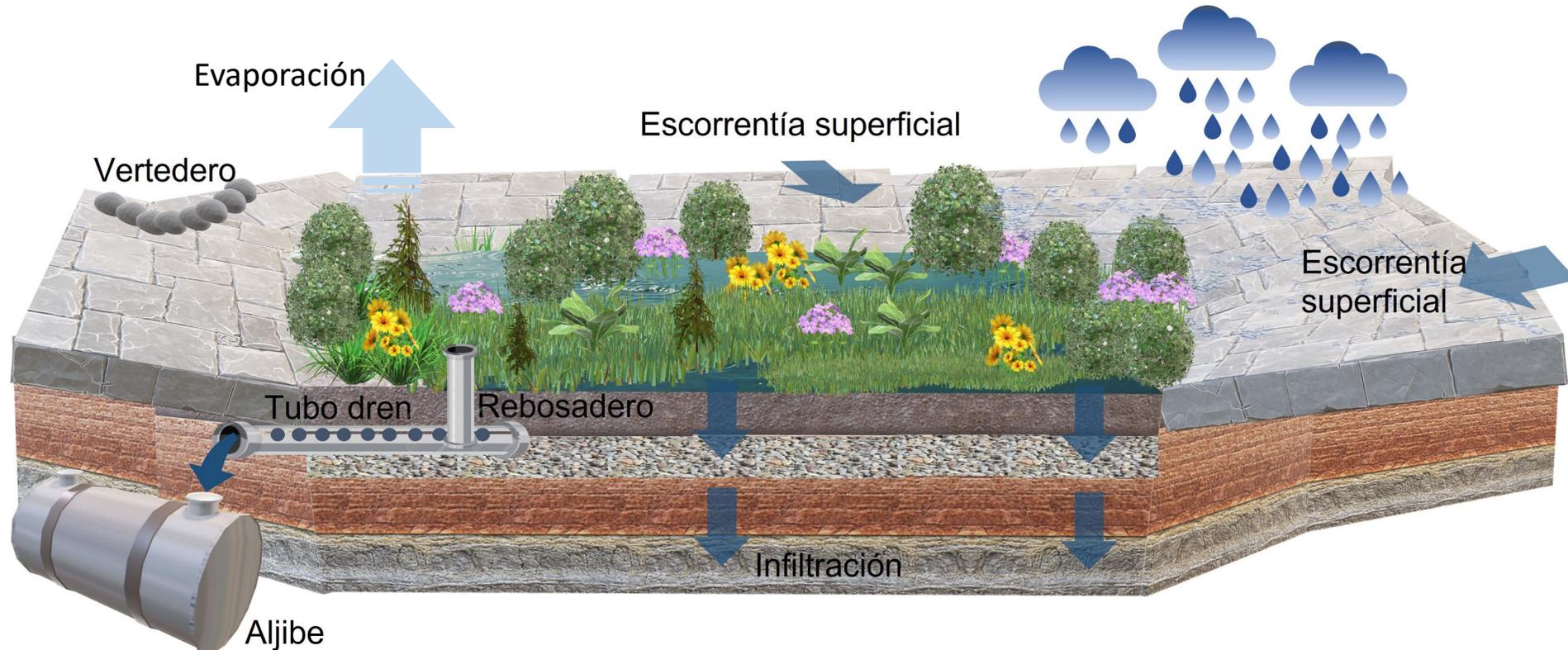
Fuente: propia.

BLOQUE 1. INTRODUCCIÓN A LOS SUDS

Funcionamiento como sistema de tratamiento:

Mecanismos de depuración del agua: procesos físicos, químicos y biológicos.

Sedimentación (resuspensión), filtración, adsorción, precipitación, fotooxidación, degradación biológica, asimilación por parte de la vegetación...



Área de bioretención o jardín de lluvia. Adaptado de Massachusetts Clean Water Toolkit.

BLOQUE 1. INTRODUCCIÓN A LOS SUDS

BENEFICIOS

- Reducción del consumo energético asociado a bombeos en la red de saneamiento y en el tratamiento en estaciones depuradoras de aguas residuales.
- Depuración en origen de las escorrentías urbanas.
- Fijación de carbono.
- Creación de espacios naturales que mejoran la biodiversidad en el entorno urbano.
- Disminución del efecto isla de calor en las ciudades.

LIMITACIONES

- Complemento al drenaje urbano tradicional.
- No pueden gestionar precipitaciones de elevado periodo de retorno.
- Recomendable monitorizar acumulación de contaminantes y potencial llegada a las aguas subterráneas.
- Un inadecuado diseño, ejecución o mantenimiento pueden comprometer la eficiencia del sistema.



BLOQUE 1. NORMATIVA Y GUÍAS DE DISEÑO

Real Decreto 638/2016

Las nuevas urbanizaciones, polígonos industriales y desarrollos urbanísticos en general, deberán introducir sistemas de drenaje sostenible, tales como superficies y acabados permeables, de forma que el eventual incremento del riesgo de inundación se mitigue.

Regulación regional en País Vasco, Galicia, Cataluña, Comunidad Valenciana, Canarias, Región de Murcia, Comunidad de Madrid.

Guías y manuales



www.nilsa.com



www.madrid.es

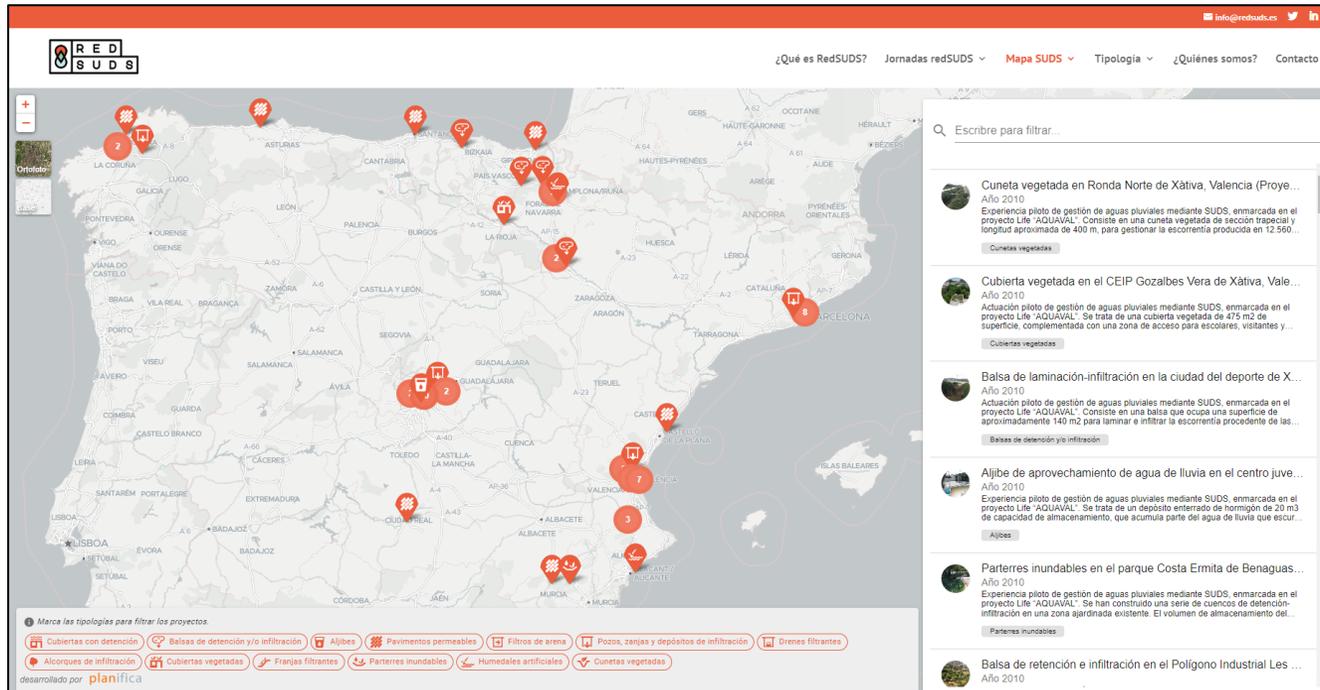


www.ciclointegraldelagua.com



www.castello.es

BLOQUE 1. SITUACIÓN EN ESPAÑA



- Superación de barreras técnicas y legales
- Se necesitan más esfuerzos en monitorizar a largo plazo para:
 - Analizar la vida útil de los SUDS
 - Definir las mejores técnicas en cuanto al mantenimiento, localización, y la evaluación de coste-beneficio en la reducción de DSU
- Falta de un marco nacional para el desarrollo de una estrategia coordinada escala nacional

Andrés-Doménech et al. (2021)

<https://redsuds.es/mapa/>

Jornada RedSUDS, A Coruña, 26 y 27 de abril de 2023 (presencial).

Inscripción gratuita en:

https://forms.office.com/pages/responsepage.aspx?id=PuqhzrJgdU-mwqYCLo-WG8kUy26no-1Jjany_QqcYOxUNVVCRUc1UDhZVUgCOE5CMkRMSDQ4WEY3NCQLQCN0PWcu

BLOQUE 1

Introducción a los SUDS

Normativa y guías de diseño

Situación en España

BLOQUE 2

Capacidad hidráulica y depurativa de los SUDS

Mejora de la biodiversidad

Innovaciones y mejoras tecnológicas

BLOQUE 2. CAPACIDAD HIDRÁULICA Y DEPURATIVA DE LOS SUDS

RESULTADOS A ESCALA REAL (1^{er} año)



Cunetas vegetadas y balsa de infiltración en Xàtiva (Valencia):

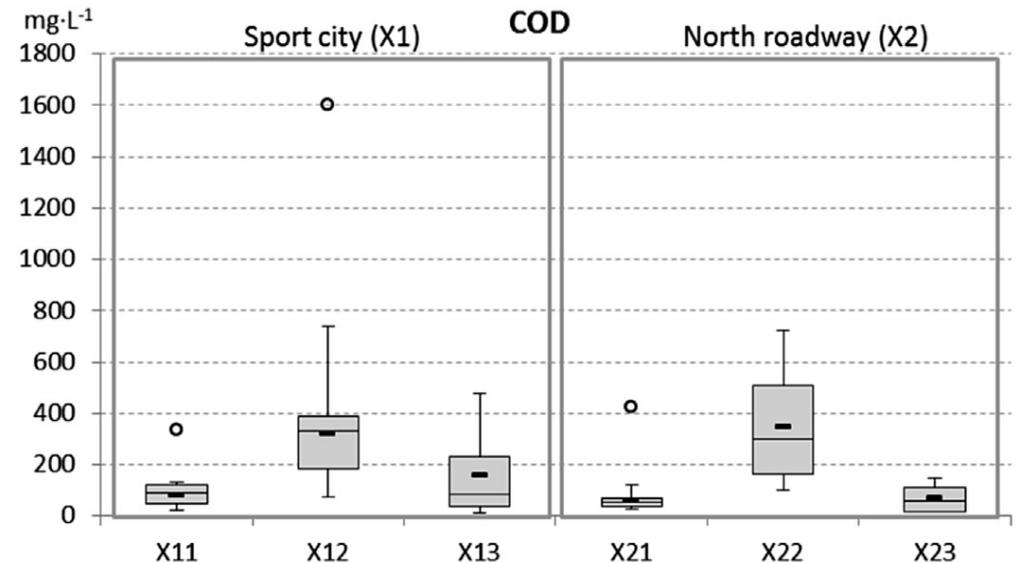


Eficiencia volumétrica del 100% para lluvias < 25 mm.

Retención del 100% de la carga contaminante.

Eficiencia volumétrica: 65-95% para lluvias >25 mm.

Retención de carga contaminante estimada: 89-98%.



BLOQUE 2. CAPACIDAD HIDRÁULICA Y DEPURATIVA

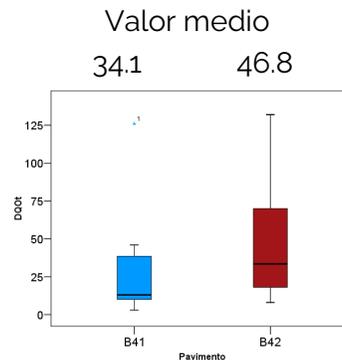
RESULTADOS A ESCALA REAL (1^{er} año)

 (LIFE08 ENV/E/000099)

Pavimento permeable en Benaguasil (Valencia):

Eficiencia volumétrica 92-100%.

Retención de carga contaminante 92-97%.



 (H2020 Grant Agreement no. 730283)

Pavimento permeable y franja filtrante en Benicalap (Valencia):

Eficiencia volumétrica: PP (79-100%), FF (66-100%).

Retención de carga contaminante:

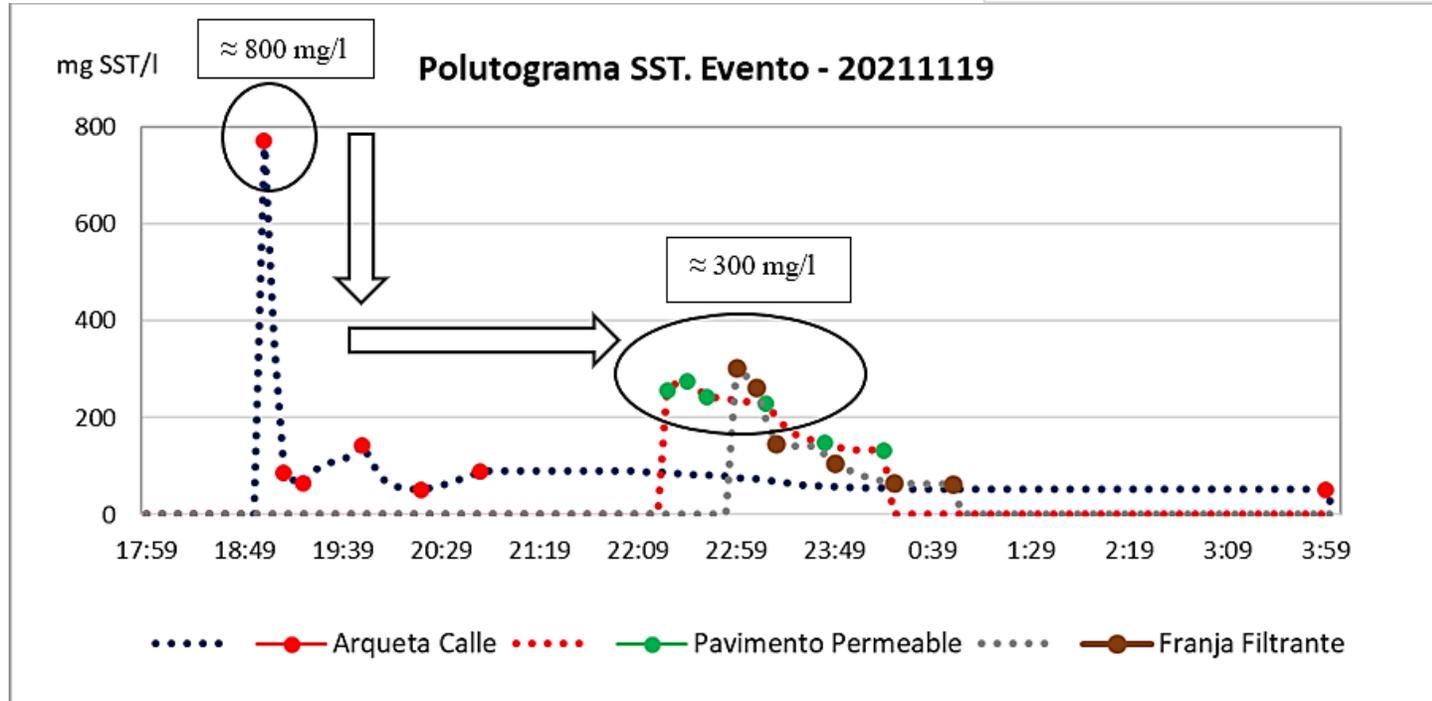
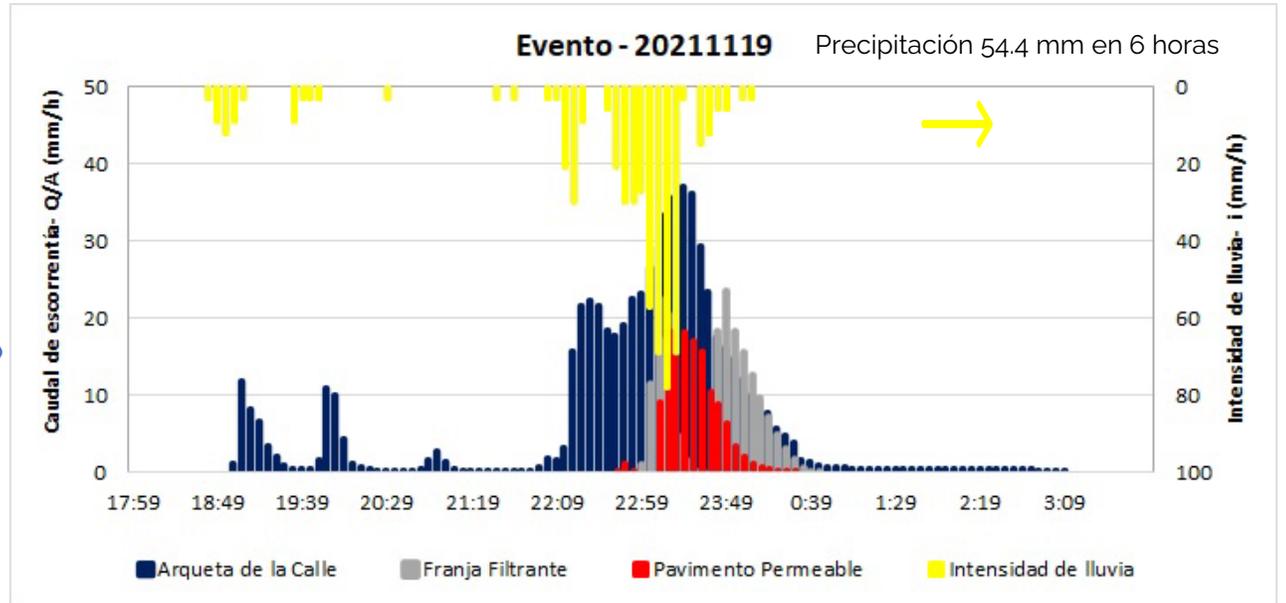
PP: SST (44-100%), DQO (82-100%), PT (72-100%), NT (89-100%).

FF: SST (48-100%), DQO (72-100%), PT (60-100%), NT (25-100%)



Pavimento permeable y franja filtrante en Benicalap (Valencia):

Laminación y retraso de los caudales que llegan a la red.
Ef. Volum. = 79% (PP), 70% (FF)



Reducción de concentraciones y de la carga contaminante:

SST: 44% PP, 48% FF
DQO: 82% PP, 72% FF
PT: 72% PP, 60% FF
NT: 89% PP, 25% FF

BLOQUE 2. MEJORA DE LA BIODIVERSIDAD

Biodiversidad de artrópodos en cubiertas vegetadas y parterres inundables:

- Índices de biodiversidad significativamente superiores que los de cubiertas convencionales.
- Se encontraron 5 taxones exclusivos en la CV, todos ellos beneficiosos (polinización o control de plagas) → mejora de la biodiversidad en entornos urbanos.

Eficiencia volumétrica: 53-100%.

Calidad del agua:

Incremento de concentración de materia orgánica y nutrientes, debido al aporte del sustrato vegetal y los fertilizantes → fertilizantes de lenta liberación.

Carga másica neta inferior por la elevada eficiencia volumétrica.



Cubierta vegetada en Benaguasil, foto de Vicent Benedito.

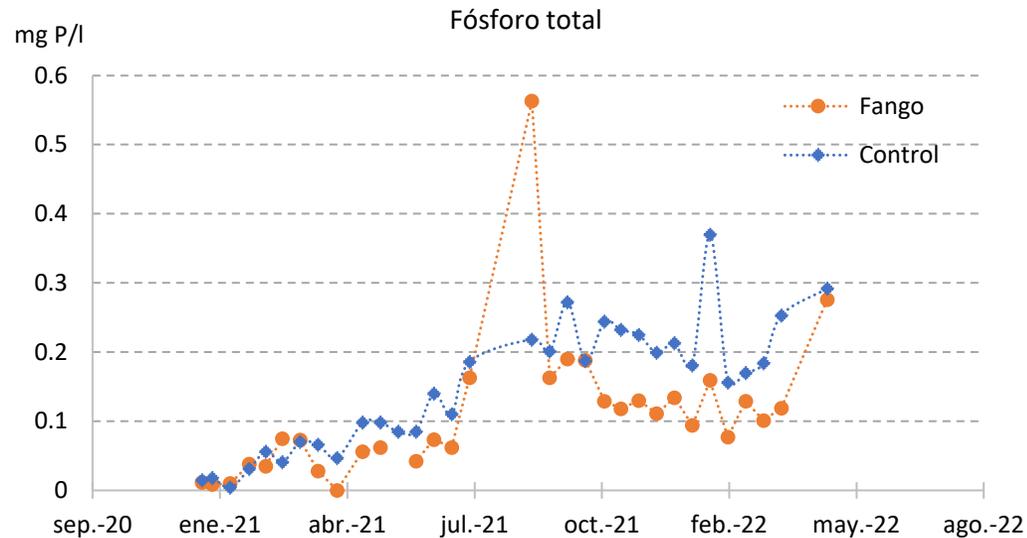
Datos: Benedito et al. (2023); Perales-Momparler et al. (2016).

BLOQUE 2. INNOVACIONES Y MEJORAS TECNOLÓGICAS

BARRERAS REACTIVAS en el paquete de firme.

Ejemplos: bacterias, zeolitas, roca volcánica, escoria, óxidos de hierro...

Fango deshidratado de ETAP: 20% en masa en el material de recebo
→ Mayor retención de fósforo.



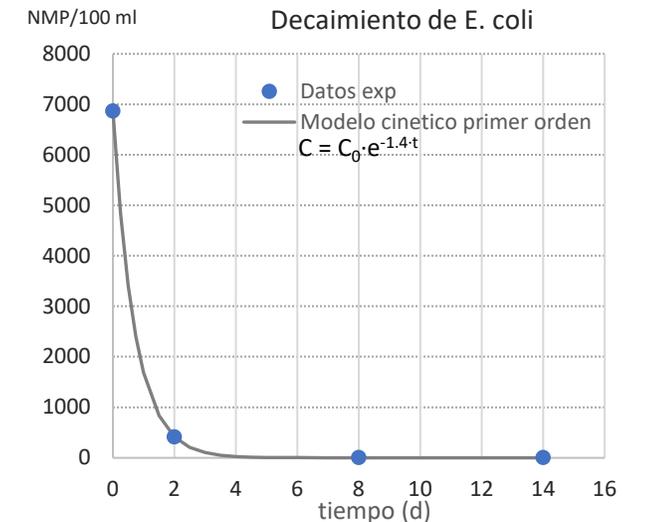
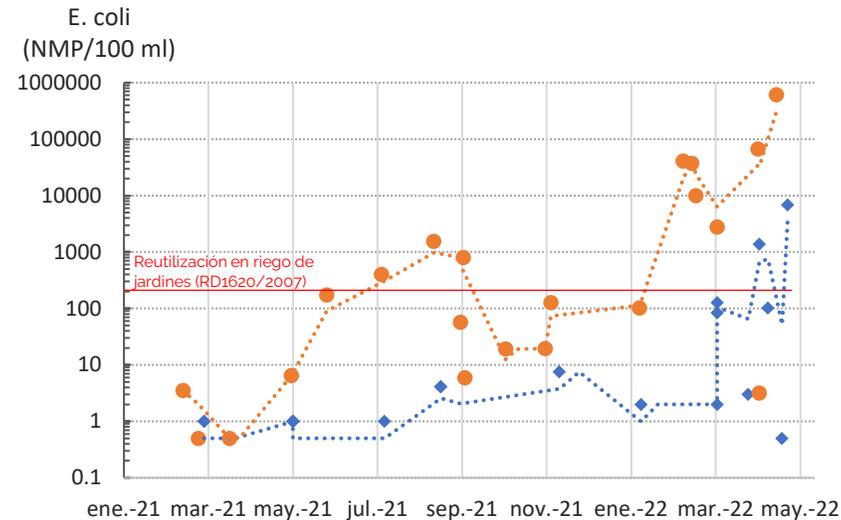
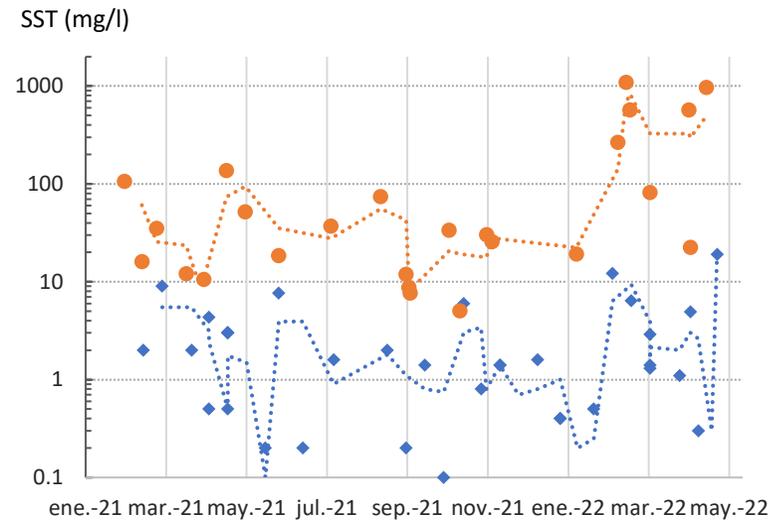
Evolución de la concentración de fósforo total en el infiltrado a través de un pavimento permeable, a medida que va aumentando la carga de sedimentos (suciedad) en superficie.



BLOQUE 2. INNOVACIONES Y MEJORAS TECNOLÓGICAS

Pavimento permeable como sistema de almacenamiento (aljibe):

- Experimento simulando una proporción de superficie impermeable/permeable de 2:1.
- Demanda de agua para riego de jardines (evapotranspiración potencial) → Frecuencia de déficit 21%. Abastecimiento del 53% de la demanda en momentos de déficit.
- Mejora de la calidad en cuanto a DQO (86%), SST (98%), NT (45%), PT (86%), *Escherichia coli* (99%).



BLOQUE 2. INNOVACIONES Y MEJORAS TECNOLÓGICAS

Otras innovaciones y áreas de investigación:

- LIFE CERSUDS: transformación de material cerámico de bajo valor comercial en sistema filtrante de pavimentación. <http://www.lifecersuds.eu/>
- LIFE WATERCOOL: red de agua urbana actuará como la estructura básica para el desarrollo de soluciones verdes urbanas y medidas de enfriamiento para adaptarse a los efectos del cambio climático, combinando depósitos fríos y pavimentos funcionales. <https://lifewatercool.com/>
- Cubiertas vegetadas y jardines verticales (green walls): tratamiento de aguas grises en tiempo seco, para su posterior reutilización.
- Modelación matemática: dinámica de fluidos y mecanismos de depuración en SUDS y subsuelo.

...



Green wall, Sutton town centre
geograph.org.uk

CONCLUSIONES

- Los SUDS constituyen una **herramienta eficaz** para la gestión de las escorrentías urbanas (cantidad y calidad), aportando **resiliencia** a las ciudades frente a los efectos del cambio climático.
- Existen numerosas técnicas fáciles de **combinar y complementar** con las infraestructuras de saneamiento convencionales.
- Importancia de un análisis exhaustivo de las **condiciones del lugar** y tipo de SUDS a implementar.
- **Beneficios** ambientales: ahorro energético, mejora de la biodiversidad, fijación de carbono.
- A pesar de los beneficios que reportan, los SUDS cuentan con **limitaciones** (complementar con drenaje convencional, bajos periodos de retorno, monitorización, mantenimiento sencillo pero riguroso).
- **Mejoras tecnológicas**: introducción de barreras reactivas, utilización de la propia estructura de PP como sistema de almacenamiento o instalación de depósitos auxiliares, para su posterior reutilización...

AGRADECIMIENTOS

- Proyectos: SUPRIS-SUPel (Ref. BIA2015- 65240-C2-2-R MINECO/ERDF, UE), ENGODRAIN – RTI2018-094217-B-C31, AQUAVAL (LIFE08 ENV/E/000099), Grow Green (H2020 Grant Agreement no. 730283), SUDSLong-VLC (Ref. PID2021-122946OB-C32).
- Quadro (www.quadro.es). Cesión de pavimentos de hormigón poroso y adoquines permeables por junta para la realización de los ensayos.
- TenCate Geosynthetics Iberia S.L. Cesión de geotextiles para la realización de los ensayos.
- Atlantis SUDS S.L. Cesión de geoceldas para la realización de los ensayos.
- SECOPSA. Recogida de suciedad de diversas áreas de la ciudad de Valencia.

Equipo de trabajo del IIAMA:

Ignacio Andrés, Miguel Martín, Vicent Benedito, Eduardo Albentosa, Adrián Martínez, Darío Calzadilla, J. Carlos Edo, Joaquín Oliver, Miriam Fernández, Jessica Castillo, Beatriz Nácher, Pedro Millán.

Sara Perales (Green Blue Management)

BIBLIOGRAFÍA

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.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.011>

Andrés-Doménech, I., Anta, J., Perales-Momparler, S., & Rodriguez-Hernandez, J. (2021). Sustainable urban drainage systems in Spain: A diagnosis. *Sustainability (Switzerland)*, 13(5), 1–22. <https://doi.org/10.3390/SU13052791>

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*, 228, 109865.

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109865>

García-Haba, Eduardo; Jorge Rodríguez-Hernández; Andrés-Doménech, Ignacio; Hernández Crespo, Carmen; J. Anta; Martín Monerri, Miguel. (2022) Design of permeable pavements in Spain: current situation and future needs. *Ingeniería del agua*, 4 (26), 279 - 296.
10.4995/la.2022.18290

Hernández-Crespo, C., Fernández-Gonzalvo, M., Martín, M., & Andrés-Doménech, I. (2019). Influence of rainfall intensity and pollution build-up levels on water quality and quantity response of permeable pavements. *Science of the Total Environment*, 684.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.271>

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. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.153>

BIBLIOGRAFÍA

De la Fuente García, L., Perales Momparler, S., Rico Cortés, M., Andrés Doménech, I., Marco Segura, J. B. (2021) Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de València. Cicle Integral de l'Aigua. Ajuntament de València.

https://www.ciclointegraldelagua.com/files/normativa/Guia_Basica_para_el_Diseño_de_Sistemas_Urbanos_de_Drenaje_Sostenible_en_la_Ciudad_de_Valencia_V01.pdf

Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad, Ayuntamiento de Madrid. Guía Básica de Diseño de Sistemas de Gestión Sostenible de Aguas Pluviales en Zonas Verdes y otros Espacios Públicos (2018).

[https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Agua/TODOSOBREAGUA\(Informaci%C3%B3nSobreAgua\)/SistemaUrbanosDrenajeSostenible/Gu%C3%ADa%20b%C3%A1sica%20de%20dise%C3%B1o%20sistemas%20de%20gesti%C3%B3n%20sostenible%20de%20aguas%20pluviales.pdf](https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Agua/TODOSOBREAGUA(Informaci%C3%B3nSobreAgua)/SistemaUrbanosDrenajeSostenible/Gu%C3%ADa%20b%C3%A1sica%20de%20dise%C3%B1o%20sistemas%20de%20gesti%C3%B3n%20sostenible%20de%20aguas%20pluviales.pdf)

B. Woods Ballard, S. Wilson, H. Udale-Clarke, S. Illman, T. Scott, R. Ashley, R. Kellagher, The SuDS Manual CIRIA., London, 2015. ISBN: 978-0-86017-760-9. <http://www.scotsnet.org.uk/documents/NRDG/CIRIA-report-C753-the-SuDS-manual-v6.pdf>

UICN, 2016. UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) Resolución 69 sobre la definición de soluciones basadas en la naturaleza (Resolución 6.069 de la UICN de 2016).

https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2016_RES_069_ES.pdf

UICN (2020). Orientación para usar el Estándar Global de la UICN para soluciones basadas en la naturaleza. Un marco fácil de usar para la verificación, diseño y ampliación de las soluciones basadas en la naturaleza. Primera edición. Gland, Suiza: UICN.

<https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.09.es>