

# SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA Y SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE FRENTE A LAS INUNDACIONES EN ESPAÑA. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

MARÍA JOSÉ MARCOS PALACIOS ([id](#))<sup>1</sup>  
ESTHER SÁNCHEZ ALMODÓVAR ([id](#))<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Alicante, 03690 San Vicente del Raspeig, España

<sup>2</sup>Instituto Interuniversitario de Geografía, Universidad de Alicante, 03690 San Vicente del Raspeig, España

Autor de correspondencia: [marijose267se@gmail.com](mailto:marijose267se@gmail.com)

**Resumen.** La población mundial se enfrenta a multitud de desafíos como el cambio climático, la desnaturalización de las ciudades, el incremento de los riesgos naturales, etc. Ante estos desafíos los investigadores han estudiado, elaborado y llevado a la práctica medidas de mitigación más resilientes frente a estos riesgos. Primero surgieron medidas centradas en sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) y a partir del año 2000 las soluciones basadas en la naturaleza (SBN). El objetivo principal de esta investigación ha sido establecer el estado del arte de la investigación científica sobre SUDS y SBN frente a inundaciones en España en el año 2022 y el presente. Para ello, se ha realizado un análisis bibliométrico teniendo como referencia las bases de datos SCOPUS. La mayoría de las investigaciones se han localizado en el litoral mediterráneo español por su alta vulnerabilidad, peligrosidad y exposición frente al riesgo de inundación y al cambio climático. Éste estudio muestra un auge en la implantación de SBN híbridas (combinación de infraestructura verde, gris o azul) que recogen y combinan todas las posibles medidas de mitigación (SUDS, GI, etc.) potenciando sus beneficios. Aunque el enfoque de las SBN todavía está por madurar, ya que son un término aún por asentarse oficialmente.

**Palabras clave:** soluciones basadas en la naturaleza, sistemas urbanos de drenaje sostenible, cambio climático, inundación, ciudad, España.

## NATURE-BASED SOLUTIONS AND SUSTAINABLE URBAN DRAINAGE SYSTEMS FOR FLOODING IN SPAIN. BIBLIOMETRIC ANALYSIS

**Abstract.** The world's population is facing a multitude of challenges such as climate change, the denaturing of cities, increasing natural hazards, etc. In the face of these challenges, researchers have studied, developed and implemented more resilient mitigation measures against these risks. First came measures focusing on sustainable urban drainage systems (SUDS) and from 2000 onwards, nature-based solutions (NBS). The main objective of this research has been to establish the state of the art of scientific research on SUDS and SBN against floods in Spain in the year 2022 and the present. To this end, a bibliometric analysis was carried out using the SCOPUS databases as a reference. Most of the research has been located on the Spanish Mediterranean coast due to its high vulnerability, hazard and exposure to flood risk and climate change. This study shows a boom in the implementation of hybrid SBNs (combination of green, grey or blue infrastructure) that collect and combine all possible mitigation measures (SUDS, GI, etc.) enhancing their benefits. Although the SBN approach is still to mature, as it is a term yet to be officially established.

**Keywords:** nature-based solutions, sustainable urban drainage systems, climate change, flooding, city, Spain.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las inundaciones son uno de los riesgos naturales que causan más efectos a nivel global. Su impacto es mayor (agravado por los efectos del cambio climático y la situación geográfica) en la región mediterránea, destacando Italia y España (López Martínez, 2019). Las ciudades son las zonas de mayor riesgo por inundación y cambio climático. En ellas se produce un rápido crecimiento y concentración de población que generan procesos de urbanización insostenibles aumentando las zonas impermeables y la degradación y pérdida de capital natural (desnaturalización) (Salvo Tierra *et al.*, 2018; Rodríguez, 2013).

Estos procesos urbanos modifican el ciclo natural del agua y aumentan los caudales punta y la sobrecarga de escorrentía urbana convirtiendo el 90% de las precipitaciones en escorrentía superficial (Conama, 2018). Lo que genera un desbordamiento combinado de alcantarillado (CSO) y una contaminación difusa de hidrocarburos, metales pesados y otros contaminantes sobre zonas naturales (Andrés-Doménech *et al.*, 2021). Todo ello provoca una mayor peligrosidad del riesgo y exposición y vulnerabilidad de los ciudadanos frente a las inundaciones.

Ante estos problemas y desafíos, en los años 90 se comenzaron a implementar las primeras técnicas de sistemas de drenaje en las ciudades españolas de Santander y Barcelona. Con los años estas tradicionales medidas de drenaje no son suficientes y aparecen los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS). Estos son sistemas de drenaje de agua superficial cuya finalidad es imitar y restaurar, de la manera más fiel posible, el ciclo hidrológico natural previo a los procesos de urbanización (Andrés-Doménech *et al.*, 2021). Su objetivo es reducir el impacto del desarrollo urbanístico y la cantidad y calidad de la escorrentía superficial (causantes de las inundaciones y la contaminación en las ciudades).

El uso e interés de los SUDS crece tras la publicación de la Directiva 2000/60/CE, llamada Directiva Marco del Agua (DMA), elaborada por la Unión Europea (UE). Con ella se quiere legislar sobre las aguas (continentales, superficiales, subterráneas, costeras, etc.) para prevenir y reducir su contaminación, impulsar su uso sostenible, proteger el medio acuático, paliar los efectos de las inundaciones y de las sequías y mejorar los ecosistemas acuáticos. En España se aprueba el Real Decreto (638/2016), su artículo 126 ter. 7, afirma que las nuevas zonas de desarrollo urbano deben tener sistemas de drenaje sostenible para mitigar el riesgo de inundación. Este decreto modificó la normativa del dominio público hidráulico, el reglamento de planificación hidrológica y otras normativas relacionadas con el riesgo de inundación, caudales ecológicos, reservas hidrológicas y vertidos de aguas residuales (Andrés-Doménech *et al.*, 2021).

A lo largo de los años, los procesos urbanísticos y el riesgo de inundación y cambio climático son cada vez más intensos. Esto obliga a seguir avanzando en la investigación y surgen multitud de conceptos de medidas de mitigación con un enfoque más centrado en la naturaleza como: LIDs; mejores prácticas de gestión (BDP); Diseño Urbano Sensible al Agua (WSUD); Infraestructura Verde (GI); Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN); Adaptación basada en Ecosistemas (EbA); Eco-DRR e infraestructura azul-verde (BGI) (Ruangpan *et al.*, 2020). De entre todas ellas destacan las SBN, apareciendo a mediados de la década del 2000. Esta se enfocó en mejorar, gestionar o restaurar los ecosistemas naturales y la biodiversidad (Mittermeier *et al.*, 2008), anticipándose a los problemas y necesidades futuras. Además de abordar los principales desafíos sociales, como reducir el impacto del cambio climático y los riesgos naturales y mejorar el bienestar humano (Cohen-Shachan *et al.*, 2016).

A pesar de ser un término muy reciente, se está consolidando e impulsando rápidamente, a través de organismos como el Banco Mundial, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (siglas en inglés, IUCN), la Comisión Europea (CE), etc. En los últimos años las SBN han ido teniendo mayor importancia. Estas han sido prioritarias en el programa de la UICN en 2013. En 2014, la CE creó un grupo de trabajo para apoyar la aplicación de SBN y la conexión de la naturaleza con las ciudades. En 2015 con el Acuerdo de París sobre el Cambio Climático se destacó a las SBN por ser una de las herramientas fundamentales para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y reducir los efectos del cambio climático (Li *et al.*, 2021). Al año siguiente, la CE desarrolló la agenda de Renovación e Investigación para SBN y en los últimos años, las SBN han sido una de las medidas prioritarias en el Programa de Investigación Horizonte 2020 de la Unión Europea.

Actualmente, las SBN siguen teniendo un fuerte protagonismo en los programas de la UE como en el Pacto Verde Europeo, siendo estas una parte fundamental para la estrategia de la CE en el marco de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas y los ODS. La legislación española se ha ido adaptando a estos programas y normativas internacionales y fomentando dichas medidas de mitigación. Todavía hay una falta de normas nacionales sobre los criterios técnicos básicos para el diseño e implementación de SUDS y SBN

(Andrés-Doménech *et al.*, 2021). Aunque, ya en 2019 el Ministerio para la Transición Ecológica elaboró varias guías basadas en los SUDS para una mejor adaptación, prevención y mitigación frente al riesgo de inundación en las zonas urbanas, agrícolas y ganaderas.

Algunas de las regiones y comunidades autónomas españolas como Murcia, Las Islas Canarias y la Comunitat Valenciana han elaborado sus propias normativas, directrices y planes de gestión y prevención frente al riesgo de inundación. Además de los avances legislativos en materia de SUDS y SBN, al mismo tiempo, se han desarrollado proyectos de investigación prácticos y teóricos sobre estas medidas de mitigación en España y Europa. En ellos han colaborado diferentes universidades, organismos públicos y privados. Uno de los primeros proyectos de aplicación práctica de SUDS fue con la implantación de pavimentos permeables en 2003 por la Universidad de Cantabria. El Grupo de Investigación de Tecnología de la Construcción (GITECO) de la Universidad de Cantabria es uno de los grupos científicos, en colaboración con empresas, más destacados en diseño y aplicación práctica de SUDS de España.

En 2008 a partir de un proyecto de difusión realizado por GITECO nació RedSUDS un grupo de profesionales cuyo objetivo es impulsar y consolidar el uso de los SUDS en España. Actualmente, RedSUDS realiza periódicamente encuentros entre profesionales de administraciones, universidades, empresas, industrias y centros de investigación; siendo un foro de referencia en el intercambio de experiencias relacionadas con los SUDS en España. Uno de los proyectos españoles más importantes fue AQUAVAL financiado por el Programa Life+ de Política Medioambiental y Gobernanza de la UE y la Diputación de Valencia, desarrollado entre 2010 y 2013. En él se investigó fórmulas para gestionar de manera más sostenible el agua de lluvia y las inundaciones (Perales-Momparler *et al.*, 2015) y reducir los efectos del cambio climático en los municipios valencianos de Benaguasil y Xátiva.

También destaca el proyecto Life-CERSUDS (Ceramic Sustainable Urban Drainage System), reconocido como ejemplo de estrategia innovadora por la UE. Este ha desarrollado pavimentos filtrantes (un tipo de SUDS) construidos a partir de cerámica de bajo valor comercial e impacto medioambiental. En los talleres de los proyectos europeos de SBN de los últimos años, se ha señalado la gran variedad temática (calidad del aire y agua, el secuestro de carbono, mitigación de inundaciones, etc.) en investigación que pueden abordar las SBN (Li *et al.*, 2021). A pesar de todos los avances científicos e implantación de proyectos basados en SUDS y SBN, anteriormente mencionados, todavía quedan deficiencias aún por investigar. Estas aparecen en el marco técnico de los SUDS: su final de vida y rendimiento a largo plazo (Andrés-Doménech *et al.*, 2021). Respecto a las SBN, los desafíos aún por resolver están en su metodología y herramientas para planificar e implementar dicha medida. Los científicos proponen como solución a dichos desafíos: medidas híbridas, metodología de evaluación de los co-beneficios (sociales: salud humana, habitabilidad comunitaria, etc.) y SBN a gran escala (Ruangpan *et al.*, 2020).

Con el paso del tiempo las ciudades españolas van a tener un mayor riesgo de inundación agravado cada vez más por el cambio climático y los procesos urbanos anteriormente mencionados, afectando a un mayor número de población. En estos últimos años, se está teniendo un mayor enfoque basado en la naturaleza, el bienestar social, el desarrollo sostenible y la resiliencia que reduzcan estos riesgos. Por ello es necesario evaluar periódicamente los estudios científicos del estado del arte de las medidas de mitigación estructurales y no estructurales frente a las inundaciones implantadas en zonas urbanas de España. Actualmente existen muy pocos artículos de análisis bibliométrico de SUDS y SBN implantados en España. Destacan las investigaciones de análisis bibliométrico de Abellán *et al.* (2021) por su estudio sobre los SUDS relacionándolos con la climatología de España y Li *et al.* (2021) al basarse solo en las SBN en el urbanismo. En el marco de la investigación, todavía, no hay investigaciones bibliométricas centradas en ambas medias (SUDS y SBN) y cuyos estudios se enfoquen en hacer frente a las inundaciones sobre la zona de estudio de España. Esta investigación es relevante al cubrir parte de este vacío científico.

Por ello, el objetivo de esta investigación ha sido analizar la literatura científica de las SBN y los SUDS frente a inundaciones a nivel español en los últimos dos años (2022-2023). Este análisis permite conocer el enfoque actual y futuro del marco teórico y práctico de las SBN y los SUDS en materia de mitigación de inundaciones y cambio climático. En este artículo, tras exponer los principales problemas y desafíos a los que se enfrenta las SBN y SUDS en España, se explica la metodología seguida para conseguir los objetivos expuestos anteriormente (apartado 2). A continuación, en el apartado 3 de resultados se analizan los datos obtenidos de la búsqueda bibliométrica. Y por último, se exponen las conclusiones y discusión finales a la que se han llegado tras realizar dicha investigación.

## 2. METODOLOGÍA

La metodología seguida, en esta investigación, se ha basado en un análisis bibliométrico, utilizando la base de datos (BBDD) bibliográfica SCOPUS. Los artículos de búsqueda han sido de acceso abierto, con DOI e indexados en JCR y SJR por su calidad, reconocimiento e impacto científico dentro del área de conocimiento investigada. Una vez cribados y seleccionados los artículos, su información se analiza y clasifica de forma más detallada. Los datos obtenidos de este análisis se representan en gráficos y tablas para una mejor comprensión y evaluación final que permita conseguir el objetivo establecido de esta investigación. A continuación, se detallan estos pasos seguidos en la investigación:

### 2.1. Búsqueda bibliográfica

La búsqueda se ha centrado en artículos científicos con afiliación española y cuyo título, palabras claves y/o abstract estén relacionados con las SBN y SUDS como medidas de mitigación frente al riesgo de inundación. Todos ellos publicados a partir del año 2022. Como se detalla en la tabla 1, el método de búsqueda de los artículos se ha realizado mediante 11 cadenas de búsqueda formadas por palabras claves principales y secundarias. No se han realizado búsquedas por separado de SUDS y SBN, ya que en la mayoría de los casos ambas medidas se implantan a la vez por la semejanza en su función de mitigación frente a las inundaciones.

*Tabla 1. Palabras clave y cadenas de búsqueda aplicadas en SCOPUS.*

Palabras clave	Cadena de búsqueda
SUDS, NBS	TITLE-ABS-KEY (suds OR nsb ) AND TITLE-ABS-KEY ( spain ) AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ENVI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "SOC" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "EART" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ARTS" ) )
nature-based-solutions, sustainable-urban-drainage, climate-change, rainwater, flood	TITLE-ABS-KEY ((nature-based-solutions) OR (sustainable-urban-drainage) AND (climate-change OR rainwater OR flood) AND (spain))
flood, rainwater, stormwater, runoff, green- blue infrastructure, retention y drainage	TITLE-ABS-KEY ((flood OR rainwater OR stormwater OR runoff) AND (green OR blue OR infrastructure) AND retention OR drainage) AND (spain))
urban, runoff, measure, sustainable, retention, drainage	TITLE-ABS-KEY ((urban OR runoff) AND (measure OR sustainable) AND (retention OR drainage) AND (spain))
urban, flood, sustainable-development-goals	TITLE-ABS-KEY ((urban OR flood) AND (sustainable-development-goals) AND (spain))
blue-green infrastructure, cities	TITLE-ABS-KEY ((blue AND green AND infrastructure AND cities) AND (spain))
flash, floods, measures, mitigation	TITLE-ABS-KEY (flash AND floods AND (measures OR mitigation) in AND spain)
debris flows, measures, management, mitigation	TITLE-ABS-KEY (debris AND flows AND (measures OR management OR mitigation) in AND spain)
flood mitigation, design, vegetation	TITLE-ABS-KEY (flood AND mitigation AND (design OR vegetation) AND (spain))
debris flows management	TITLE-ABS-KEY (debris AND flows AND management AND in AND spain)
ecosistema services flood	TITLE-ABS-KEY (ecosistema AND services AND flood AND (spain))

Fuente: Elaboración propia.

### 2.2. Selección de artículos y extracción e interpretación de sus datos.

De estas 11 cadenas de búsqueda se han obtenido 34 investigaciones publicadas en 2020 y 3 en 2023. Durante el cribado bibliográfico ha habido varios artículos duplicados por la estrecha relación y vínculo entre los términos SUDS y SBN, reflejándose el problema de diferenciación entre ambos conceptos que todavía existe en el marco de la investigación (comentado anteriormente). Durante el análisis bibliográfico se fueron descartando artículos que no estaban relacionados con el tema de investigación, pudiendo analizar en

profundidad 19 artículos científicos. Todos ellos son publicaciones en artículos de revista, capítulos de libro y conferencias, predominando los artículos en revistas científicas publicadas en ScienceDirect y MDPI.

La información más relevante extraída de cada uno de los 19 artículos válidos se definió según los siguientes 20 indicadores:

- Año de publicación
- Tipo de publicación. capítulo de libro, artículo de revista, manual, trabajo fin de grado, trabajo fin de máster, etc.
- Países involucrados en la investigación: colaboraciones, ayudas económicas, apoyo diplomático, etc.
- Zona de ubicación del estudio en España: región, comunidad autónoma, provincia y/o municipio.
- Área de investigación: ingeniería, geografía, medioambiente, etc.
- Entidades creadoras de la investigación: universidades, centros de investigación, ayuntamientos, empresas, etc.
- Tipo de estudio: análisis de casos reales, ensayos de laboratorio, entrevistas, revisión bibliográfica, etc.
- Objetivos temáticos.
- Métodos de estudio.
- Tipo de riesgo de inundación: aguas residuales urbanas, debris flows, inundaciones repentinas, inundaciones pluviales y/o fluviales.
- Fase del riesgo al que se enfrentan las SBN y SUDS: peligrosidad, mitigación, vulnerabilidad, percepción, exposición, gestión y amenaza.
- Tipo de medida de mitigación: estructural, no estructural, azul, gris y/o verde.
- Tipo de técnicas de SBN y SUDS: diques, soterramiento del cauce, pavimento permeable, techos verdes, jardines lluvia, parques inundables, zanjas de bioretención, medidas de concienciación y participación ciudadana, etc.
- Zonas de aplicación de las técnicas: llanura aluvial, calzada, parque, alcantarillado, jardines, patios, edificios, etc.
- Zonas inundables: ciudades, parcelas, barrancos, ramblas, abanico aluvial, laderas, valles, márgenes de los ríos, etc.
- Riesgos secundarios que mitigan las SBN y SUDS: cambio climático, medioambientales, salud, bienestar social, patrimonio, contaminación lumínica y del agua, etc.
- Conclusiones de los artículos.
- Problemas establecidos en las investigaciones.
- Líneas de futura investigación sobre las SBN y SUDS frente a las inundaciones en España.

Algunos de los indicadores seguidos se han basado en otras investigaciones de análisis bibliométrico como la de Li *et al.* (2021) y Abellán *et al.* (2021). Se definieron estos tipos de indicadores para un mejor análisis de los artículos y obtención de los datos. Estos se representaron en gráficos y tablas para visualizar y detectar de forma rápida y clara los patrones, tendencias y relaciones más significativas de los datos recopilados. Esto permitió realizar una reflexión y evaluación crítica sobre el estado del arte de la investigación de SUDS y SBN frente a las inundaciones en España, alcanzando dicho objetivo principal de esta investigación.

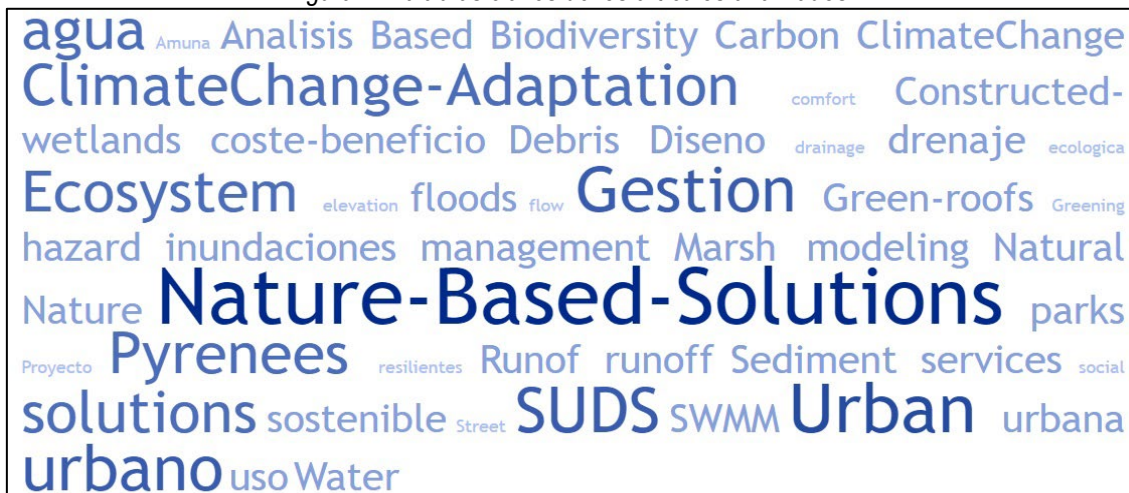
### 3. RESULTADOS

En las investigaciones analizadas las palabras claves más frecuentes fueron (Figura 1): Nature-Based-Solutions, SUDS, urban, gestión, Climate Change-Adaptation. También se emplearon como palabras claves las relacionadas con las inundaciones (water, debris flows y runoff).

Una parte de los artículos analizados tiene como objetivo principal conocer y evaluar la gestión y funcionalidad de las medidas de mitigación implantadas a través de casos de estudio reales creados mediante proyectos de empresas y/o entidades públicas, en su mayoría financiados por la UE. En tanto otra parte de artículos tienen como objetivo desarrollar y establecer propuestas de medidas de mitigación y metodologías lo más eficientes y eficaces posibles frente al riesgo de inundación. Para conseguir dichos objetivos las metodologías más empleadas han sido el análisis bibliométrico y el análisis económico y social. Para este último análisis se han aplicado Métodos de Costo Evitados (ACM), Método de Capital Humano (HCM), Cálculo de Costos de Reposición (RC), Revisión de Precios de Mercado (RMP) y Curvas

de vulnerabilidad local y nacional. Algunos de los softwares empleados en estos estudios se han basado en Sistemas de Información Geográfica (SIG) como Arcmap y ArcGis y en modelos como IBER (modelo hidráulico bidimensional) y RAMMS: AVALANCHE (modelo de avalancha). También se han aplicado análisis multicriterios basados en el método de Procesos Analítico Jerárquico (AHP), salidas de campo y entrevistas.

Figura 1. Palabras claves de los artículos analizados.



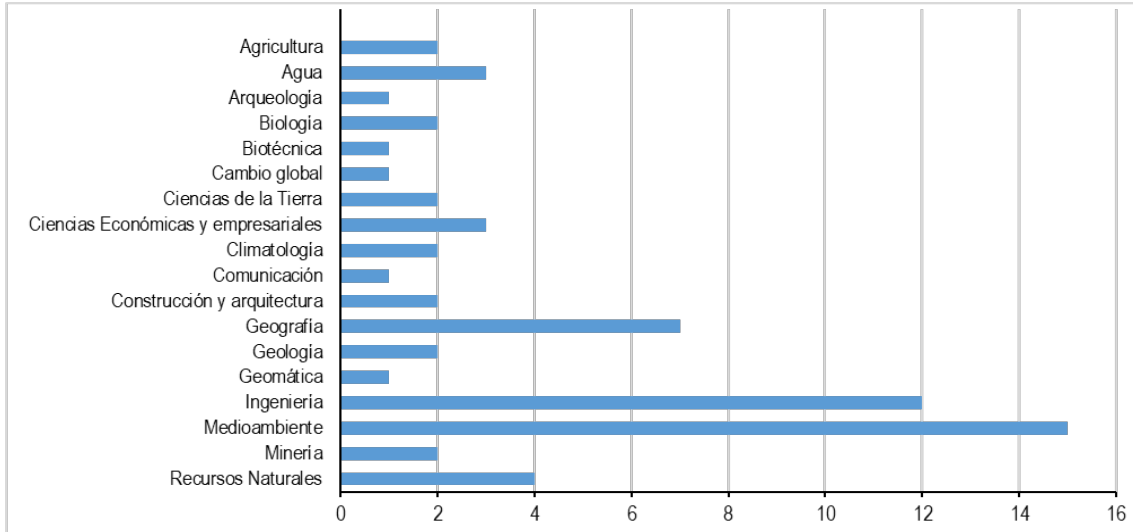
Fuente: elaboración propia.

La zona de implantación de las SBN y SUDS más frecuente ha sido el Mediterráneo español, destacando la provincia de Alicante y Barcelona. Ya que como se dijo anteriormente, el litoral Mediterráneo es una de las zonas de mayor riesgo de inundación y cambio climático de toda Europa. Otra zona donde se han implantado numerosas medidas de mitigación ha sido en el norte de España: País Vasco, Asturias, Cantabria y Galicia. En la mayoría de los artículos de casos de estudio se muestran varias zonas de implantación de SBN y/o SUDS a la vez, ubicadas en diferentes regiones de España o junto a otros países como por ejemplo Suecia y Países Bajos mostrado en el artículo de Cortinovis *et al.* (2022). Aunque los artículos analizados en esta investigación tengan una zona de estudio en España, la mayoría están realizados por investigadores de otros países destacando por su frecuencia Portugal, Alemania y Chile. Hay que destacar que en algunos artículos los investigadores no eran de España.

Los estudios se han elaborado mayoritariamente por universidades (destaca la Universidad de Alicante y la Universidad de Barcelona) junto con algunos centros de investigación como el CSIC o centros tecnológicos como CARTIF y varios organismos públicos y consorcios como el Real Jardín Botánico, BRTA (Basque Reserch and Technology Alliance) y Comunidade Intermunicipal do Alentejo Central (CIMAC). Como se muestra en la figura 2 las principales áreas de investigación que se ocupan del estudio de las SBN y SUDS frente a inundaciones en España son ingeniería (civil, forestal y de recursos naturales), medioambiente y geografía (humana, regional y física), seguidas de las áreas de recursos naturales y ciencias económicas y empresariales. Existe una gran variedad de áreas de investigación que colaboran en este tipo de estudio de SBN y SUDS, siendo investigaciones muy interdisciplinares.

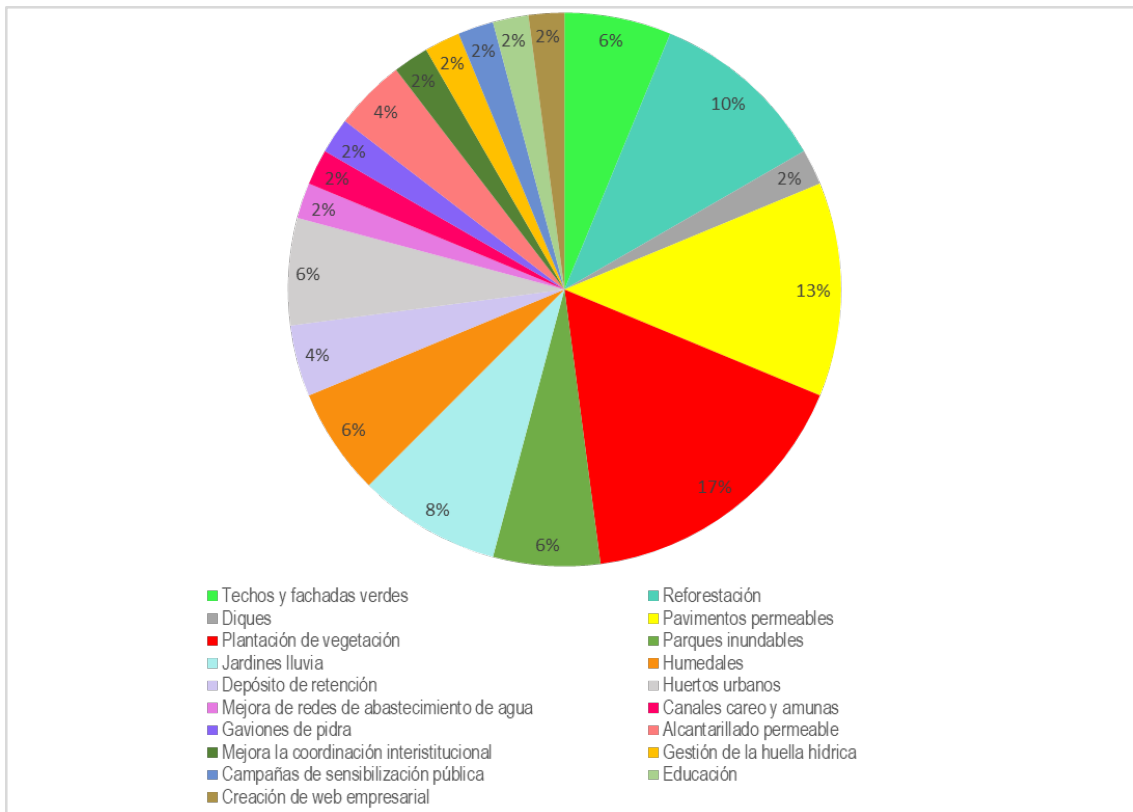
Las medidas de mitigación propuestas frente a inundaciones más utilizadas en estudios reales y teóricos han sido las medidas estructurales verdes y azules (figura 3) como la plantación de vegetación en parques, aceras y áreas ribereñas (por ejemplo, con vegetación leñosa y especies autóctonas); pavimentos permeables en áreas de aparcamiento, calzada y aceras urbanas; techos y fachadas verdes; jardines lluvia; reforestación; parques inundables; humedales y huertos urbanos. Mientras que las técnicas de menor implantación fueron las basadas en medidas grises puramente ingenieriles como diques de contención y gaviones de piedra. Las medidas de mitigación no estructurales o “acciones blandas” como las basadas en: la educación, las campañas de sensibilización pública, la gestión de la huella hídrica, la mejora en la coordinación interinstitucional y la creación de webs empresariales son menos frecuentes en la implantación de SBN y SUDS según los resultados de la presente investigación.

Figura 2. Áreas de investigación implicadas en los artículos científicos evaluados.



Leyenda: tipos de áreas de investigación (eje Y) y número de apariciones en los artículos evaluados (eje X).  
Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Técnicas de SBN y SUDS utilizadas en las investigaciones.



Leyenda: porcentaje del tipo de técnica empleada en los artículos analizados.  
Fuente: elaboración propia.

Estos tipos de técnicas de mitigación estructurales y no estructurales se han aplicado mayoritariamente en ciudades donde se producen inundaciones pluviales y fluviales. Los estudios de investigación evaluados concluyen y afirman que estas técnicas no solo son eficientes en la mitigación del riesgo de inundación, sino que pueden mejorar el bienestar y la salud de los ciudadanos y la cohesión social; aportar un mayor valor estético y ambiental (mejora de la calidad del aire y del agua y reducción de las temperaturas) de las

ciudades; controlar los problemas de desbordamiento de alcantarillado combinado (CSO) (evitando inundaciones pluviales residuales y contaminantes); aumentar las oportunidades económicas, evitar la degradación de los monumentos patrimoniales; contribuir a la renaturalización y regeneración de ecosistemas degradados y aumentar la resiliencia frente al cambio climático y a los riesgos hidroclimáticos.

Uno de los aspectos señalados más importantes en la gestión del riesgo de inundación en la mayoría de las investigaciones evaluadas es aplicar un enfoque integrado que combine diferentes medidas de mitigación estructurales y no estructurales. Además, señalan que con la aplicación de dicho enfoque se garantiza mayores beneficios y oportunidades a escala local. Todos ellos tienen como línea de investigación futura común incentivar la responsabilidad y participación ciudadana para garantizar el mantenimiento y eficacia de las medidas de mitigación (SBN y SUDS) implantadas y propuestas frente a las inundaciones. También consideran necesario analizar más casos de estudio para conocer más a fondo la relación entre las medidas de mitigación y su eficacia frente a las inundaciones con relación a las condiciones del lugar.

#### 4. CONCLUSIONES

En el último año la comunidad científica se ha centrado en el estudio de diferentes tipos de SBN y SUDS como medidas de mitigación frente al riesgo de inundación en España.

Las soluciones basadas en la naturaleza (SBN) y los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) están estrechamente relacionados, ya que ambos enfoques buscan utilizar procesos naturales y técnicas innovadoras para gestionar el agua de manera más sostenible en las áreas urbanas. Las SBN se enfocan en imitar los procesos naturales del ecosistema para reducir la escorrentía y aumentar la infiltración del agua en el suelo. Esto se logra mediante el uso de vegetación, suelos saludables y sistemas de drenaje natural. Por otro lado, los SUDS se enfocan en el diseño y la construcción de sistemas de drenaje urbano que simulan el ciclo hidrológico natural, reducen la escorrentía y aumentan la infiltración del agua en el suelo.

Estos sistemas (SBN y SUDS) se enfocan en imitar y trabajar con los procesos naturales del ecosistema y aprovechar la vegetación, el suelo y la topografía para reducir la escorrentía y aumentar la infiltración del agua en el suelo. Ambas soluciones buscan reducir el riesgo de inundaciones en las áreas urbanas, mejorar la calidad del agua, proporcionar espacios verdes en las zonas urbanas, mejorar la biodiversidad y la salud ambiental, y contribuir a la mitigación del cambio climático.

Es importante destacar que la implementación de SBN y SUDS debe ser una estrategia integral, que involucre a múltiples actores y que se adapte a las condiciones locales y a las necesidades de cada comunidad. La colaboración entre los distintos actores implicados, incluyendo autoridades gubernamentales, urbanistas, ecologistas y comunidades locales, es fundamental para el éxito de estas soluciones.

Su implantación sigue predominando en zonas urbanas del litoral mediterráneo por ser las zonas de mayor vulnerabilidad, peligrosidad y exposición frente a inundaciones. Cada vez las investigaciones contemplan el análisis costo-beneficio y la colaboración y participación ciudadana en las evaluaciones de las medidas de mitigación. Ya que uno de los mayores desafíos en la resiliencia frente a las inundaciones es garantizar una gestión eficaz de las SBN y SUDS que no sería posible sin su correcto mantenimiento y percepción por la población, ya que es una alternativa prometedora para enfrentar los desafíos de las inundaciones en España de una manera más sostenible, resiliente y efectiva.

A pesar de que se haya avanzado en establecer ejemplos de SBN y SUDS todavía sigue habiendo una relación muy estrecha entre ambos conceptos, llegando a interpretarse de la misma forma. Ya que el concepto universal de SBN todavía está por definir, existiendo multitud de términos y matices para referirse a esta medida de mitigación.

**Agradecimientos:** Este artículo se inserta en una Beca predoctoral de Formación de Personal Universitario del Programa Propio del Vicerrectorado de Investigación para el Fomento de la I+D+I en la Universidad de Alicante (UAFPU2019-54) de la que es beneficiaria la coautora Esther Sánchez Almodóvar.



## REFERENCIAS

- Andrés-Doménech, I., Anta, J., Perales-Momparler, S., Rodríguez-Hernandez, J. (2021). Sustainable Urban Drainage Systems in Spain: A Diagnosis. *Sustainability*, 13(5), 2791. <https://doi.org/10.3390/su13052791>
- Abellán García, A. I., Cruz Pérez, N., Santamarta, J. C. (2021). Sustainable Urban Drainage Systems in Spain: Analysis of the Research on SUDS Based on Climatology. *Sustainability*, 13(13), 7258. <https://doi.org/10.3390/su13137258>
- Cohen-Shacham, E., Janzen, C., Maginnis, S., Walters, G. (eds.) (2016). *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature (IUCN). <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>
- Conama, F. (2018). *Agua y Ciudad, Sistemas urbanos de drenaje sostenible*. En Grupo de trabajo ST-10, Congreso Nacional del Medio Ambiente, Madrid.
- Li, L., Cheshmehzangi, A., Chan, F. K. S., Ives, C. D. (2021). Mapping the Research Landscape of Nature-Based Solutions in Urbanism. *Sustainability*, 13(7), 3876. <https://doi.org/10.3390/su13073876>
- López Martínez, F. (2019). Análisis y diagnóstico de la vulnerabilidad general al riesgo derivado de los procesos de inundación fluvial en el litoral mediterráneo peninsular. *Proyecto de investigación*. Universidad de Murcia, 4-123. <http://hdl.handle.net/10201/75342>
- Mittermeier, RA. *et al.*, (2008). «Climate for Life», Washington DC: Conservation International.
- Perales-Momparler, S., AndrésDoménech, I., Andreu, J., Escuder-Bueno, I. (2015). A regenerative urban stormwater management methodology: the journey of a Mediterranean city. *Journal of Cleaner Production* (19) 174 - 189. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.039>
- Rodríguez Bayón, J. (2013). Sistemas urbanos de drenaje sostenible. La infraestructura verde en Paisajes Productivos, *VIII Curso de urbanismo 2013*, Bilbao, España. p.58-59.
- Ruangpan, L., Vojinovic, Z., Di Sabatino, S., Leo, L.S., Capobianco, V., Oen, A.M.P., McClain, E., Lopez-Gunn, E. (2020). Nature-based solutions for hydrometeorological risk reduction: a state-of-the-art review of the reserch area, *Natural Hazards and Earth System Sciences (NHES)*, 20 (1), 243-270. <https://doi.org/10.5194/nhess-20-243-2020>
- Salvo Tierra, Á. E., *et al.*, (2018). *Soluciones Basadas en la Naturaleza*. Congreso Nacional del Medio Ambiente. Congreso Nacional del Medio Ambiente, Fundación CONAMA, Madrid.