

## Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático a nivel municipal: Vulnerabilidad hídrica

## SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

maite.meaurioehu.eus



Salon de actos de EUDEL

Calle de Ercilla 13, Bilbao



11 y 12 de noviembre de 2025





Evolución  
 calificación/artificialización.  
 C.A. de Euskadi (Eustat):

|                             | 2006   | 2007   | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | 2024   |
|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Total Suelo calificado (Ha) | 46.137 | 46.459 | 46.950 | 47.268 | 47.518 | 48.036 | 48.315 | 48.776 | 48.738 | 48.887 | 49.070 | 48.995 | 49.051 | 49.086 | 49.134 | 49.106 | 49.183 | 49.207 | 49.371 |



ZIENTZIA  
ETA TEKNOLOGIA  
FAKULTATEA  
FACULTAD  
DE CIENCIA  
Y TECNOLOGÍA

**50** URTE  
AÑOS  
1968 - 2018  
**Biba Zientzia!**  
Ciencia Viva



# ¿CUÁL ES EL PROBLEMA?

## ZEIN DA ARAZOA?

## VOLUMEN DE AGUA:

### REDUCCIÓN DE LA INFILTRACIÓN

- ↓ de la recarga
- ↓ caudales base

### AUMENTO DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL (ej. Yao et al., 2016, Shao et al 2019)

- 10-20% superficie impermeable. →  $\approx 2x$
- 75-100% superficie impermeable. →  $\approx 5x$

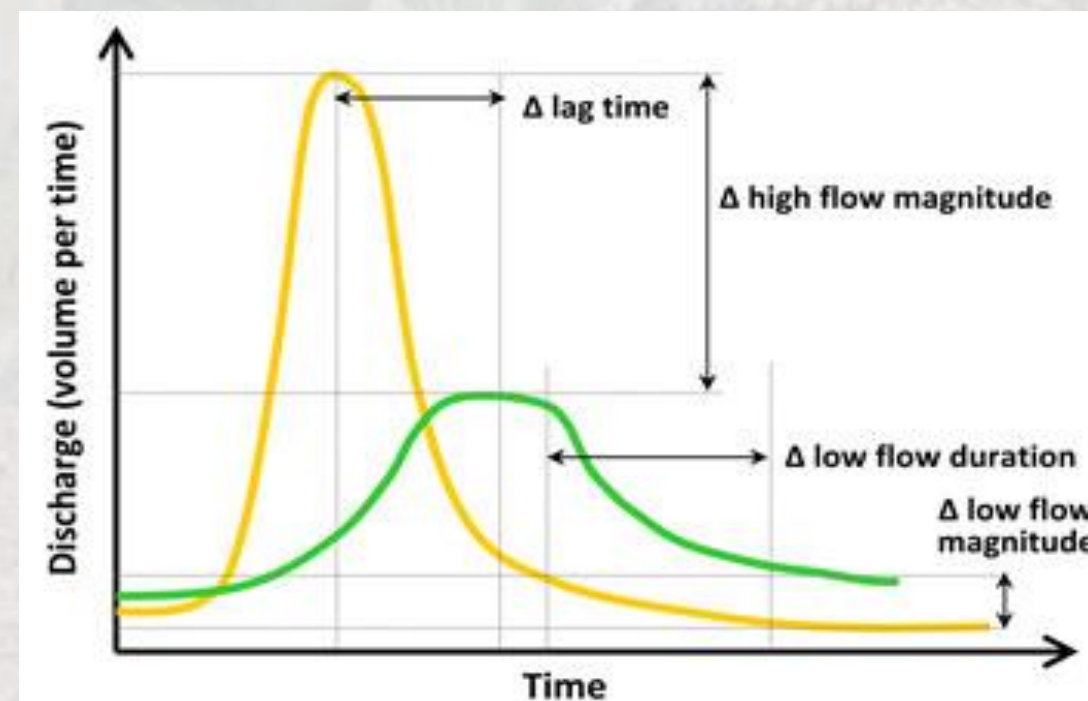


Figure. Hypothetical hydrographs for an urban stream (yellow) and a rural stream (green) after a storm, illustrating some common changes in stormflow and baseflow that occur with urban development. Other changes are listed at left (<https://www.epa.gov/caddis/urbanization-hydrology>)

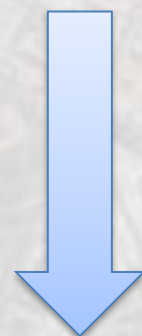
- Mayor riesgo de inundación (ej. Oñate-Valdivieso et al., 2022)
- Erosión de cauces y degradación ecológica ("urban stream syndrome") (ej. Derek et al., 1997).



## SEDIMENTO O POLVO URBANO *(ej. Muller et al., 2020; Drake et al., 2013)*



- Metales (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn)
- N y P
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH)
- ...



- Empeora la calidad del agua de escorrentía.
- Pueden terminar en masas de agua cercanas

# CALIDAD DEL AGUA:

# SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE, ¿QUÉ SON? Y ¿PARA QUÉ SIRBEN?

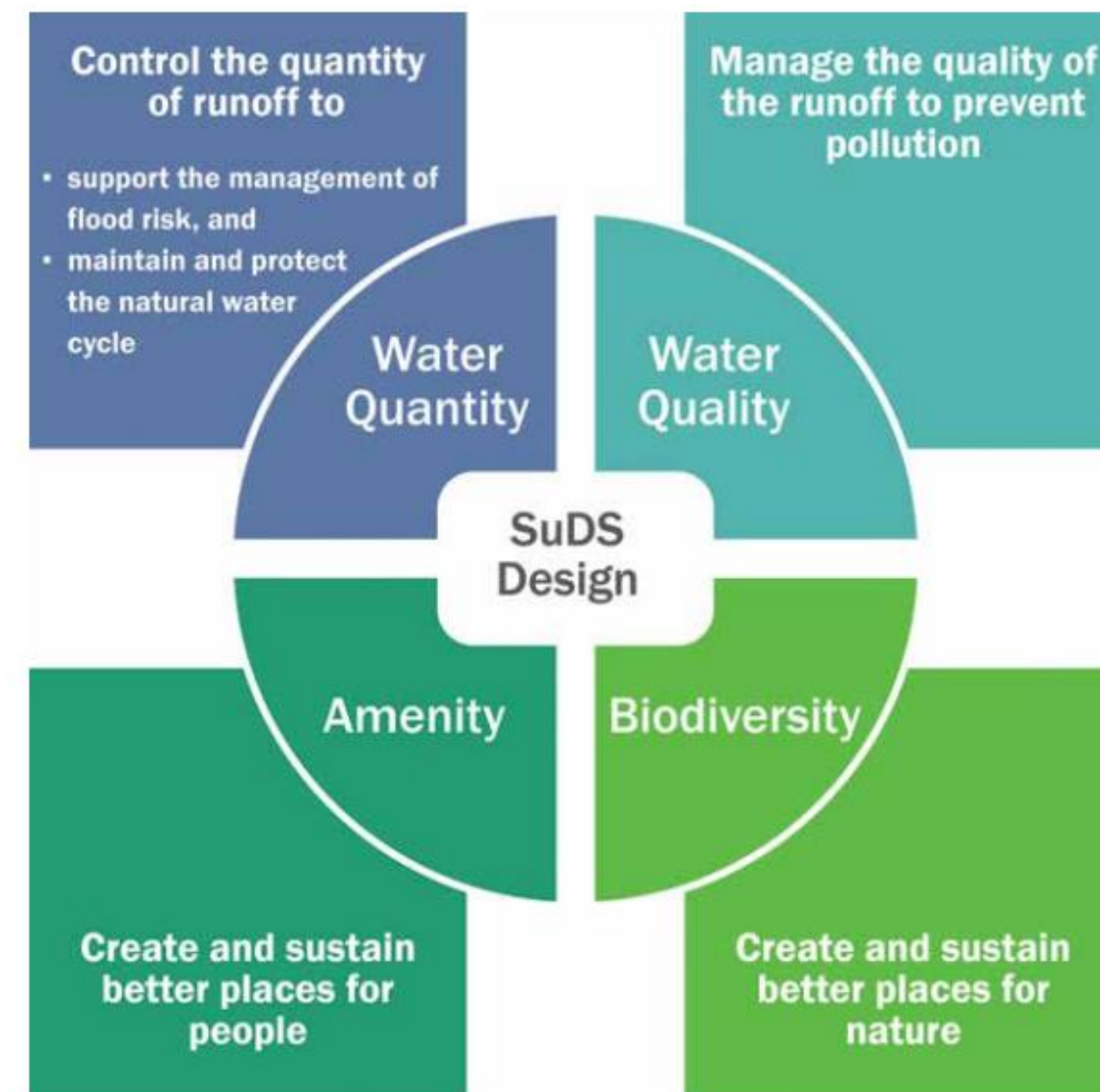
HIRI DRAINATZE SISTEMA JASANGARRIAK, ZER DIRA ETA ZERTARAKO ERABILTZEN DIRA?

## DEFINICIÓN:

El Anexo I de la **Orden AAA/2056/2014**, de 27 de octubre, por la que se aprueban los modelos oficiales **de solicitud de autorización y de declaración de vertido**, define a los **SUDS** como:

«Son elementos superficiales, permeables, preferiblemente vegetados, integrantes de la estructura urbana-hidrológica-paisajística y previos al sistema de saneamiento. Están destinados a **filtrar**, retener, transportar, acumular, reutilizar e **infiltrar al terreno** el agua de lluvia, de forma que no degraden e incluso restauren la calidad del agua que gestionan»

## ¿son Soluciones Basadas en la Naturaleza?

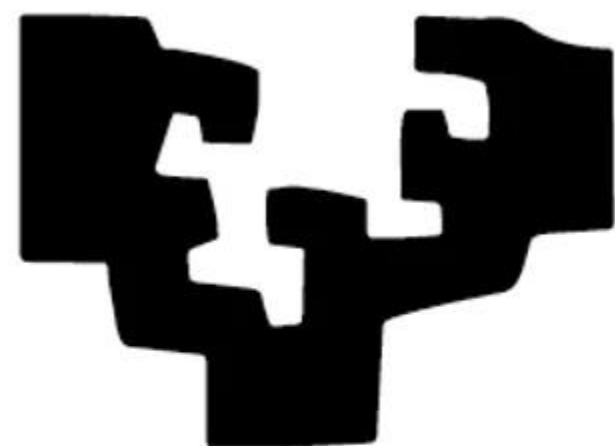


(CIRIA, 2015)

**"The SuDS Manual" (CIRIA, 2015):** • Utilización del agua de escorrentía como recurso • Gestión de la escorrentía en origen (donde ocurre la precipitación) • Gestión de la escorrentía en superficie. • Permitir que la escorrentía **infiltre** al subsuelo. • Promover la evapotranspiración • Laminar y almacenar la escorrentía para reproducir las tasas y volúmenes de la escorrentía natural • **Reducir la contaminación de la escorrentía** a través de la prevención y controlando la escorrentía en origen • **Tratar la escorrentía para evitar el riesgo de contaminación del medio natural por contaminantes urbanos.**

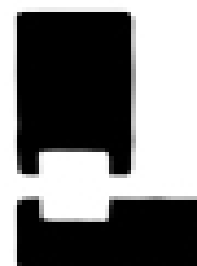


## Gestión sostenible del agua de escorrentía urbana (US22/10)



**EHU**

Euskal Herriko Unibertsitatea  
Universidad del País Vasco

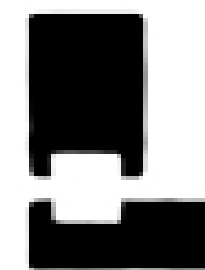


**LEGAZPIKO UDALA**



**DONOSTIA  
SAN SEBASTIÁN**

**Hirietako ur isuriaren kudeaketa jasangarria (US22/10)**



**LEGAZPIKO UDALA**

## CONTEXTO: Good Local Adapt project, European LIFE programme (2017-2021)



**Parking permeable (1600 m<sup>2</sup>);  
hormigón poroso (PC)**



*Scheme of the Legazpi's green urban infrastructure project  
(Laurenz, et al., 2021)*

**Tanque (41.85 m<sup>3</sup>)**



## OBJETIVOS:

Field-based assessment of the influence of a combined SUDS system consisting of a permeable pavement and a stormwater tank on urban runoff quality



Permeable pavement (PP)

Stormwater tank

**Impact on water quality**  
Turbidity, TSS, pH, electrical conductivity, dissolved O<sub>2</sub>, 18 metal(loid)s, 16 PAHs

**Contribution to the international database**  
Best Management Practices (BMP)  
Water Research Foundation (WRF)  
2020 report

**Stormwater tank water ecological risk assessment**

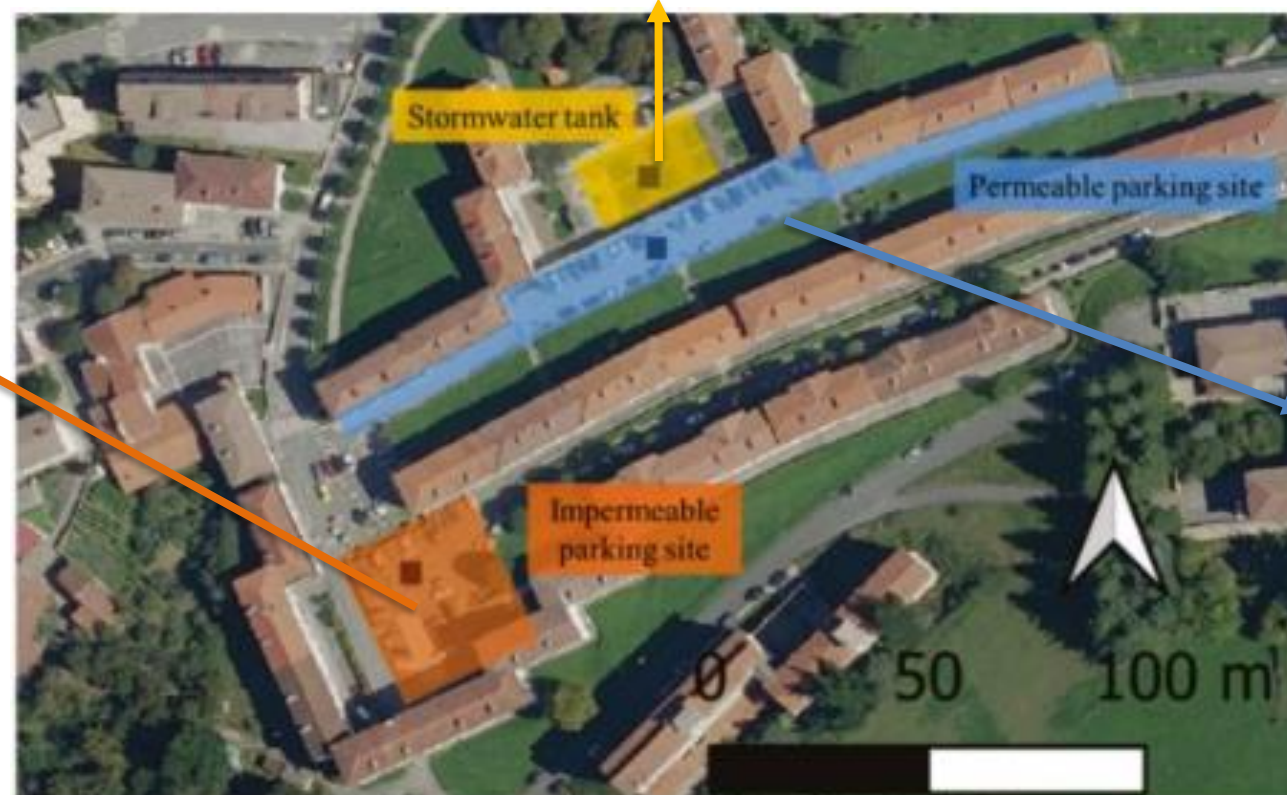


## MUESTREO:

**Parking impermeable  
(865 m<sup>2</sup>)**

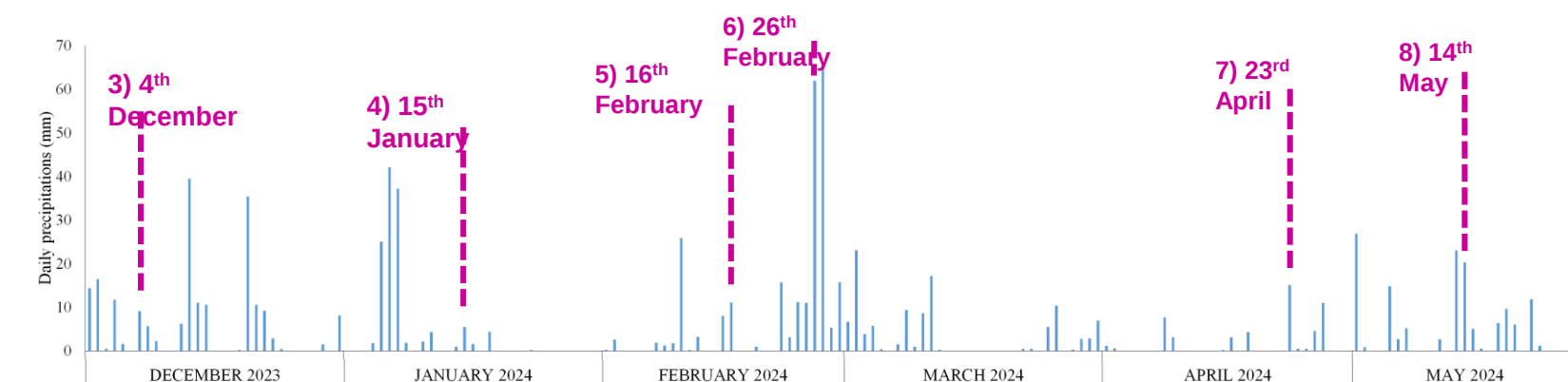
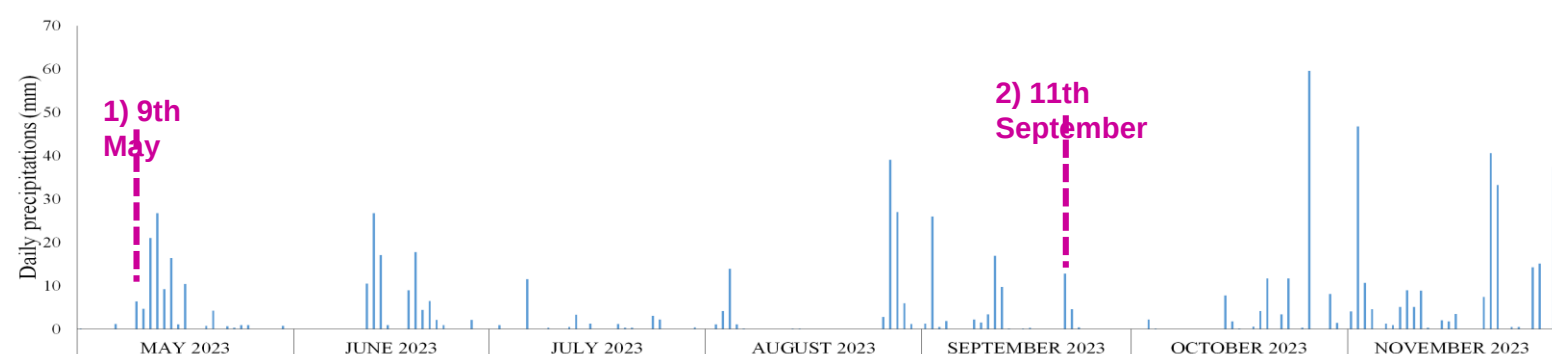


**Tanque (41.85 m<sup>3</sup>)**



**Parking permeable (1600 m<sup>2</sup>);  
hormigón poroso (PC)**

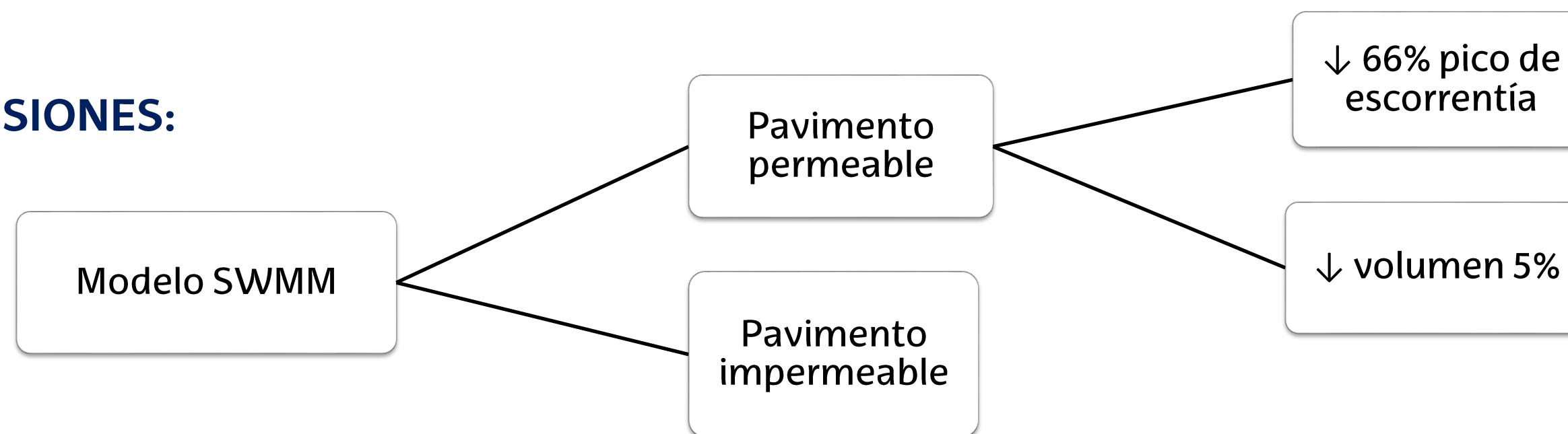
**8 muestreos entre mayo de 2023 y mayo de 2024**



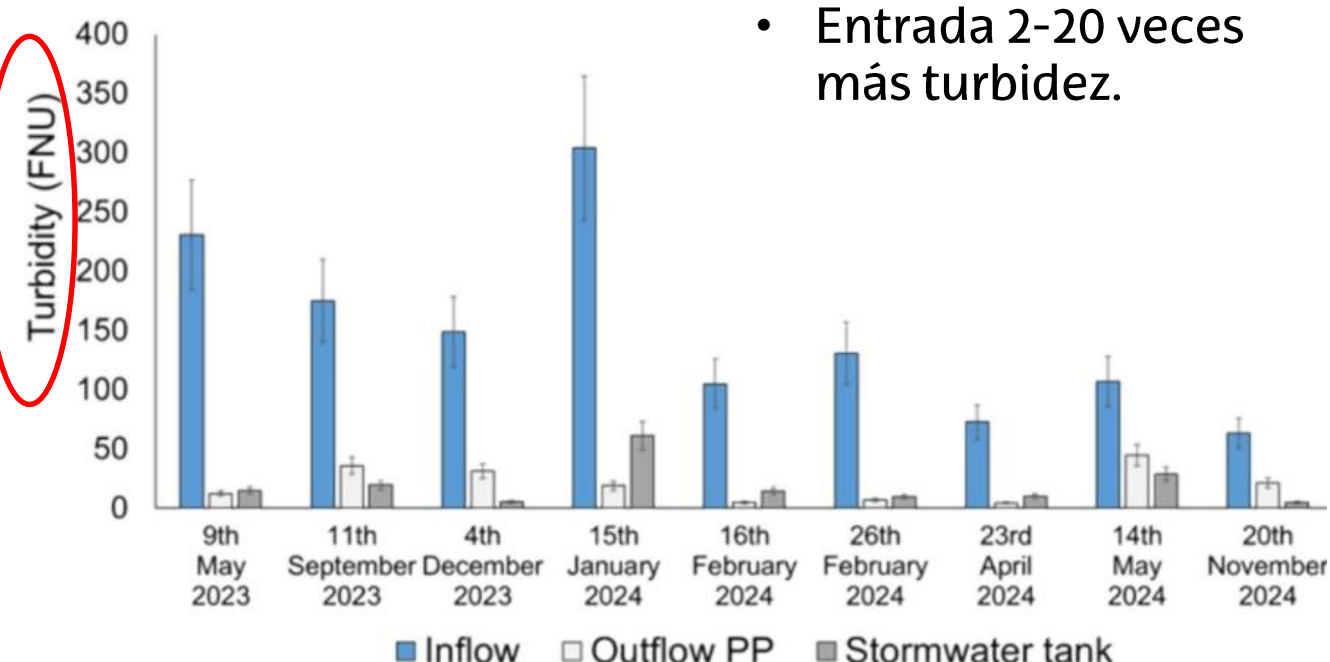
- ✓ 5 parámetros físico-químicos (turbidez, TSS, pH, EC, OD)
- ✓ 3 aniones (cloruros, nitratos y sulfatos)
- ✓ 15 metal/metal(oide) (Al, Fe, Li, V, Ba, Zn, Cu, As, Mn, Mo, Ti, Sb, Ni, Cd, Pb)
- ✓ 16 PAH (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos)

## RESULTADOS y CONCLUSIONES:

### Caudales:



### Calidad:



- Los valores TSS circularon entre 32 y 119 mg/L en el punto de control y entre 4 y 40 mg/L en la salida del PP.
- Fe, Mn, Ba y Cu\* ↓
- EC, Li, V, As\* ↑
- PAH → 16 analizados mucho no se han detectado. El más frecuente el Naftaleno. En general se observa un descenso desde el parquin impermeable al tanque.
- La calidad salida PP y tanque son similares.
- Calidad del agua del tanque → seguro para verter a masas de agua y para limpieza / jardinería.

Más estudios



Nola zaharkituko dira?

¿cómo van a envejecer?

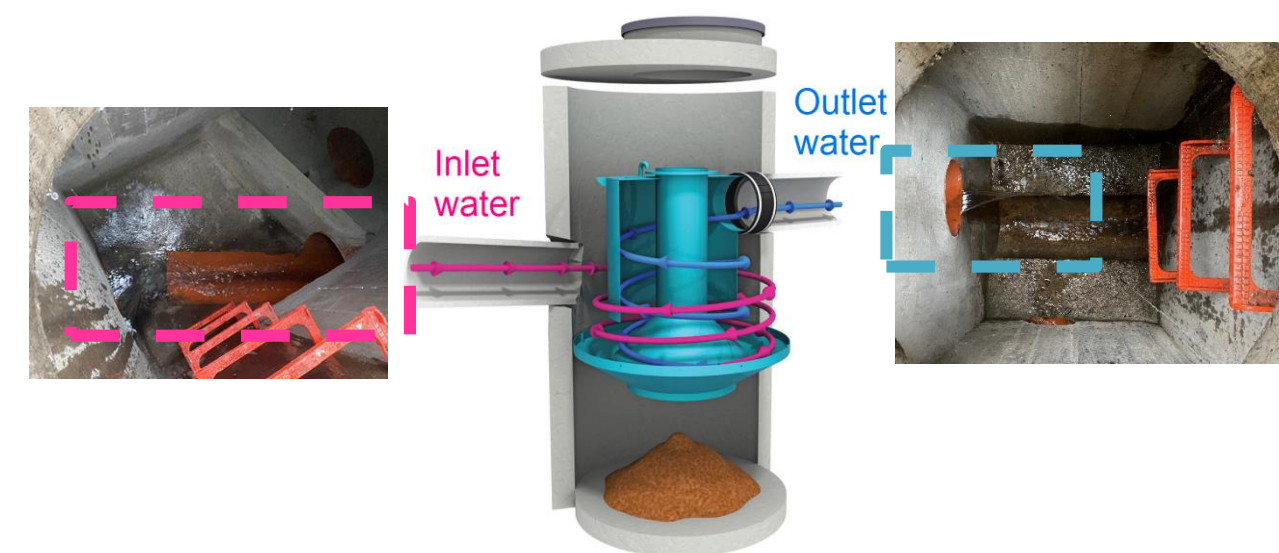
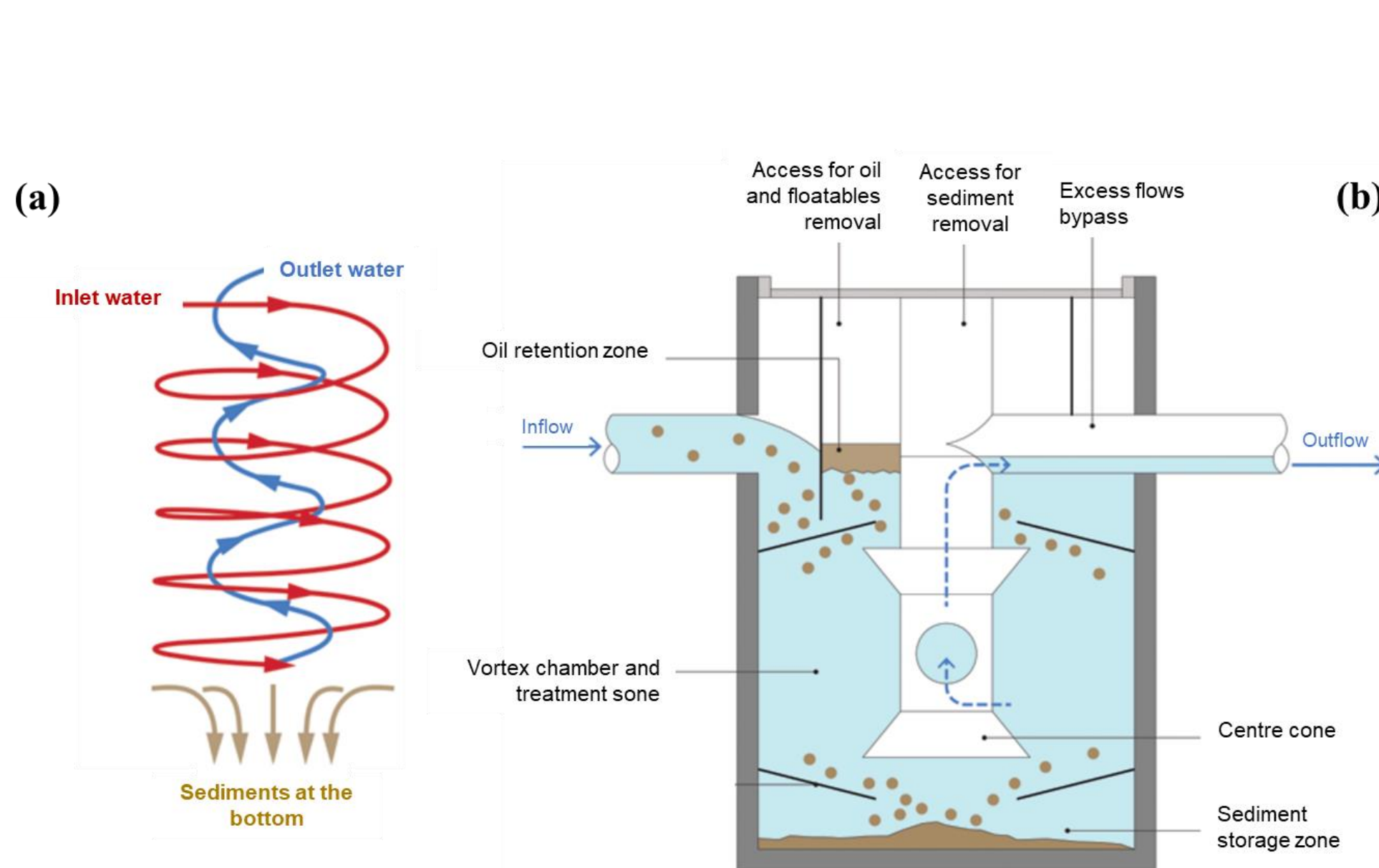




DONOSTIA  
SAN SEBASTIÁN



## CONTEXTO: Hydrocyclones or Hydrodynamic Vortex Separators (HDVS)



- El agua urbana se desplaza de manera centrífuga desde la entrada hasta la salida, y los sedimentos se acumulan en el centro del sistema.
- Existen dos fuerzas principales que eliminan partículas del agua: la **fuerza centrífuga**, que empuja las partículas hacia el exterior de la pared del separador, y la **fuerza gravitatoria**, que las hace descender.

## OBJETIVOS:

- Evaluar el rendimiento de los hidrociclones con datos de campo- > turbidez, TSS, metales, nutrientes, PAH...



- Comparación con BMP.

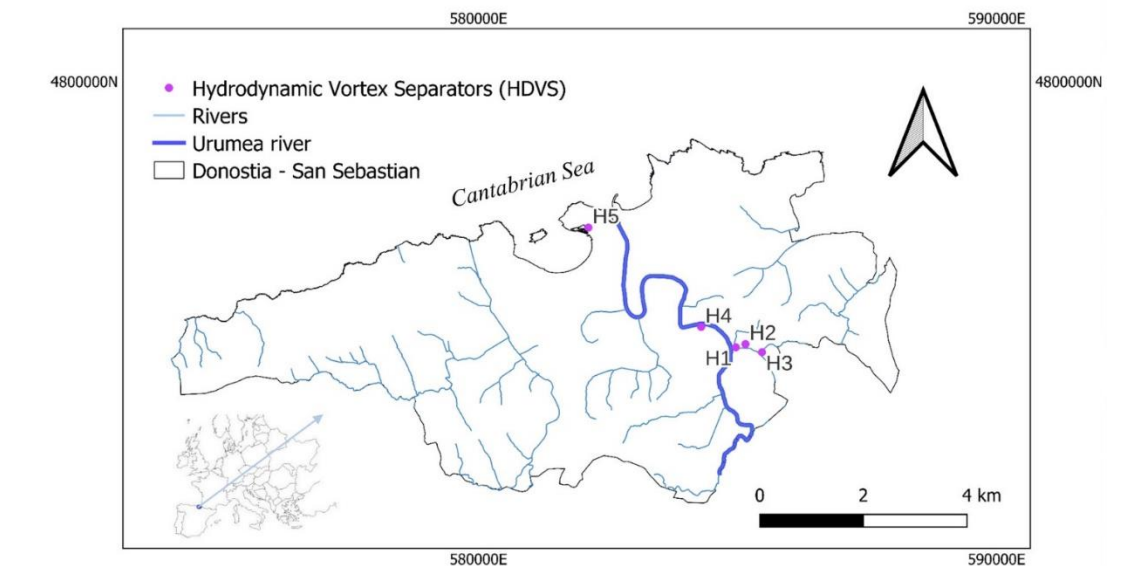


- Calculo de índices para evaluar la calidad del agua: el HEI<sup>\*1</sup> (índice de evaluación de metales pesados), el NI<sup>\*2</sup> (índice de nitratos) y el WQI (índice de calidad del agua)<sup>\*3</sup>.

- Caracterizar el sedimento urbano.



(a)



\*1 Edet and Offiong. 2002

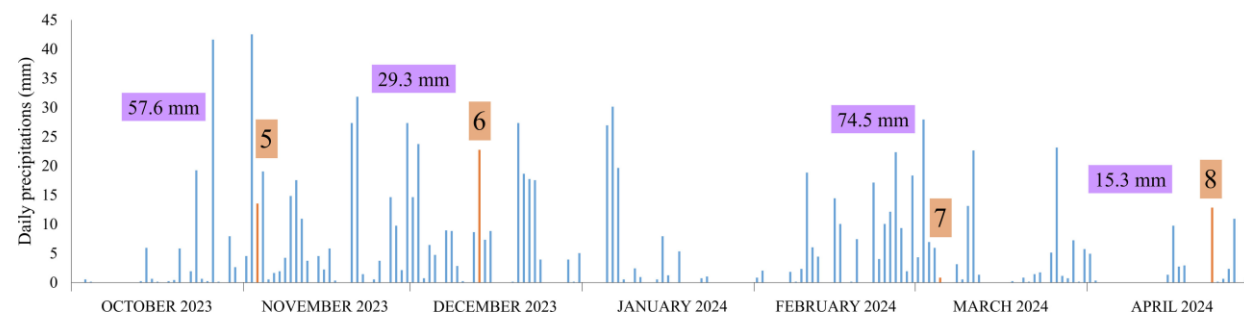
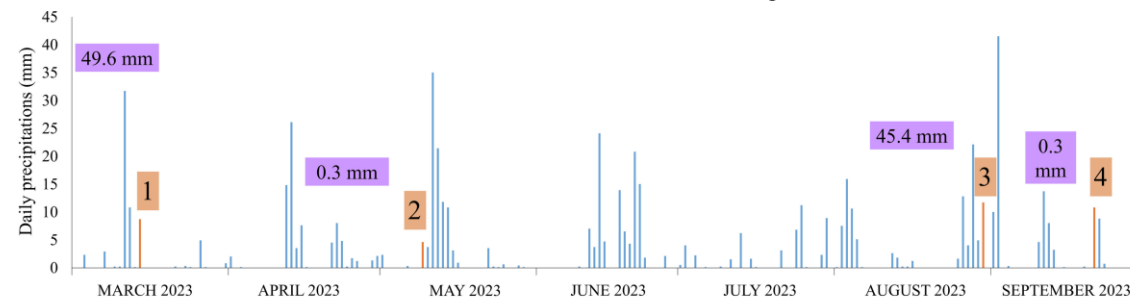
\*2 Ustaolu et al., 2021

\*3 Mohammed et al., 2022

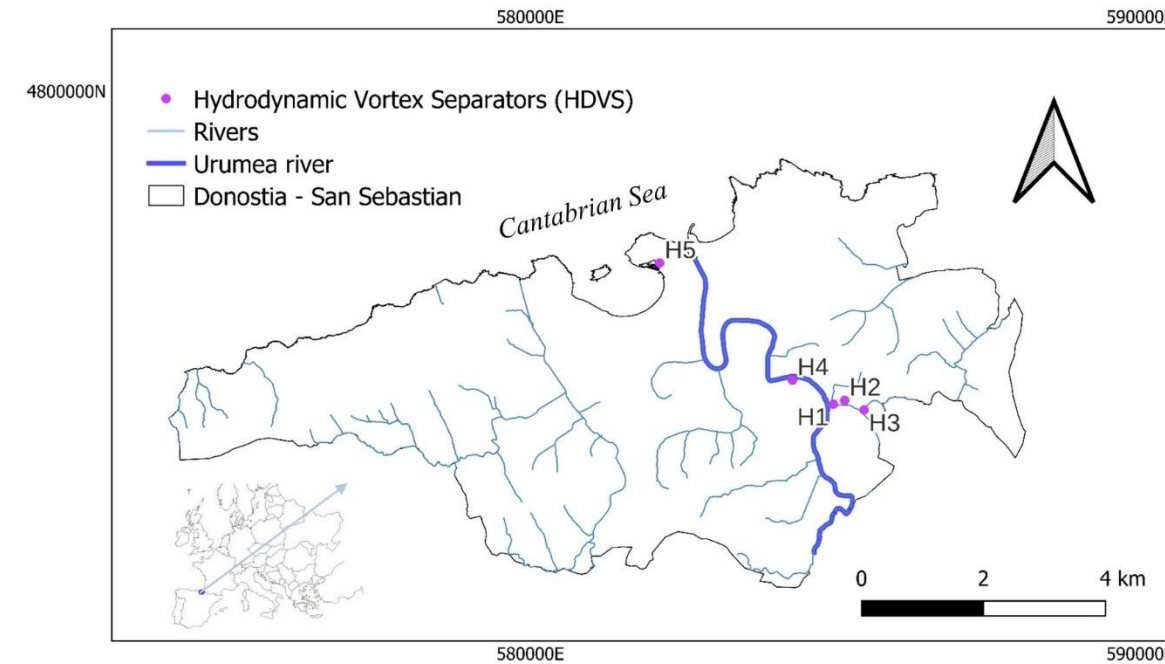
## MUESTREO:

- ✓ 5 parámetros físico-químicos (turbidez, TSS, pH, EC, OD)
- ✓ 6 aniones (sulfatos, nitratos, fosfatos, cloruros, bromuros y fluoruros)
- ✓ 15 metal/metaloide (Li, Be, Al, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Cd, Sb, Ba, Tl y Pb)
- ✓ 16 PAH (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos)

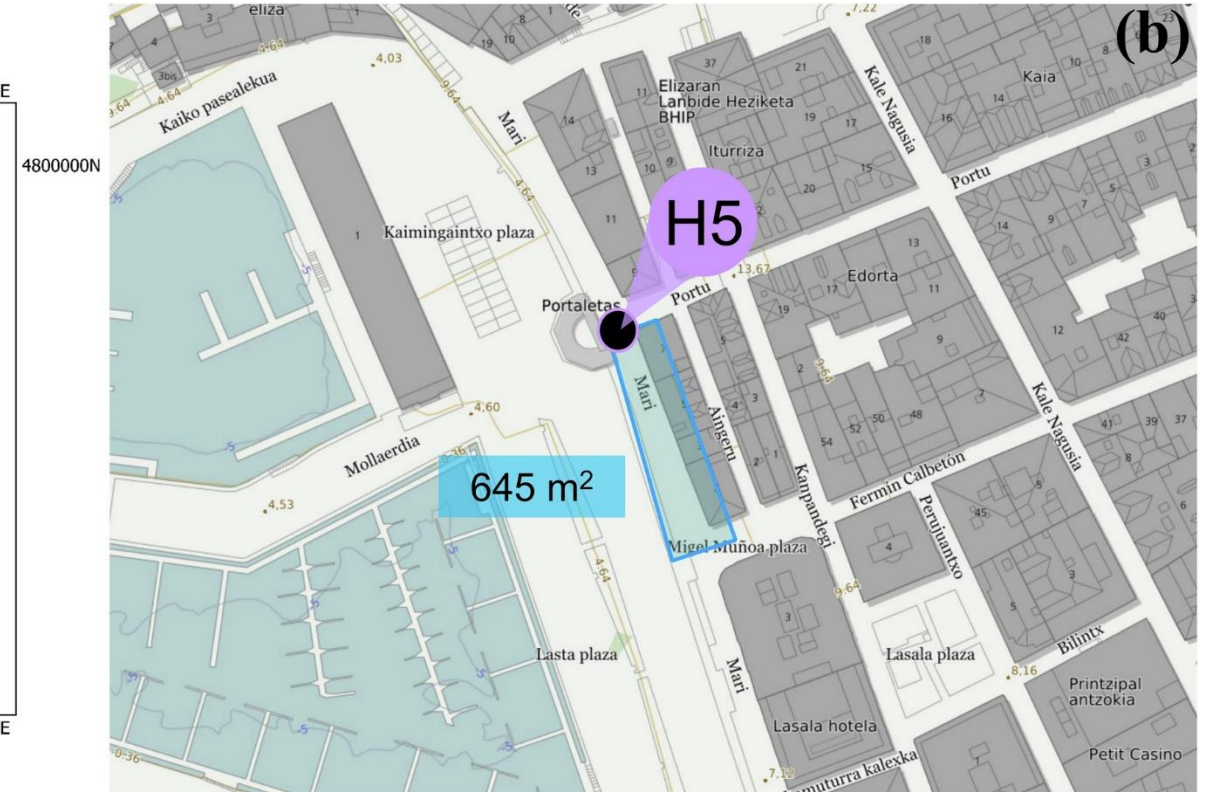
### 8 muestreos entre marzo de 2023 y abril de 2024



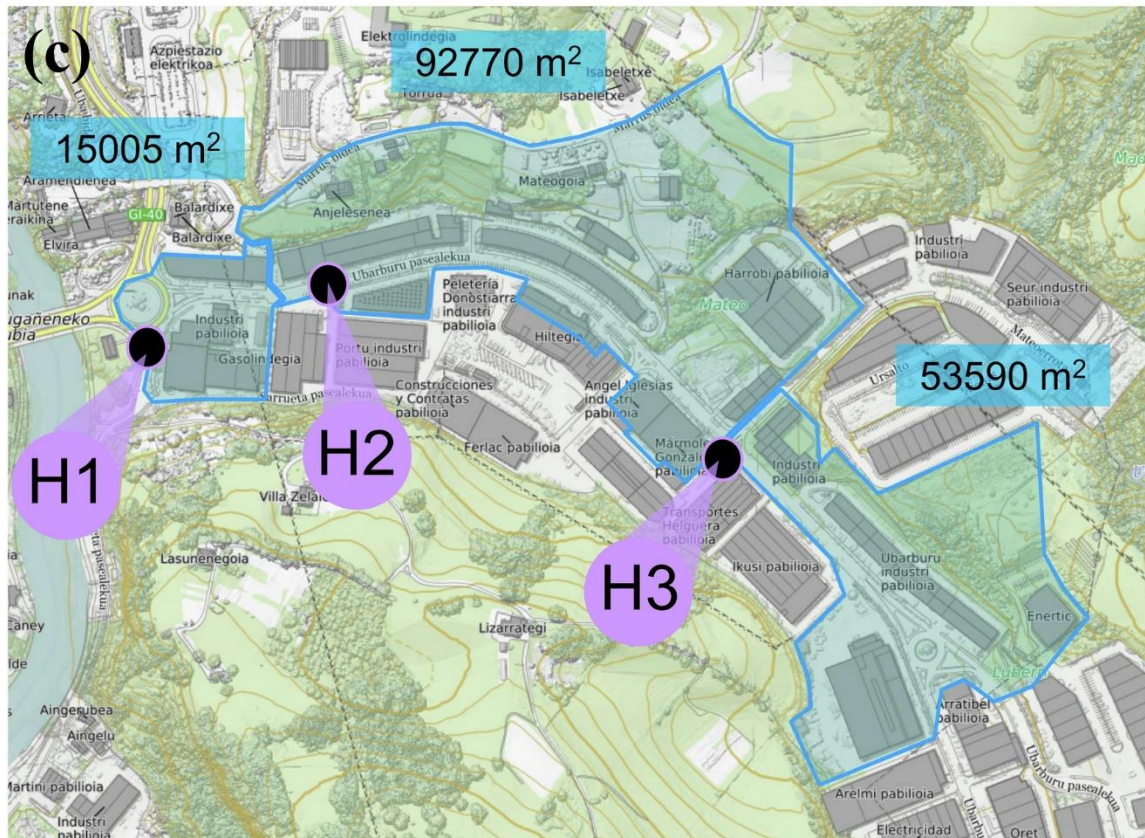
(a)



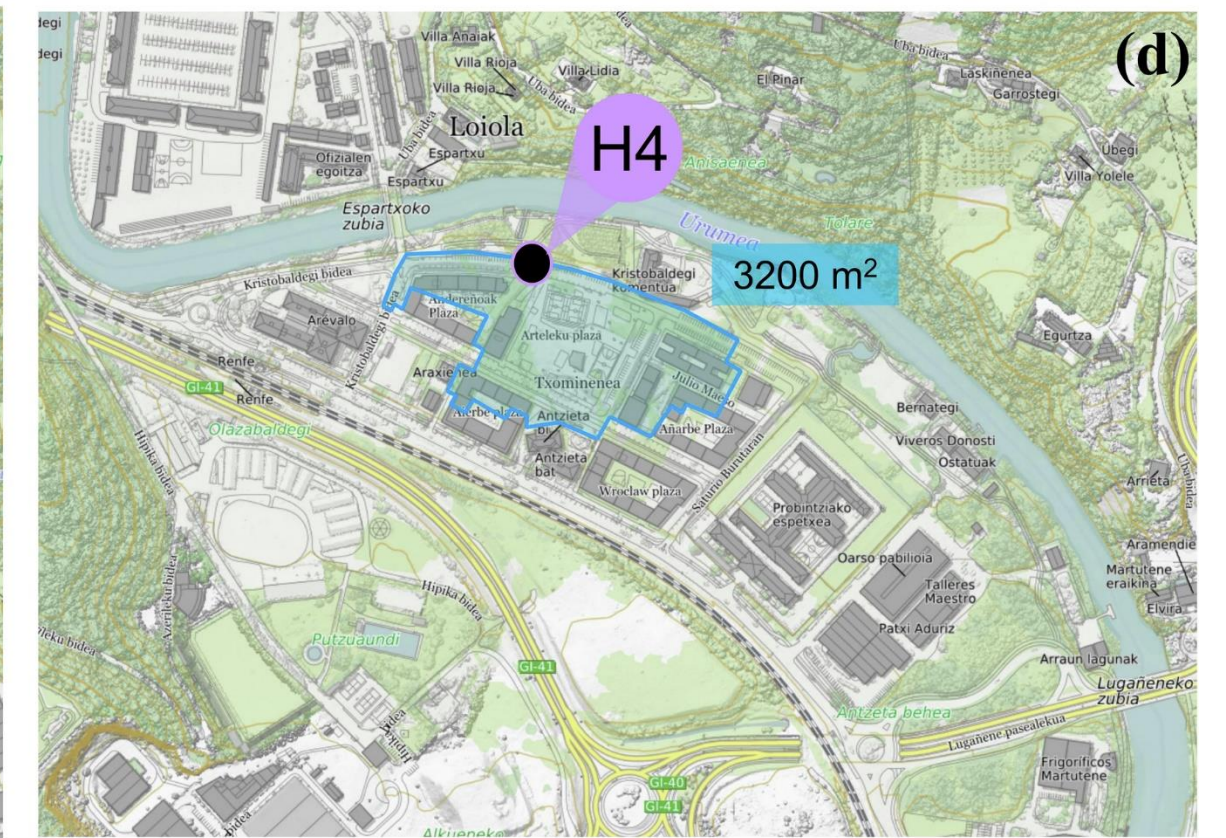
(b)



(c)

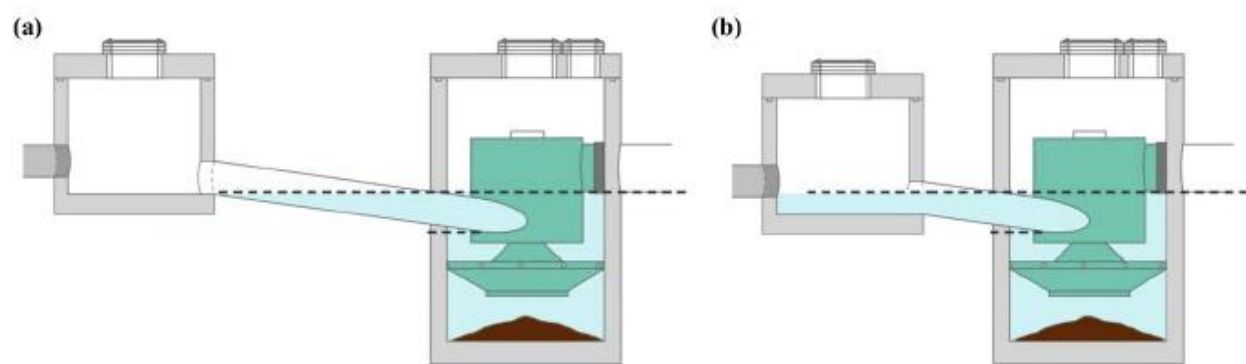
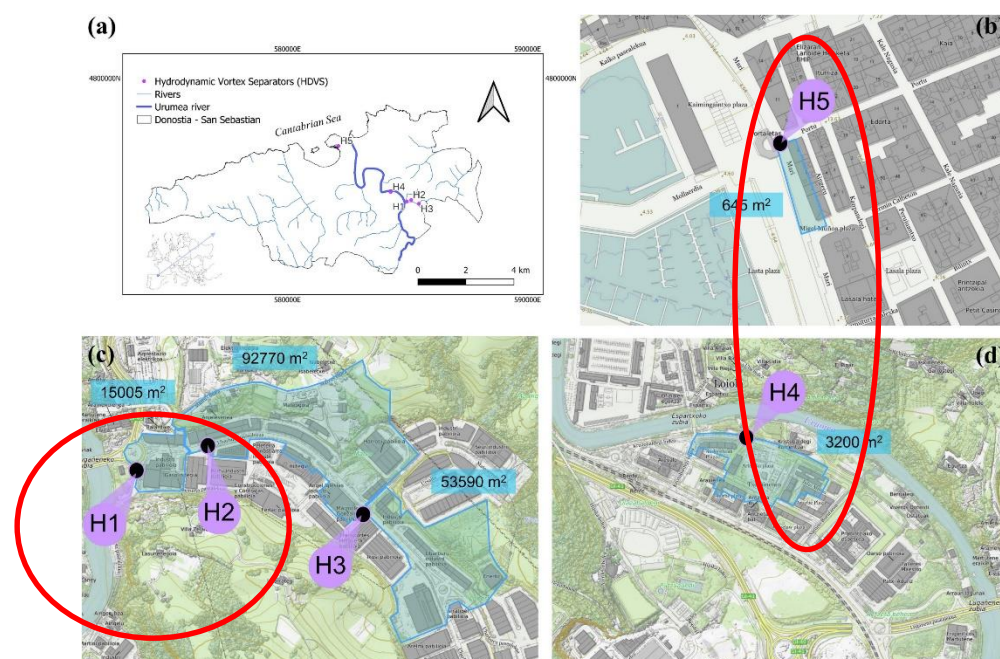


(d)



(a) Geographic location of the five hydrodynamic vortex separators (HDVS) studied (H1, H2, H3, H4 and H5) in Donostia-San Sebastian, Spain. (b) Detailed catchment area of H5, covering 645 m<sup>2</sup>. (c) Detailed catchment areas of H1, H2, and H3, covering 15,005 m<sup>2</sup>, 92,770 m<sup>2</sup> and 53,590 m<sup>2</sup>, respectively. (d) Detailed catchment area of H4, covering 3,200 m<sup>2</sup>.

## RESULTADOS y CONCLUSIONES:



Design schematics of the HDVS studied in Donostia-San Sebastián, showing two connected manholes, with the HDVS in the second manhole. (a) Design of H1, H4 and H5, (b) design of H2 and H3. The schematics indicate water levels at the inlet and outlet of each HDVS and highlight the presence of water stagnation at the inlet in (b), which is absent in (a). Image adapted from [www.hydro-int.com](http://www.hydro-int.com).

### METALES

El Al, el Fe y el Zn fueron los metales predominantes en las muestras

H1 y H2 (valores entre 30 y 575  $\mu\text{g/L}$ ),

No se detectaron Be, Co, Ni, As, Se, Mo, Cd, Sb, Tl ni Pb (90% de las muestras)

### NUTRIENTES

$\text{NO}_3^-$  es mayor en H4–H5

### PAH

Fuentes **pirógenas (combustión/vehículos)** según ratios diagnósticos y **no se** confirmó reducción significativa global entre entrada–salida.

Más estudios

H1 y H4 son los que mayor rendimiento muestran:

TURBIDEZ:

- H1: Baja de forma significativa media 264 82 FNU (tests Mann-Whitney/Wilcoxon).
- H4: Baja de forma significativa media 46 28 FNU (Wilcoxon).
- H2, H3, H5: Sin cambios significativos entre entrada y salida.

REDUCEN LA CONCENTRACIÓN DE Al y Cu

MEJORAN LA CALIDAD DEL AGUA

### DISEÑO

- H2 y H3 tienen un arenero previo a la entrada del hidrociclón
- H5 está en una zona de mucha pendiente  $\rightarrow$  alta velocidad de entra de agua.

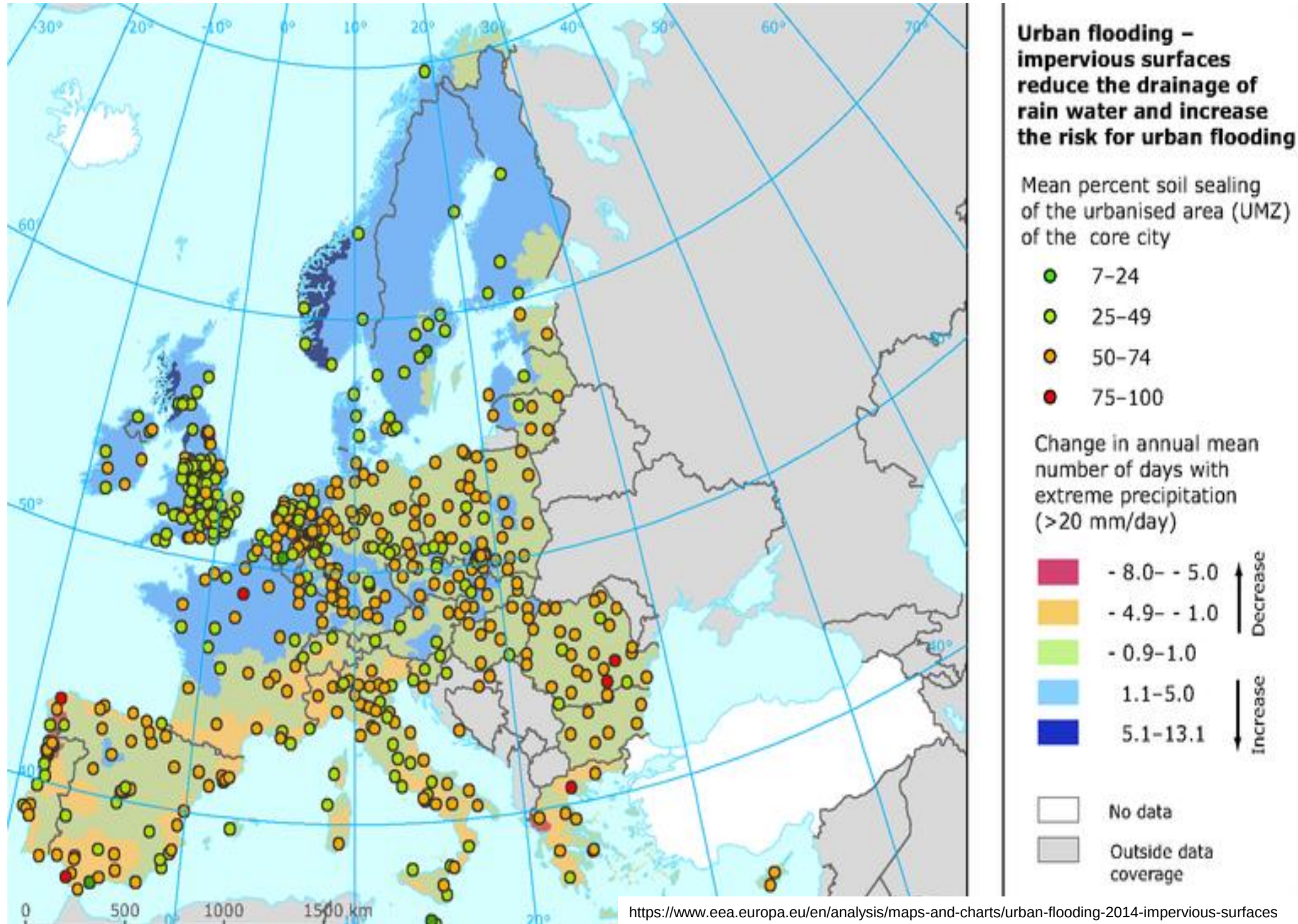
## RESULTADOS y CONCLUSIONES:



Los hidrocilones pueden ser un sistema **adecuado** para mejorar la calidad del agua de escorrentía urbana. De hecho, además de **retener los sedimentos y flotantes de gran tamaño**, si se **optimiza su diseño e instalación**, también pueden **retener sedimentos más pequeños**, evitando que esta contaminación llegue a las aguas naturales.

# SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE Y CAMBIO CLIMÁTICO

## HIRI DRAINATZE SISTEMA JASANGARRIAK ETA KLIMA ALDAKETA



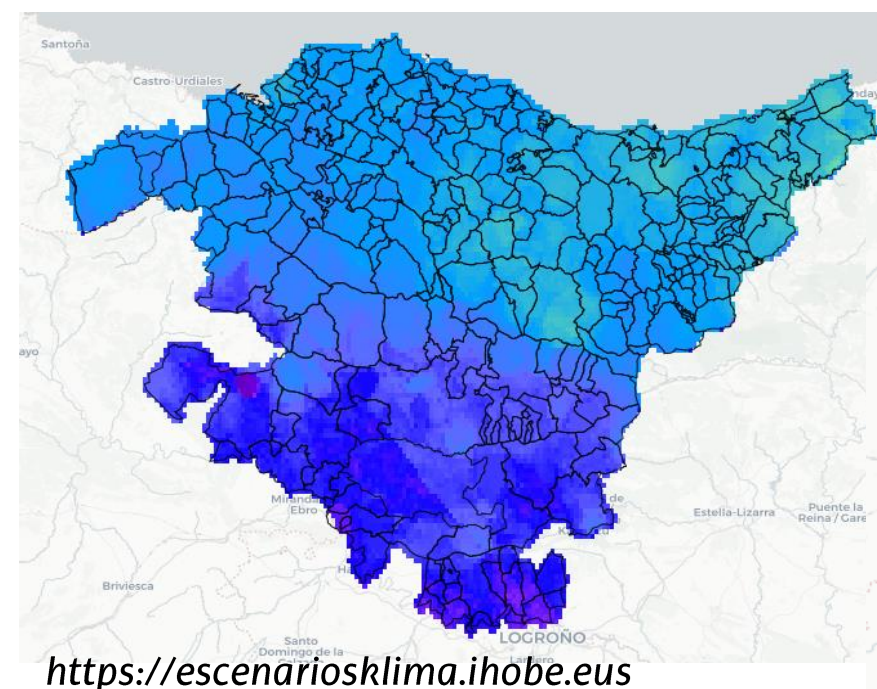
## LEY 1/2024, de 8 de febrero, de Transición Energética y Cambio Climático.

### Artículo 43.– Protección del territorio, de la estructura urbana y de la edificación.

- Integrar el análisis de vulnerabilidad y riesgo climático y la adaptación al cambio climático en los instrumentos de ordenación territorial y planeamiento urbanístico.
- Impulsar una estructura urbana resiliente al cambio climático, compacta y mixta en usos.
- Desarrollar nuevos modelos de adaptación al cambio climático en el ámbito local en las áreas de urbanismo y edificación, fomentando la **permeabilización del suelo** y los **espacios verdes urbanos**.
- La obligación de diseñar planificaciones urbanísticas donde se incorporen criterios para evitar olas de calor, **sistemas de regulación, reutilización y filtración de aguas de lluvia**, **infraestructura verde urbana**, **minimización del riesgo de inundabilidad** y promoción de edificaciones adaptativas. En particular, en las zonas urbanas se deberá **compatibilizar la resolución de la problemática hidráulica de prevención de inundaciones** con el planeamiento urbanístico.
- Aprovechar las intervenciones de regeneración urbana para incorporar medidas de adaptación, implantando principios bioclimáticos en el diseño urbano y arquitectónico.
- Promocionar **la infraestructura verde y las soluciones basadas en la naturaleza** como mecanismos para regenerar los ecosistemas y los servicios que proporcionan a la sociedad, para mantener y mejorar la resiliencia territorial y de los núcleos urbanos, así como la salud de la población.
- Limitar la artificialización del suelo**, racionalizando su ocupación, y reutilizar espacios degradados, potenciando un uso sostenible de la energía y el agua, y la gestión de residuos, de suelos y de la biodiversidad.

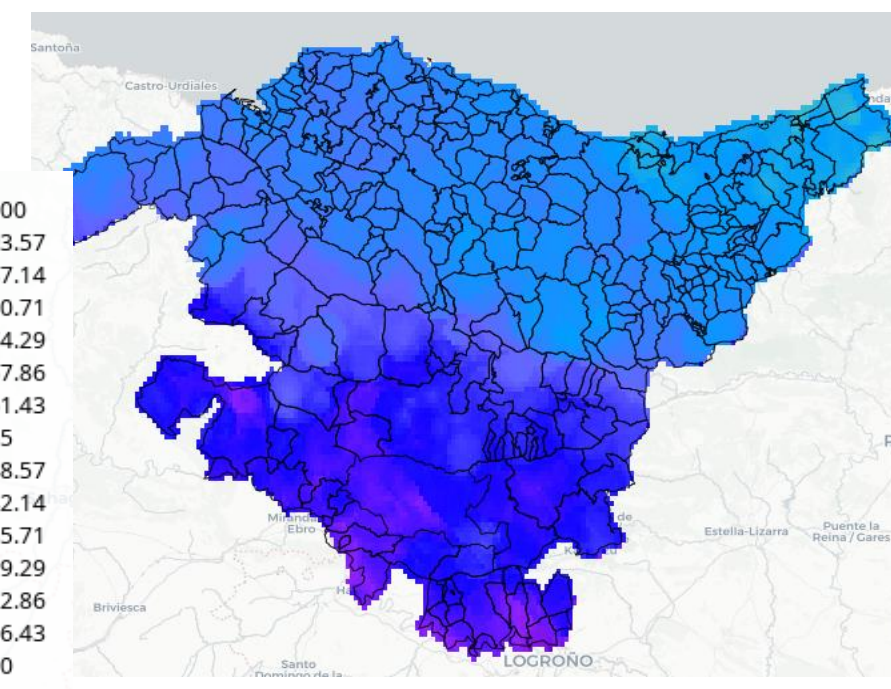
### Máximo del nº de días secos consecutivos (Pr<1mm)

#### Histórico



<https://escenariosklima.ihobe.eus>

#### Futuro medio



## BIBLIOGRAFIA Y PÁGINAS WEB DE REFERENCIA SOBRE SUDS:

- CIRIA, 2015. <https://www.stalbans.gov.uk/sites/default/files/documents/publications/planning-building-control/Bricket%20Wood%20Inquiry/ID6%20The%20SuDS%20Manual%20%28C753%29-v2.pdf> Visitado 11/X/2025
- <https://redsuds.es/> Visitado 11/X/2025
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico (2014). GUÍAS DE ADAPTACIÓN AL RIESGO DE INUNDACIÓN: SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE. <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/usos-del-suelo-en-zonas-inundables/guias-adaptacion-riesgo-inundacion-criterios-constructivos.html> visitado 11/X/2025
- DISEÑO DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) EN NAVARRA. [https://adaptecca.es/sites/default/files/documentos/guia\\_suds.pdf](https://adaptecca.es/sites/default/files/documentos/guia_suds.pdf) visitado 11/X/2025
- Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad 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](https://www.ciclointegraldelagua.com/files/normativa/Guia_Basica_para_el_Diseño_de_Sistemas_Urbanos_de_Drenaje_Sostenible_en_la_Ciudad_de_Valencia_V01.pdf) visitado 11/X/20
- Guía Básica de Diseño de Sistemas de Gestión Sostenible de Aguas Pluviales en Zonas Verdes y otros Espacios Libres. [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) visitado 11/X/2025

## BIBLIOGRAFIA UTILIZADA EN LAS DIAPOSITIVAS:

- CIRIA, 2015. <https://www.stalbans.gov.uk/sites/default/files/documents/publications/planning-building-control/Bricket%20Wood%20Inquiry/ID6%20The%20SuDS%20Manual%20%28C753%29-v2.pdf> Visitado 11/X/2025
- Edet and Offiong. 2002. Evaluation of water quality pollution indices for heavy metal contamination monitoring. A study case from Akpabuyo-Odukpani area, Lower Cross River Basin (southeastern Nigeria). *GeoJournal* 57, 295–304. <https://doi.org/10.1023/B:GEJO.0000007250.92458.de>
- Good Local Adapt Project. <https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/project/LIFE16-CCA-ES-000040/facilitating-good-adaptation-in-urban-areas-of-small-and-medium-sized-municipalities-of-the-basque-country>. Visitado 11/X/2025
- <https://www.epa.gov/caddis/urbanization-hydrology>
- Laurenz, et al., 2021. Green Urban (RE) Generation: A Research and Practice Methodology to Better Implement Green Urban Infrastructure Solutions. *Land*, 10(12), 1376. <https://doi.org/10.3390/land10121376>
- Lekuona-Orkaizagirre et al., 2024. Hiri Drainatze Sistema Jasangarriak (HDSJ) eta haien eragina hirietako isurketa-uren kalitatean. *Ekaia*. 45. 171-190. <https://doi.org/10.1387/ekaia.24784>
- Lekuona-Orkaizagirre et al., 2025. Field-based assessment of the influence of a combined SUDS system consisting of a permeable pavement and a stormwater tank on urban runoff quality. *Journal of Hydrology*, 662 (A), 133906. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.133906>.
- Lekuona-Orkaizagirre., et al (2025). Assessment of the influence of hydrodynamic vortex separators (HDVS) on runoff water quality in a real urban environment. *Journal of Water Process Engineering*. 79. 109057. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2025.109057>.
- Madrazo-Uribeetxebarria et al., 2022. Zoladura iragazkorak, hirietako drainatze-sarean txertaturiko elementu gisa. *Ekaia*, ale berezia. 91-107. <https://doi.org/10.1387/ekaia.23083>
- Manual SUDS Valencia. <https://www.stalbans.gov.uk/sites/default/files/documents/publications/planning-building-control/Bricket%20Wood%20Inquiry/ID6%20The%20SuDS%20Manual%20%28C753%29-v2.pdf>. Visitado 11/X/2025
- Mohammed et al., 2022. Environmental assessment of Karbala water treatment plant using water quality index (WQI). *Materials Today: Proceedings*. 60 (3), 1554-1560. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.065>.
- Oñate-Valdivieso et al., 2022. Spatiotemporal Dynamics of Soil Impermeability and Its Impact on the Hydrology of An Urban Basin. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land11020250>.
- Shao et al., 2019. Remote sensing monitoring of multi-scale watersheds impermeability for urban hydrological evaluation. *Remote Sensing of Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111338>.
- Ustaoglu et al., 2021. Comprehensive assessment of water quality and associated health risk by using physicochemical quality indices and multivariate analysis in Terme River, Turkey. *Environ Sci Pollut Res* 28, 62736–62754. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15135-3>
- Yao et al., 2016. Assessing the effectiveness of imperviousness on stormwater runoff in micro urban catchments by model simulation. *Hydrological Processes*, 30, 1836 - 1848. <https://doi.org/10.1002/hyp.10758>.

## Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático a nivel municipal: Vulnerabilidad hídrica

## SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

maite.meaurioehu.eus



Salon de actos de EUDEL

Calle de Ercilla 13, Bilbao



11 y 12 de noviembre de 2025

