

CONAMA 2022
CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

LIFE iBathWater

Gestión avanzada del agua urbana para
garantizar de manera eficiente la calidad
de las aguas de baño



Autor Principal: Jordi Cros (ADASA), Montserrat Batlle (ADASA)

Otros autores: Teresa Juan (ADASA), M^a José Chesa (BCASA), Anna Llopart-Mascaró (BCASA), Blanca Aznar (BCASA), Jordi Oriol Grima (BCASA), Josep Garriga (BCASA), Wolfgang Seis (KWB), Franziska Knoche (KWB), Carme Bosch (EURECAT), Aitor Corchero (EURECAT)

ÍNDICE

Índice	1
Resumen	2
Introducción	3
El proyecto	4
Los objetivos	4
Los componentes	5
La ejecución del proyecto	6
Objetivo 1: Reducción de flotantes y residuos sólidos	6
Objetivo 2: Minimizar el riesgo para la salud del bañista	8
Objetivo 3: Reducir el número de DSU	13
Conclusiones	17

RESUMEN

El proyecto iBathWater (LIFE17 ENV/ES/000396) tiene como objetivo la gestión avanzada del agua urbana para garantizar de manera eficiente la calidad del agua de baño. Es un proyecto de demostración a escala real para un nuevo enfoque en la gestión integrada del sistema de drenaje urbano. Su aplicación ha reducido los vertidos de aguas residuales no tratadas, la contaminación, y el impacto ambiental en las masas de agua receptoras, y ha minimizado los riesgos sanitarios de las zonas de baño durante y después de episodios de lluvias intensas.

La solución ha comprendido el desarrollo de una plataforma abierta capaz de combinar información operativa y de gestión con innovadoras mediciones microbiológicas en línea de forma automática y en tiempo real. De esta forma se ha garantizado la calidad de las aguas de baño no solo durante los eventos de lluvia, sino también durante todos los días del año. Se ha desarrollado un modelo de evaluación de riesgos, para estimar el riesgo para la salud durante y después de los episodios de contaminación a corto plazo en las aguas de baño. Estas tecnologías proporcionadas en iBathWater se han validado en Barcelona (aguas costeras) y Berlín (aguas continentales) donde se han llevado a cabo las pruebas piloto.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas unitarios de alcantarillado transportan los flujos de aguas residuales domésticas e industriales combinados con la escorrentía de aguas superficiales en un solo sistema de tuberías a una EDAR. Están diseñados para desbordar el exceso de aguas residuales directamente a arroyos, ríos, aguas costeras u otros cuerpos de agua cercanos, cuando el volumen transportado excede la capacidad del sistema de alcantarillado o planta de tratamiento durante episodios de lluvias fuertes o prolongadas.

El 76% de los sistemas de alcantarillado en España (XIV Estudio Nacional Abastecimiento y Saneamiento 2016 AEAS-AGA⁽¹⁾) son de tipo unitario. Esto significa que aguas residuales y aguas pluviales comparten los mismos colectores. En tiempo seco, la totalidad de las aguas residuales es conducida hacia las depuradoras. Sin embargo, cuando se producen episodios de lluvias intensas, la capacidad de estos colectores puede verse sobrepasada. En este caso la cantidad de agua no asumible por los colectores es evacuada al medio natural. Según el Ministerio para la transición ecológica y reto demográfico, se han identificado más de 8.000 puntos de descargas del sistema unitario. Este dato da una idea de la magnitud del problema.

Los DSU (Desbordamientos Sistemas Unitarios) contienen aguas pluviales y agua residual no tratada. En consecuencia, las aguas receptoras suelen estar expuestas a una contaminación significativa que aglutina tanto los contaminantes de origen fecal como los que son producto de la escorrentía. Esto representa uno de los principales problemas de calidad de la mayoría de las masas de agua cercanas a las zonas urbanas, teniendo un impacto negativo en las zonas de baño situadas cerca de las ciudades y, potencialmente, en la salud humana, ya que la presencia de patógenos microbianos pueden causar diferentes patologías a los bañistas, que dependerán de la dosis ingerida y de la condición física del individuo.

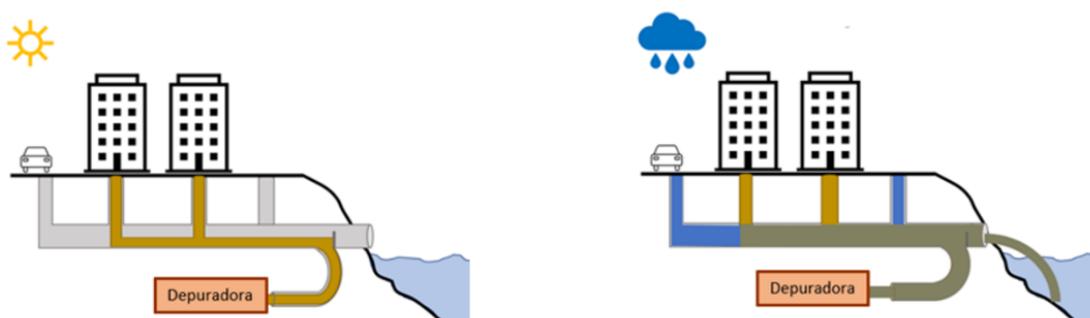


Figura 1. En caso de lluvia, el volumen de agua puede superar la capacidad de la red y provocar una DSU (Fuente: M. Batlle)



Figura 2. DSU en zonas costeras. (Fuente: Ayuntamiento de Barcelona)

El proyecto

El proyecto iBathWater (LIFE17 ENV/ES/000396), desarrollado por el consorcio formado por EURECAT, ADASA, Barcelona Cicle de l'Aigua (BCASA), Ajuntament de Barcelona y el Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB), tiene como objetivo la gestión avanzada del agua urbana para garantizar de manera eficiente la calidad del agua de baño. Ejecutado entre 2018 y 2022, es un proyecto de demostración a escala real, en el que el nuevo sistema de gestión integrado para el circuito de drenaje urbano se ha probado en las ciudades de Barcelona y Berlín, dos áreas con condiciones climáticas, meteorológicas, e hidrogeológicas muy diferentes: las aguas marinas de un paisaje costero mediterráneo y las aguas dulces de un río centroeuropeo.

Los objetivos

El proyecto iBATHWATER tiene por objetivo reducir el impacto en el medio natural de las descargas de aguas residuales no tratada (previsto en un 30% en Barcelona y en un 20% en Berlín) durante y después de los eventos de lluvia intensa. Este objetivo general se ha dividido en 3 subobjetivos:

- Reducir el número de sólidos flotantes y basura vertida al mar después episodios de lluvia intensos.
- Minimizar los riesgos para la salud de los bañistas asociados a la calidad de las aguas recreativas mediante la implantación de un sistema de alerta temprana.
- Reducir el número de DSU durante el episodio de lluvia.

Los componentes

Para conseguir los objetivos marcados, los elementos que se han incluidos en el sistema iBathWater son:

- Una plataforma abierta con el desarrollo de un sistema de ayuda a la toma de decisiones operativas (KDSS), tanto para las zonas de baño como para la infraestructura de drenaje urbano;
- Un innovador sistema de monitorización microbiana en continuo y en tiempo real, el equipo aquaBio, que es un dispositivo de medición automática inteligente para *Escherichia coli* y coliformes totales, y para enterococos.
- Nuevas tecnologías de retención de residuos de las DSU, minimizando los residuos y flotables para garantizar la calidad de las aguas de baño durante los eventos de lluvia.
- Un sistema de modelizado la calidad del agua de las zonas de baño y de ocio, a partir de los nuevos parámetros introducidos en el seguimiento en continuo y en tiempo real (incluidos los indicadores especificados en la Directiva europea de aguas de baño).

Y en todos estos elementos se ha facilitado la armonización de datos, la interoperabilidad y los estándares abiertos para favorecer la replicabilidad y transferibilidad en otras ciudades y territorios.

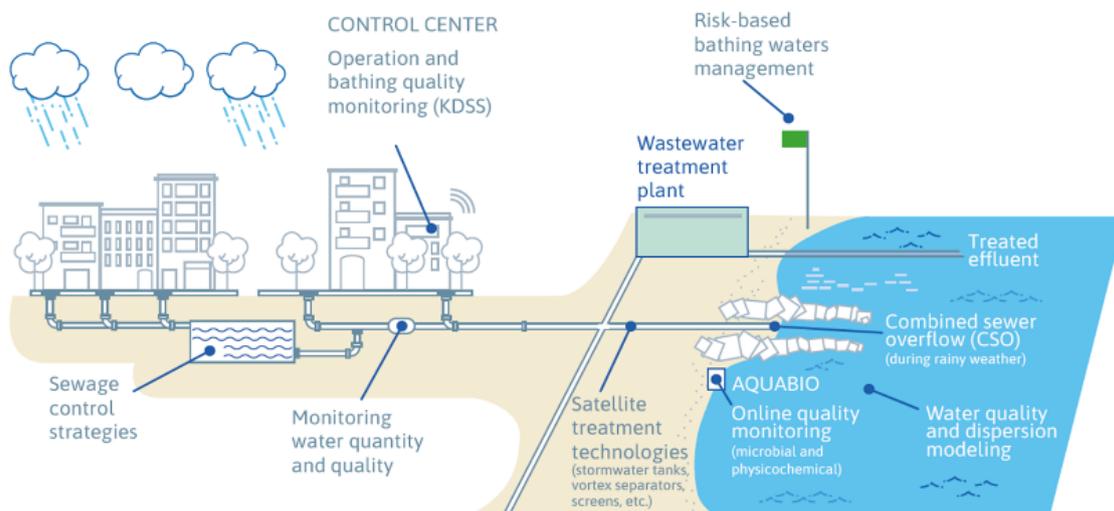


Figura 3. Elementos del proyecto iBathwater (Fuente: iBathWater)

LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Objetivo 1: Reducción de flotantes y residuos sólidos

Cuando se producen descargas del sistema unitario al medio (DSU) además de contaminación microbiológica y química se vierten una gran cantidad de residuos sólidos. Estos residuos provienen tanto del sistema de colección de aguas residuales urbanas como de la escorrentía de las aguas de lluvia. Evitar que estos residuos lleguen al mar es uno de los objetivos del proyecto.



Figura 4. Ubicación de las tecnologías de retención de residuos de las DSU en 4 puntos de las playas de Barcelona (izquierda); sistema de retención con residuos (derecha)

Durante el período de ejecución del proyecto se ha instalado el sistema en los 4 puntos de DSU mostrados en la **Figura 4**, cubriendo 28 ojos de alcantarillado, lo que ha representado un total de 144,6 metros lineales instalados.

Tal como se muestra en el Cuadro 1, la instalación de estos mecanismos ha evitado que casi 600 m³ de residuos (sin tener en cuenta la campaña de 2022) hayan llegado al mar. A estos residuos hay que añadir los casi 100 m³ de residuos flotantes que se han retirado mediante los barcos de recogida de flotantes en el mismo período de tiempo.

Cuadro 1. Volúmenes recogidos por las rejillas de retención de sólidos

Año	Rejas Instaladas y operativas	Volumen de Residuos
2018	54%	77,7 m ³
2019	71%	104,6 m ³
2020	83% (100%, pero solo 10 meses de operación por la COVID-19)	170,2 m ³
2021	100%	230,6 m ³

Además, se ha llevado a cabo un minucioso trabajo para caracterizar estos residuos, tal como se muestra en la **Figura 5**. Se observa como en las rejillas (**Figura 5** Izquierda) casi el 60% de los residuos urbanos retenidos son toallitas húmedas, que en caso de no existir las rejillas habrían ido al mar. El siguiente elemento en volumen retenido en las rejillas son restos vegetales, que en este caso son biodegradables. En el caso de los residuos recuperados por los barcos de recogida de

flotantes (**Figura 5 Derecha**), el principal elemento que se cuantifica es plástico. Esto es debido a que el plástico es un elemento flotante y es más fácil que sobrepase las rejillas de retención. Las toallitas húmedas, al no flotar, son recogidas mayoritariamente por las rejillas.

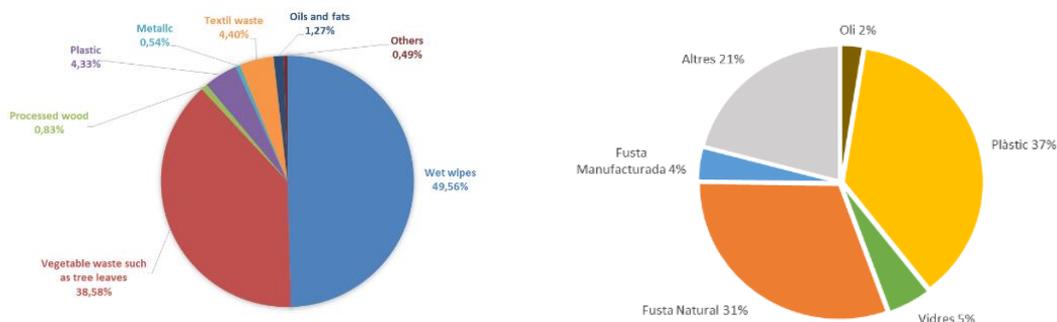


Figura 5. Caracterización de los 230,60 m³ de residuos retenidos en 2021 en las trejas (izquierda) y los 23,64 m³ de residuos recogidos en las embarcaciones

Objetivo 2: Minimizar el riesgo para la salud del bañista

La Directiva Europea de aguas de baño (DIR 2006/7/CE)^[2], exige la monitorización de las aguas de baño tomando medidas puntuales al menos 4 veces durante la temporada de baño, con un intervalo no superior a un mes entre ellas. Además, en caso de contaminación de corta duración, deberá obtenerse una muestra adicional para confirmar el final del incidente.

El dispositivo de medición aquaBio para determinar *E. coli* y enterococos permite controlar la calidad microbiológica de las aguas de baño. La monitorización de forma diaria del estado de la calidad del agua proporciona información fiable comparable con las técnicas de análisis de la Directiva europea de aguas de baño, con lo que se minimiza el riesgo para la salud de los bañistas que se ha estimado en más de un 8%.

Medida de calidad microbiológica del agua en Barcelona (Aguas costeras)

Durante los dos últimos años del proyecto iBathWater se ha validado en Barcelona el equipo aquaBio en 2 estaciones diferentes, en las playas de Somorrostro (Port Olímpic) y la playa de Bogatell y de la Nova Icària (Figura 6).

En cada estación se dispone de un equipo para medida de *Escherichia coli* y un equipo para la medida de enterococos, realizando un análisis diario. Ambos parámetros son los indicados por la Directiva europea para la clasificación de la calidad de las aguas y aptitud para el baño. Esta información diaria de la calidad del agua fuera de la temporada de baño es especialmente relevante en aquellos municipios en los que se practica la natación u otras actividades deportivas durante todo el año.



Figura 6. Puntos de medición en Barcelona y dispositivo de medición aquaBio

Las dos estaciones de monitoreo, instaladas en un punto estratégico de la playa y cerca de las salidas de alcantarillado, rastrean la evolución de la contaminación, asegurando que no haya riesgo para la salud de los bañistas, pero también minimizan el tiempo que la playa no es accesible.

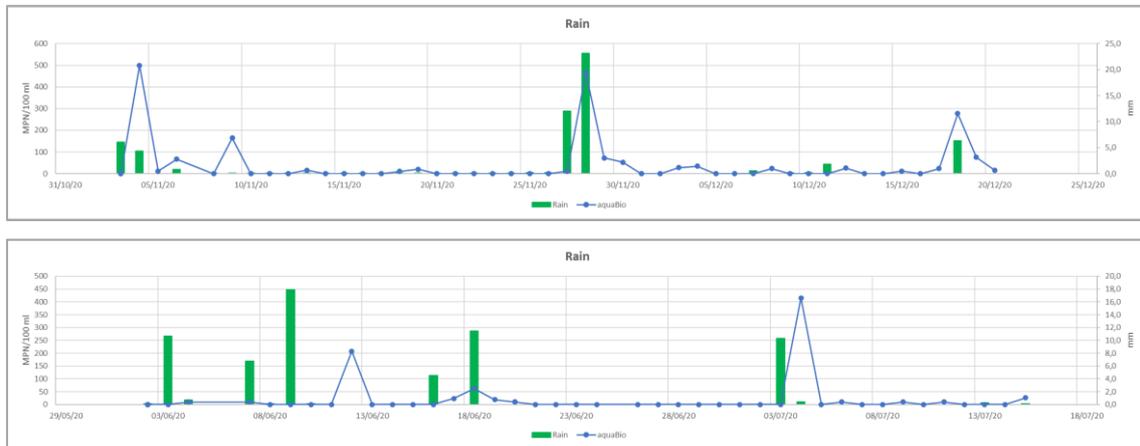


Figura 7. Resultados de medida (líneas) con eventos de lluvia (barras)

En los gráficos de la **Figura 7** se pueden ver algunos ejemplos de los valores diarios de calidad del agua y de, cómo en el caso de Barcelona en que normalmente la calidad del agua es excelente, los episodios de mala calidad están fuertemente ligados a las lluvias de cierta intensidad, como ocurre en la mayoría de los municipios que tienen sistemas de alcantarillado unitario.

En los años 2020 a 2022 se ha tenido un valor superior al 90% de cobertura de la calidad microbiológica en Port Olímpic-Somorrostro. En este período de tiempo se han detectado 24 episodios de contaminación vinculados a DSU, de los cuales 11 han superado el umbral de calidad.

En los gráficos de la **Figura 8** se muestran los valores de contraste entre el equipo aquaBio y las muestras de laboratorio. Se representan, además, los puntos en los que ha habido un valor indicativo contrario al determinado en el laboratorio, teniendo en cuenta el umbral de calidad “buena” definido en la directiva. Como puede observarse la concordancia de resultados supera el 91 % en el caso de *E. coli* y en un 97 % en el caso de enterococos.

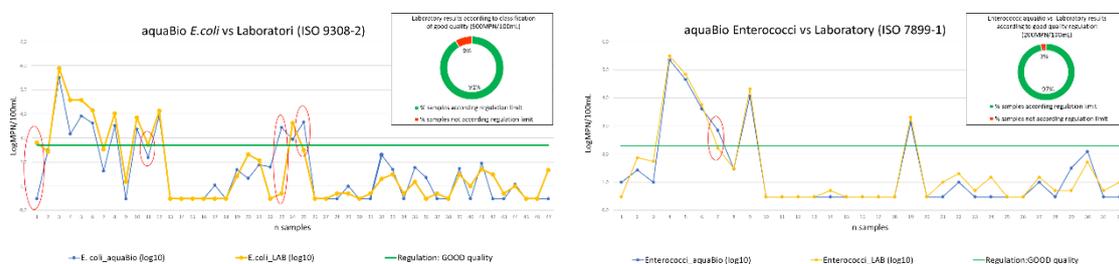


Figura 8. Resultados de aquaBio contraste: *E. coli* (izquierda); enterococos (derecha)

En el marco del proyecto, se ha desarrollado un nuevo modo operativo en el equipo aquaBio, el modo episodio, que se ha implementado para poder hacer un seguimiento de la evolución de la contaminación después de una descarga del sistema unitario por lluvia. Este modo se activa

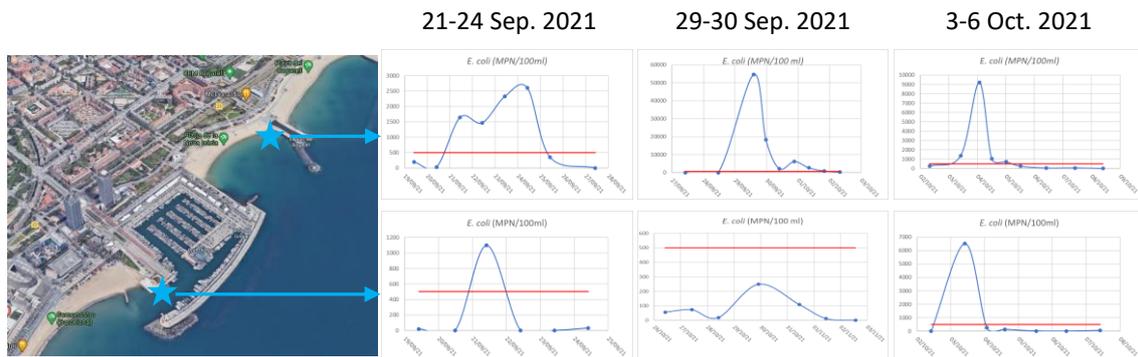


Figura 9. Resultados el modo episodio en eventos de lluvia

desde el centro de control de BCASA cuando se detecta que ha habido desbordamiento. El equipo pasa entonces automáticamente, del modo diario a medir de forma continua, eliminando el tiempo entre muestras que se reduce a cero. El modo episodio se mantiene activado hasta que el equipo detecta que se ha recuperado el estado de calidad “buena”, volviendo al modo operativo diario. Esta considerable anticipación del conocimiento del estado del agua de baño, respecto a los análisis que se realizan de forma convencional en un laboratorio, supone una información relevante para la gestión de las playas. En la **Figura 9** se puede observar los resultados obtenidos en 3 casos de episodios de lluvia, con el seguimiento bacteriológico mediante los equipos aquaBio.

Medida de la calidad microbiológica en Berlín (Aguas continentales)

En el marco del proyecto iBathWater, en Berlín, se ha instalado el equipo aquaBio en 3 ubicaciones diferentes: dos puntos en el río Havel, aguas abajo de la planta depuradora de

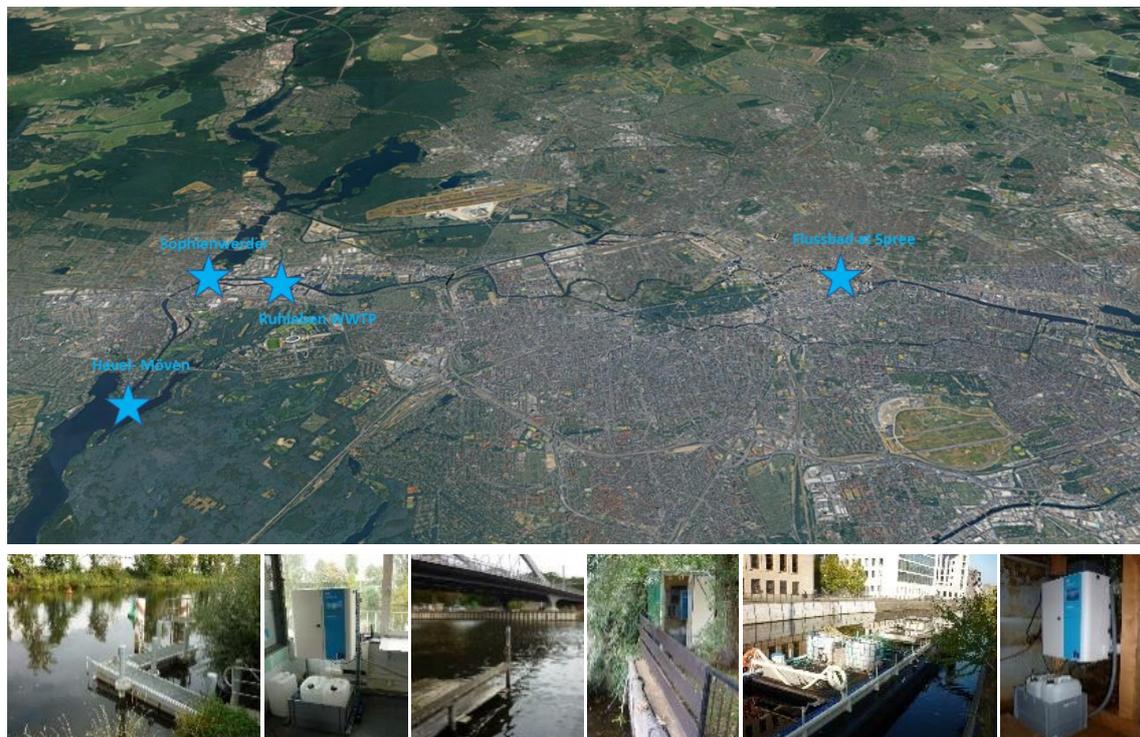


Figura 10. Ubicación de los equipos aquaBio en Berlín

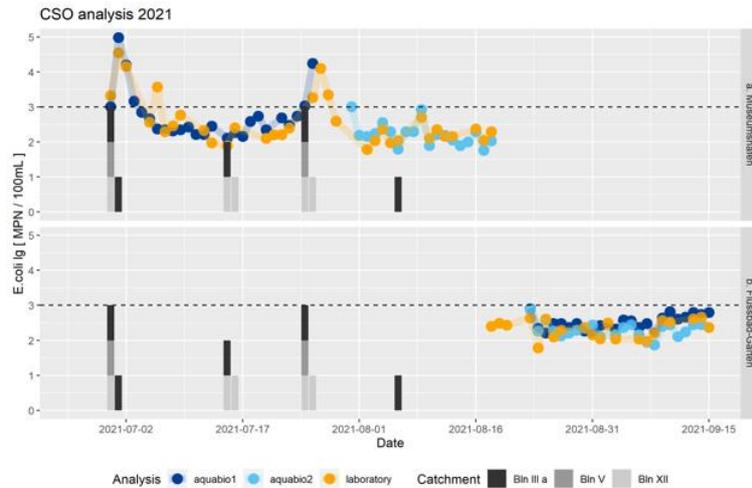


Figura 11. Detección de episodios de contaminación y validación de datos

Ruhleben, para calibrar el modelo predictivo de dispersión de la contaminación, y un tercer punto en el centro de Berlín, en un canal del río Spree, como se puede observar en la **Figura 10**.

En una bifurcación del río Spree, se monitoriza la calidad microbiológica del agua con aquaBio. Antiguamente esta bifurcación en forma de canal solía ser una zona de baño para los Berlineses. Actualmente existe una iniciativa (Flussbad project ^[3]) para recuperar este tramo del canal como zona de baño, por lo que se están realizando pruebas con diferentes soluciones basadas en la naturaleza para depurar este tramo de río y así obtener la calidad adecuada para el baño. Estas pruebas se realizan en un barco experimental situado en el canal, donde está instalado el equipo aquaBio, que realiza el seguimiento de la calidad de agua del canal como podemos ver en el gráfico de la **Figura 11**. Además, dentro del marco del proyecto se han desarrollado soluciones inteligentes para minimizar las descargas del sistema unitario en todo el tramo que afecta al canal.

Como puede observarse también en la **Figura 11**, se han realizado estudios de comparación de los resultados tanto con un laboratorio acreditado en Berlín, como estudios de reproducibilidad entre equipos que han sido plenamente satisfactorios.

Modelos de dispersión

En el marco del proyecto se ha desarrollado un sistema de modelización para completar la gestión de la consecuencia de la contaminación a corto plazo, la lluvia y los eventos de las DSU. Esta herramienta (Molibath) permite predecir en tiempo real la calidad bacteriológica del agua de baño de las playas de Barcelona con modelos numéricos. Estos modelos permiten tener en menos de una hora la previsión de la evolución de la contaminación una vez se ha producido un desbordamiento de aguas pluviales no tratadas desde el alcantarillado.

Molibath incluye el modelo hidráulico y un modelo marino. El modelo hidráulico MoHiBa tiene como dato de entrada la cantidad de precipitación recogida en los 24 pluviómetros de la ciudad. El modelo del litoral MoLiBa, por su parte, calcula, a partir de las condiciones de la hidrodinámica marítima y de la evolución del oleaje y las corrientes, la dispersión de la contaminación después de un vertido; es decir, la concentración bacteriológica (*E. coli* y enterococos) en cada punto del litoral.

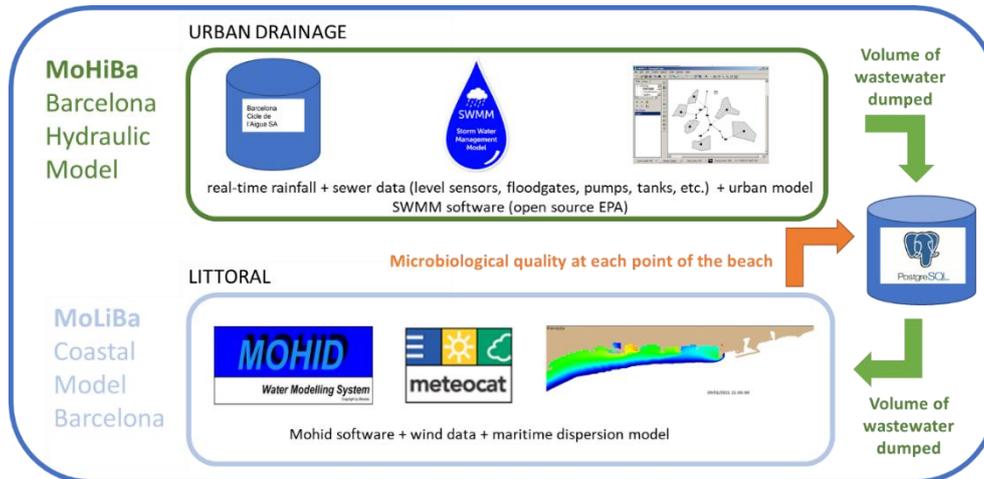


Figura 12. MOLIBATH, herramienta de gestión de drenaje urbano

El sistema Molibath está preparado para funcionar en línea utilizando datos en tiempo real y pronosticar la calidad del agua de baño de acuerdo con la directiva de la UE.

Para tener simulaciones fiables es necesaria una calibración previa óptima del sistema. En el caso del proyecto, esta calibración se ha obtenido mediante los datos aportados por aquaBio, así como mediante la realización de varias campañas de muestreo.

Además, se ha incluido en el modelo una capa para la determinación del riesgo frente a la presencia de posibles patógenos que ha desarrollado EURECAT.

Objetivo 3: Reducir el número de DSU

Caso de Barcelona

Barcelona es una ciudad con una densidad de población alta (1.6 Mhab / 98 km²), con una elevada impermeabilidad del suelo, y en un clima mediterráneo que genera regímenes de lluvias abundantes en cortos períodos de tiempo. Barcelona se encuentra ubicada entre dos ríos (Besós al Norte y Llobregat al sur) y entre el mar al Este y la sierra de Collserola al Oeste.

La topografía de la ciudad genera en estos casos escorrentías superficiales, dirección preferente de Collserola al mar. Para absorberlo, Barcelona cuenta con una red de saneamiento unitaria, con una longitud de más de 1.600 km, en la que más del 50% de los colectores son accesibles^[4].

Debido a la orografía de la ciudad, la alta impermeabilidad del suelo, y los regímenes de lluvias tormentosos, en las últimas décadas del siglo XX se producían inundaciones en la zona baja de la ciudad. Para evitarlo, se empezó a implementar el telecontrol de la red de alcantarillado y la construcción de los tanques de tormentas para almacenar el agua de lluvia y así laminar su vaciado para que la red de alcantarillado pudiera absorber el agua.

Actualmente, el sistema de gestión del alcantarillado de Barcelona en tiempo real consta de:

- 10 depósitos subterráneos, y 2 depósitos a cielo abierto
- 19 estaciones de bombeo
- Más de 200 sensores de nivel
- 245 pluviómetros
- 24 compuertas

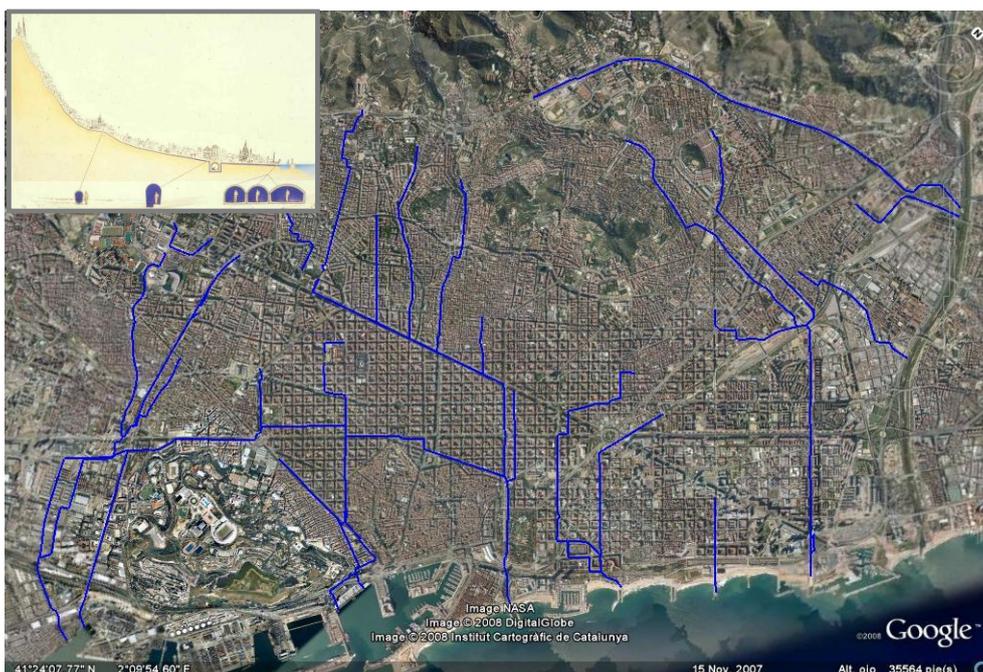


Figura 13. Principales elementos de la red de alcantarillado de Barcelona, y perfil de la ciudad (Fuente: BCASA)



Figura 14. Tanques de tormenta de Barcelona (Fuente: BCASA)

Todos estos elementos están conectados al centro de Control mediante diferentes sistemas de comunicación (radio, GPRS, 3G, ADSL, Fibra óptica) que actualmente gestiona la operación de los elementos mediante una estrategia Anti-Flood, con el objetivo de evitar las inundaciones.

En el marco del proyecto iBathWater se ha desarrollado el KDSS (Knowledge Decision Support System), que selecciona la mejor estrategia de gestión de drenaje urbano para la regulación de tanques de aguas pluviales:

- a) para reducir las inundaciones en la ciudad (anti-inundación); o
- b) reducir los derrames en el medio ambiente (anti-DSU).

Para el piloto de Barcelona se ha definido e implementado el KDSS con 2 tanques de aguas pluviales (Bori i Fontesta y Escola Industrial), 1 compuerta de desvío (Diagonal) y varios sensores de control (Figura 15 - Izquierda).

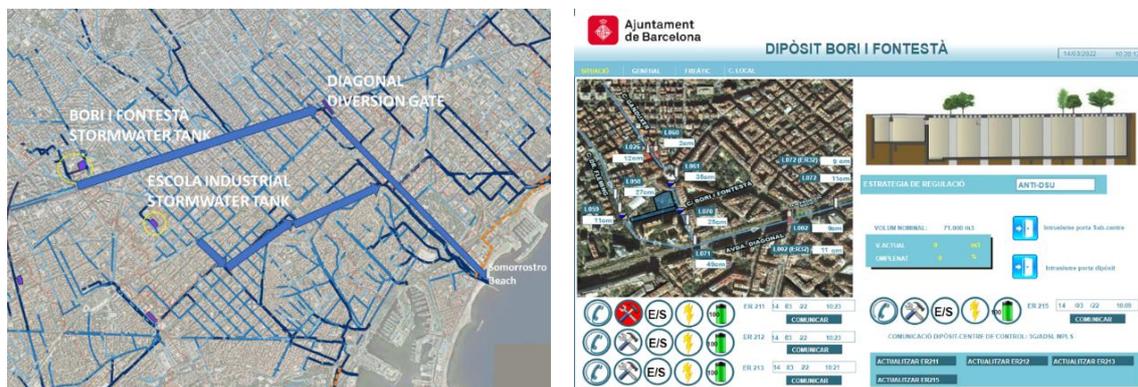


Figura 15. Elementos de la estrategia KDSS (Fuente: BCASA)

El sistema KDSS utiliza diferentes fuentes de información de entrada (previsiones meteorológicas, radares, pluviómetros, limnímetros, previsiones de radares y modelos hidrometeorológicos) para evaluar, cada 10 minutos el estado actual de la red para decidir la mejor estrategia según la situación del evento: anti-Inundación o anti-DSU.

Cuando el operador recibe la propuesta KDSS, en función de la opción seleccionada, el sistema SCADA controla los PLC en campo, programados para gestionar ambas estrategias.

Caso de Berlín

En el caso de Berlín se han evaluado también otras dos estrategias de gestión del agua de alcantarillado para reducir el volumen de los rebasamientos del sistema de saneamiento y mejorar la calidad del agua de baño, teniendo en cuenta también su sostenibilidad ambiental y económica. La simulación se ha centrado en la cuenca del río que atraviesa el centro de la ciudad, el canal Spree.

- En una primera estrategia, se activa un volumen de almacenamiento adicional mediante la implementación de uno deposito en toma móvil situada aguas arriba del punto de desbordamiento.
- En una segunda, se utiliza un canal de bypass para recoger el agua residual vertida, antes que entre en una zona de baño, y se vierte aguas abajo. Estos dos escenarios han sido simulados para las épocas de baño de 2016 (precipitaciones medias) y 2017 (lluvias intensas extremas).

Los resultados de la simulación muestran una reducción del volumen de agua residual vertida de un ~80% para el año normal 2016, y de un ~32% para el año extremo 2017, y de todos los episodios de vertido mediante el canal de bypass.



Figura 16. Imagen virtual del canal de Spree (Fuente: KWR)

Cuadro 2. Volumen y calidad del agua residual vertida en dos escenarios del caso de estudio de Berlín.

Parámetro	Unidad	Valor de base	Toma móvil	Canal de circunvalación
Año de referencia 2016 (precipitaciones medias)				
Volumen agua vertida residual	m ³ /a	7.687	1.525	7.687
Carga de N	kg/a	32,2	7,5	32,2
Carga de P	kg/a	5,5	1,4	5,5
Número vertidos en la zona de baño	-	23	4	0
Año de referencia 2017 (lluvias extremas)				
Volumen agua vertida residual	m ³ /a	56.030	38.083	56.030
Carga de N	kg/a	132	88	132
Carga de P	kg/a	20	13	20
Número vertidos en la zona de baño	-	27	6	0

CONCLUSIONES

El proyecto iBathWater (que ha recibido el apoyo del programa LIFE cofinanciando el proyecto LIFE17 ENV/ES/000396) proporciona herramientas a las ciudades para una mejor gestión de las zonas de baño (gestión de banderas / paneles informativos / sitios web de las zonas de baño) durante y fuera de la temporada de baño a través de información diaria sobre contaminación microbiológica y los modelos de previsión de la dispersión de la contaminación durante un episodio de contaminación.

Los objetivos previstos se han cumplido, y se han obtenido algunos beneficios adicionales:

- Puesta a punto de la tecnología para la medida de enterococos y también para matrices de agua salina, tanto para *E. coli* como para los enterococos, validándola en instalaciones en Barcelona y en Berlín, realizando medidas diarias de la calidad microbiana del agua de baño.
- Programación de un modo de operación nuevo en los equipos aquaBio (Modo Episodio), el cual se activa durante los episodios de lluvia que provocan rebosamientos de agua pluviales no tratadas. Este modo permite hacer medidas en continuo y, por tanto, conocer el momento exacto en el que el agua de baño recupera la calidad adecuada, según los límites que indica la Directiva Europea de Agua de Baño. Se ha demostrado que la tecnología aquaBio detecta de forma fiable los episodios de contaminación del agua de baño, con una reducción del tiempo mínima del 60% respecto al uso los métodos convencionales de la calidad microbiológica del agua.
- Desarrollo de una herramienta que mejora la toma de decisiones en la gestión de la calidad del agua de baño, ya que permite conocer el momento concreto a partir del cual la calidad está por debajo de los límites de la normativa. La herramienta permite informar a los bañistas de que la calidad del agua de baño es buena mucho antes de que los resultados analíticos del laboratorio estén disponibles, y mejora la toma de decisiones en la gestión de la calidad del agua de baño, ya que permite conocer el momento concreto a partir del cual la calidad es “buena”.
- Integración del modelo de riesgo dentro de un sistema de apoyo a la decisión (KDSS) a partir de las ratios calibradas y de las medidas proporcionadas por el equipo aquaBio.
- Análisis adicional del SARS-CoV-2. No se ha detectado en ningún punto de las campañas de muestreo en las playas, pero sí en el alcantarillado durante dos episodios de lluvia en abril y agosto de 2022.
- Reducción del volumen anual de rebasamientos de agua pluvial no tratada al medio.
- Reducción de la carga contaminante vertida al medio durante los episodios de lluvia.
- Reducción hasta 3 y 12,5 veces el impacto ambiental y económico haciendo uso de la plataforma digital iBATHWATER (KDSS) en lugar de construir depósitos adicionales para tener capacidad de reducción del 30%.

En conclusión, el proyecto iBathWater beneficia a las ciudades con una reducción del impacto de los vertidos contaminantes durante un episodio de lluvia con la retención de sólidos flotantes en todos los puntos de vertido de las playas y la mejora de las herramientas para la gestión integral del drenaje urbano.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] <https://www.aeas.es/images/publicaciones/estudios-suministros/2016-doblepagina.pdf>
- [2] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0007&from=ES>
- [3] <https://futurearchitectureplatform.org/projects/ebfd3e98-e463-41fb-b08e-5a035ed91ee1/>
- [4] <https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/ca/serveis/la-ciutat-funciona/manteniment-de-l-espai-public/gestio-integral-de-l-aigua/sanejament/el-clavegueram-en-xifres>