CONAMA 2026

Hacia una gestión integrada de la calidad y cantidad del agua frente al cambio climático

Avances metodológicos y resultados para la gestión integrada de los recursos hídricos: aplicación en la cuenca del Ter (Catalunya)

Edita: Fundación Conama

Año: 2026

Este documento está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Personas autoras de la presente comunicación técnica

Autor Principal de la comunicación:

Martina Griful Donés. Consultora en Innovación. Eurecat, Centre tecnològic de Catalunya.

Otros Autores:

Laura del Val Alonso. Investigadora en la Unidad de Agua, Aire y Suelo. Eurecat.

Natàlia Carmona Verdura. Consultora en Innovación. Eurecat.

Laura Armayones Carranza. Consultora en Innovación. Eurecat.

Danillo Lange Souza Borges Dos Santos. Investigador en la Unidad de Inteligencia Artificial Aplicada. Eurecat.

Iván Jorge Cester Lozano. Investigador en la Unidad de Inteligencia Artificial Aplicada. Eurecat.

Joan Ramon Coll Benages. Investigador en la Unidad de Soluciones Climáticas y Servicios Ecosistémicos. Eurecat.

Nuno Marinheiro Caiola. Investigador en la Unidad de Soluciones Climáticas y Servicios Ecosistémico. Eurecat.

Salvador Fernández Arroyo. Investigador en la Unidad de Ciencias Ómicas. Eurecat.

Felipe Parada Molina. Investigador en la Unidad de Residuos, Energía e Impacto Ambiental. Eurecat.

Christine El Khoury. Investigadora en la Unidad de Residuos, Energía e Impacto Ambiental. Eurecat.

Edgar Rubion Soler. Investigador en la Unidad de Inteligencia Artificial Aplicada. Eurecat.

Irene Jubany Güell. Directora Científica del Área de Sostenibilidad. Eurecat.

Índice

1. Resumen 1

2. Contexto y objetivos 2

2.1. Metodología y caso de estudio 4

3. Principales resultados 5

3.1. Análisis histórico y monitorización avanzada de la calidad del agua 5

3.2. Modelización hidrológica y escenarios climáticos 7

3.3. Evaluación de impactos ambientales 10

3.4. Análisis socioeconómico y de gobernanza 11

4. Aplicabilidad y retos de integración 12

5. Conclusiones 13

6. Bibliografía 14

1. Resumen

La gestión de los recursos hídricos en regiones mediterráneas se enfrenta a desafíos crecientes derivados del cambio climático, que afectan tanto a la disponibilidad como a la calidad del agua. En este contexto, la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) y la Estrategia Catalana de Adaptación al Cambio Climático 2021–2030 (ESCACC30) refuerzan la necesidad de avanzar hacia una gestión integrada y adaptativa. Sin embargo, persisten importantes desafíos para integrar de manera operativa los impactos del cambio climático sobre la cantidad y calidad del agua con los factores socioeconómicos y de gobernanza en los procesos de planificación y toma de decisiones.

Eurecat, el principal centro tecnológico de Catalunya, ha desarrollado un proyecto con el objetivo de generar conocimiento, metodologías y herramientas para mejorar la gestión integrada de los recursos hídricos frente al cambio climático aplicando un enfoque multidisciplinar al caso de estudio de la cuenca del Ter (Catalunya). Este enfoque combina el análisis de datos históricos, la monitorización ambiental avanzada, la modelización hidrológica e hidrogeológica, la evaluación de impactos ambientales y el análisis socioeconómico y de gobernanza.

El análisis multivariante de datos históricos de calidad y cantidad de agua ha permitido identificar una reducción significativa de los caudales en la mayoría de las cuencas internas de Cataluña en las últimas décadas. La combinación de imágenes satelitales y aprendizaje automático ha permitido estimar variables de calidad en agua superficial; mientras que el metabarcoding de ADN ambiental y el análisis de genes de resistencia antimicrobianos han permitido establecer protocolos para caracterizar la biodiversidad y detectar resistencias en aguas superficiales y subterráneas, complementados por el desarrollo de metodologías de aductómica del ADN. Estos enfoques de monitoreo se han completado con el diseño de un índice de integridad biológica sensible al estrés térmico. Por otro lado, se han regionalizado proyecciones climáticas mediante técnicas de corrección de sesgo y desagregación espacial; para su posterior aplicación en la modelización de aguas superficiales y subterráneas; y en el desarrollo de sistemas inteligentes de alerta. Finalmente, el análisis de ciclo de vida consecuencial ha permitido evaluar los efectos ambientales indirectos de diferentes estrategias de adaptación, mientras que el análisis socioeconómico y de gobernanza ha identificado actores, procesos de decisión, conflictos socioecológicos e indicadores que vinculan la vulnerabilidad social con las variables biofísicas.

La comunicación presenta los principales avances metodológicos y resultados obtenidos, destacando su potencial para mejorar el conocimiento sobre los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y apoyar la toma de decisiones mediante herramientas científicas y tecnológicas e información socioeconómica y de gobernanza. Asimismo, identifica los retos pendientes para su aplicación operativa y transferencia a gestores de cuenca y operadores del sector del agua, contribuyendo a una gestión más anticipativa, informada y resiliente frente al cambio climático.

Palabras clave: *Gestión integrada de recursos hídricos; cambio climático; calidad del agua; monitorización; modelización; gobernanza; vulnerabilidad hídrica*

2. Contexto y objetivos

El cambio climático plantea desafíos crecientes para la gestión de los recursos hídricos en las regiones mediterráneas, donde las sequías recurrentes, las alteraciones del régimen hidrológico y el aumento de las temperaturas afectan tanto a la disponibilidad como a la calidad del agua (Dorado-Guerra et al., 2023). Aunque la planificación hídrica ha estado tradicionalmente más centrada en los aspectos cuantitativos, resulta necesario avanzar hacia enfoques que integren ambas dimensiones y permitan anticipar los riesgos asociados a diferentes escenarios climáticos. En este contexto, la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) y la Estrategia Catalana de Adaptación al Cambio Climático 2021–2030 (ESCACC30) constituyen marcos de referencia para una gestión integrada y adaptativa de los recursos hídricos.

En concreto, la gestión integrada de recursos hídricos subraya la dificultad de trasladar los enfoques conjuntos de cantidad, calidad y dimensiones socioeconómicas a sistemas operativos de apoyo a la decisión (Candido et al., 2022). Asimismo, la disponibilidad de bases de datos armonizadas de calidad fluvial, como *Global River Water Quality Archive* (GRQA), constituye un avance para el análisis comparado, aunque persisten retos de cobertura y articulación con la información hidrológica (Virro et al., 2021).

Este proyecto, desarrollado por Eurecat, tiene como objetivo investigar los efectos del cambio climático sobre la calidad y cantidad de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, tanto a escala de cuenca como a escala local. A partir de este conocimiento, se busca desarrollar metodologías, indicadores y herramientas que permitan a los gestores de cuenca y a los operadores de plantas potabilizadoras y depuradoras anticipar posibles alteraciones en los recursos hídricos y mejorar su capacidad de adaptación frente al cambio climático.

Para ello, este estudio adopta un enfoque multidisciplinar que combina el análisis de las relaciones entre calidad y cantidad del agua, el desarrollo de metodologías avanzadas de monitorización mediante datos satelitales y técnicas multiómicas, la definición de indicadores de impacto climático sobre los ecosistemas acuáticos, la modelización hidrológica e hidrogeológica, el desarrollo de herramientas de previsión y alerta y la evaluación de impactos ambientales mediante análisis de ciclo de vida. Asimismo, incorpora el análisis socioeconómico y de gobernanza y la participación de actores clave para favorecer la aplicabilidad y transferencia de los resultados.

Como ámbito principal de aplicación se ha seleccionado la **cuenca del río Ter** (Catalunya), caracterizada por la coexistencia de presiones sobre la disponibilidad y calidad del agua, la interacción entre recursos superficiales y subterráneos y la diversidad de usos y actores implicados en su gestión. Este caso de estudio permite abordar los desafíos de la gestión hídrica desde una perspectiva que integra las dimensiones biofísicas, socioeconómicas e institucionales.

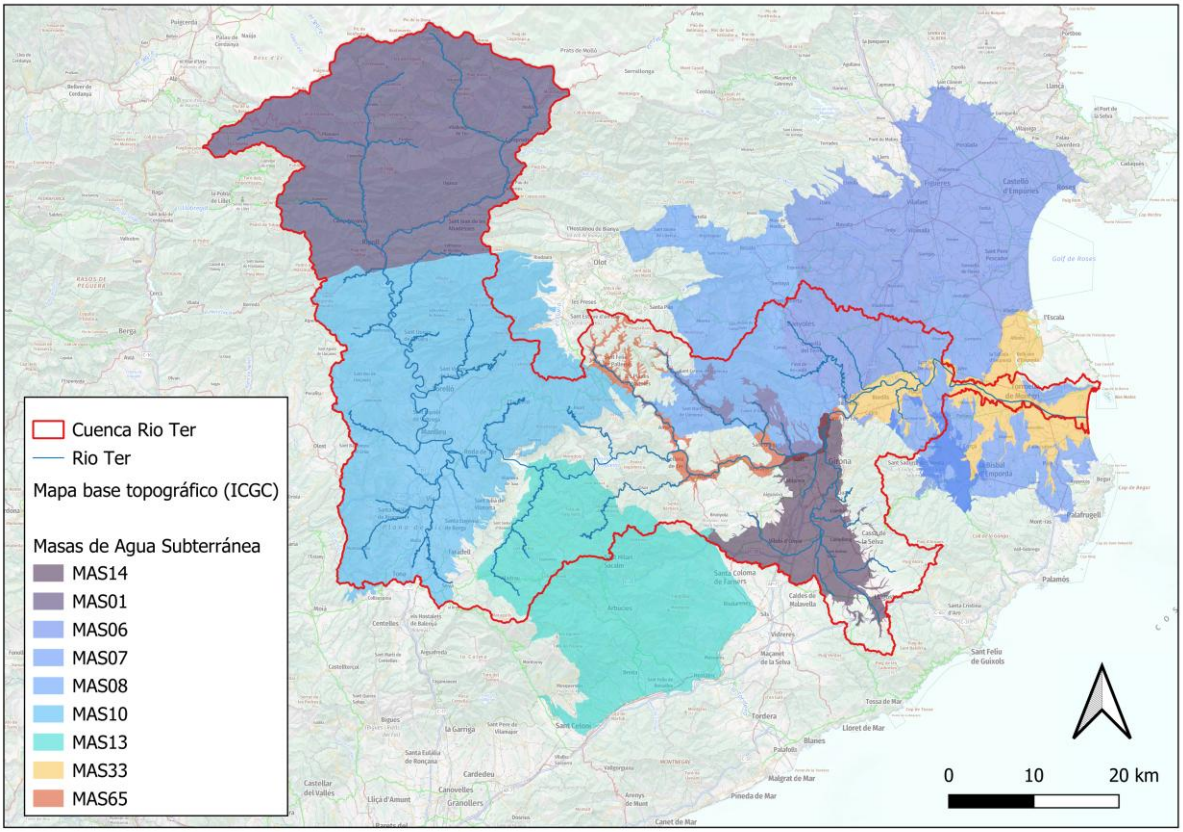


Figura 1. Localización de la cuenca del río Ter (Catalunya) y delimitación del ámbito de estudio del Baix Ter. Fuente: elaboración propia a partir de cartografía de la Agencia Catalana del Agua (ACA).

2.1. Metodología y caso de estudio

El proyecto adopta un enfoque multidisciplinar que combina metodologías de análisis ambiental, modelización y evaluación de impactos con aproximaciones socioeconómicas y de gobernanza.

El trabajo se desarrolla a diferentes escalas espaciales, desde el análisis de las cuencas internas de Cataluña hasta la aplicación específica de las metodologías en la cuenca del Ter y el Baix Ter.

La metodología se estructura en cinco ámbitos complementarios, descritos en la Tabla 1:

Tabla 1. Principales ámbitos y aproximaciones metodológicas de este proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

Ámbito	Aproximación metodológica
Análisis histórico	Recopilación y análisis estadístico multivariante de datos históricos de calidad y cantidad del agua para identificar tendencias y relaciones entre variables hidrológicas y ambientales.
Monitorización avanzada	Aplicación de imágenes satelitales y aprendizaje automático para estimar parámetros de calidad del agua; desarrollo de protocolos multi-ómicos basados en ADN ambiental y de una metodología para evaluar la integridad biótica frente al estrés térmico.
Modelización y escenarios climáticos	Desarrollo de modelos hidrológicos e hidrogeológicos y regionalización de proyecciones climáticas mediante técnicas de corrección de sesgo y desagregación espacial, como base para explorar escenarios futuros y desarrollar herramientas de alerta.
Evaluación ambiental	Aplicación del análisis de ciclo de vida consecuencial (ACV-C) a subsistemas agrícolas y urbanos para estudiar los efectos ambientales asociados a cambios en la gestión de los recursos hídricos.
Análisis socioeconómico y gobernanza	Identificación y caracterización de actores, análisis documental y entrevistas, estudio de conflictos socioecológicos y selección de indicadores para caracterizar la vulnerabilidad hídrica y apoyar la transferencia de resultados.

La combinación de estas aproximaciones permite avanzar desde la caracterización de los sistemas hídricos y sus riesgos hacia el desarrollo de herramientas de apoyo a la gestión. La integración de los resultados técnicos con las necesidades y perspectivas de los actores del territorio constituye un elemento transversal del proyecto, aunque la operacionalización conjunta de todas las capacidades desarrolladas continúa siendo un ámbito de trabajo.

3. Principales resultados

Los trabajos desarrollados en el marco de este proyecto han permitido avanzar en la caracterización de las relaciones entre calidad y cantidad del agua, el desarrollo de metodologías de monitorización avanzada, la modelización de recursos hídricos y escenarios climáticos, así como la evaluación de sus implicaciones ambientales y socioeconómicas.

3.1. Análisis histórico y monitorización avanzada de la calidad del agua

El análisis de tendencias llevado a cabo en los cursos fluviales de las cuencas internas de Cataluña a partir de datos históricos procedentes de la Agencia Catalana del Agua (ACA) ha permitido identificar una reducción significativa de los caudales en la mayoría de las cuencas analizadas para el período 1960-2023. La reducción de caudal máximo y promedio se hace más evidente en los tramos altos de los ríos, mientras que se ha detectado un aumento significativo del número de meses al año con caudales bajos y una reducción de los meses con caudales abundantes. Estudios recientes a escala de las cuencas internas catalanas también describen una reducción generalizada de los caudales y cambios en su variabilidad temporal (Estrada et al., 2023). Además, los resultados obtenidos a partir del análisis multivariante han permitido identificar la existencia de correlaciones significativas entre la variabilidad del caudal de los ríos y parámetros relacionados con la salinidad del agua, concentración de nutrientes e índices biológicos.

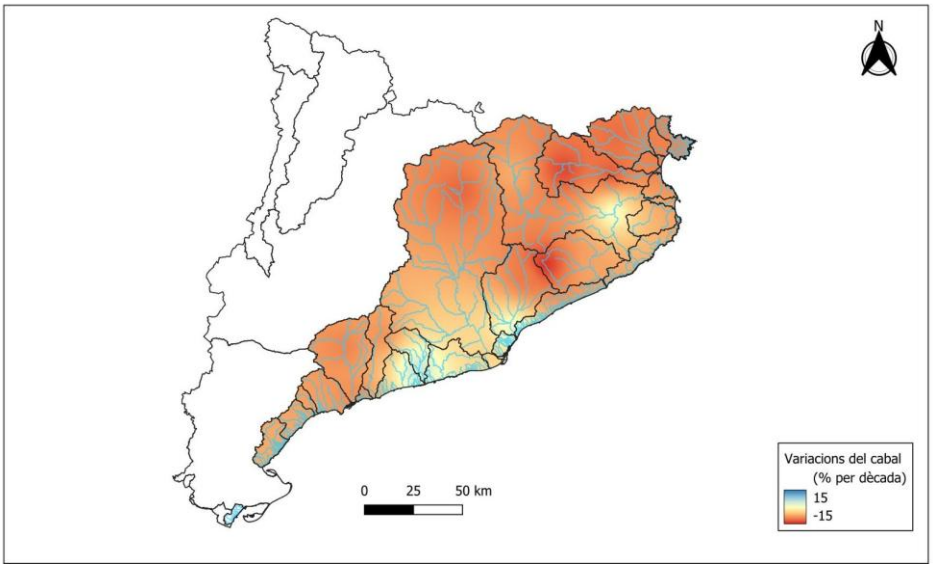


Figura 2. Cambios en la tendencia del caudal de los ríos de las cuencas internas de Cataluña para el período 1960-2023. Fuente: Elaboración propia.

En el ámbito de la monitorización avanzada, se han desarrollado metodologías para estimar parámetros de calidad del agua superficial mediante imágenes del satélite Sentinel-2 y técnicas de

aprendizaje automático, contrastando las estimaciones con datos de monitorización de la Agencia Catalana del Agua (ACA). Los modelos de aprendizaje automático se han entrenado utilizando una amplia variedad de datos relacionados con la calidad del agua, complementados con variables derivadas de la extracción de índices espectrales a partir de imágenes satelitales Sentinel-2 disponibles durante el periodo de ejecución del proyecto.

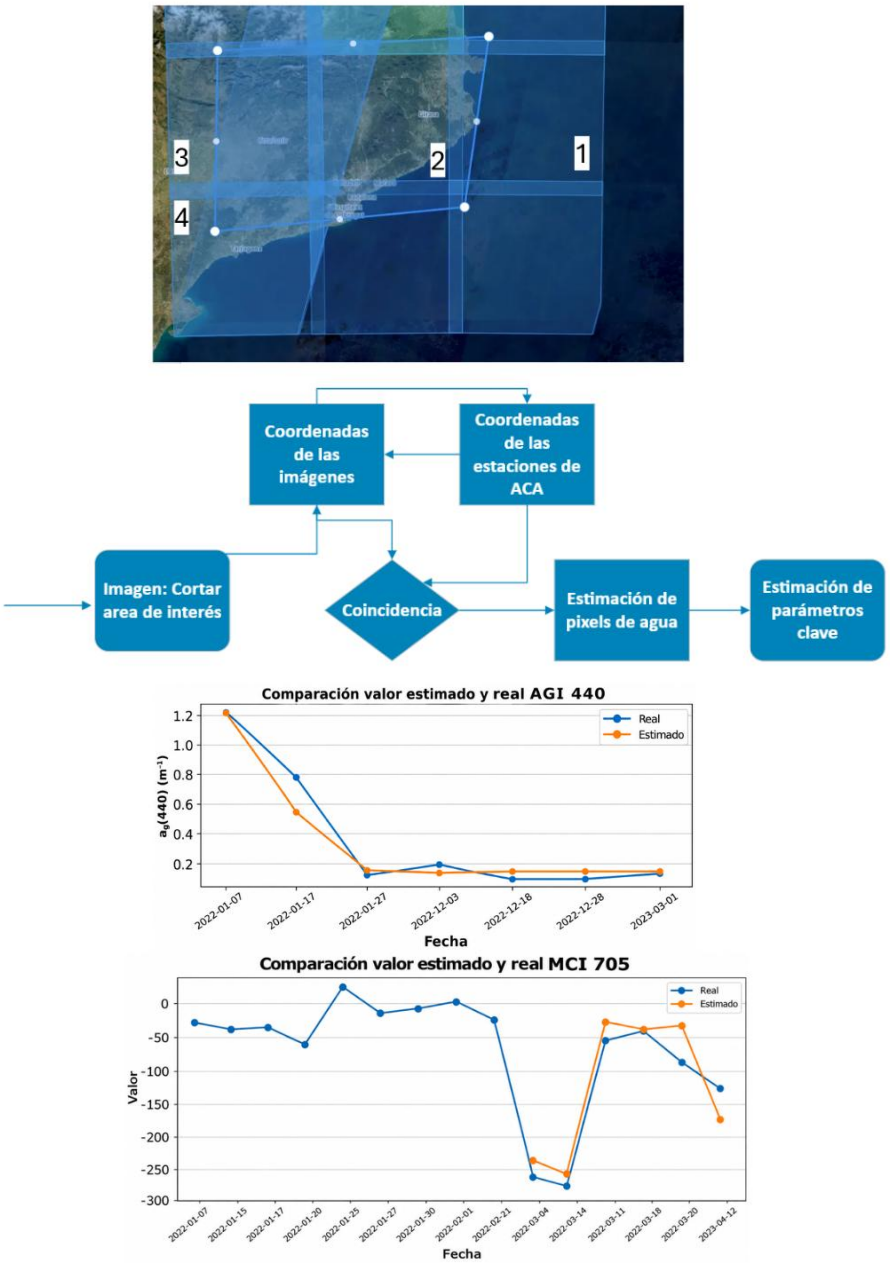


Figura 3. Estimación de parámetros de calidad del agua mediante imágenes satelitales y comparación con datos de monitorización de la ACA. Fuente: elaboración propia.

Complementariamente, se han establecido protocolos de análisis molecular para la caracterización de la biodiversidad acuática mediante metabarcoding de ADN ambiental (eDNA), el estudio de genes de resistencia antimicrobiana y el análisis de aductómica mediante LC-MS/MS para conocer

los aductos de ADN asociados a la exposición a contaminantes. Asimismo, se ha diseñado una metodología para desarrollar un índice de integridad biótica sensible al estrés térmico capaz de detectar y cuantificar los efectos del calentamiento del agua de los ríos debido al cambio climático y otras presiones térmicas. El desarrollo de dicho índice biológico permitirá identificar y gestionar tramos críticos en ríos y priorizar restauraciones. Estas aproximaciones se apoyan en antecedentes metodológicos sobre metabarcoding ambiental y aductómica del ADN, sin que ello implique una validación automática en el ámbito de estudio (Rey et al., 2019; Martella et al., 2023).

3.2. Modelización hidrológica y escenarios climáticos

Los modelos basados en procesos físicos permiten interpretar el funcionamiento de las cuencas y apoyar la toma de decisiones, aunque suelen abordar por separado los componentes superficial y subterráneo del ciclo hidrológico. En este trabajo se desarrollaron de forma independiente, para la subcuenca de la Riera de Gotarra (tributario del río Ter), un modelo de flujo subterráneo con MODFLOW y un modelo hidrológico con SWAT+. Se compararon los flujos de intercambio entre aguas superficiales y subterráneas estimados por ambos para evaluar las limitaciones de cada modelo al estimar las entradas y salidas del otro componente. Mientras SWAT+ consigue reproducir con exactitud la descarga de la riera, no permite describir la distribución piezométrica, especialmente por no considerar los flujos regionales a través de las fallas que dominan el sistema acuífero.

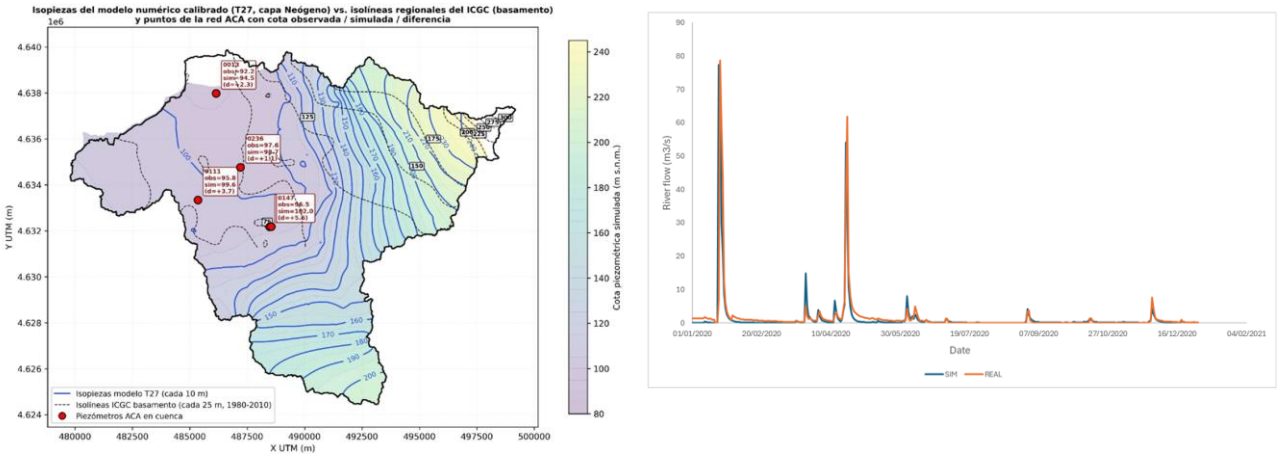


Figura 4. Resultados de los modelos de flujo subterráneo con MODFLOW (a) (Sigoña L., P.A., 2026) y un modelo hidrológico con SWAT+ (b) (López L D., 2025).

Paralelamente, se ha establecido un proceso de regionalización de proyecciones climáticas mediante técnicas de corrección de sesgo y desagregación espacial (*downscaling*), orientado a incorporar escenarios climáticos en los modelos predictivos.

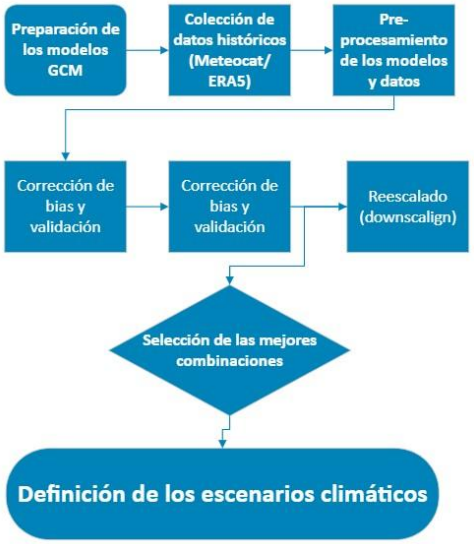


Figura 5. Flujo de trabajo del proceso de generación de los escenarios climáticos. Fuente: elaboración propia.

Se han empleado modelos climáticos de última generación del proyecto CMIP6, ampliamente reconocidos y utilizados en la comunidad científica europea. Estos se han combinado con técnicas estadísticas avanzadas y métodos de aprendizaje automático para mejorar el rendimiento, la precisión y la fiabilidad de las proyecciones climáticas futuras.

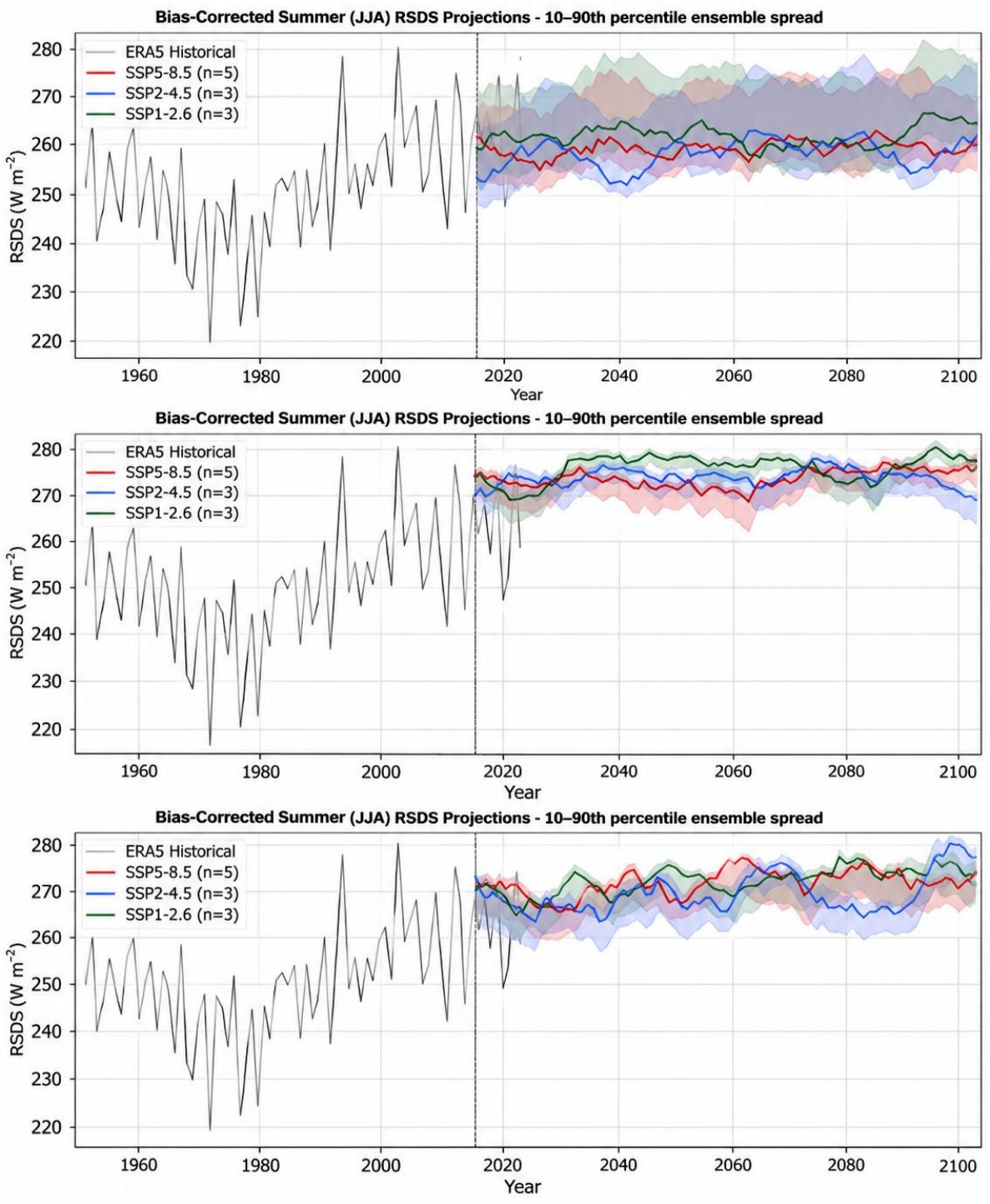


Figura 6. Comparación de la variable de radiación solar utilizando los modelos más ajustados en diferentes escenarios. Fuente: elaboración propia.

Asimismo, se han integrado conjuntos de datos procedentes de observaciones reales y de la reanálisis ERA5, con el objetivo de calibrar y ajustar las proyecciones climáticas a las condiciones observadas, mejorando así su representatividad y fiabilidad para la zona del caso de estudio.

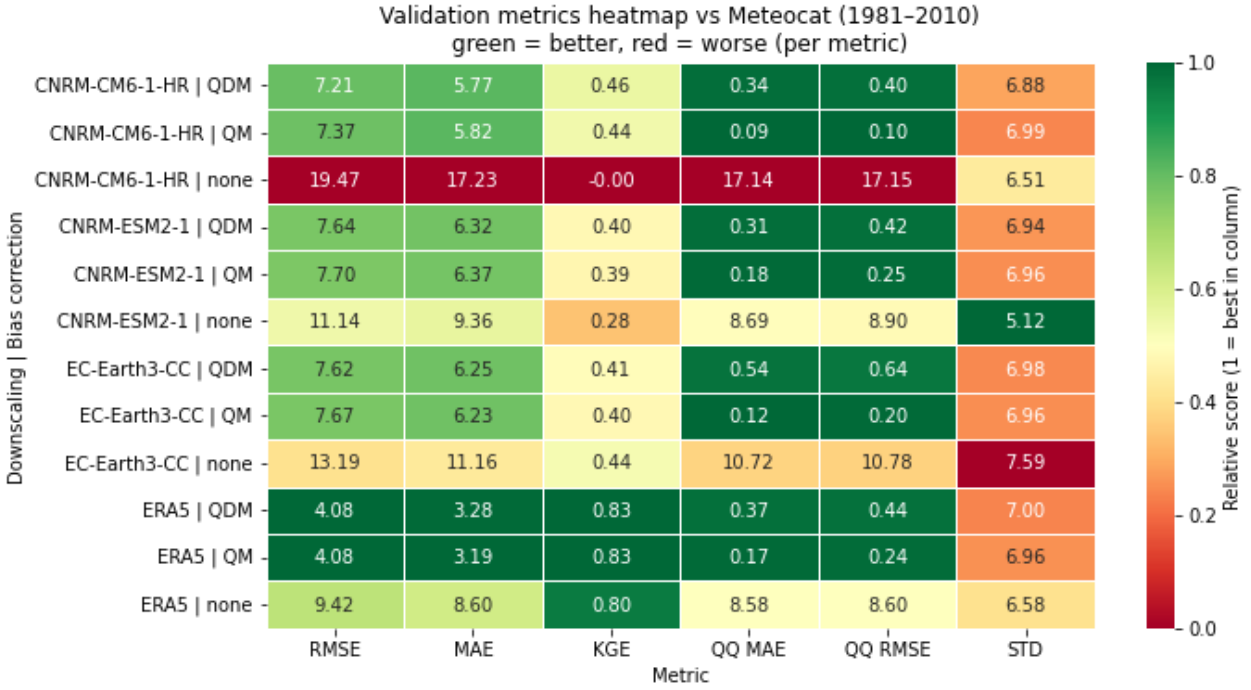


Figura 7. Comparación de métricas de validación entre las diferentes combinaciones de corrección de bias y reescalado, para la variable de humedad relativa. Fuente: elaboración propia.

Estos avances sientan las bases para el desarrollo de herramientas de alerta y apoyo a la gestión que combinen información hidrológica, climática y de calidad del agua. La integración operativa de los diferentes modelos y funcionalidades constituye todavía una línea de desarrollo.

3.3. Evaluación de impactos ambientales

Dentro del presente estudio se aplicó la metodología de Análisis de Ciclo de Vida Consecuencial (ACV-C) para evaluar las principales consecuencias ambientales asociadas a la reducción de la disponibilidad hídrica en una cuenca mediterránea. El análisis compara un año seco, 2023, con un año de condiciones climáticas normales, 2024, considerando dos subsistemas dependientes del agua: el abastecimiento urbano y la producción agrícola. La modelización ambiental se realizó con SimaPro y la base de datos Ecoinvent, utilizando información operativa local, datos climáticos y estadísticas agrícolas.

La metodología combinó el análisis de los consumos de potabilización de agua, junto con un balance hídrico agrícola basado en FAO-56. La *Fig. 8* presenta los límites del sistema analizado, incluyendo los flujos de agua, materiales y energía asociados a los subsistemas urbano y agrícola, y diferenciando, en este último, los cultivos de regadío y secano. Los resultados evidencian que la sequía modifica los requerimientos del tratamiento urbano y reduce la productividad agrícola, trasladando cargas ambientales hacia la energía, el suministro de agua y la producción sustitutiva.

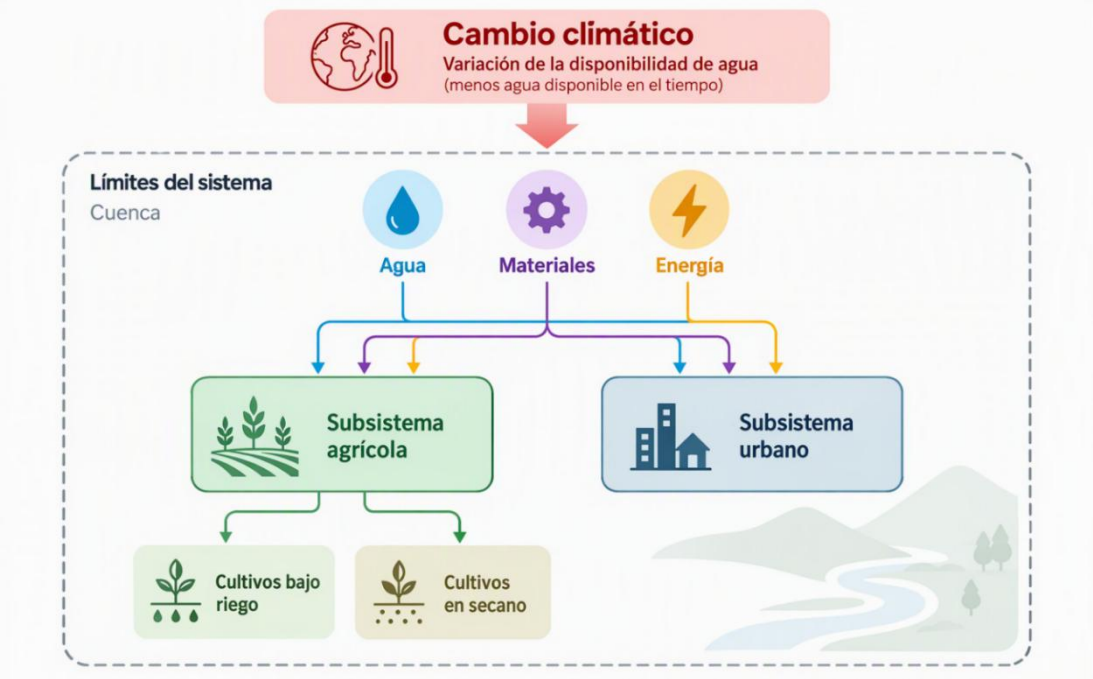


Figura 8. Límites del sistema y subsistemas considerados en el análisis de ciclo de vida consecuencial. Fuente: Elaboración propia.

En conjunto, el Análisis de Ciclo de Vida Consecuencial permitió identificar efectos indirectos, compensaciones y transferencias de impactos que un análisis convencional podría omitir. Los resultados confirman la necesidad de evaluar las estrategias de adaptación a la sequía desde una perspectiva integrada de cuenca, evitando soluciones sectoriales que reduzcan impactos locales a costa de incrementar las cargas ambientales fuera del sistema analizado.

3.4. Análisis socioeconómico y de gobernanza

El análisis socioeconómico y de gobernanza se ha centrado en comprender las interacciones entre los recursos hídricos, los usos del agua y los actores implicados en su gestión, considerando tanto las presiones ambientales como los factores sociales e institucionales que condicionan la capacidad de adaptación al cambio climático.

En este contexto, se ha llevado a cabo una caracterización socioambiental del Baix Ter, situado en el tramo bajo de la cuenca del río Ter, donde confluyen diferentes usos agrícolas, de abastecimiento y ecológicos, así como presiones relacionadas con las extracciones de agua, la contaminación difusa y la salinización costera. Esta caracterización se ha complementado con un mapeo sistemático de actores, entrevistas y un análisis de los conflictos socioecológicos y los procesos de toma de decisiones, permitiendo identificar las principales necesidades y desafíos asociados a la gestión de los recursos hídricos.

Paralelamente, se ha profundizado en el análisis de las dimensiones sociales e institucionales de la gestión hídrica. Por un lado, se ha realizado un estudio sobre la vulnerabilidad social en Catalunya,

el cual señala que los impactos sobre disponibilidad y calidad del agua pueden afectar de manera desigual a los hogares con menos recursos, y destacan la necesidad de una gobernanza más inclusiva (Armayones-Carranza et al., 2025). En la misma línea, y de forma complementaria, se ha realizado el análisis de los discursos y las dinámicas de gobernanza de una cuenca vecina, la Conca de la Muga, que evidencia cómo las diferencias territoriales y las distintas perspectivas de los actores pueden condicionar la toma de decisiones frente a la escasez hídrica (Díaz-Pont & del Val Alonso, 2026).

Finalmente, con el objetivo de incorporar estas dimensiones a las herramientas de apoyo a la gestión, se han identificado más de 50 indicadores socioeconómicos y ambientales relacionados con la vulnerabilidad al cambio climático y la calidad del agua. A partir de esta revisión, se ha propuesto la adaptación de un índice de explotación hídrica (nWEI), que considera la disponibilidad y demanda de agua, así como los retornos al sistema y la estacionalidad, con el propósito de avanzar hacia una evaluación cuantitativa de la presión sobre los recursos hídricos, tomando como referencia los enfoques de evaluación de escasez hídrica descritos por Pedro-Monzonís et al. (2015).

En conjunto, estos trabajos permiten complementar la información biofísica con una perspectiva socioeconómica e institucional, contribuyendo a una comprensión más integrada de la vulnerabilidad hídrica y al desarrollo de herramientas de gestión adaptadas a las necesidades de los actores del territorio.

4. Aplicabilidad y retos de integración

Los avances metodológicos y resultados obtenidos ofrecen nuevas capacidades para mejorar el conocimiento, la monitorización y la evaluación de los recursos hídricos en escenarios de cambio climático, con potencial de aplicación en los procesos de planificación y gestión del agua. Su principal aportación reside en la combinación de distintas aproximaciones científicas y tecnológicas que permiten abordar conjuntamente los efectos del cambio climático sobre la disponibilidad y la calidad de los recursos hídricos, incorporando también sus implicaciones ambientales y socioeconómicas.

Desde una perspectiva aplicada, las metodologías de monitorización avanzada contribuyen a mejorar el seguimiento de la calidad del agua y la detección de alteraciones en los ecosistemas acuáticos, mientras que el desarrollo de indicadores de integridad biótica sensibles al estrés térmico, puede facilitar la identificación de tramos fluviales vulnerables y apoyar a la priorización de actuaciones de restauración. Por su parte, la combinación de modelización hidrológica e hidrogeológica y la incorporación de proyecciones climáticas regionalizadas ofrece la posibilidad de anticipar posibles cambios en la disponibilidad de los recursos hídricos y apoyar la toma de decisiones. Asimismo, la evaluación ambiental mediante análisis de ciclo de vida completa este análisis multidisciplinar, permitiendo identificar efectos indirectos y transferencias de impactos derivados de diferentes estrategias de adaptación, mientras que la incorporación de indicadores

socioeconómicos y el análisis de gobernanza contribuyen a contextualizar los resultados y adaptar las herramientas y metodologías descritas a las necesidades de los diferentes actores implicados.

No obstante, la aplicación operativa de estas capacidades requiere avanzar en la integración de las distintas metodologías y herramientas desarrolladas, así como completar su validación en diferentes condiciones y escalas territoriales. Entre los principales retos se encuentran la disponibilidad y armonización de datos, la interoperabilidad entre modelos, la adaptación de los resultados a las necesidades de los usuarios finales y su incorporación efectiva en los procesos de gestión. En este sentido, la colaboración con gestores de cuenca, operadores del sector del agua y otros actores relevantes resulta fundamental para favorecer la validación, aplicabilidad y transferencia de los resultados.

5. Conclusiones

Los trabajos desarrollados han permitido avanzar en el conocimiento de los efectos del cambio climático sobre la calidad y cantidad de los recursos hídricos mediante un enfoque multidisciplinar que combina el análisis histórico, la monitorización ambiental avanzada, la modelización hidrológica e hidrogeológica, la evaluación de impactos ambientales y el análisis socioeconómico y de gobernanza.

Los resultados del análisis de datos históricos evidencian una reducción significativa de los caudales en la mayoría de las cuencas internas de Cataluña durante el período 1960–2023, así como relaciones significativas entre las variaciones del caudal y determinados parámetros de calidad del agua, incluyendo la salinidad, los nutrientes y los índices biológicos. La aplicación de técnicas innovadoras de monitoreo, como el uso de imágenes de satélite para la estimación de parámetros de calidad del agua superficial, o el uso de técnicas de análisis molecular para la caracterización de la biodiversidad acuática, abren el rango de variables y datos disponibles para el seguimiento de los efectos del cambio climático en los recursos hídricos. La comparación de modelos de flujo superficial y subterráneo evidencia las limitaciones de considerar ambos compartimentos del ciclo hidrológico por separado. Y los resultados de la aplicación de indicadores de ciclo de vida, indicadores socioeconómicos y análisis de la gobernanza, evidencian la necesidad de transformar los resultados científicos y técnicos en información representativa de los impactos de las opciones de gestión sobre el contexto económico, social y de gobernanza.

Estos hallazgos refuerzan la importancia de abordar conjuntamente las dimensiones cuantitativas y cualitativas del agua, así como de considerar sus interacciones con los ecosistemas, las actividades socioeconómicas y los procesos de gestión. La aplicación de todas estas distintas metodologías en la cuenca del Ter constituye un caso de estudio para explorar su complementariedad y su potencial contribución a una gestión hídrica más integrada y adaptativa.

En este contexto, los próximos pasos se orientan a completar la validación de las metodologías, avanzar en la integración de las herramientas desarrolladas y facilitar su transferencia a los agentes responsables de la planificación y gestión de los recursos hídricos. Todo ello con el objetivo de contribuir a una toma de decisiones más informada, anticipativa y resiliente frente a los desafíos del cambio climático.

6. Bibliografía

[1] Agència Catalana de l'Aigua. (s. f.). Dades obertes. Generalitat de Catalunya. https://aca.gencat.cat/ca/laigua/consulta-de-dades/dades-obertes/

[2] Armayones-Carranza L., Carmona-Verdura N. and Riquelme Gargallo J., 286 Socioeconomic impacts derived from the effects of climate change on water quality in Catalonia (Spain) with a special emphasis on vulnerable groups, *European Journal of Public Health,* Volume 35, Issue Supplement_6, December 2025. https://doi.org/10.1093/eurpub/ckaf180.144

[3] Candido, Laíse Alves, et al. "Review of decision support systems and allocation models for integrated water resources management focusing on joint water quantity-quality." *Journal of Water Resources Planning and Management* 148.2 (2022): 03121001).

[4] Dorado-Guerra, D. Y., Paredes-Arquiola, J., Pérez-Martín, M. Á., Corzo-Pérez, G., & Ríos-Rojas, L. (2023). Effect of climate change on the water quality of Mediterranean rivers and alternatives to improve its status. *Journal of Environmental Management, 348*, 119069. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119069.

[5] Díaz-Pont, J., & del Val Alonso, L. (2026). Governing water scarcity through discourse: Environmental and territorial divides in a Mediterranean river basin. *Environmental Science & Policy*, 181, 104418. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2026.104418.

[6] Directiva 2000/60/CE, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L 327, 1–73. http://data.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj

[7] Estrada, Laia & Garcia, Xavier & Saló, Joan & Marcé, Rafael & Munné, Antoni & Acuña, Vicenç. (2023). Spatio-Temporal Patterns and Trends of Streamflow in Water-Scarce Mediterranean Basins. 10.2139/ssrn.4589159.

[8] Generalitat de Catalunya. (2023). Estratègia catalana d'adaptació al canvi climàtic 2021–2030 (ESCACC30).https://canviclimatic.gencat.cat/ca/ambits/adaptacio/estrategia-catalana-dadaptacio-al-canvi-climatic-2021-2030/

[9] López Turumbay, D. (2025). *Integrated modelling of climate change effects in surface and groundwater resources at catchment scale* [Trabajo de fin de máster, Universitat Rovira i Virgili].

[10] Martella, G., Gorokhova, E., Sousa, P. F., Tretyakova, N. Y., Sundelin, B., & Motwani, H. V. (2023). DNA Adductomics for the Biological Effect Assessment of Contaminant Exposure in Marine Sediments. *Environmental Science & Technology 57*, 10591-10603.

[11] Pedro-Monzonís, M., Solera, A., Ferrer, J., Estrela, T., & Paredes-Arquiola, J. (2015). A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management. *Journal of Hydrology*, 527, 482–493. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.05.003.

[12] Rey, A., Carney, K. J., Quinones, L. E., Pagenkopp Lohan, K. M., Ruiz, G. M., Basurko, O. C., & Rodríguez-Ezpeleta, N. (2019). Environmental DNA metabarcoding: a promising tool for ballast water monitoring. *Environmental science & technology 53*, 11849-11859.

[13] Sigoña León, P. A. (2026). *Modelo conceptual y numérico de flujo subterráneo de la subcuenca de la riera de Gotarra (depresión de la Selva, Girona).*Trabajo de fin de máster, Universitat de Barcelona.

[14] Virro, H., Amatulli, G., Kmoch, A., Shen, L., & Uuemaa, E. (2021). GRQA: global river water quality archive. *Earth System Science Data*, 13(12), 5483-5507.

CONAMA 2026